

## **MINERA LOS PELAMBRES**

### **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA**

### **LÍNEA DE BASE. SECCIÓN IIIa**

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO INFRAESTRUCTURA COMPLEMENTARIA

## LÍNEA DE BASE. SECCIÓN IIIa

### INDICE DE CONTENIDOS

<b>6. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES.....</b>	<b>1</b>
6.1. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES.....	1
6.1.1 <i>Objetivos</i> .....	2
6.1.2 <i>Área de influencia</i> .....	2
6.1.2.1 Criterios generales.....	2
6.1.2.2 Aplicabilidad de criterios.....	3
6.1.3 <i>Metodología</i> .....	6
6.1.3.1 Estaciones de muestreo.....	6
6.1.3.1.1 Selección de las estaciones.....	6
6.1.3.2 Número de campañas.....	9
6.1.3.3 Caracterización de subcomponentes .....	10
6.1.3.4 Calidad del Agua.....	13
6.1.3.4.1 Variables medidas in situ en la columna de agua .....	13
6.1.3.4.2 Variables cuantificadas en laboratorio para la columna de agua .....	13
6.1.3.4.3 Otras variables relevantes .....	13
6.1.3.5 Sedimentos.....	14
6.1.3.5.1 Granulometría y materia orgánica total.....	14
6.1.3.5.2 Potencial REDOX y pH.....	14
6.1.3.6 Variables biológicas .....	14
6.1.3.6.1 Fauna íctica.....	14
6.1.3.6.2 Zooplancton.....	15
6.1.3.6.3 Macroinvertebrados bentónicos.....	15
6.1.3.6.4 Fitoplancton.....	16
6.1.3.6.5 Fitobentos.....	16
6.1.3.6.6 Macrófitas.....	16
6.1.4 <i>Resultados</i> .....	16
6.1.4.1 Estado de las estaciones de muestreo.....	16

6.1.4.2	Área Punta Chungo - Pupío (Campaña otoño 2014)	17
6.1.4.2.1	Calidad del Agua	17
6.1.4.2.2	Calidad de Sedimentos	23
6.1.4.2.3	Variables biológicas	25
6.1.4.3	Área Punta Chungo - Pupío (Campaña invierno 2014)	32
6.1.4.3.1	Calidad del Agua	32
6.1.4.3.2	Calidad de Sedimentos	38
6.1.4.3.3	Variables biológicas	39
6.1.4.4	Área Punta Chungo - Pupío (Campaña primavera 2014)	46
6.1.4.4.1	Calidad del Agua	46
6.1.4.4.2	Calidad de Sedimentos	52
6.1.4.4.3	Variables biológicas	53
6.1.4.5	Área Punta Chungo - Pupío (Campaña verano 2015)	59
6.1.4.5.1	Calidad del Agua	59
6.1.4.5.2	Calidad de Sedimentos	66
6.1.4.5.3	Variables biológicas	67
6.1.4.6	Área Punta Chungo - Pupío (Campaña otoño 2015)	73
6.1.4.6.1	Calidad del Agua	73
6.1.4.6.2	Calidad de Sedimentos	79
6.1.4.6.3	Variables biológicas	80
6.1.4.7	Área Punta Chungo - Pupío (Campaña invierno 2015)	88
6.1.4.7.1	Calidad del Agua	88
6.1.4.7.2	Calidad de Sedimentos	94
6.1.4.7.3	Variables biológicas	95
6.1.4.8	Área Punta Chungo - Pupío (Campaña primavera 2015)	103
6.1.4.8.1	Calidad del Agua	103
6.1.4.8.2	Calidad de Sedimentos	110
6.1.4.8.3	Variables biológicas	112
6.1.5	<i>Análisis global</i>	119
6.1.5.1	Calidad de agua	121
6.1.5.1.1	Caracterización In situ	121
6.1.5.1.2	Caracterización físico-Química	125
6.1.5.1.3	Pigmentos fotosintéticos	130
6.1.5.1.4	MIP-MOP	132

6.1.5.2 Sedimentos fluviales .....	134
6.1.5.2.1 Granulometría.....	134
6.1.5.2.2 Materia orgánica total .....	136
6.1.5.2.3 Potencial REDOX (NHE) .....	138
6.1.5.3 Variables biológicas .....	139
6.1.5.3.1 Fauna Íctica.....	139
6.1.5.3.2 Macroinvertebrados bentónicos.....	147
6.1.5.3.3 Fitoplancton.....	152
6.1.5.3.4 Fitobentos.....	155
6.1.5.3.5 Macrófitas.....	159
6.1.6 Evolución del componente ecosistemas acuaticos continentales sin considerar la ejecucion del proyecto.....	161
6.1.6.1 Área Punta Chungo - Pupío .....	161
6.1.6.1.1 Calidad de agua y sedimentos.....	162
6.1.6.1.2 Biota acuática.....	162
6.1.6.1.3 Fauna íctica.....	163
6.1.7 Bibliografía.....	163

### **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo EAC-1: Permisos de pesca de investigación

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla EAC-1:	Ubicación estaciones consideradas en el presente estudio.....	6
Tabla EAC-2:	Detalle de campañas fechas y profesionales .....	9
Tabla EAC-3:	Variables Abióticas y Bióticas cuantificadas en las distintas estaciones de Muestreo.....	11
Tabla EAC-4:	Resumen de metodologías de muestreo, protocolos y equipos empleados en los estudios previos .....	12
Tabla EAC-5:	Estado general de las estaciones prospectadas para la construcción de la Línea de Base de Ecosistemas acuáticos continentales.....	17
Tabla EAC-6:	Caracterización de las variables in situ dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014 .....	18
Tabla EAC-7:	Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014.....	20
Tabla EAC-8:	Composición granulométrica (% en peso) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014.....	24

Tabla EAC-9:	Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014 .....	24
Tabla EAC-10:	Variables medidas in situ, en los sedimentos de las estaciones en estudio. Área Punta Chungo - Pupío Campaña otoño 2014 .....	24
Tabla EAC-11:	Composición específica, nombre común y estado de conservación de los individuos capturados .....	25
Tabla EAC-12:	Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014.....	25
Tabla EAC-13:	Composición y abundancia de zooplancton (ind/l) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014.....	26
Tabla EAC-14:	Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014 .....	28
Tabla EAC-15:	Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014.....	29
Tabla EAC-16:	Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014.....	31
Tabla EAC-17:	Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo – Pupío. Campaña otoño 2014 .....	32
Tabla EAC-18:	Caracterización de las variables In situ dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014.....	32
Tabla EAC-19:	Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014 .....	34
Tabla EAC-20:	Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014 .....	38
Tabla EAC-21:	Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014.....	39
Tabla EAC-22:	Potencial Redox (NHE) medido in situ en los sedimentos del área de estudio. Área Punta Chungo – Pupío. Campaña invierno 2014.....	39
Tabla EAC-23:	Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas.....	40
Tabla EAC-24:	Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014 .....	40
Tabla EAC-25:	Composición y abundancia de zooplancton en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014 .....	41
Tabla EAC-26:	Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014.....	42
Tabla EAC-27:	Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014 .....	43

Tabla EAC-28:	Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014 .....	45
Tabla EAC-29:	Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014 .....	46
Tabla EAC-30:	Caracterización de las variables in situ dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014.....	46
Tabla EAC-31:	Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014.....	48
Tabla EAC-32:	Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014 .....	52
Tabla EAC-33:	Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014 .....	53
Tabla EAC-34:	Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas.....	53
Tabla EAC-35:	Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014 .....	53
Tabla EAC-36:	Composición y abundancia de zooplancton (ind/l.) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014 .....	54
Tabla EAC-37:	Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014 .....	55
Tabla EAC-38:	Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014 .....	56
Tabla EAC-39:	Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014 .....	57
Tabla EAC-40:	Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014.....	58
Tabla EAC-41:	Caracterización de las variables “In situ” dentro de Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015 .....	59
Tabla EAC-42:	Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015.....	61
Tabla EAC-43:	Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015.....	66
Tabla EAC-44:	Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015 .....	67
Tabla EAC-45:	Potencial redox (NHE) y pH presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015 .....	67
Tabla EAC-46:	Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas.....	68

Tabla EAC-47:	Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015.....	68
Tabla EAC-48:	Composición y abundancia de zooplancton (ind/l.) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015.....	69
Tabla EAC-49:	Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015 .....	69
Tabla EAC-50:	Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015.....	70
Tabla EAC-51:	Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015.....	72
Tabla EAC-52:	Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015 .....	73
Tabla EAC-53:	Caracterización de las variables in situ dentro de la sub Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	73
Tabla EAC-54:	Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	75
Tabla EAC-55:	Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	79
Tabla EAC-56:	Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015 .....	80
Tabla EAC-57:	Potencial redox (NHE) y pH presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	80
Tabla EAC-58:	Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas.....	80
Tabla EAC-59:	Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	81
Tabla EAC-60:	Composición y abundancia de zooplancton (ind/l.) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	82
Tabla EAC-61:	Composición y abundancia de macroinvertebrados (ind/m <sup>2</sup> ) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015.....	83
Tabla EAC-62:	Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	84
Tabla EAC-63:	Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	86
Tabla EAC-64:	Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015 .....	87
Tabla EAC-65:	Caracterización de las variables in situ dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015.....	88

Tabla EAC-66:	Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	90
Tabla EAC-67:	Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	94
Tabla EAC-68:	Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015.....	95
Tabla EAC-69:	Potencial redox (NHE) y pH presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	95
Tabla EAC-70:	Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas.....	96
Tabla EAC-71:	Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	96
Tabla EAC-72:	Composición y abundancia de zooplancton (ind/l.) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	97
Tabla EAC-73:	Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015.....	99
Tabla EAC-74:	Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	100
Tabla EAC-75:	Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	102
Tabla EAC-76:	Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015.....	103
Tabla EAC-77:	Caracterización de las variables “In situ” dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015.....	103
Tabla EAC-78:	Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015...	105
Tabla EAC-79:	Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015 .....	111
Tabla EAC-80:	Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015 .....	111
Tabla EAC-81:	Potencial redox (NHE) y pH presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015 .....	111
Tabla EAC-82:	Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas.....	112
Tabla EAC-83:	Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015 .....	112
Tabla EAC-84:	Composición y abundancia de zooplancton (ind/l.) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015 .....	113



Tabla EAC-85:	Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015 .....	115
Tabla EAC-86:	Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015 .....	116
Tabla EAC-87:	Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015 .....	118
Tabla EAC-88:	Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015.....	119
Tabla EAC-89:	Variabilidad Espacial/temporal de la Conductividad (en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) para el Área Punta Chungo - Pupío .....	123
Tabla EAC-90:	Concentraciones promedio de constituyentes mayoritarios en las distintas estaciones estudiadas* .....	129
Tabla EAC-91:	Variabilidad temporal de la dominancia del tamaño de grano en las estaciones en estudio .....	135
Tabla EAC-92:	Variabilidad temporal del potencial Oxido – reducción (REDOX NHE) de los sedimentos fluviales presentes en el Área Punta Chungo - Pupío.	138
Tabla EAC-93:	Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas durante el estudio.....	139
Tabla EAC-94:	Distribución espacial de especies ícticas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío.....	141
Tabla EAC-95:	Variabilidad estacional del índice Kc (promedio) en la comunidad íctica del área de influencia .....	142
Tabla EAC-96:	N° de observaciones, promedio y varianza en la abundancia zooplanctónica por estación en el Área Punta Chungo - Pupío.....	146
Tabla EAC-97:	Rangos y características ambientales del ChIBF .....	149
Tabla EAC-98:	Riqueza de especies Macrófitas del área de influencia .....	159

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura EAC-1:	Área de influencia de la componente ecosistemas acuáticos continentales. Área Punta Chungo – Pupío. Se presenta detalle del cruce del Estero Pupío a la altura de El Romero.....	5
Figura EAC-2:	Ubicación de las estaciones de muestreo. Área Punta Chungo – Pupío .	8
Figura EAC-3:	Caracterización de las variables in situ dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014 .....	18
Figura EAC-4:	Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014 .....	22
Figura EAC-5:	Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014.....	23

Figura EAC-6:	Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014 .....	30
Figura EAC-7:	Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014.....	31
Figura EAC-8:	Caracterización de las variables in situ dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014.....	33
Figura EAC-9:	Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014.....	37
Figura EAC-10:	Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014 .....	38
Figura EAC-11:	Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014.....	44
Figura EAC-12:	Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014 .....	45
Figura EAC-13:	Caracterización de las variables in situ dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014.....	47
Figura EAC-14:	Concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014.....	50
Figura EAC-15:	Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014.....	51
Figura EAC-16:	Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014.....	52
Figura EAC-17:	Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014 .....	56
Figura EAC-18:	Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014 .....	58
Figura EAC-19:	Caracterización de las variables in situ dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015 .....	60
Figura EAC-20:	Concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015.....	64
Figura EAC-21:	Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015 .....	65
Figura EAC-22:	Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015.....	66
Figura EAC-23:	Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015 .....	71
Figura EAC-24:	Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015.....	72
Figura EAC-25:	Caracterización de las variables in situ dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015 .....	74

Figura EAC-26:	Concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	77
Figura EAC-27:	Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015 .....	78
Figura EAC-28:	Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	79
Figura EAC-29:	Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015 .....	85
Figura EAC-30:	Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015.....	87
Figura EAC-31:	Caracterización de las variables in situ dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015.....	88
Figura EAC-32:	Concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	92
Figura EAC-33:	Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015.....	93
Figura EAC-34:	Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	94
Figura EAC-35:	Abundancia relativa (%) de las familias de macroinvertebrados bentónicos presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	98
Figura EAC-36:	Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015.....	101
Figura EAC-37:	Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015 .....	102
Figura EAC- 38:	Caracterización de las variables “In situ” dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015.....	104
Figura EAC-39:	Concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015.....	108
Figura EAC-40:	Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015.....	109
Figura EAC-41:	Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015.....	110
Figura EAC-42:	Abundancia relativa (%) de las familias de macroinvertebrados bentónicos presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015.....	114
Figura EAC-43:	Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015 .....	117
Figura EAC-44:	Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015.....	118

Figura EAC-45:	Variabilidad temporal de la turbidez y el caudal en la estación DGA. Estero Pupío antes de junta con Llau llau, Región de Coquimbo (P-1) 120
Figura EAC-46:	Variabilidad temporal de la turbidez y el caudal en la estación DGA. Estero Pupío sector Romeral, Región de Coquimbo (P-2) ..... 121
Figura EAC-47:	Variabilidad espacial del pH (promedio) en las estaciones presentes en el Área Punta Chungo - Pupío ..... 122
Figura EAC-48:	Variabilidad temporal del pH en las estaciones presentes en el Área Punta Chungo - Pupío..... 122
Figura EAC-49:	Variabilidad espacial promedio de la conductividad eléctrica en las estaciones estudiadas..... 124
Figura EAC-50:	Variabilidad espacial en las concentraciones de oxígeno (mg/l) disuelto en las estaciones en estudio. (Incluye desviación estándar) ..... 125
Figura EAC-51:	Concentración promedio de Hierro (mg/l) en las distintas estaciones del área estudiada ..... 126
Figura EAC-52:	Variabilidad temporal de la concentración Nitrógeno Total (N) y Fósforo Total (P) en el área estudiada (en mg/l) ..... 127
Figura EAC-53:	Variabilidad espacial en la concentración promedio de coliformes fecales en las distintas estaciones en estudio ..... 128
Figura EAC-54:	Similitud de estaciones en relación a las concentraciones del ion bicarbonato disuelto en sus aguas ..... 130
Figura EAC-55:	Variabilidad temporal de la concentración de los pigmentos fotosintéticos (Clorofila y feofitina) presentes en el área estudiada..... 131
Figura EAC-56:	Variabilidad espacial de la concentración de los pigmentos fotosintéticos (Clorofila y feofitina) presentes en el área estudiada..... 131
Figura EAC-57:	Variabilidad espacial de la concentración de materia orgánica e inorgánica particulada (MIP-MOP) presentes en el área estudiada..... 133
Figura EAC-58:	Variabilidad temporal de la concentración de materia orgánica e inorgánica particulada (MIP-MOP) presentes en el área estudiada..... 134
Figura EAC-59:	Variabilidad temporal de la concentración de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos fluviales de las estaciones prospectables ... 136
Figura EAC-60:	Pérdida de masa en función del tiempo (izquierda) y de los grados-días (derecha) de la hojarasca de aliso en un arroyo del norte de España . 138
Figura EAC-61:	Abundancia relativa de especies ícticas presentes en el estudio ..... 140
Figura EAC-62:	Composición y abundancia de especies ícticas por campaña..... 141
Figura EAC-63:	Variabilidad temporal del factor del condición (Kc) para la población de <i>Basilichthys microlepidotus</i> en el área de influencia..... 143
Figura EAC-64:	Variabilidad espacial de la riqueza (por estación) en la comunidad de zooplancton presente en el área estudiada..... 145
Figura EAC-65:	Variabilidad temporal de la riqueza en la comunidad de zooplancton presente en el área estudiada..... 145

Figura EAC-66:	Relación entre velocidad de corriente y densidad de zooplancton. Datos de varias estaciones de muestreo en el canal principal (círculos vacíos) cauces tributarios y secundarios del Paraná Medio, tramo Goya–Diamante. $r=0,55$ $p=0.004$ .....	147
Figura EAC-67:	Variación temporal de la riqueza para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el área estudiada .....	148
Figura EAC-68:	Variación temporal de la abundancia acumulada para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el área estudiada .....	149
Figura EAC-69:	Variabilidad estacional y temporal del ChIBF en el área de influencia. ....	150
Figura EAC-70:	Variabilidad temporal del ChIBF en el área influencia .....	151
Figura EAC-71:	Variabilidad temporal de la riqueza en la comunidad fitoplanctónica del área de influencia.....	152
Figura EAC-72:	Variabilidad espacial de la abundancia en la comunidad fitoplanctónica del área de influencia .....	153
Figura EAC-73:	Variabilidad temporal de la abundancia en la comunidad fitoplanctónica del área de influencia .....	154
Figura EAC-74:	Variabilidad espacial de índice de diversidad Shannon – Wiener en la comunidad fitoplanctónica del área de influencia .....	155
Figura EAC-75:	Variabilidad temporal de índice de diversidad Shannon – Wiener en la comunidad fitoplanctónica del área de influencia .....	155
Figura EAC-76:	Variabilidad temporal de la riqueza total de fitobentos en el área de influencia.....	156
Figura EAC-77:	Variabilidad espacial de la abundancia en la comunidad fitobentónica del área de influencia.....	157
Figura EAC-78:	Variabilidad temporal de la abundancia en la comunidad fitobentónica del área de influencia .....	157
Figura EAC-79:	Variabilidad espacial del índice de biodiversidad (Shannon –Wiener) para la comunidad fitobentónica del área de influencia .....	158
Figura EAC-80:	Variabilidad temporal del índice de biodiversidad (Shannon –Weaver) para la comunidad fitobentónica del área de influencia .....	159

## LÍNEA DE BASE. SECCIÓN IIIa

### 6. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES

#### 6.1. Ecosistemas acuáticos continentales

##### RESUMEN

El presente documento entrega los resultados de la Línea de Base de Ecosistemas Acuáticos Continentales del Proyecto Infraestructura Complementaria para el Área Punta Chungo - Pupío, el cual contempla entre otras obras, la construcción de un ducto para el transporte de agua marina desalinizada; el cual recorre un tramo paralelo al cauce de los esteros Conchalí y Pupío desde Punta Chungo al tranque de relaves El Mauro. Este ducto es la única obra del Proyecto que se ubica en un sector cercano a cursos de agua y por lo tanto esta Línea de Base considera sólo los dos esteros mencionados anteriormente.

El RSEIA determina que para el estudio de ecosistemas acuáticos se “*incluirán la calidad de las aguas y sedimentos, y la biota que pertenece a dicho ecosistema. Esta descripción comprenderá, entre otros, la identificación, ubicación, distribución, diversidad y abundancia de las especies que componen los ecosistemas existentes, identificando aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de conservación de conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley*”.

En este contexto, la metodología empleada se basa en la prospección de estaciones ubicadas en sectores estratégicos de los cursos involucrados (confluencias, nacientes), con el objetivo de caracterizar la calidad de las aguas (*in situ* y propiedades físico-químicas en laboratorio), biota (composición y abundancia de ensamblajes fitoplanctónicos, fitobentónicos, zooplanctónicos, de macroinvertebrados bentónicos e ícticos), además de la calidad de sus sedimentos (granulometría y materia orgánica). Las campañas abarcaron la estacionalidad de otoño, invierno y primavera del año 2014 y verano, otoño, invierno y primavera 2015.

Como contexto general, el estero Conchalí y su afluente, el estero Pupío, presentaron condiciones particulares. La calidad de sus aguas se caracterizó por mayores valores promedio de temperatura que otros cursos de origen andino presentes en la zona de estudio, asociados a la escasa profundidad, menor caudal y velocidad de corriente, lo que determinó un aumento en la diversidad y abundancia de ciertos ensamblajes.

Las aguas presentaron alta alcalinidad, con valores bajos en nutrientes (N y P), y concentraciones de metales bajos los límites de detección. Según los criterios de CONAMA (2004) las aguas estudiadas fueron clasificadas en un rango que va desde “excelente” a “aceptable”. En términos generales la productividad primaria estuvo acompañada de una escasa riqueza de fitobentos, lo que se vinculó directamente a la baja riqueza de macroinvertebrados encontrada en el estero Pupío, la cual exhibió un ligero aumento en sentido aguas abajo desde cabecera a costa.

Debido a que la productividad secundaria (zooplancton) se vincula directamente con la velocidad de corriente de los cursos estudiados (a mayor velocidad de corriente, menor concentración de zooplancton), en esta área estudiada fue posible detectar una comunidad rica y abundante.

Para el caso de la fauna íctica, especies nativas como *Basilichtys microlepidotus* y *Trichomycterus areolatus* destacaron en las zonas de características rítrónicas del área de estudio, mientras que en los tramos de características potamónicas *Cheirodon pisciculus* y la especie introducida *Gambusia sp.* dominaron el tramo estudiado.

Por otra parte, la dominancia de sustratos fangosos, ricos en materia orgánica favoreció la proliferación del grupo de las macrófitas (plantas acuáticas y algas), las que exhibieron altos valores de riqueza y cobertura.

Finalmente, de la biota registrada en el presente estudio biológico solo la comunidad íctica presenta especies en categoría de conservación.

Cabe señalar que en el área El Chacay, se ha definido un área de estudio, ello pues las actividades y obras del Proyecto no alterarán/modificarán al componente. La información de esta área de estudio, se presenta en el Anexo LB-1 de este capítulo.

### 6.1.1 Objetivos

- Evaluar las condiciones físico-químicas de la calidad del agua de los sistemas lóticos insertos en el área de influencia del proyecto, correspondientes al estero Pupío y estero Conchalí (Área Punta Chungo - Pupío).
- Evaluar las condiciones físico-químicas de la calidad de los sedimentos en el área de influencia del proyecto, en función de su valor de pH, potencial oxido-reducción, granulometría y materia orgánica.
- Caracterizar las comunidades de microalgas bentónicas y planctónicas presentes en los cursos Pupío y Conchalí, cuantificando su riqueza y abundancia.
- Caracterizar las comunidades de invertebrados bentónicos y planctónicos presentes en los cursos Pupío y Conchalí, cuantificando su riqueza y abundancia.
- Caracterizar la riqueza y abundancia de la fauna íctica del área de influencia.
- Identificar y clasificar las macrófitas presentes en las estaciones de los cursos Pupío y Conchalí.

### 6.1.2 Área de influencia

#### 6.1.2.1 Criterios generales

Los criterios generales adoptados se desprenden del artículo 6 del DS 40/2012 del RSEIA. En específico se indica que si: “*el proyecto o actividad genera un efecto adverso significativo sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire...*”, se deberá considerar para la evaluación de la situación señalada anteriormente, entre otros: “*b) La superficie con plantas, algas, hongos, animales silvestres y biota intervenida, explotada, alterada o manejada y el impacto generado en dicha superficie...*”.

De acuerdo a lo anterior, el establecimiento del área de influencia para este componente considera los siguientes criterios:

- Criterio 1 - Diseño y características de las obras del Proyecto.
- Criterio 2 - Características de los puntos o tramos donde se desarrollan las partes, obras y acciones del proyecto, en especial respecto a los atributos físicos del cauce, químicos del agua y sedimentos; y de la biota existente.
- Criterio 3 - Naturaleza de las fuentes de emisión, ya sea externo o asociado a las condiciones del sitio, punto o tramo donde se instalará la parte/obras o se implementará la actividad del Proyecto.

#### 6.1.2.2 Aplicabilidad de criterios

Es importante destacar que para las obras del Proyecto en El Chacay, se ha definido un área de estudio (en lugar de un área de influencia), pues las actividades y obras del Proyecto en este sector, no alterarán/modificarán al componente con su instalación o desarrollo. La información de esta área de estudio, se presenta en el Anexo AI-1 del Capítulo 2 de este EIA.

Para el Área Punta Chungo – Pupío, el área de influencia queda definida de la siguiente forma:

- Criterio 1: Diseño y características de las obras del Proyecto

El Proyecto considera la construcción de obras específicas, tal como la plataforma para albergar la tubería de conducción de agua desalada. Esta se proyecta desde el sector de Punta Chungo hasta un punto cercano al muro del Tranque de relaves El Mauro. Esta plataforma se despliega paralela al lecho del estero Conchalí y Pupío, por el costado Sur del mismo.

- Criterio 2: Características de los puntos o tramos

El trazado del sistema de impulsión de agua desalada considera una intervención del cauce del Pupío (atravesado del lecho) en un punto ubicado a 300 m. aguas abajo de la estación DGA 2 (303546.00 m E; 6462924 m S), lugar en donde habitan especies ícticas nativas en categoría de conservación tales como: *Cheirodon pisciculus* y *Basilichthys microlepidotus*.

- Criterio 3: Naturaleza de las fuentes de emisión

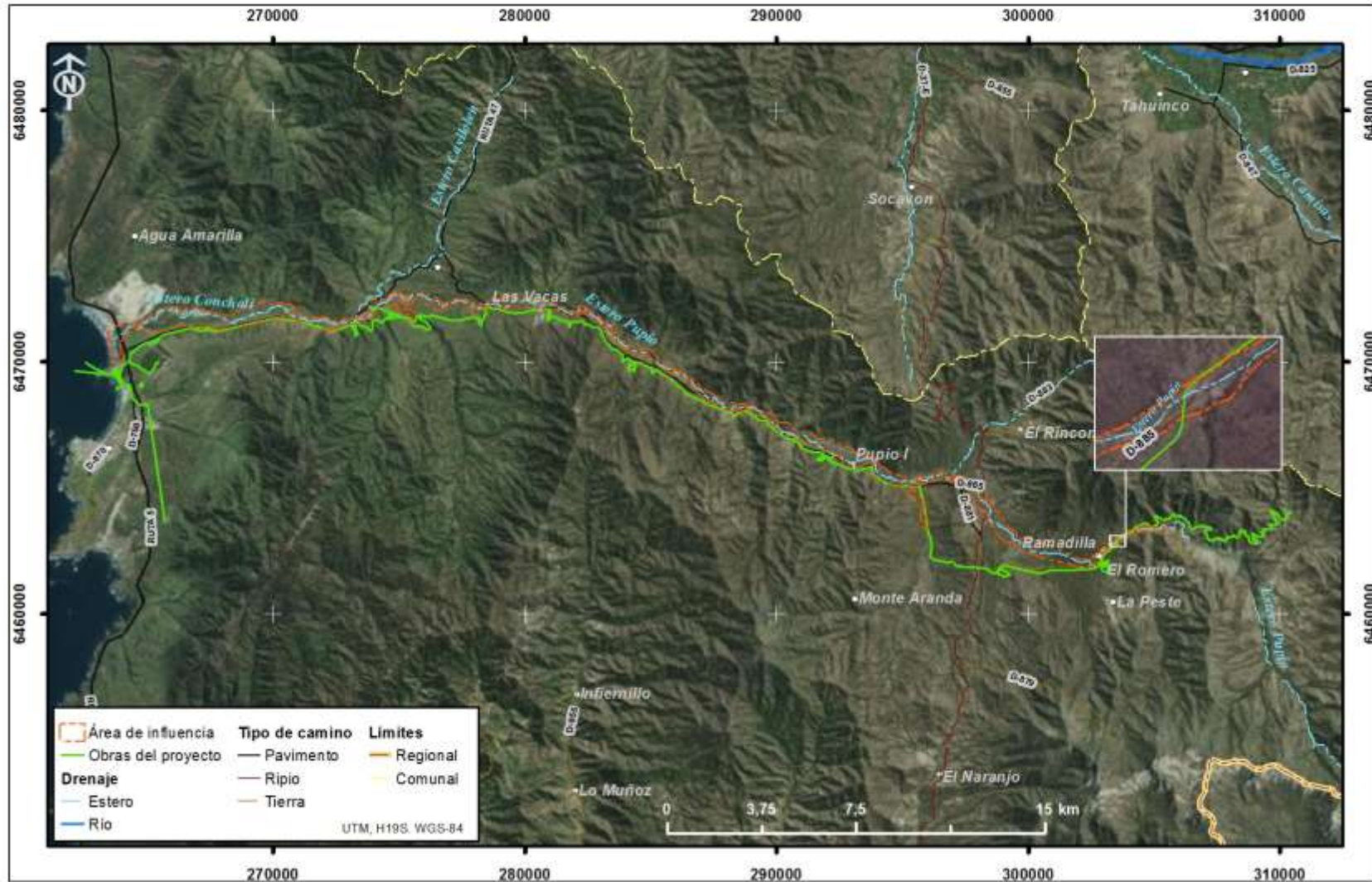
El Proyecto considera la generación y transporte entre EB1 (Estación de Bombeo 1 en sector Punta Chungo) y ER1 (Estación de Recirculación 1 existente) de agua desalinizada, a un flujo de hasta 400 l/s. La proyección del sistema de conducción determina un área de influencia que abarca el lecho del estero Pupío y estero Conchalí. De este modo el límite del área de influencia está dado por la estación El Romeral de la Dirección General de Aguas (DGA), y continúa en dirección aguas abajo pasando cercano a la localidad de Caimanes en donde integra la quebrada Monte Aranda<sup>1</sup>. Luego bordea el fundo Pupío II y El Mollar; lugar

<sup>1</sup> Se integra la quebrada Monte Aranda al área de influencia plataforma Pupío – Punta chungo, desde su confluencia con el estero Pupío y hasta 4 kilómetros “aguas arriba”, debido a las características del trazado de las obras, que recorrerán de forma paralela la quebrada. Cabe señalar que actualmente dicha quebrada no posee escurrimiento superficial.



en donde se une con el estero la Palma dando origen al estero Conchalí. Este continúa su recorrido hasta la laguna costera de su mismo nombre (Figura EAC-1).

Figura EAC-1: Área de influencia de la componente ecosistemas acuáticos continentales. Área Punta Chungo – Pupío. Se presenta detalle del cruce del Estero Pupío a la altura de El Romero



Fuente: JIA, 2016

### 6.1.3 Metodología

#### 6.1.3.1 Estaciones de muestreo

##### 6.1.3.1.1 Selección de las estaciones

El número y ubicación de las estaciones que forman parte de la presente línea de base, han sido seleccionados tomando en consideración factores hídricos (características de la cuenca, cauces principales, tributarios y confluencias), la descripción del proyecto (capítulo 1 de este EIA) y el trazado de sus obras, sus posibles riesgos y/o impactos asociados a las distintas etapas del proyecto, además de la accesibilidad y representatividad, de tal modo que para el Área Punta Chungo - Pupío el estudio contempla la prospección de 13 estaciones, distribuidas en las riberas del estero Pupío, quebrada bodega (Monte Aranda) y estero Conchalí (Tabla EAC-1 y Figura EAC-2)

Las estaciones fueron seleccionadas considerando además la data histórica de monitoreos realizados por MLP, presentes en el área como parte de su actual plan de seguimiento, en conjunto con el registro del posible escurrimiento de agua superficial. Cabe hacer notar que durante los muestreos realizados el año 2014 no existió escurrimiento superficial permanente en la mayor parte de los tramos estudiados del estero Pupío y Conchalí, razón por la cual la entrega de resultados y análisis no sobrepasa las 5 estaciones prospectadas en promedio (Tabla EAC-5).

Finalmente resulta necesario mencionar que para la construcción de la actual línea de base limnológica se utilizó información histórica de estaciones de monitoreo asociadas a programas de seguimiento o líneas de base de proyectos anteriores, pero debido a sus características particulares (parámetros estudiados, ubicación, trazabilidad) sólo fueron consideradas como información de contexto para el presente estudio.

A continuación, en la Tabla EAC-1 y en la Figura EAC-2 se presenta la ubicación y el tipo de estaciones prospectadas en el presente estudio.

**Tabla EAC-1: Ubicación estaciones consideradas en el presente estudio**

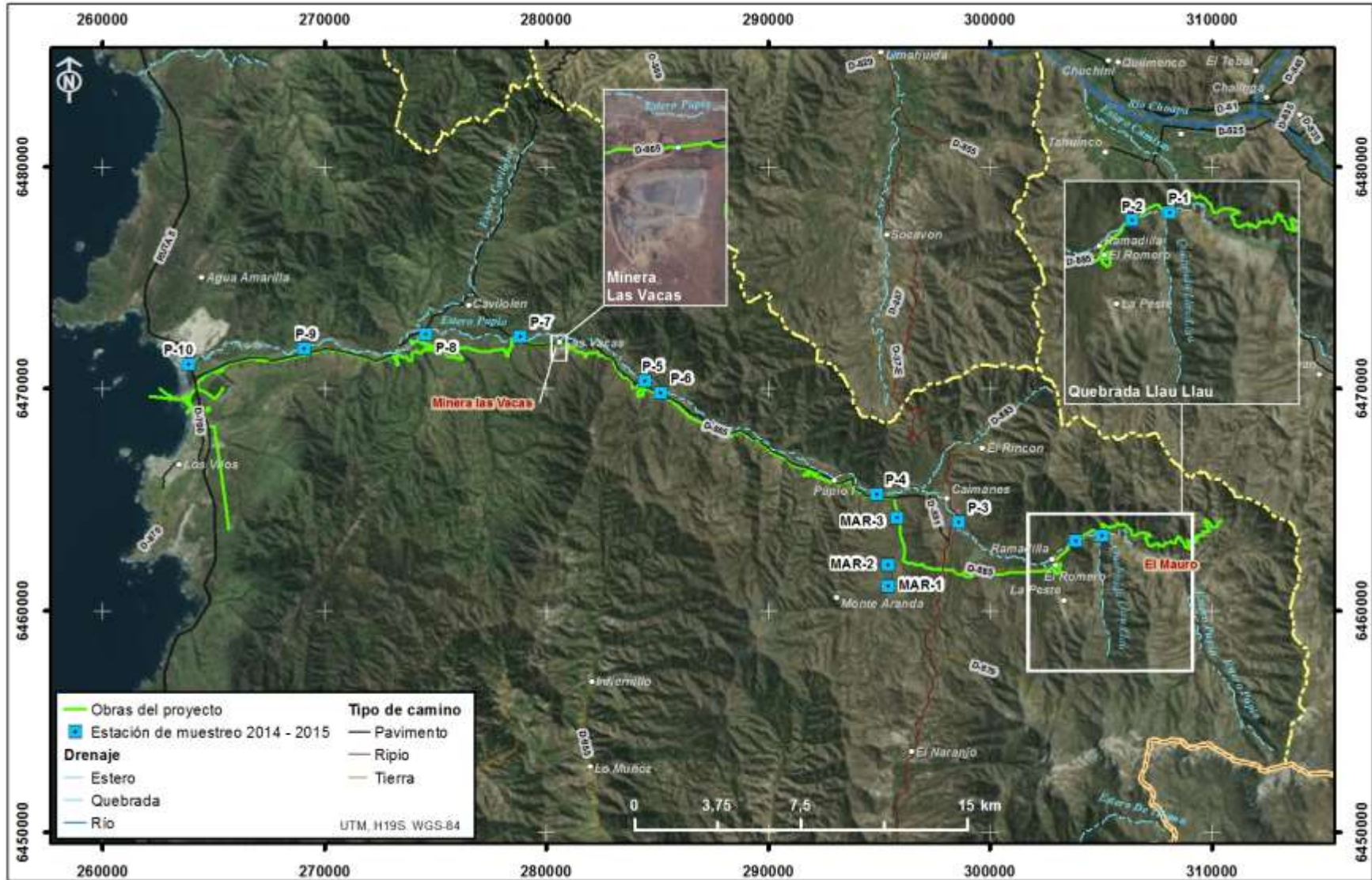
Área	Tipo de Bioma	Estaciones	Referencias del sector	Coordenadas (Datum WGS 84, Huso 19S)	
				Norte (m)	Este (m)
Punta Chungo - Pupío	Ecurrimiento superficial permanente	P-1	Estación DGA 1 Entrada El Mauro	6.463.365	305.07
		P-2	Estación DGA N°2 Pupío Romeral	6.463.121	303.881
	Lecho seco	P-3	Puente río Pupío en Caimanes	6.463.994	298.597
		P-4	Río Pupío frente a Monte Aranda	6.465.218	294.929
	Afloramiento subterráneo	P-5	Fundo la Cabaña	6.470.338	284.452
	Lecho seco	P-6	Quebrada Pupío	6.469.797	285.164
	Afloramiento subterráneo	P-7	Puente Pupío 2	6.472.354	278.833
	Lecho seco	P-8	Pupío fuera de Fundo el Mollar	6.472.451	274.577

Área	Tipo de Bioma	Estaciones	Referencias del sector	Coordenadas (Datum WGS 84, Huso 19S)	
				Norte (m)	Este (m)
		P-9	Fundo Castillo Olivo	6.471.783	269.107
		P-10	Sector Estero Conchalí Puente Ruta 5 Norte	6.471.074	263.881
	Lecho seco	MAR-1	Monte Aranda, 4000 m de confluencia con Estero Pupío	6.461.111	295.414
		MAR-2	Monte Aranda, 3000 m de confluencia con Estero Pupío	6.462.055	295.443
		MAR-3	Monte Aranda, 1000 m de confluencia con Estero Pupío	6.464.172	295.836

Fuente: JIA, 2016



Figura EAC-2: Ubicación de las estaciones de muestreo. Área Punta Chungo – Pupío



Fuente: JIA, 2016

A modo de contextualizar el área estudiada, es posible afirmar que en Punta Chungo - Pupío, su estero principal (Pupío) corresponde a un estero de régimen efímero en su curso inferior, sin embargo, en su curso medio y superior el escurrimiento es permanente. Su longitud alcanza los 45 km y en su desembocadura forma la laguna Conchalí (DGA, 2004). Esta laguna litoral se ubica en el sector de Punta Chungo a 4 km al norte de Los Vilos.

En su cabecera, en el sector del tranque Mauro, destaca por su escorrentía superficial, definida y constante, y a unos 620 msnm es donde recibe aporte de su principal tributario, el estero Llau-Llau, el cual solo presenta escorrentía en épocas primaverales asociadas a deshielo. Aproximadamente a 6 km aguas abajo, se observan procesos de infiltración los cuales generan intermitencia en el cauce principal de estero Pupío, para luego, en el sector del fundo Monte Aranda observar el cauce sin flujo. A la altura del sector de la mina Las Vacas, a 15 km de la subcuenca de Monte Aranda se presentan afloramientos de agua puntuales sin escorrentía, así se mantiene alrededor de 10 km, hasta el estero Lomas del Cobre, el cual como tributario del estero Pupío, en su zona baja, no genera mayores aportes de caudal ya que se presenta igualmente con pequeñas pozas de afloramiento puntuales, las que no ofrecen escorrentía alguna.

Es así también la conducta hídrica del estero La Palma, el cual desciende desde el embalse del mismo nombre, en donde los registros de terreno no han registrado caudales superficiales. Finalmente, el curso principal del estero Pupío llega a su desembocadura en el estero Conchalí, presentando un nulo escurrimiento superficial, hasta llegar al sector de la laguna Conchalí, en donde ésta se extiende algunos metros hacia aguas arriba de su hoya hídrica (DGA, 2004).

#### 6.1.3.2 Número de campañas

La línea de base consideró la ejecución de siete (7) campañas estacionales, las cuales se detallan en la siguiente Tabla EAC-2:

**Tabla EAC-2: Detalle de campañas fechas y profesionales**

Año	Campaña	Fecha inicio	Fecha término	N° de Especialistas
2014	Otoño	16/06/2014	20/06/2014	3
	Invierno	01/09/2014	05/09/2014	3
	Primavera	20/10/2014	24/10/2014	3
2015	Verano	23/02/2015	27/02/2015	4
	Otoño	11/05/2015	15/05/2015	4
	Invierno	20/07/2015	24/07/2015	4
	Primavera	09/11/2015	13/11/2015	3

Fuente: JIA, 2016

Toda realización de campaña fue debidamente notificada al director del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) de la región de Coquimbo dentro de los plazos establecidos, y fue desarrollada bajo la Res. Ex. (MINECON) N° 943 del 3 de abril del 2014, la cual autoriza a Jaime Illanes y Asociados Consultores S.A., a realizar pesca de investigación en aguas continentales a nivel nacional (ver Anexo EAC-1 para más detalles).

### 6.1.3.3 Caracterización de subcomponentes

La elección de las variables, parámetros y protocolos para la caracterización de los subcomponentes agua, sedimentos y biota acuática, fue realizada considerando la siguiente documentación vigente:

- Norma Chilena 1.333 de 1978. Norma chilena sobre requisitos de calidad del agua para diferentes usos; la cual fija criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos, referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado (vida acuática para este caso particular).
- Guía CONAMA. para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Marinas, 2004; la cual considera propuestas de criterios, definiciones, clases de calidad, valores, parámetros, metodologías y gestión de programas de vigilancia, entre otros aspectos.
- Norma chilena 411/2 Of. 96, NCh 411/3 Of. 96 y NCh 411/6 Of. 98 las cuales establecen las directrices de calidad de agua para técnicas de muestreo, preservación y manipulación de muestras; muestreo en ríos y cursos de agua.
- Permisos de pesca de investigación otorgados por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Anexo EAC-1); la cual dictamina las matrices, los artes de pesca o equipos, y las características de estos para el correcto muestreo de dichas subcomponentes.

De acuerdo a lo anterior, en la Tabla EAC-3 se identifican las distintas variables abióticas y bióticas que se cuantificaron; mientras que la Tabla EAC-4 entrega un resumen de las metodologías de muestreo, análisis y equipos empleados en los estudios previos que serán incorporados sólo como información de contexto en el presente estudio.

**Tabla EAC-3: Variables Abióticas y Bióticas cuantificadas en las distintas estaciones de Muestreo**

<b>Variables Abióticas</b>	Variables físico-químicas de la columna de agua cuantificadas <i>in situ</i>	Temperatura superficial (°C)
		pH
		Oxígeno disuelto (mg/L)
		Conductividad eléctrica (µS/cm)
		Sólidos Totales Disueltos (TDS; mg/L)
	Salinidad	
	Variables físico-químicas de la columna de agua cuantificadas en laboratorio	Nutrientes (mg/L): Nitrato, Nitrito, Amonio, Nitrógeno Total Kjeldhal (NTK), Nitrógeno Total y Fósforo Total disuelto y ortofosfato.
		Sólidos Suspendidos Totales (SST; mg/L) y Sólidos Disueltos totales (TDS; mg/L)
		Metales (mg/L): Cobre, Hierro, Magnesio, Molibdeno
		Macroelementos (mg/L): Calcio, Potasio y Sodio
		Alcalinidad total, dureza total, color verdadero, color aparente DBO5 y DQO
		Turbidez (NTU)
		Pigmentos fotosintéticos (mg/L)
	Materia Inorgánica y Orgánica Particulada (MIP-MOP; mg/L)	
	Variables físico-químicas de los sedimentos cuantificadas en laboratorio	Composición granulométrica (%)
Materia Orgánica Total (%)		
<b>Variables Bióticas</b>	Variables biológicas	Fitoplancton (cél/L)
		Zooplancton (ind/L)
		Fitobentos (cél/cm <sup>2</sup> )
		Macrófitas (riqueza específica)
		Macroinvertebrados bentónicos (ind/cm <sup>2</sup> )
		Fauna íctica (CPUE)
		Coliformes Fecales (NMP/100 mL)

Fuente: JIA, 2016



**Tabla EAC-4: Resumen de metodologías de muestreo, protocolos y equipos empleados en los estudios previos**

Variables	Subcomponentes	RCA 38/04	Línea de Base MLP (2011-2012)
Calidad de agua	Variables <i>in situ</i>	Equipo multiparamétrico de campo (no especificado) y sonda telemétrica WTW Multiline F / SET 3 de 0,01 de precisión.	Equipo Multiparamétrico P4 y Multi 340i
	Metales	No considerado	EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.
	Clorofila	No considerado	No considerado
	MIP-MOP	No considerado	No considerado
	Variables fisico-químicas laboratorio	NCh 411 y técnicas del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21° Edition 2005	Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater, 21st Edition, 2005
	Nutrientes	No considerado	NT (Test de N-NH4 spectroquant. Nova 60, Merck. Previa digestión) y PT (EPA_SW-846. Método 3050B y 6010C.)
Sedimentos	Granulometría	No considerado	Método de separación por tamiz, según escala de Wentworth.
	MOT		Pérdida por ignición
	COT		TMECC 05.07.
	Redox		No considerado
Variables biológicas	Fitoplancton	Muestras en triplicado, usando una red de 60 µm de trama con una apertura de boca de 30 cm de diámetro.	Red de arrastre de 30 µm de trama y con una apertura de boca de 30 cm.
	Zooplancton	Muestras por triplicado, red de arrastre de 60 µm de trama y apertura de 12 cm.	Red de arrastre de 110 µm de trama y apertura de 30 cm
	Fitobentos	2 réplicas, muestreador propuesto por Davies & Gee (1993).	3 réplicas, muestreador propuesto por Davies & Gee (1993). la identificación y recuento de taxa según lo indicado en la literatura asociada (Wetzel & Likens 2001)
	Macroinvertebrados	Red Surber de 0,09 m <sup>2</sup> de área y con malla de apertura de 250 µm	Red Surber de 0,09 m <sup>2</sup> de área y con malla de apertura de 250 µm
	Fauna íctica	Pesca eléctrica por 10 a 20 minutos con un generador portátil modelo SAMUS 725 G SPECIAL ELECTRONICS S 515 y chinguillos.	Pesca eléctrica portátil modelo Honda y chinguillos
	Macrófitas	No considerado	Transectos de 5 m. Se registró la presencia de especies, proyectando cada 0,25 m una línea perpendicular a la transecta de manera similar a lo establecido por la metodología Point quadrat (Müller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Fuente: JIA, 2016

A continuación, se presenta el detalle de la metodología específica empleada en terreno para las campañas realizadas durante el año 2014 y 2015, para cada una de las variables abióticas y bióticas utilizadas con la finalidad de caracterizar los ecosistemas acuáticos continentales.

#### 6.1.3.4 Calidad del Agua

##### 6.1.3.4.1 *Variables medidas in situ en la columna de agua*

Las variables medidas *in situ*, fueron determinadas en las distintas estaciones utilizando un medidor multiparamétrico Hanna modelo HI-9828. Las magnitudes de las distintas variables medidas fueron registradas luego de sumergir la sonda del equipo en el cuerpo de agua por un período superior a 5 minutos, favoreciendo de esta manera la correcta estabilización y lectura del equipo. Al respecto se consignaron las siguientes variables *in situ*:

- Temperatura superficial (°C)
- pH
- Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- Oxígeno disuelto (mg/L)
- Sólidos Totales Disueltos (TDS, mg/L)
- Salinidad (ppm)

##### 6.1.3.4.2 *Variables cuantificadas en laboratorio para la columna de agua*

En cada estación de muestreo se recolectó una muestra de agua para cuantificar las siguientes variables:

- Coliformes fecales
- Nitrógeno Total
- Alcalinidad total
- Amonio
- Calcio
- Cobre
- Color verdadero, color aparente
- DBO5
- DQO
- Dureza total
- Fósforo Total disuelto
- Hierro
- Magnesio
- Molibdeno
- Nitrógeno Kjeldahl
- Nitrato
- Nitrito
- Ortofosfato
- Potasio
- Sodio
- Sólidos suspendidos totales
- Sólidos suspendidos disueltos
- Turbiedad

La obtención, manipulación y preservación (refrigerado) de este tipo de muestras, se realizó de acuerdo con los protocolos del laboratorio CESMEC, institución acreditada que realizó los análisis químicos respectivos.

##### 6.1.3.4.3 *Otras variables relevantes*

- *Pigmentos Fotosintéticos (Clorofila a y Feopigmentos)*

En cada estación de muestreo se filtró un volumen de 600 ml de agua de río utilizando un filtro de fibra de vidrio GF/F de 0,7  $\mu\text{m}$  de poro y una bomba de vacío manual modelo

Advantac, de 600 ml de capacidad. Las muestras filtradas fueron envueltas en papel aluminio, rotuladas y congeladas para su conservación y posterior envío a laboratorio para su análisis mediante método espectrofotométrico.

- *Materia Orgánica e Inorgánica Particulada*

En cada estación de monitoreo se filtró un volumen de 600 ml de agua de río utilizando un filtro de fibra de vidrio GF/A de 0,7  $\mu\text{m}$  de poro y una bomba de vacío manual modelo Advantac, de 600 ml de capacidad. Las muestras filtradas fueron envueltas en papel aluminio, rotuladas y congeladas para su conservación y posterior envío a laboratorio para su análisis mediante método gravimétrico.

#### 6.1.3.5 Sedimentos

##### 6.1.3.5.1 *Granulometría y materia orgánica total*

En cada estación de muestreo se obtuvo una muestra representativa de sedimento utilizando un core cilíndrico de PVC. Cada muestra fue guardada en una bolsa de cierre hermético, la que fue debidamente rotulada y depositada en neveras para su mantención en frío a aproximadamente 4°C. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron divididas para la determinación de Materia Orgánica Total (MOT) y para análisis granulométricos, este último mediante el uso de una batería de tamices graduados, previo secado y homogenizado por un período no inferior a 48 horas. Cada muestra debe contener a lo menos 300 grs de sedimento (peso húmedo) de acuerdo a los requerimientos del laboratorio.

##### 6.1.3.5.2 *Potencial REDOX y pH*

En cada estación de muestreo se midió *in situ* el potencial Redox y pH, con la utilización de un medidor Hanna modelo HI 991003. Los valores de potencial Redox fueron corregidos al Electrodo Normal de Hidrógeno (NHE)

#### 6.1.3.6 Variables biológicas

##### 6.1.3.6.1 *Fauna íctica*

En cada estación de muestreo se caracterizó la fauna íctica presente utilizando pesca eléctrica de investigación, con la ayuda de un equipo marca Smith-Root® Inc. modelo LR-24. El tiempo de pesca por estación de muestreo fue de 20 minutos aproximadamente, período en el cual se recorrió activamente la totalidad de los microhábitats ribereños observables a simple vista, tales como zonas de sustrato blando (sedimento), bajo rocas y/o troncos sumergidos o alrededor de la vegetación acuática existente, tarea que se ejecutó en horario diurno y en lo posible en un área aproximada de al menos 100 m<sup>2</sup>. Los ejemplares capturados fueron mantenidos en agua fresca para ser identificados *in situ*, registrándose adicionalmente su longitud total y peso, mediante un vernier de 0,01 mm de precisión y una balanza electrónica portátil de 0,01 g de precisión, respectivamente. La totalidad de los ejemplares fueron devueltos vivos y en perfectas condiciones a su ambiente natural, en el mismo lugar donde se realizó la captura.

A partir de la información obtenida, se determinaron los siguientes índices ecológicos:

Índice de Diversidad Shannon-Weaver (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \log_2 p_i)$$

Donde,

**pi:** es la proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total de individuos de todas las especies (ni/N)

**N:** total de especies

**ni:** número de Individuos de la especie i

**S:** número de especies

Y en donde,

0 - 1,5= Poca Diversidad

1,6 – 3= Mediana Diversidad

3,1 - 5= Alta Diversidad<sup>2</sup>

Índice de Riqueza Específica (S)

**S = número de especies observadas**

Donde,

**N<sub>i</sub>:** abundancia de individuos de la especie i.

Índice de condición o robustez (Kc)

De acuerdo a la metodología desarrollada por Cifuentes (2012).

**6.1.3.6.2 Zooplancton**

En cada estación de muestreo se obtuvo una muestra para análisis filtrando 20 litros de agua mediante un tamiz de 60 µm de poro. Cada una de las muestras fue depositada en un envase plástico debidamente rotulado, fijada en una solución de alcohol desnaturalizado al 70% y enviada al laboratorio para su identificación taxonómica y cuantificación. Los resultados se estandarizaron a número de individuos por litro (ind/L).

**6.1.3.6.3 Macroinvertebrados bentónicos**

En cada estación de muestreo se obtuvieron 4 muestras representativas de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos mediante la utilización de una red surber de área 0,09 m<sup>2</sup>. Las muestras fueron depositadas en envases plásticos debidamente rotulados y fijadas en

<sup>2</sup> Fuente: JIA, 2016 basada en: Khan (2006), Santa et al. (2009) y Gencer y Kazanci (2010)

una solución de alcohol desnaturalizado al 70%. Posteriormente, fueron enviadas al laboratorio para su identificación taxonómica y cuantificación. Los resultados se estandarizaron en número de individuos por metro cuadrado ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ). Adicionalmente se calculó el índice biótico IChBF (Figueroa, 2007) el cual relaciona los parámetro comunitarios y tolerancia de las familias a contaminación para definir el grado de perturbación de los ambientes estudiados.

#### 6.1.3.6.4 *Fitoplancton*

En cada estación de muestreo se obtuvo una muestra para análisis, filtrando 20 litros de agua mediante un tamiz de 30  $\mu\text{m}$  de poro. Cada una de las muestras fue depositada en un envase plástico debidamente rotulado, fijada en una solución de lugol y enviada al laboratorio para identificación taxonómica y cuantificación. Los resultados se estandarizaron a número de células por litro ( $\text{cél}/\text{L}$ ).

#### 6.1.3.6.5 *Fitobentos*

En cada estación de muestreo se obtuvo una muestra representativa del fitobentos que habita sobre la superficie de rocas o troncos sumergidos, mediante el raspado de un área aproximada de 25  $\text{cm}^2$ . Las muestras fueron depositadas en envases plásticos debidamente rotulados, fijadas en una solución de lugol y enviadas al laboratorio para su identificación taxonómica y cuantificación. Los resultados se estandarizaron a número de células por centímetro cuadrado ( $\text{cél}/\text{cm}^2$ ).

#### 6.1.3.6.6 *Macrófitas*

Para este análisis se consideró la prospección de 4 grupos de hidrófitas: Plantas acuáticas arraigadas con hojas flotantes; Plantas acuáticas arraigadas totalmente sumergidas; Plantas acuáticas sumergidas libres y flotantes libres y Algas dulceacuícolas.

Las macrófitas detectadas fueron fotografiadas y colectadas desde el fondo de cada uno de los sitios de muestreo, de forma manual por un miembro del equipo para su identificación *in situ*, y/o posterior identificación mediante contrastación de bibliografía especializada: Cabrera (1971), Correa (1998); Marticorena y Rodríguez (Eds.) (2001 y 2003); Matthei (1995), monografías y revisiones taxonómicas de grupos específicos, entre otros.

### 6.1.4 **Resultados**

#### 6.1.4.1 Estado de las estaciones de muestreo

Durante el desarrollo de cada campaña (otoño, invierno, primavera y verano), el equipo de especialistas procedió a la inspección ocular de cada una de las estaciones asignadas. De esta forma se constató que el Área Punta Chungo - Pupío (estero Conchalí y estero Pupío) exhibió intermitencia en su escorrentía superficial durante este período, presentando estaciones secas las cuales se trabajaron mediante levantamiento de registro fotográfico como respaldo de la condición encontrada. A continuación la Tabla EAC-5 señala el detalle de cada estación por campaña.

**Tabla EAC-5: Estado general de las estaciones prospectadas para la construcción de la Línea de Base de Ecosistemas acuáticos continentales**

Área	Estaciones	Referencias del sector	Campañas						
			2014			2015			
			Otoño	Invierno	Primavera	verano	Otoño	Invierno	Primavera
Área Punta Chungo - Pupío	P-1	Estación DGA 2	x	x	x	x	x	x	x
	P-2	Estación DGA 1 romeral	x	x	x	x	x	x	x
	P-3	Puente Caimanes	o	o	o	o	o	o	o
	P-4	Sector Monte Aranda	o	o	o	o	o	o	o
	P-5	Fundo la Cabaña	o	x	x	o	o	o	x
	P-6	Quebrada 1	o	o	o	o	o	o	o
	P-7	Puente Pupío 2	x	x	x	x	x	x	o
	P-8	Fundo el Mollar	o	o	o	o	o	o	o
	P-9	Fundo Castillo Olivo	o	o	o	o	o	o	o
	P-10	Estero Conchalí	x	x	x	o	x	o	x
	mar-01	Monte Aranda, 4.000 m de confluencia con Estero Pupío	-	-	-	-	o	o	o
	mar-02	Monte Aranda, 3.000 m de confluencia con Estero Pupío	-	-	-	-	o	o	o
	mar-02	Monte Aranda, 1.000 m de confluencia con Estero Pupío	-	-	-	-	o	o	o

O = Sin escurrimiento superficial, X= Prospectado, -= Prospección no considerada para esa campaña (No prospectado),

Fuente: JIA, 2016

Basados en estos antecedentes, los resultados expuestos a continuación entregan la información de las estaciones con escurrimiento superficial, de acuerdo a cada uno de los estados encontrados durante el desarrollo de las campañas.

#### 6.1.4.2 Área Punta Chungo - Pupío (Campaña otoño 2014)

Durante esta campaña se prospectaron cuatro (4) de las diez (10) estaciones programadas, debido a que sólo éstas presentaron escurrimiento superficial. Las estaciones muestreadas correspondieron a P-1, P-2, P-7 y P-10. Cabe destacar que la campaña se realizó en condiciones de post evento pluvial de baja duración e intensidad, la cual afectó primordialmente las estaciones cabeceras del área.

##### 6.1.4.2.1 *Calidad del Agua*

- *Variables medidas in situ en la columna de agua*

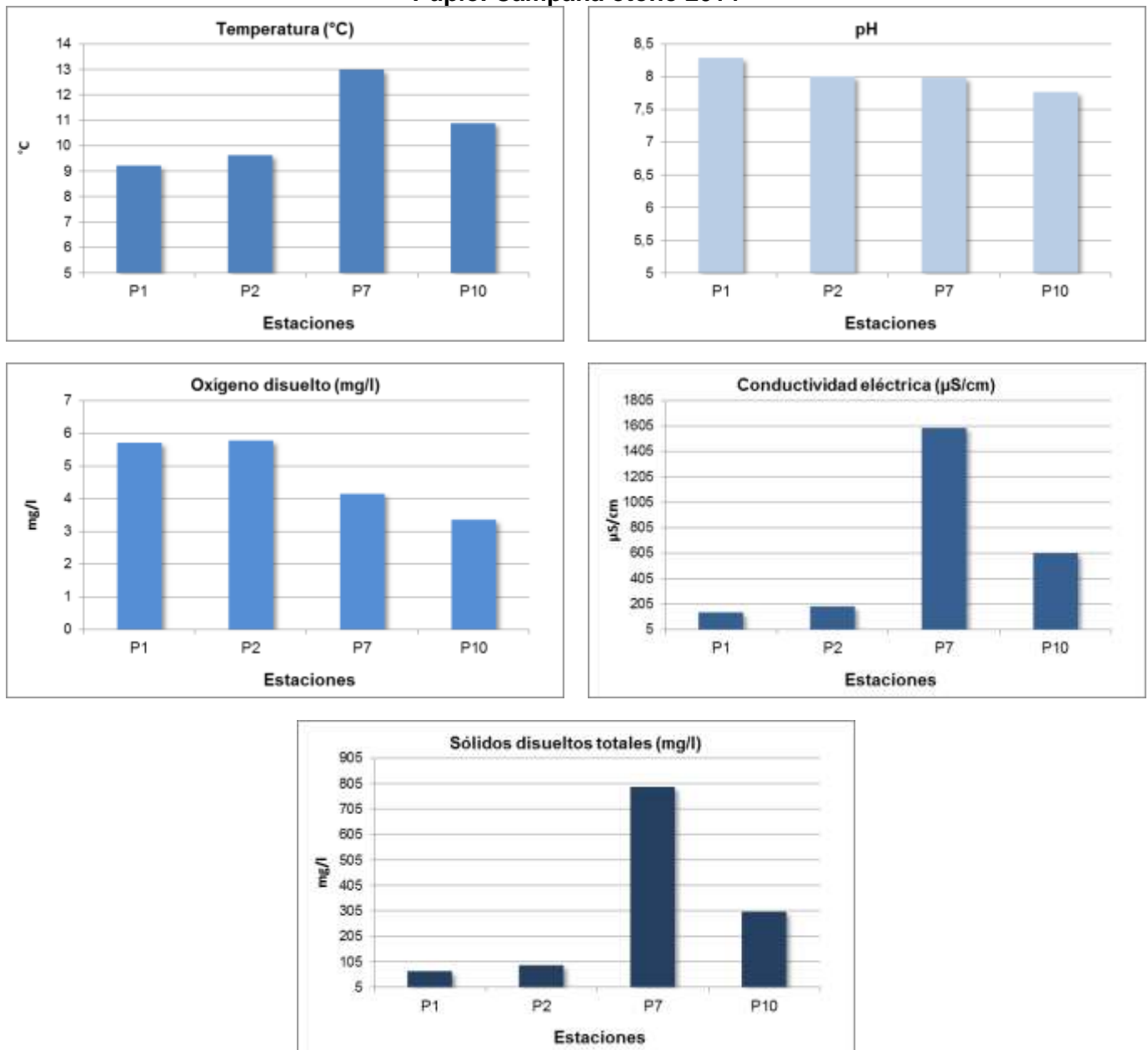
En la Tabla EAC-6 y en la Figura EAC-3 se muestran los valores de las diferentes variables físico-químicas registradas *in situ* en cada una de las estaciones prospectadas durante el desarrollo de la campaña de otoño.

**Tabla EAC-6: Caracterización de las variables *in situ* dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**

Variables	Estaciones			
	P-1	P-2	P-7	P-10
Temperatura (°C)	9,21	9,63	12,98	10,89
pH	8,28	8	7,98	7,76
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,7	5,77	4,14	3,34
Conductividad (µS/cm)	52,3	53,3	39,9	31,3
TDS (mg/L)	134	183	1589	605

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-3: Caracterización de las variables *in situ* dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**



Fuente: JIA, 2016

Para la temperatura superficial del agua se obtuvieron mediciones de moderada variabilidad, las que fluctuaron entre 9,21 y 12,98 °C; correspondientes a las estaciones P-1 y P-10 respectivamente.

Los registros obtenidos en las mediciones de los esteros Pupío y Conchalí señalan altos valores de temperatura para cada una de las estaciones prospectadas. Esto debido probablemente a las características físicas que definen los ambientes de dichos cursos, entre los que destacan bajo caudal y aguas someras (de escasa profundidad promedio) (Brown, 1969; Jobson, 1977; Bowles *et al.*, 1977), además de una menor altura geográfica, consecuentemente con su origen precordillerano.

Por otra parte, las mediciones detectaron diferencias horarias de temperatura, atribuibles a la oscilación diaria, la que está relacionada con los ciclos de radiación solar y temperatura ambiente (Sinokrot y Stefan, 1993).

El pH por su parte presentó escasa variabilidad, registrando un máximo en P-1 de 8,28 unidades de pH; mientras que el mínimo se observó en P-10, con 7,76 unidades de pH (Tabla EAC-6; Figura EAC-3). Con estos antecedentes es posible señalar que los registros de pH obtenidos en las distintas estaciones prospectadas permiten clasificar las aguas de la zona monitoreada como moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995) y como aptas para el desarrollo de la biota acuática según lo establecido por la N.Ch. 1.333/78.

La conductividad eléctrica por su parte, expresó un comportamiento espacial altamente variable, con valores que fluctuaron entre 134 y 1.589  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (estaciones P-1 y P-7 respectivamente (Tabla EAC-6; Figura EAC-3). Estas diferencias son atribuibles a sus características de origen (superficial, afloramientos subterráneos) y la interacción antrópica (contacto con fecas de animales de crianza y receptor de aguas servidas), lo que hace que su composición físico-química presente altos valores de varianza. En función de esta variable es posible clasificar las aguas del Área Punta Chungo - Pupío como de clase Excepcional (P-1, P-2 y P-10) a Clase 2 (P-7) según los criterios establecidos por CONAMA (2004).

Para los Sólidos Totales Disueltos se observó un patrón de distribución espacial, el que se caracteriza por presentar valores más bajos en las estaciones más cercanas a su nacimiento (P-1 y P-2) (Tabla EAC-6; Figura EAC-3); y más altos en las estaciones medias (P-7) y costeras (P-10).

En relación al oxígeno disuelto los valores se presentaron bajos, con escasa variabilidad espacial, registrándose un máximo en P-2, con 5,57 mg/l; mientras que su concentración mínima se detectó en P-10 (3,34 mg/L); la estación con características más potamónicas del estudio. Sólo las estaciones de cabecera cumplieron con la NCh 1.333/Of78, la cual señala una concentración de 5 mg/l, como el valor mínimo exigible para el correcto desarrollo de la vida acuática.

- *Variables físico-químicas de la columna de agua cuantificadas en laboratorio*

La Tabla EAC-7 a continuación, muestra los resultados de la cuantificación de las variables físico-químicas y coliformes fecales medidas en la columna de agua para las diferentes estaciones prospectadas en el Área Punta Chungo - Pupío durante el desarrollo de la campaña de otoño 2014.



En ella se observó la no cuantificación mediante la técnica utilizada (valores bajo el límite de detección) de algunas de las variables analizadas.

**Tabla EAC-7: Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**

Análisis	P-1	P-2	P-7	P-10
Dureza Total como CaCO <sub>3</sub> , mg/l	161	162	586	200
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub> , mg/l	163	150	293	153
Nitrato, como N, mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrito, como N, mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Nitrógeno Kjeldahl, mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sólidos Totales Disueltos, mg/l	240	255	1.100	445
Sólidos Totales Suspendidos, mg/l	<5	<5	13	<5
Fósforo de ortofosfato, mg/l P-PO <sub>4</sub>	0,1	0,2	0,3	0,24
Amonio, mg/l	0,07	0,3	0,15	0,17
Cobre, mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hierro, mg/l	0,05	0,12	0,06	0,28
Calcio, mg/l	33	35	126	57
Potasio, mg/l	2,1	2	4,2	4,1
Magnesio, mg/l	19	18	66	14
Sodio, mg/l	22	21	138	69
Fósforo Total disuelto, mg/l	0,1	0,2	0,3	0,24
Nitrógeno total, mg/l	<5	<5	<5	<5
Color Verdadero, Escala Pt-Co	9	8	10	26
Color Aparente, Escala Pt-Co	12	15	18	40
Turbiedad, UNT	0,7	0,9	1	2,2
DBO <sub>5</sub> , mg/l	5	3	7	7
DQO, mg/l	9	11	37	20
Coliformes Fecales, NMP/100mL	33	170	13	79
Molibdeno, mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Fuente: JIA, 2016

A continuación se analizan los analitos más importantes agrupados por nutrientes (fosforados y nitrogenados), metales, sólidos, variables iónicas, bioquímicas y bacteriológicas:

**Dureza Total y Alcalinidad, CaCO<sub>3</sub> (mg/l):** Para la dureza total del agua se obtuvieron concentraciones mínimas y máximas de 161 y 586 mg/L, siendo estas cuantificadas en las estaciones P-1 y P-7 respectivamente, mientras que para la alcalinidad total éstas variaron entre 150 y 293 mg/L, cuantificadas en las estaciones P-2 y P-7 respectivamente (Tabla EAC-7). De acuerdo a sus concentraciones, las aguas del área estudiada pueden clasificarse como duras (OMS, 2006).

**Variables nitrogenadas (mg/l):** Entre las variables nitrogenadas examinadas, por su concentración, se destacó el amonio, el cual fue cuantificado en todas las estaciones de monitoreo, obteniéndose magnitudes que oscilaron entre 0,07 (estación P-1) y 0,30 mg/l (estación P-2; Tabla EAC-7). Las restantes variables nitrogenadas (nitrito, nitrato y nitrógeno total Kjeldahl), no fueron cuantificados, debido a que sus concentraciones se mantuvieron bajo el límite de detección de la técnica. Según CONAMA 2004, las aguas analizadas clasifican como de excelente calidad (Clase Excepcional) para las variables amonio y nitrito.

**Fósforo de ortofosfato y fósforo total disuelto, (mg/l):** Para el Fósforo cuantificado en su forma disuelta (Ortofosfatos) se obtuvo concentraciones que variaron entre 0,10 (estación P-1) y 0,30 mg/L (estación P-7). Para este nutriente se observó un aumento, aunque de magnitud leve, en su concentración en sentido aguas abajo (Tabla EAC-7). Para el caso del fósforo total disuelto, los valores fueron los mismos que los ortofosfatos.

**Iones mayoritarios (mg/l):** De los macroelementos analizados destacó por sus mayores concentraciones el calcio y el sodio, el primero de estos cuantificado en concentraciones que variaron entre 33 y 126 mg/l y el segundo entre 21 y 138 mg/l (Tabla EAC-7). Para estos macroelementos, así como para el potasio y el magnesio, las mayores concentraciones medidas correspondieron a las obtenidas en la estación P-7 (Tabla EAC-7).

**Sólidos totales (mg/l):** Para los sólidos totales se cuantificaron concentraciones notablemente superiores de la forma disuelta en contraste a la suspendida, obteniéndose para la fracción disuelta concentraciones que oscilaron entre 240 y 1.100 mg/L y para la fracción suspendida, valores inferiores a 14 mg/L (Tabla EAC-7). Cabe señalar que en la estación P-7 se cuantificó la mayor concentración para la variable sólidos totales disueltos, la que superó notablemente (un orden de magnitud mayor) a las concentraciones cuantificadas en las restantes estaciones monitoreadas (Tabla EAC-7). Además, es importante señalar que según CONAMA 2004, las aguas examinadas se clasificaron según la variable sólidos totales disueltos como de calidad excepcional en las estaciones P-1 y P-2, de muy buena calidad en la estación P-10 (Clase 1) y de buena calidad en la estación P-7 (Clase 2). Para la variable sólidos totales suspendidos, todas las estaciones monitoreadas clasificaron como de calidad excepcional (Clase Excepcional; CONAMA, 2004).

**Metales (mg/l):** Entre los metales analizados destacó el hierro por mostrar las mayores concentraciones, las que oscilaron entre 0,05 (estación P-1) y 0,28 mg/L (estación P-10). Para este metal, se observó una tendencia a aumentar su concentración en sentido aguas abajo (Tabla EAC-7). Para los restantes metales examinados (cobre y molibdeno) no se obtuvo concentraciones cuantificables mediante las metodologías empleadas (Tabla EAC-56).

**Turbiedad (NTU):** Para la turbiedad se cuantificaron magnitudes que fluctúan entre 0,7 (estación P-1) y 2,2 UNT (estación P-10), observándose un claro aumento en sentido aguas abajo. Estos resultados concuerdan además con los obtenidos para las variables color verdadero y color aparente, para las cuales las menores magnitudes correspondieron a las obtenidas en la estación ubicada en la parte alta del tramo del estero Pupío examinado (estación P-1) y las mayores en la estación ubicada en la parte baja (estación P-10) de dicho estero.

**Coliformes fecales NMP/ 100 (ml):** Las coliformes fecales mostraron un patrón de distribución espacial variable en la zona estudiada. Las concentraciones medidas oscilaron entre 13 y 170 NMP/100 ml, correspondientes a las estaciones P-7 y P-2, no observándose por lo demás una tendencia al aumento en su concentración en sentido aguas abajo. Para esta variable microbiológica, los resultados obtenidos permitieron clasificar las aguas examinadas como de muy buena calidad (Clase 1) según los criterios establecidos por CONAMA 2004.

**DBO<sub>5</sub> y DQO (mg/l):** Finalmente, para los parámetros indicadores de contaminación (urbana y/o industrial) de las aguas, DBO<sub>5</sub> y DQO, se obtuvo resultados que sugieren un bajo grado de contaminación de éstas. Para la DBO<sub>5</sub>, los resultados oscilan entre 3 y 7 mg/L, permitiendo clasificar las aguas analizadas como de muy buena calidad (Clase 1; estaciones P-1 y P-2) y de buena calidad (Clase 2) en la situadas en la parte media (estación P-7) y baja (estación P-10) de dicho estero. Para el caso del DQO, los valores fluctuaron entre 9 y 37 mg/l (P-1 y P-7), de manera que las aguas de los cursos prospectados clasifican su calidad desde “Excelente” a “aceptable”, según Sánchez *et al.*, 2007.

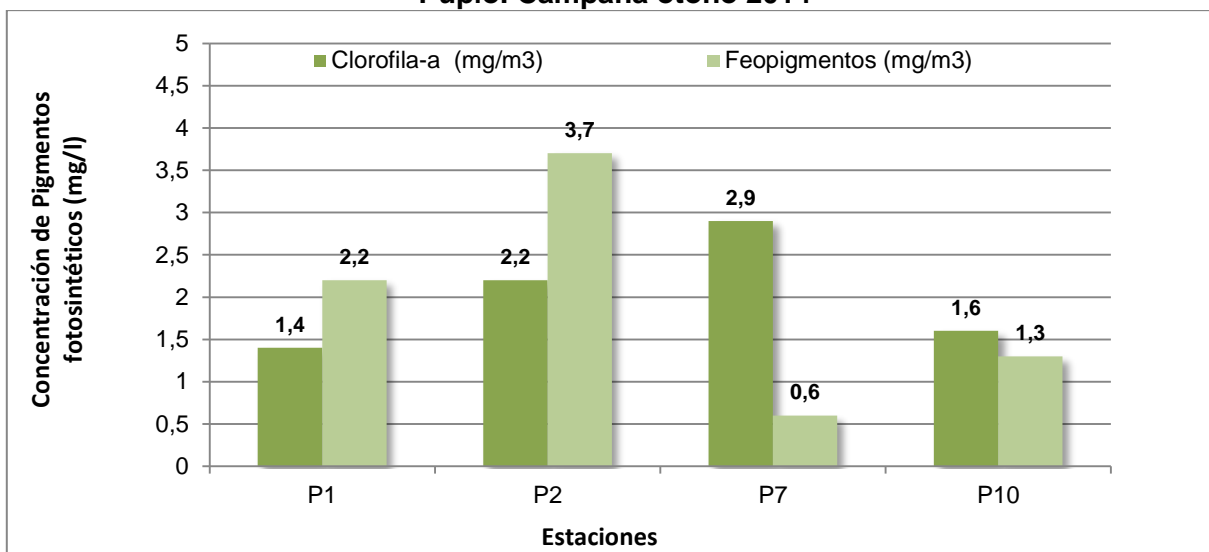
- *Pigmentos Fotosintéticos (Clorofila a y Feopigmentos)*

Las concentraciones de pigmentos fotosintéticos se grafican en la Figura EAC-4 a continuación.

Las estaciones que comprenden el Área Punta Chungo - Pupío presentaron un máximo de clorofila en la estación media (P-7), mientras que el valor más bajo de este pigmento se detectó en la estación cabecera (P-1), con un valor registrado de 1,4 mg/m<sup>3</sup>.

En general los niveles de clorofila dominaron en las estaciones medias del estudio, mientras que las estaciones extremos (cabecera y costeras) presentaron mayores concentraciones de feopigmentos, lo que indicaría en este último escenario, una población productora primaria envejecida, como consecuencia del proceso degradativo de la clorofila.

**Figura EAC-4: Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**



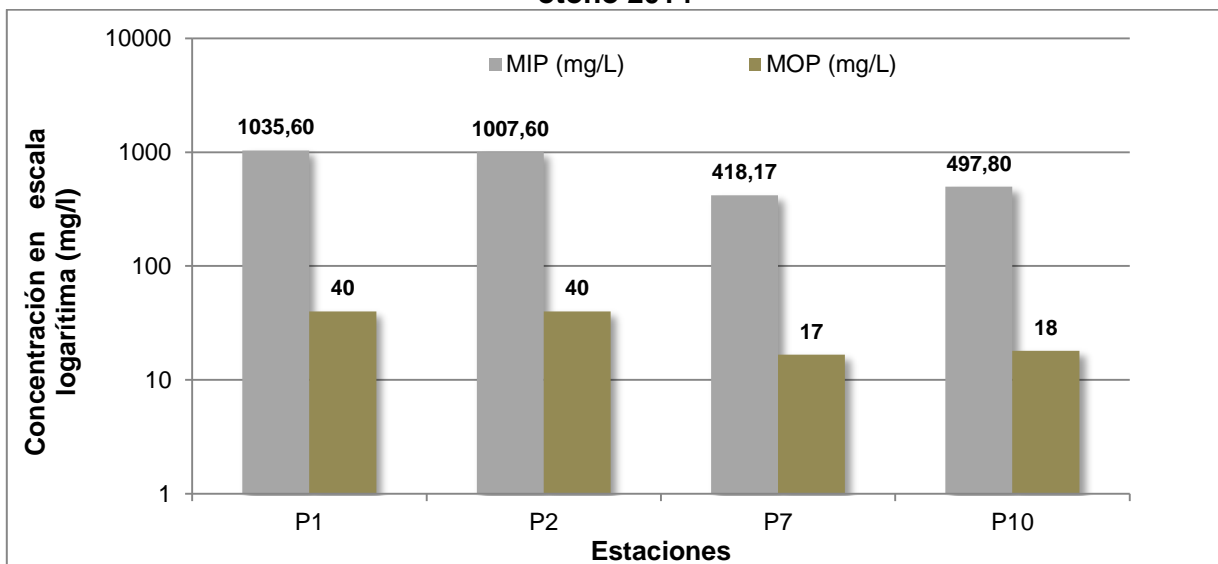
Fuente: JIa, 2016

- *Materia Orgánica e Inorgánica Particulada*

A continuación, en la Figura EAC-5 se grafican las concentraciones de materia inorgánica y orgánica particulada (MIP-MOP) cuantificadas para las distintas estaciones prospectadas. En general, estos resultados indicaron que la mayor proporción de material particulado presente en la columna de agua de las estaciones muestreadas corresponde a material inorgánico (MIP), el cual fue cuantificado en concentraciones que varían entre 418,17 y 1.035,6 mg/l (P-

7 y P-1 respectivamente). Las concentraciones de material orgánico particulado (MOP) por su parte, se presentaron bajas y moderadamente variables; con un valor mínimo de 17 mg/l, y un valor máximo de 40 mg/l. En general se observó una tendencia de mayor concentración de materia orgánica particulada en las estaciones cabecera (P-1 y P-2), y una menor concentración en las estaciones medias (P-7) y costeras (P-10), la que puede estar asociada a factores de turbulencia, lo que ocasiona que las estaciones cabecera generen bajas tasas de sedimentación y mayor tiempo de retención en la columna, en contraste con las estaciones medias y costeras, en donde la turbulencia es mínima, lo que genera una mayor tasa de sedimentación de los sólidos desde la columna al lecho.

**Figura EAC-5: Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**



Fuente: JIa, 2016

#### 6.1.4.2.2 Calidad de Sedimentos

Para el caso de la estacionalidad de otoño 2014, la recolección de muestras de sedimento pudo efectuarse con éxito en las estaciones P-1 y P-10, las que expusieron matrices prospectables en dicha campaña. A continuación, se presentan los resultados de la composición granulométrica (Tabla EAC-8) y la concentración de materia orgánica (Tabla EAC-9) contenida en las muestras de las estaciones del estero Pupío y Conchalí. Cabe destacar que las estaciones P-2 y P-7 no presentaron la cantidad de sedimentos requeridos por la técnica para el análisis.

- *Granulometría*

Para las estaciones en estudio, la dominancia estuvo a cargo de las fracción sedimentaria de tamaños medios (arenas gruesas y medias) en las estaciones P-1 y P-10 (24,5 % y 45,9% respectivamente). Este tamaño de sedimentos se caracteriza por una baja retención de materia orgánica.

**Tabla EAC-8: Composición granulométrica (% en peso) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**

Fracciones Sedimentarias	Clasificación	Tamaño	Estaciones	
			P-1	P-10
Grava	phi -1	4-2 mm	9,3	1,17
Arena MG	phi 0	2-1 mm	14,69	5,98
Arena G	phi 1	1-0,5 mm	24,5	33,34
Arena M	phi 2	0,5-0,25 mm	23,09	45,95
Arena F	phi 3	0,25-0,125 mm	12,74	5,37
Arena MF	phi 4	0,125-0,062mm	5,1	0,93
Fango	phi 5	< 0,062 mm	10,58	7,26

Fuente: Jla, 2016

- *Materia Orgánica Total*

Las estaciones prospectadas presentaron bajas concentraciones de materia orgánica para esta campaña, con valores máximos de 0,93% para el caso de la estación P-10, y de 0,84% para el caso de la estación cabecera del estero Pupío (P-1). Como se mencionó anteriormente estos resultados se relacionan con las propiedades físicas del tamaño de grano dominante de las estaciones.

**Tabla EAC-9: Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**

Área	Estación	% Materia Orgánica
Punta Chungo - Pupío	P-1	0,84
	P-10	0,93

Fuente: JIA, 2016

- *Potencial REDOX (NHE) y pH*

A continuación, la Tabla EAC-10 señala las variables *in situ* analizadas para los sedimentos de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Cabe mencionar que, si bien sólo fue posible recolectar muestras de sedimentos para análisis en las estaciones P1 y P10, fue posible medir *in situ* el potencial REDOX y pH en las estaciones P-1, P-2, P-7 y P-10.

**Tabla EAC-10: Variables medidas *in situ*, en los sedimentos de las estaciones en estudio. Área Punta Chungo - Pupío Campaña otoño 2014**

Sedimentos	P-1	P-2	P-7	P-10
Temperatura (pc)	8,7	9,6	11,1	11,1
pH	6,2	7,64	7,23	7,83
Redox (mV)	373	375	-115	543

Fuente: JIA, 2016

Para esta campaña, los sedimentos de las estaciones presentaron en general escasa variabilidad espacial, y una capacidad altamente oxidativa según la clasificación propuesta por Fenchel y Riedel (1970), con excepción de la estación P-7, la que presentó un ambiente levemente reductor (asociado al bajo oxígeno y a la presencia de carbonatos que desvían el pH). El valor máximo se presentó en P-10 (543 mV), mientras que los valores de pH oscilaron entre ligeramente ácidos (P-1), neutros (P-7) y ligeramente alcalinos (P-10; Hounslow, 1995).

#### 6.1.4.2.3 Variables biológicas

- *Fauna íctica*

Para esta campaña, fue posible realizar capturas en las estaciones P-1 y P-2 del Área Punta Chungo - Pupío, alcanzando un total de 13 individuos, todos correspondientes a la especie nativa *Basilichthys microlepidotus*. Para las estaciones P-7 y P-10, a pesar de mantener un esfuerzo de pesca estándar (20 min o 100 m<sup>2</sup> de acuerdo a metodología) no se logró la captura de individuos.

En la Tabla EAC-11 se señala la composición específica de las capturas, además del nombre común, y estado de conservación de la especie, establecidas en el Decreto Supremo (MINSEGPRES) N° 51/2008, mientras que la Tabla EAC-12 presentan el peso, longitud y factor de condición (Kc) de los individuos capturados.

**Tabla EAC-11: Composición específica, nombre común y estado de conservación de los individuos capturados**

Especie	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	D.S.
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey del norte chico	Nativa	Vulnerable	51/2008

Fuente: JIA, 2016

**Tabla EAC-12: Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**

Estación	Especies	Peso (g)	Longitud total (mm)	Kc	N
P-1	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	1,247±0,586	54,33±9,609	0,742	3
P-2	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	0,538±0,248	41,7±5,87	0,716	10

Fuente: JIA, 2016

Respecto a las mediciones morfométricas realizadas a los individuos capturados, se no detectaron diferencias los parámetros obtenidos entre estaciones estudiadas. Es así como *Basilichthys microlepidotus* presenta valores homogéneos de peso y longitud total (Tabla EAC-12), siendo los individuos de mayor tamaño aquellos capturados en la estación P-1.

Por otra parte, la estación con mayor abundancia, correspondió a la estación P-2, en donde se detectó la presencia de 10 individuos juveniles, población que comprende el 77% del total de las capturas.

Para el factor de condición (Kc) que mide el estado fisiológico de cada especie íctica, los valores se mantuvieron constantes en términos generales, registrando un máximo en P-1 (0,742) y un mínimo en P-10 (0,716), lo que señala una buena a regular condición para la comunidad de peces del estero Pupío .

- *Zooplancton*

Para la campaña de otoño, las muestras obtenidas en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, detectaron la presencia de zooplancteres en todas las estaciones prospectadas. En dicho ensamble, se detectó la presencia del phylum Artrópoda y Rotífera; agrupándose el primero en 2 clases y 3 familias (Cyclopinidae, Daphnidae y Chydoridae), de las cuales el copépodo *Mesocyclops longisetus* es el más abundante de la muestra (0,6 ind/l), mientras que el segundo sólo es representado por una familia y especie (*Philodina sp.*).

Cabe destacar que rotíferos constituyen un pequeño filum, pero son muy importantes en ambientes continentales a causa de su tasa reproductora, su habilidad para ocupar rápidamente los nichos vacantes, constituyendo más del 30% de la biomasa planctónica, son recicladores eficientes de la materia orgánica y responden rápidamente a los cambios ambientales. Colonizan ambientes con distinto grado de salinidad, pH y temperatura, tolerando muchos de ellos concentraciones muy bajas de oxígeno (José de Paggi S, 2004).

En relación a los valores máximos de abundancia la estación P-10 (estero Conchalí) registró una abundancia total de 0,65 ind/l, y una riqueza máxima de 4 especies (Tabla EAC-13).

*Mesocyclops longisetus* representa uno de los organismos zooplanctónicos de mayor tamaño y capacidad depredativa, lo que lo convierte actualmente en un género clave en la búsqueda de nuevas alternativas de control biológico para la erradicación del dengue y su vector el mosquito *Aedes aegypti* (Duarte, 2008).

**Tabla EAC-13: Composición y abundancia de zooplancton (ind/l) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**

Phyllum	Clase u Orden	Familia	Taxa	P-1	P-2	P-7	P-10
				Abundancia (ind/l)			
Arthropoda	Cyclopoida	Cyclopinidae	<i>Mesocyclops longisetus</i>	-	-	0,15	0,45
Arthropoda	Anomopoda	Daphnidae	<i>Daphnia pulex</i>	-	-	-	0,05
Arthropoda	Anomopoda	Chydoridae	<i>Alonella excisa</i>	0,05	-	-	-
Arthropoda	Anomopoda	Chydoridae	<i>Camptocercus sp</i>	-	0,05	-	-
Arthropoda	Anomopoda	Chydoridae	<i>Chydorus sphaericus</i>	-	-	-	0,05
Rotifera	Bdelloidea	Philodinidae	<i>Philodina sp</i>	-	-	-	0,1
			<b>N° Taxa</b>	1	1	1	4
			<b>Abundancia total</b>	0,05	0,05	0,15	0,65

Fuente: JIA, 2016

- *Macroinvertebrados bentónicos*

Para el ensamble de macroinvertebrados de la campaña de otoño, fue posible la identificación de 11 taxas, los cuales están compuestos por el phylum Anélida y Artrópoda en su mayoría (Tabla EAC-14). De los taxa registrados, la especie *Hyalella sp.* se destacó por presentar la mayor abundancia de la campaña, con un 36,7% del total; mientras que la familia Chironomidae destacó por presentar la mayor distribución espacial, evidenciándose en el 62,5% de las réplicas.

En relación a las densidades por réplica, éstas variaron entre 378 y 11 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-14). Principalmente destacó la familia de insectos Hydropsychidae, presente en 7 de las 16 réplicas prospectadas y en densidades que fluctuaron entre 11 y 211 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-14).

En términos de abundancia total, destacó la estación P-7 por presentar un valor acumulado de 1.169 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-14). Finalmente, la riqueza de taxa osciló entre valores de 3 para P-10 y 7 para las estaciones de muestreo P-1 y P-7.



**Tabla EAC-14: Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**

Phylum	Orden/Familia	Especie	Estaciones															
			P-1				P-2				P-7				P-10			
			Ind/m <sup>2</sup>				Ind/m <sup>2</sup>				Ind/m <sup>2</sup>				Ind/m <sup>2</sup>			
R-1	R-2	R-3	R-4	R-1	R-2	R-3	R-4	R-1	R-2	R-3	R-4	R-1	R-2	R-3	R-4			
Mollusca	Ancylidae	n.d	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arthropoda	Chironomidae	n.d	33	-	56	-	22	11	-	11	78	-	167	78	-	11	-	11
Arthropoda	Elmidae	n.d	-	11	-	22	22	-	11	-	-	-	-	-	33	-	-	11
Annelida	Glossiphonidae	n.d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-
Arthropoda	Physidae	n.d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	22	-	-
Arthropoda	Hydropsychidae	n.d	33	33	11	11	200	211	-	-	-	89	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Hyalellidae	<i>Hyalella sp.</i>	-	11	-	-	33	89	33	22	11	378	267	22	-	-	-	-
Arthropoda	Leptophlebiidae	n.d	11	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Simuliidae	n.d	-	-	67	11	-	33	11	-	11	-	-	-	-	-	-	-
Annelida	Tubificidae	n.d	44	-	11	22	-	-	-	-	-	22	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Tipulidae	n.d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	11	-	-	-	-	-
Riqueza por réplica			5	3	4	4	4	5	3	2	3	4	3	3	2	2	0	2
Riqueza por estación			7				6				7				3			

Fuente: JIA, 2016

n.d: -

- *Fitoplancton*

En el área de influencia, fue posible la identificación de un total de catorce (14) géneros de productores primarios, pertenecientes al grupo de las Chlorophytas (2 taxa) y Ochrophytas (12 taxa). La mayor abundancia total fue detectada en las estaciones P-2 y P-10; ambas con un total de 1.493 cél/l, mientras que la estación de menor abundancia total se registró en P-7 con un total de 865 cél/l (Tabla EAC-15).

En términos de abundancia por especie, la diatomea *Synedra sp.* fue el organismo dominante con un valor total de 1.021 cél/l, registrando a su vez el 20,79 % de la abundancia relativa total (Tabla EAC-15 y Figura EAC-6). Muy por el contrario, las diatomeas *Surirella sp.*, *Cocconeis sp.* y la microalga *Cosmarium sp.* fueron los organismos menos abundantes, alcanzando un total de 39 cél/l, lo que se traduce en un 0,79% del total de la muestra.

La riqueza específica fitoplanctónica del estudio presentó homogeneidad entre estaciones. Es así como en 4 de las 5 estaciones prospectadas esta se mantuvo en 9 taxa (P-1, P-7 y P-10), mientras que la estación restante (P-2) registró 8 taxa.

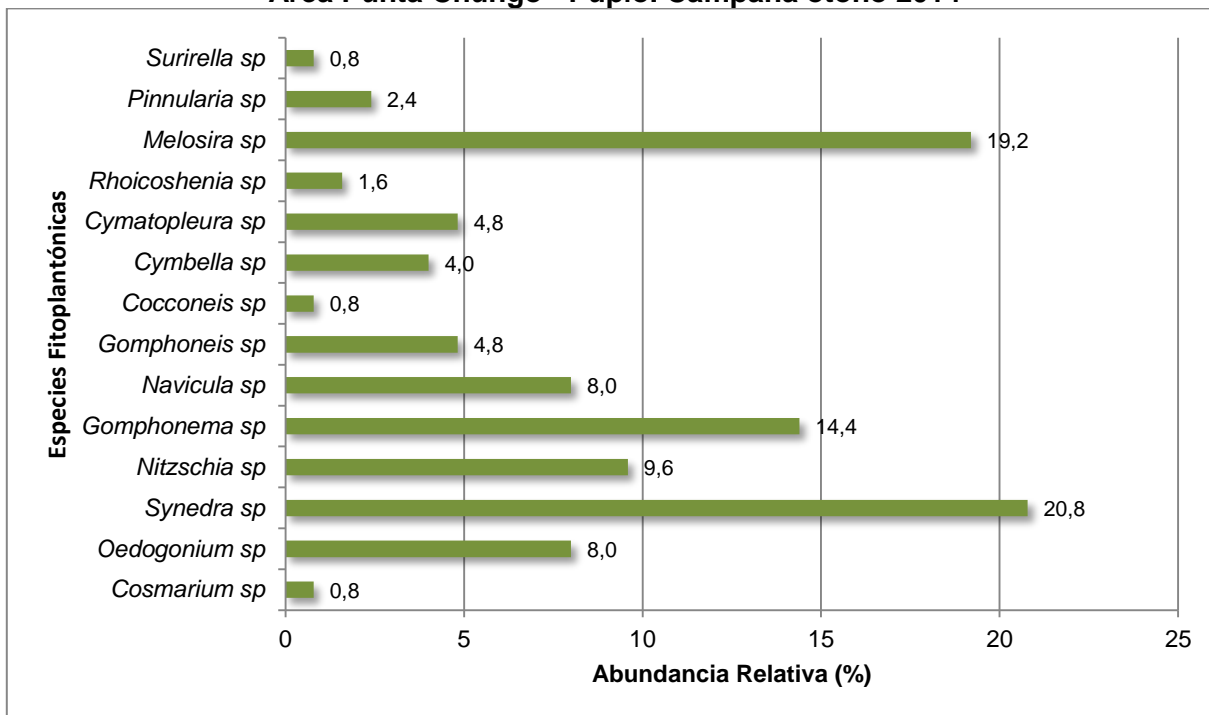
En cuanto a la distribución espacial, sólo *Gomphonema sp.* y *Navicula sp.* se distribuyeron en el 100% de las estaciones (Tabla EAC-15).

**Tabla EAC-15: Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**

		Estaciones			
		P-1	P-2	P-7	P-10
<b>DIVISION CHLOROPHYTA</b>		<b>Cel/L</b>			
Clase	Especie				
<b>Chlorophyceae</b>	<i>Cosmarium sp.</i>	39	-	-	-
	<i>Oedogonium sp.</i>	-	393	-	-
<b>DIVISION OCHROPHYTA</b>					
<b>Bacillariophyceae</b>	<i>Synedra sp.</i>	393	196	79	353
	<i>Nitzschia sp.</i>	118	157	-	196
	<i>Gomphonema sp.</i>	196	118	236	157
	<i>Navicula sp.</i>	39	118	118	118
	<i>Gomphoneis sp.</i>	79	-	79	79
	<i>Cocconeis sp.</i>	39	-	-	-
	<i>Cymbella sp.</i>	79	79	39	-
	<i>Cymatopleura sp.</i>	79	-	79	79
	<i>Rhoicoshenia sp.</i>	-	39	39	-
	<i>Melosira sp.</i>	-	393	157	393
	<i>Pinnularia sp.</i>	-	-	39	79
	<i>Surirella sp.</i>	-	-	-	39
	<b>N° Taxa</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>
	<b>Abundancia</b>	<b>1.061</b>	<b>1.493</b>	<b>865</b>	<b>1.493</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-6: Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**



Fuente: JIA, 2016

- *Fitobentos*

Durante el desarrollo de la campaña de otoño, el ensamble fitobentónico registró la presencia de 13 taxa, representados por una división: Ochrophyta, de las cuales todas las taxas pertenecieron a la clase Bacillariophyceae. Destacan en cuanto a su distribución espacial las diatomeas *Synedra sp* y *Gomphonema sp.*, presentes en el 100% de las estaciones prospectadas (Tabla EAC-16), siendo este último el organismo más abundante, representando el 201% del total de la muestra (Figura EAC-7).

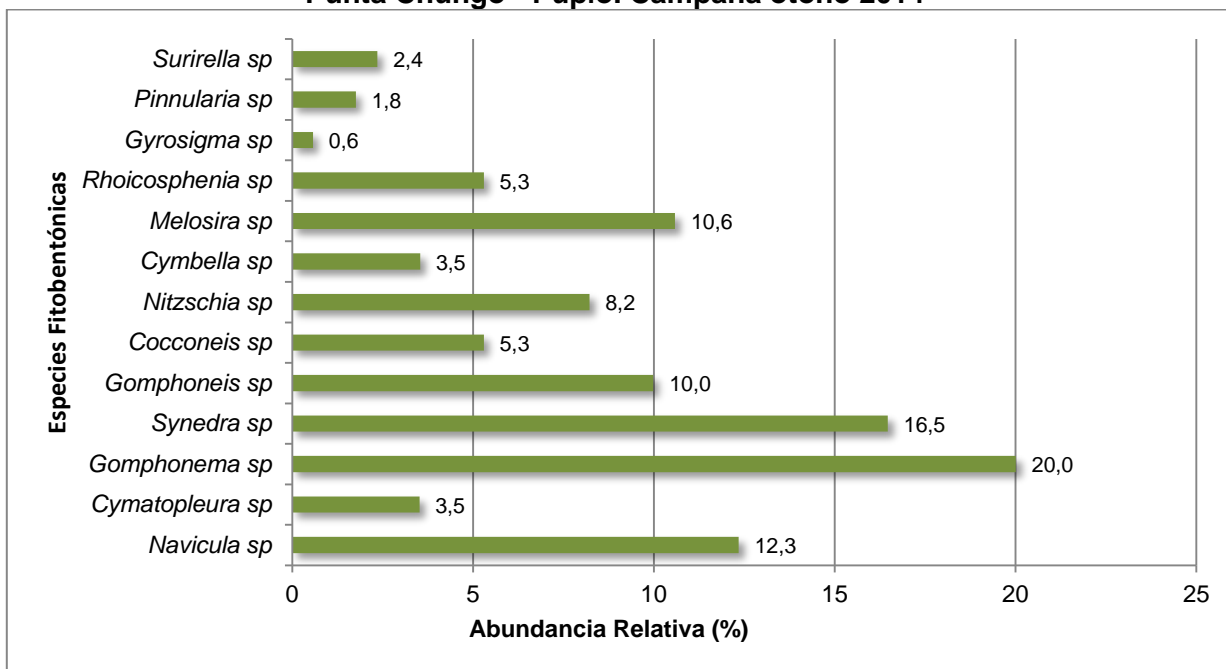
En relación a la abundancia total por estación, los valores obtenidos fluctuaron entre 1.098 y 1.633 cél/cm<sup>2</sup>, que corresponden a lo estimado para las estaciones P-1 y P-7 respectivamente. Finalmente, la riqueza específica expresó su menor valor correspondiente a 8 taxa en la estación P-1, mientras que el valor máximo de 11 taxa fue obtenido en la estación P-7 (Tabla EAC-16).

**Tabla EAC-16: Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**

DIVISION OCHROPHYTA		Estaciones			
Clase	Especie	P1	P2	P7	P10
		Cél/l			
<b>Bacillariophyceae</b>	<i>Navicula sp</i>	188	157	126	188
	<i>Cymatopleura sp</i>	94	-	94	-
	<i>Gomphonema sp</i>	220	283	220	345
	<i>Synedra sp</i>	251	94	283	251
	<i>Gomphoneis sp</i>	94	-	188	251
	<i>Cocconeis sp</i>	94	63	126	-
	<i>Nitzschia sp</i>	94	94	94	157
	<i>Cymbella sp</i>	63	63	-	63
	<i>Melosira sp</i>	-	251	314	-
	<i>Rhoicosphenia sp</i>	-	63	94	126
	<i>Gyrosigma sp</i>	-	31	-	-
	<i>Pinnularia sp</i>	-	-	31	63
	<i>Surirella sp</i>	-	-	63	63
	<b>N° Taxa</b>		<b>8</b>	<b>9</b>	<b>11</b>
<b>Abundancia</b>		<b>1.098</b>	<b>1.099</b>	<b>1.633</b>	<b>1.507</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-7: Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**



Fuente: JIA, 2016

- *Macrófitas*

Para la campaña de otoño, la riqueza específica de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío determinó un total de 7 taxa (Tabla EAC-17), las que se distribuyen incipientemente en la estación P-1 y ampliamente en las estaciones P-2, P-7 y P-10, siendo P-7 la estación con mayor riqueza (6 taxa). El género más abundante del muestreo fue el helecho acuático *Azolla filiculoides*, quien se presentó en las 4 estaciones prospectadas, mientras que las especies menos abundantes fueron *Mentha suaveolens* y *Macrophyta sp. 1*, en P-2 y P-7 respectivamente (Tabla EAC-17).

**Tabla EAC-17: Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2014**

Taxa	Estaciones			
	P-1	P-2	P-7	P-10
<i>Ranunculus aquatilis</i>	X		X	X
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	X	X	X	X
<i>Mentha suaveolens</i>		X		
<i>Ludwigia peploides</i>		X	X	X
<i>Nasturtium bonariensis</i>		X	X	X
<i>Azolla filiculoides</i>	X	X	X	X
<i>Macrophyta sp. 1</i>			X	

Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.3 Área Punta Chungo - Pupío (Campaña invierno 2014)

Para esta campaña, las estaciones que presentaron escorrentía superficial el Área Punta Chungo - Pupío, correspondieron a P-1, P-2, P-7 y P-10.

Para la campaña de invierno 2014, la caracterización físico- química de la calidad de las aguas superficiales no incluye la estación P-5 (Fundo la Cabaña), debido a que al momento de ser visitada ésta presentó un caudal mínimo, lo que imposibilitó la recolección del volumen requerido por las muestras.

##### 6.1.4.3.1 Calidad del Agua

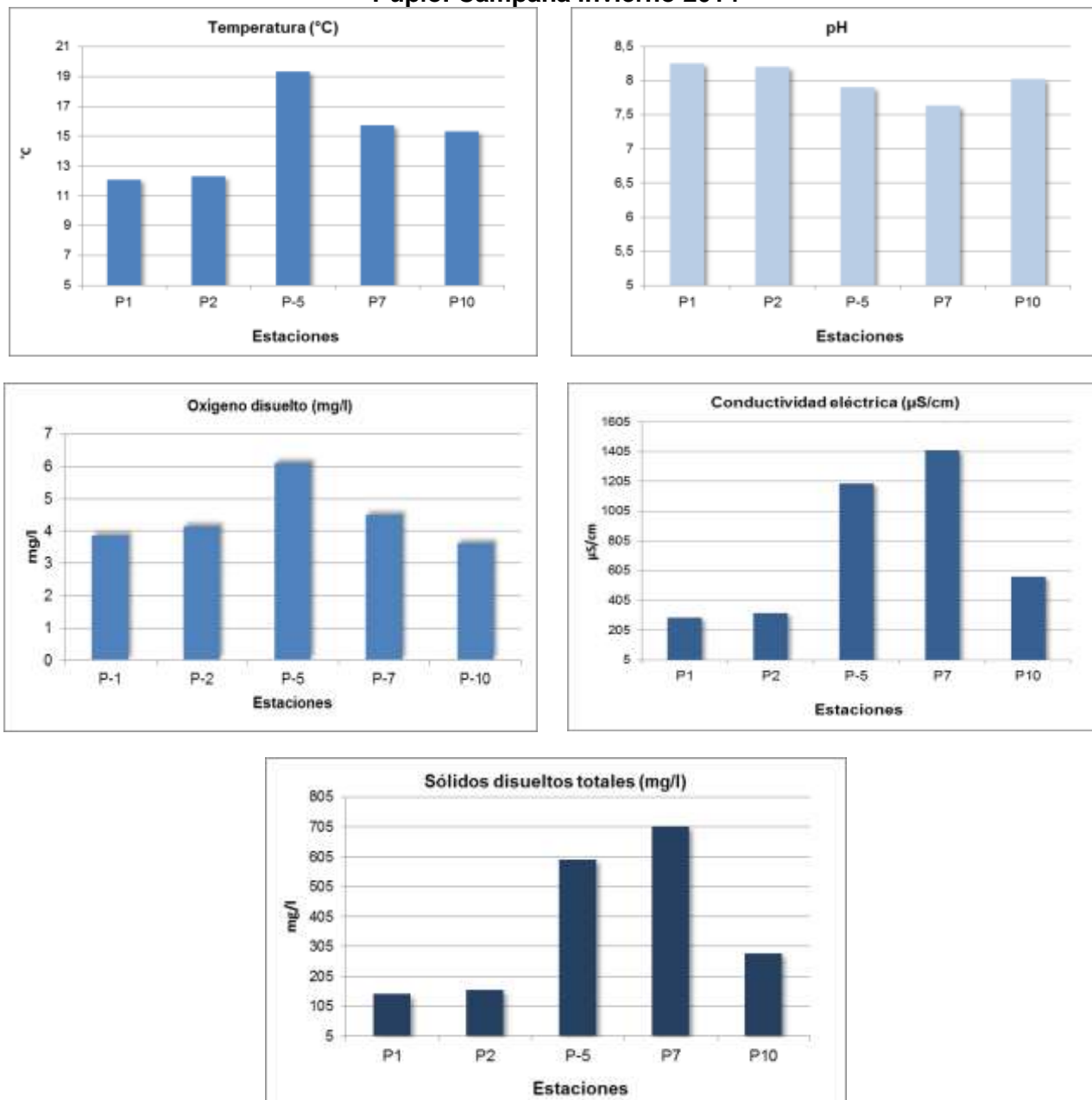
- *Variables medidas in situ en la columna de agua*

En la Tabla EAC-18 y Figura EAC-8 se muestran los valores de las diferentes variables físico-químicas registradas *in situ* en cada una de las estaciones prospectadas durante el desarrollo de la campaña de invierno.

**Tabla EAC-18: Caracterización de las variables *In situ* dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

Variables	Estaciones				
	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
Temperatura (°C)	12,09	12,29	19,31	15,71	15,31
pH	8,25	8,2	7,9	7,63	8,02
Oxígeno disuelto (mg/L)	3,87	4,15	6,12	4,51	3,62
Conductividad (µS/cm)	290	320	1.193	1.414	564
TDS (mg/L)	145	160	596	707	282

**Figura EAC-8: Caracterización de las variables *in situ* dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**



Fuente: JIA, 2016

Para la temperatura superficial del agua se obtuvieron mediciones de magnitud variable, oscilando éstas entre 12,09°C y 19,31°C, correspondientes a las estaciones P-1 y P-5 respectivamente.

El pH por su parte presentó escasa variabilidad, registrando un máximo en P-1 con 8,25 unidades de pH, mientras que el mínimo se observó en P-5, con 7,63 (Tabla EAC-17; Figura EAC-8). Con estos antecedentes es posible señalar que los registros de pH obtenidos en las distintas estaciones prospectadas permiten clasificar las aguas de la zona monitoreada como

moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995) y como aptas para el desarrollo de la biota acuática según lo establecido por la N.Ch. 1.333/78.

Por su parte, la conductividad eléctrica un comportamiento espacial altamente variable, con valores que fluctuaron entre 290 y 1.414  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (estaciones P-1 y P-7 respectivamente; Tabla EAC-17; Figura EAC-8).

Según los criterios establecidos por CONAMA (2004), y en función de esta variable, es posible clasificar las aguas como Excepcionales a Clase 2 para el Área Punta Chungo - Pupío.

Para los sólidos totales disueltos (TDS) se observó el mismo patrón de distribución espacial descrito anteriormente para la conductividad eléctrica, el que se caracteriza por presentar valores más bajos en las estaciones más cercanas a su nacimiento (P-1 y P-2), y más altos en las estaciones medias y costeras (P-7, P-5 y P-10) como es el caso del sector en estudio (Tabla EAC-17; Figura EAC-8).

Finalmente, la medición *in situ* del oxígeno disuelto exhibió valores bajos, con un máximo de 6,12 mg/l, registrado en la estación P-5 mientras que el valor mínimo estuvo en la estación P-10, con 3,62 mg/l. Sólo la estación P-5 presentó valores por sobre lo requerido por la NCh.1.333/Of78, que establece la concentración mínima para el desarrollo de la vida acuática (>5 mg/l).

- *Variables físico-químicas de la columna de agua cuantificadas en laboratorio*

La Tablas EAC-19 a continuación, muestra los resultados de la cuantificación de las variables químicas medidas en la columna de agua para las diferentes estaciones prospectadas en el Área Punta Chungo - Pupío. En ella se observa que ciertos analitos registraron concentraciones por debajo del límite de detección de las técnicas empleadas, y se destaca la ausencia de datos para la estación P-5

**Tabla EAC-19: Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

Analito	Estaciones			
	P-1	P-2	P-7	P-10
DBO <sub>5</sub>	<2	<2	2	<2
Nitrógeno total, mg/l	<5	<5	<5	<5
Bicarbonato	113	109	292	151
Alcalinidad Total como CaCO <sub>3</sub> , mg/l	142	138	304	157
Amonio, mg/l	0,07	0,13	0,09	0,09
Calcio, mg/l	27	68	128	52
Carbonato, mg/l	30	30	38	20
Cloruro, mg/l	7	50	205	82
Cobre, mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Color Verdadero, Escala Pt-Co	13	13	10	30
DQO, mg/l	6	<5	22	5
Dureza Total como CaCO <sub>3</sub> , mg/l	140	247	570	192
Fósforo de ortofosfato, mg/l	<0,01	0,01	0,02	0,01
Fósforo Total, mg/l	0,01	0,02	0,02	0,03
Hierro, mg/l	0,09	0,09	0,03	0,75

Analito	Estaciones			
	P-1	P-2	P-7	P-10
Magnesio, mg/l	17	19	61	15
Molibdeno, mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrógeno Kjeldahl, mg/l	<0,5	<0,5	0,9	<0,5
Nitrato, mg/l	0,06	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrito, mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Potasio, mg/l	2,3	2,8	4,4	3,5
Sodio, mg/l	18	20	129	58
Sólidos totales suspendidos, mg/l	<5	<5	6	<5
Sólidos totales disueltos, mg/l	147	172	936	300
Turbiedad, UNT	1	0,9	0,4	2
Fósforo total disuelto, mg/l	<0,01	0,01	0,02	0,01
Color aparente, Escala Pt-Co	13	18	11	32
Coliformes fecales, NMP/100 ml	7,8	4,5	<1,8	330

Fuente: Extraída de Informes SAG, CESMEC (2014)

A continuación se analizan los analitos más importantes agrupados por nutrientes (fosforados y nitrogenados), metales, sólidos, variables iónicas, bioquímicas y bacteriológicas:

**Dureza total y alcalinidad total como CaCO<sub>3</sub> (mg/l):** Para la actual campaña, los valores de dureza total presentaron variabilidad moderada, fluctuando en un rango que va desde 140 mg/l (P-1), hasta 570mg/l (P-7), lo que la clasifica como aguas de características moderadamente duras a muy duras (OMS, 2006). Por su parte la alcalinidad presentó escasa variabilidad en un rango de fluctuación entre 138 mg/l (P-2) a 304 mg/l (P-7), lo que clasifica a sus aguas como aguas de alta capacidad amortiguadora (neutralización de ácidos), lo que da cuenta de su alto contenido de carbonatos y bicarbonatos.

**DQO:** Para la actual campaña, las concentraciones de DQO fueron detectadas en un 75% de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío; siendo el máximo valor cuantificable en P-7, con 22 mg/l. Por otra parte, el valor mínimo cuantificado se detectó en las estaciones P-10, cuya concentración alcanzó los 5 mg/l. Las aguas de los cursos prospectados clasifican su calidad desde “Excelente” a “aceptable”, según Sánchez. *et al.*, 2007.

**Nitrógeno Kjeldahl, Nitrato y amonio (mg/l):** Los compuestos nitrogenados presentaron concentraciones bajas y homogéneas, sólo cuantificables en la estación P-7 (0,9 mg/l) en el caso del NTK, y estación P-1 (0,06 mg/l) en el caso del nitrato. Estas concentraciones están muy por debajo de los 90 mg/l que corresponde al nivel tóxico para la ictiofauna (Sánchez *et al.*, 2007). Para el caso del amonio, las concentraciones fueron cuantificables en todas las estaciones, con un valor máximo de 0,13 mg/l en P-2, y un valor mínimo de 0,07 mg/l en P-1 (Tabla EAC-18).

**Fósforo total (mg/l), Fósforo total disuelto (mg/l) y fósforo de ortofosfatos (P-PO<sub>4</sub>):** El fósforo total presentó concentraciones en un limitado rango que varió entre 0,01 y 0,03 mg/l (P-1 y P-10 respectivamente), mientras que el fósforo total en su fracción disuelta mantuvo una concentración constante, la que osciló entre 0,01 y 0,02 mg/l al igual que su versión inorgánica en ortofosfatos. Para estos 2 últimos analitos, la técnica no pudo cuantificar la concentración en la muestra de la estación P-1 por estar bajo el límite de detección.



**Sólidos totales suspendidos (mg/l):** El analito SST presentó concentraciones cuantificables en sólo una de las 6 estaciones estudiadas (estación P-5), la cual expresó un valor cuantificable de 6 mg/l, clasificando las aguas del sector con calidad de excepción (<24 mg/l) según CONAMA, 2004.

**Sólidos totales disueltos (mg/l):** Para esta campaña los valores registrados de sólidos totales disueltos presentaron concentraciones variables. El valor máximo se detectó en P-7 (936 mg/l), mientras que el mínimo se registró en la estación cabecera (P-1) con 147 mg/l.

**Iones mayoritarios (mg/l):** La composición iónica mayoritaria de la estación invierno caracterizaron las aguas en las estaciones como bicarbonatadas-cálcicas para las estaciones cabecera (P-1 y P-2), y como bicarbonatadas-cloruradas para las estaciones medias (P-7 y P-10). Por otra parte, dichas concentraciones cuantificadas si presentaron un patrón espacial al ir en un ligero aumento en dirección aguas abajo del estero Pupío.

**Metales (mg/l):** En relación a los metales contenidos en la columna, sólo hierro y magnesio presentaron concentraciones cuantificables. El mineral metálico magnesio presentó concentraciones constantes, con excepción de la estación media (P-7), en donde alcanzó su máximo, determinándose un valor de 61 mg/l. Para el valor mínimo, este fue registrado en el estero Conchalí, con 15 mg/l.

Para el caso del metal hierro, éste registró un valor máximo de 0,75 mg/l en P-10 y un mínimo de 0,03 en P-7, concentración que se encuentra muy por debajo del valor mínimo que determina las aguas como clase de Excepcional (>0,8 mg/l; según CONAMA 2004).

**Turbiedad, UNT:** Los valores de turbidez se presentaron en un rango mínimo de valores, los que fluctuaron entre 0,4 y 2 NTU (P-7 y P-10 respectivamente). Ninguna de las estaciones superó los límites máximos descritos por la NCh. 1.333/78 que establece un valor máximo de 50 UNT como una concentración propicia para el desarrollo de la vida acuática.

**Coliformes fecales, NMP/100 ml:** Las concentraciones de coliformes fecales en las aguas en estudio se presentaron homogéneas, con la excepción de la estación estero Conchalí (P-10), lugar en donde alcanzaron los 330 NMP/100 ml. El valor mínimo se detectó en la estación P-2 (4,5 NMP/100 ml), mientras que en la estación media (P-7) la técnica no permitió cuantificación. De acuerdo con la clasificación Conama (2004), para este analito, las aguas pueden clasificarse de Excelencia a Clase 1.

Finalmente, los compuestos nitrogenados nitrito y nitrógeno total, así como también los metales cobre y molibdeno, no presentaron concentraciones cuantificables en las muestras. Misma condición presentó el parámetro DBO<sub>5</sub> (demanda biológica del oxígeno), cuyas concentraciones se mantuvieron menores o iguales a mg/l para todas las estaciones prospectadas.

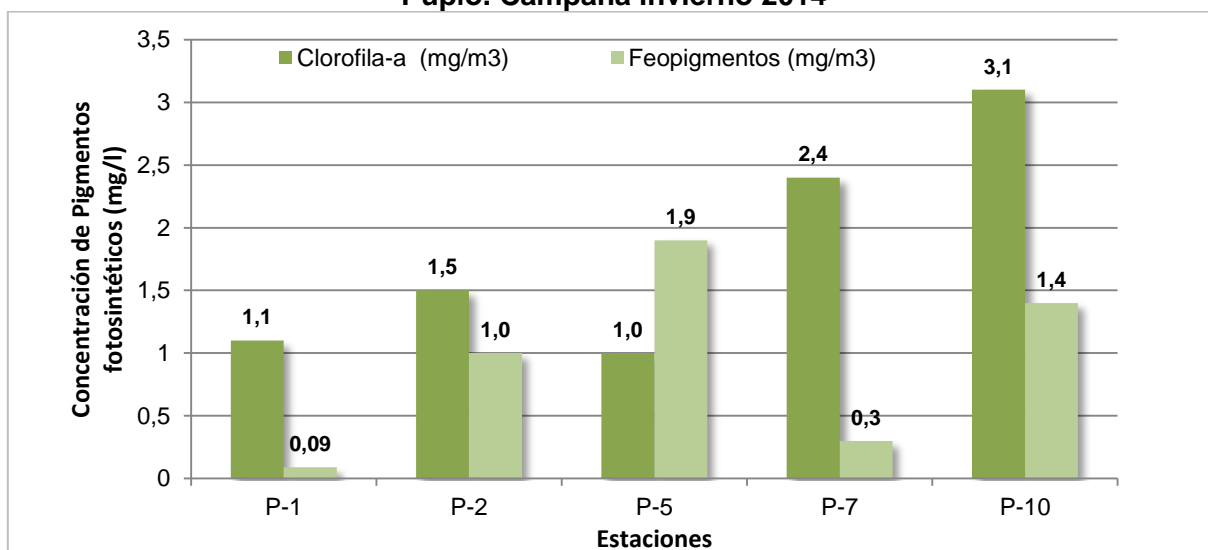
- *Pigmentos Fotosintéticos (Clorofila a y Feopigmentos)*

Las concentraciones de pigmentos fotosintéticos se grafican en la Figura EAC-9 a continuación.

Para las estaciones que comprenden el Área Punta Chungo - Pupío, éstas presentaron una concentración máxima de clorofila en la estación más costera (P-10), con 3,1 mg/l, mientras que el valor mínimo se detectó en P-5, en donde la concentración registró 1 mg/l).

En esta área, y con excepción de la estación P-5, los niveles de clorofila dominaron por sobre los de Feofitina registrando una estación (P-1) sin concentración cuantificable, lo que señala una población productora primaria reciente puesto que aun no es visible un proceso degradativo de la clorofila.

**Figura EAC-9: Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

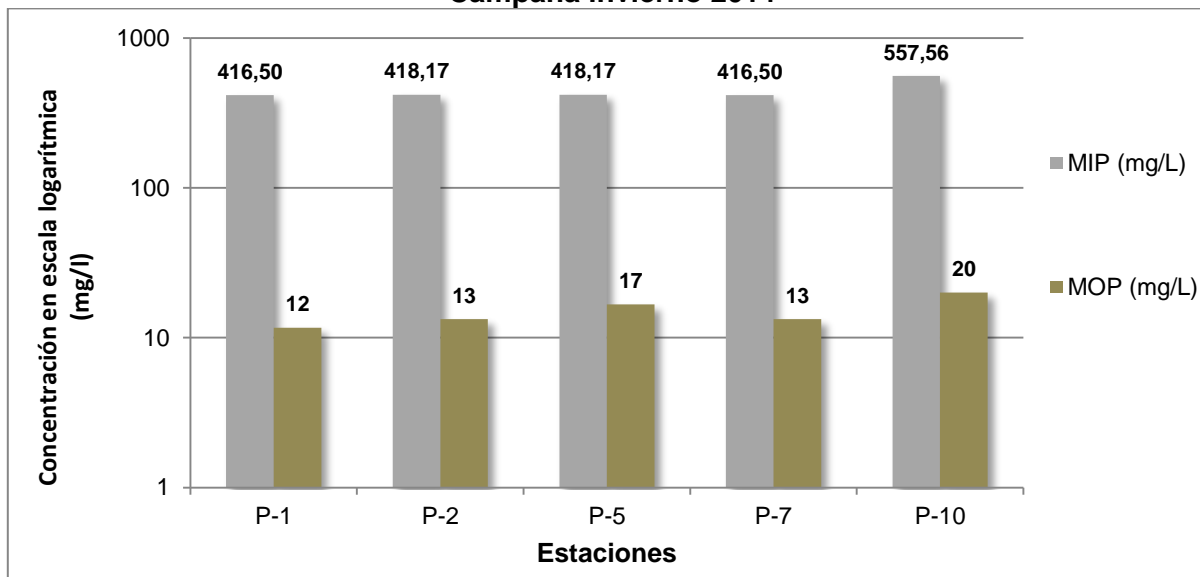


Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica e Inorgánica Particulada*

A continuación, en la Figura EAC-10 se grafican las concentraciones de materia inorgánica y orgánica particulada (MIP-MOP) cuantificadas para las distintas estaciones prospectadas. En general, estos resultados indican que la mayor proporción de material particulado presente en la columna de agua de las estaciones muestreadas corresponde a material inorgánico (MIP), el cual fue cuantificado en concentraciones que varían levemente entre 416,5 y 557,6 mg/l (P-1, P-5 y P-10 respectivamente). Las concentraciones de material orgánico particulado (MOP) por su parte, se presentaron bajas y escasamente variables; con un valor mínimo de 11,7 mg/l para la estación el Romeral, y un valor máximo de 20 mg/l para estero Conchalí.

**Figura EAC-10: Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**



Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.3.2 Calidad de Sedimentos

Para el caso de la estacionalidad de invierno, la recolección de muestras de sedimento pudo efectuarse con éxito en las estaciones P-1, P-2, P-5 y P-10; las que expusieron matrices prospectables en dicha campaña. A continuación, los resultados de la composición granulométrica (Tabla EAC-19) y la concentración de materia orgánica (Tabla EAC-20) contenida en las muestras.

- *Granulometría*

Para las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, el tamaño de grano dominante estuvo a cargo de las 2 fracciones sedimentarias opuestas. Para el caso de la estación P-1 el tamaño de grano mayoritariamente dominante correspondió a la Grava (45,05%), en la estación P-10 fue arena media (40,54%) mientras que para las estaciones P-2 y P-5 la muestra se compuso mayoritariamente por la fracción más fina detectable (fango, 74,08% y 73,53% respectivamente). Esta última condición permitió una alta concentración de materia orgánica, la que se detalla en la tabla EAC-21.

**Tabla EAC-20: Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

Fracciones Sedimentarias			Estaciones			
			P-1	P-2	P-5	P-10
Grava	phi -1	4-2 mm	45,02	3,08	0,4	2,26
Arena MG	phi 0	2-1 mm	15,73	8,12	1,19	10,73
Arena G	phi 1	1-0,5 mm	17,07	7,07	4,82	32,39
Arena M	phi 2	0,5-0,25 mm	16,9	3,97	9,88	40,54
Arena F	phi 3	0,25-0,125 mm	3,83	2,24	6,86	11,43
Arena MF	phi 4	0,125-0,062mm	0,38	1,44	3,33	0,8
Fango	phi 5	< 0,062 mm	1,05	74,08	73,53	1,85

Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica Total*

Como se mencionó anteriormente; las propiedades físicas del tamaño de grano dominante para las estaciones prospectadas, presentaron concentraciones de materia orgánica que van desde bajas (P-1 y P-10), hasta altas concentraciones (P-2 y P-5), con valores máximos de 22,9% para el caso de la estación P-5, y que no superaron el 0,5% para el caso de la estación estero Conchalí (P-10; Tabla EAC-21)

**Tabla EAC-21: Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

Área	Estación	% Materia Orgánica
Punta Chungo - Pupío	P-1	0,5
	P-2	15,9
	P-5	22,9
	P-10	0,5

Fuente: JIA, 2016

- *Potencial REDOX (NHE) y pH*

Para el caso del potencial óxido-reducción de los sedimentos prospectados (Tabla EAC-22), es posible señalar que todos presentaron propiedades altamente oxidativas, con valores de pH que fluctuaron desde moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos. Los valores de Redox por su parte, se distribuyeron en un ajustado rango de valores, los que estuvieron entre 204 mV (para el caso de la estación P-2) y 207 mV (para el caso de la estación P-5; Tabla EAC-22).

**Tabla EAC-22: Potencial Redox (NHE) medido *in situ* en los sedimentos del área de estudio. Área Punta Chungo – Pupío. Campaña invierno 2014**

Variables	Estaciones			
	P-1	P-2	P-5	P-10
Redox (mV)	205,45	204,71	207,57	206,83
pH	6,45	5,71	8,57	7,83

Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.3.3 Variables biológicas

- *Fauna íctica*

Para esta campaña, las capturas de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío ascendieron a 23 individuos, los cuales corresponden a 2 especies nativas y una introducida.

En la Tabla EAC-23 se señala la composición específica de las capturas, además del nombre común, y estado de conservación de las diferentes especies establecidas en el Decreto Supremo (MINSEGPRES) N° 51/2008, mientras que la Tabla EAC-23 presentan el peso, longitud y factor de condición (Kc) de los individuos capturados.

**Tabla EAC-23: Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas**

Especie	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	D.S.
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey del norte chico	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Cheirodon pisciculus</i>	Pocha	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Gambusia sp.</i>	Pez mosquito	Introducida	No aplica	-

D.S= decreto supremo.

Fuente: JIA, 2016

**Tabla EAC-24: Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

Estación	Especies	Peso (g)	Longitud total (mm)	Kc	N
P-1	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	2,048±2,39	56±26,4	0,859	4
P-2	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	5,34±2,36	83,89±13,21	0,87	9
P-7	<i>Gambusia sp.</i>	0,238±0,260	25,8±8,612	0,915	6
P-10	<i>Cheirodon pisciculus</i>	0,905±0,112	45±2,944	1,004	4

Fuente: JIA, 2016

Respecto a las mediciones morfométricas realizadas a los individuos capturados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, se detectaron diferencias en los parámetros obtenidos. Es así como la especie *Basilichthys microlepidotus* presentó los más altos valores promedio de peso y longitud total (Tabla EAC-23), además de una mayor abundancia total en relación a las capturas totales (57%), mientras que la especie introducida *Gambusia sp.*, presentó los menores valores morfométricos.

Por otra parte, la estación con mayor abundancia estuvo a cargo de P-2 (DGA 2), en donde el pejerrey nativo alcanzó el 39% del total de individuos capturados; mientras que la riqueza se presentó monoespecífica en cada una de las estaciones del estudio.

Finalmente, el factor de condición (Kc) que mide el estado fisiológico de cada especie íctica, presentó variaciones en cada una de las estaciones prospectadas, registrando un máximo en P-10 (1,004) y la especie *Cheirodon pisciculus*; y un mínimo en P-1 (0,859) para el aterínido *Basilichthys microlepidotus*, lo que señala una buena condición para la comunidad de peces del estero Pupío y estero Conchalí.

- *Zooplankton*

En relación a la producción secundaria de biomasa, sólo 2 de las 5 estaciones prospectadas presentaron comunidades de zooplancteres; no pudiendo ser detectados en las estaciones P-1, P-2 ni en P-5.

De los 4 taxa registrados en la zona monitoreada, 3 pertenecieron al grupo de los Branchiopoda y uno al orden Copepoda, correspondiendo estos últimos a estadios tempranos de desarrollo (Tabla EAC-25).

La estación con mayor abundancia y riqueza, estuvo a cargo de la estación costera P-10, en donde se registró un total de 0,35 cél/l y 4 taxa; mientras que la estación P-7 sólo presentó un taxón con una abundancia total de 0,25 cél/l.

**Tabla EAC-25: Composición y abundancia de zooplancton en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

Phyllum	Clase u Orden	Familia	Taxa	Estaciones	
				P7	P10
Arthropoda	Copepoda	Cyclopidae	Copepoditos	0,25	0,15
Arthropoda	Branchiopoda	Daphnidae	<i>Daphnia pulex</i>	-	0,05
Arthropoda	Branchiopoda	Chydoridae	<i>Camptocercus sp</i>	-	0,05
Arthropoda	Branchiopoda	Chydoridae	<i>Chydorus sphaericus</i>	-	0,1
<b>N° Taxa</b>				1	4
<b>Abundancia (ind/l)</b>				0,25	0,35

Fuente: JIA, 2016

- *Macroinvertebrados bentónicos*

Los resultados de la campaña de invierno reflejan un ensamble de macroinvertebrados bajo en riqueza, siendo detectado en las 5 estaciones con escurrentía del estudio; y permitiendo el reconocimiento de 7 taxa, representados todos por el grupo de los insectos; (Tabla EAC-26). De los taxa registrados, la familia Hyalellidae destacó por presentar la mayor abundancia de la campaña, con un 49,36% del total; mientras que la mayor distribución espacial recayó en la familia Chironomidae, con presencia en el 75% de las réplicas.

En relación al valor las densidades de la comunidad de macroinvertebrados, éstas variaron entre 867 y 11 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-26). Secundariamente destaca la familia de insectos Leptophlebiidae, presente en 11 de las 20 réplicas prospectadas y en densidades que fluctúan entre 11 y 56 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-26).

Para el caso de la abundancia total, se destacó la estación P-2 al presentar un valor acumulado de 1.288 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-26). Finalmente, la riqueza de taxa osciló entre valores de 3 y 6 correspondientes a lo observado en las estaciones de muestreo P-1 y P-10 respectivamente.

**Tabla EAC-26: Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

Phylum	Orden/Familia	Especie	Estaciones																			
			P-1				P-2				P-5				P-7				P-10			
			Ind/m <sup>2</sup>				Ind/m <sup>2</sup>				Ind/m <sup>2</sup>				Ind/m <sup>2</sup>				Ind/m <sup>2</sup>			
R-1	R-2	R-3	R-4	R-1	R-2	R-3	R-4	R-1	R-2	R-3	R-4	R-1	R-2	R-3	R-4	R-1	R-2	R-3	R-4			
Arthropoda	Chironomidae	n.d	300	-	100	22	11	-	-	22	44	-	44	11	33	-	111	22	22	11	22	44
Arthropoda	Glossiphoniidae	n.d	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	11	-	11	-	-	11
Arthropoda	Hydropsychidae	n.d	11	33	33	11	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Leptophlebiidae	n.d	56	33	33	-	11	33	-	11	-	11	11	11	-	-	-	-	-	11	11	-
Arthropoda	Hyaellidae	n.d	-	-	11	-	-	867	267	44	11	33	-	-	189	11	-	22	-	-	-	-
Arthropoda	Simuliidae	n.d	-	-	-	-	-	11	-	-	-	200	44	11	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Tipulidae	n.d	11	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<b>Riqueza por réplica</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>				
		<b>Riqueza por estación</b>	<b>6</b>				<b>5</b>				<b>4</b>				<b>4</b>				<b>3</b>			

Fuente: JIA, 2016

- *Fitoplancton*

En el área de influencia, fue posible la identificación de un total de trece (13) géneros de microalgas, pertenecientes a 2 divisiones: Chlorophytas y Ochrophytas; las que se distribuyeron en 5 y 8 taxa respectivamente. La mayor abundancia total fue detectada en la estación P-1 con un total de 3.927 cél/l, mientras que la estación de menor abundancia total fue P-5 con un total de 864 cél/l (Tabla EAC-27).

En términos de abundancia por especie, *Synedra sp.* fue el organismo dominante en con un valor total de 1.689 cél/l, registrando a su vez el 20,01 % de la abundancia relativa total (Tabla EAC-27 y Figura EAC-11). Muy por el contrario, la diatomea *Surirella sp* y el alga verde unicelular *Closterium sp.* fueron los organismos menos abundantes, siendo detectados sólo en 2 estaciones (P-7 y P-10) con un promedio total de 78 cél/l cada una.

La riqueza específica fitoplanctónica del estudio presentó variaciones moderadas entre estaciones. Es así como el valor máximo se registró en la estación P-1, la cual presentó 9 taxa; mientras que el valor mínimo estuvo a cargo de las estaciones P-2 y P-5; con 4 taxa; siendo el primero, exclusivamente diatomeas. En cuanto a la distribución espacial, sólo 2 de las 13 de las especies identificadas se distribuyen completamente en toda el área de influencia (*Navicula sp.* y *Synedra sp.* Tabla EAC-27).

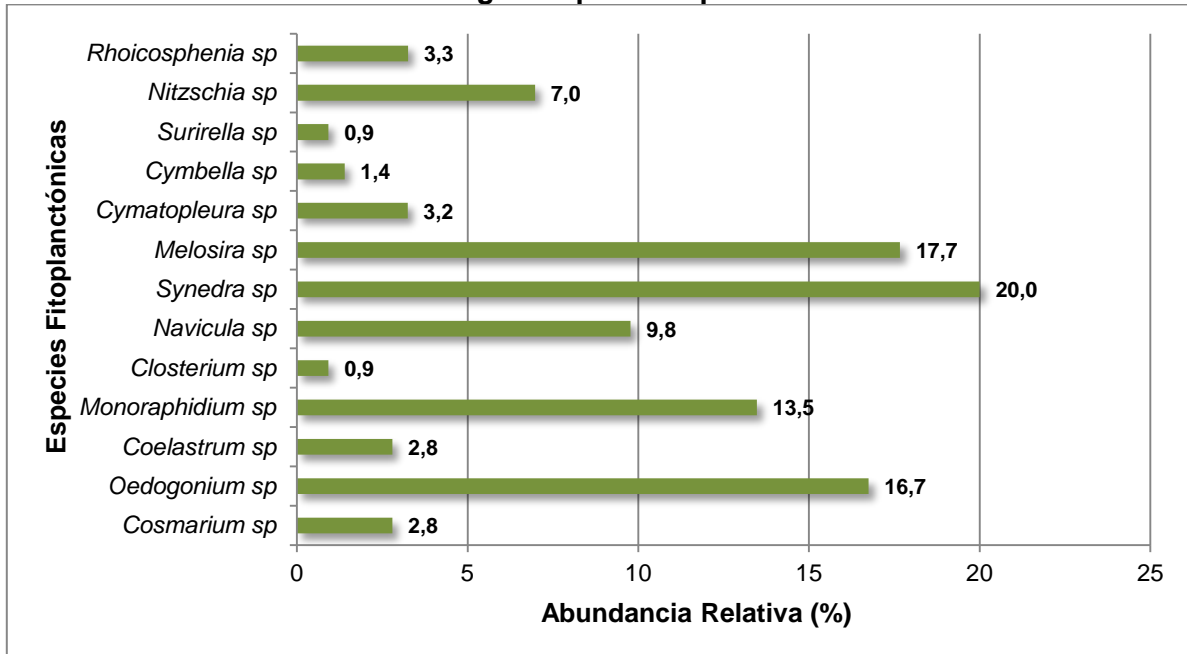
**Tabla EAC-27: Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

		Estaciones				
DIVISION CHLOROPHYTA		P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
Clase	Especie	Cel/L				
Chlorophyceae	<i>Cosmarium sp</i>	236	-	-	-	-
	<i>Oedogonium sp</i>	864	-	393	-	157
	<i>Coelastrum sp</i>	236	-	-	-	-
	<i>Monoraphidium sp</i>	1.138	-	-	-	-
	<i>Closterium sp</i>		-	-	39	39
DIVISION OCHROPHYTA						
Bacillariophyceae	<i>Navicula sp</i>	393	79	39	118	196
	<i>Synedra sp</i>	157	79	393	667	393
	<i>Melosira sp</i>	785	707	-	-	-
	<i>Cymatopleura sp</i>	39	39	-	196	-
	<i>Cymbella sp</i>	79	-	39	-	-
	<i>Surirella sp</i>	-	-	-	39	39
	<i>Nitzschia sp</i>	-	-	-	275	314
	<i>Rhoicosphenia sp</i>	-	-	-	-	275
	<b>N° Taxa</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
	<b>Abundancia</b>	<b>3.927</b>	<b>904</b>	<b>864</b>	<b>1.334</b>	<b>1.413</b>

Fuente: JIA, 2016



**Figura EAC-11: Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**



Fuente: JIA, 2016

- *Fitobentos*

Durante el desarrollo de la campaña de invierno, el ensamble fitobentónico registró la presencia de 15 taxa, representados por 3 divisiones: Cyanophytas, Chlorophyta y Ochrophyta. Las dos primeras divisiones registraron monoespecificidad, mientras que la última presentó mayor diversidad, determinándose 14 taxa.

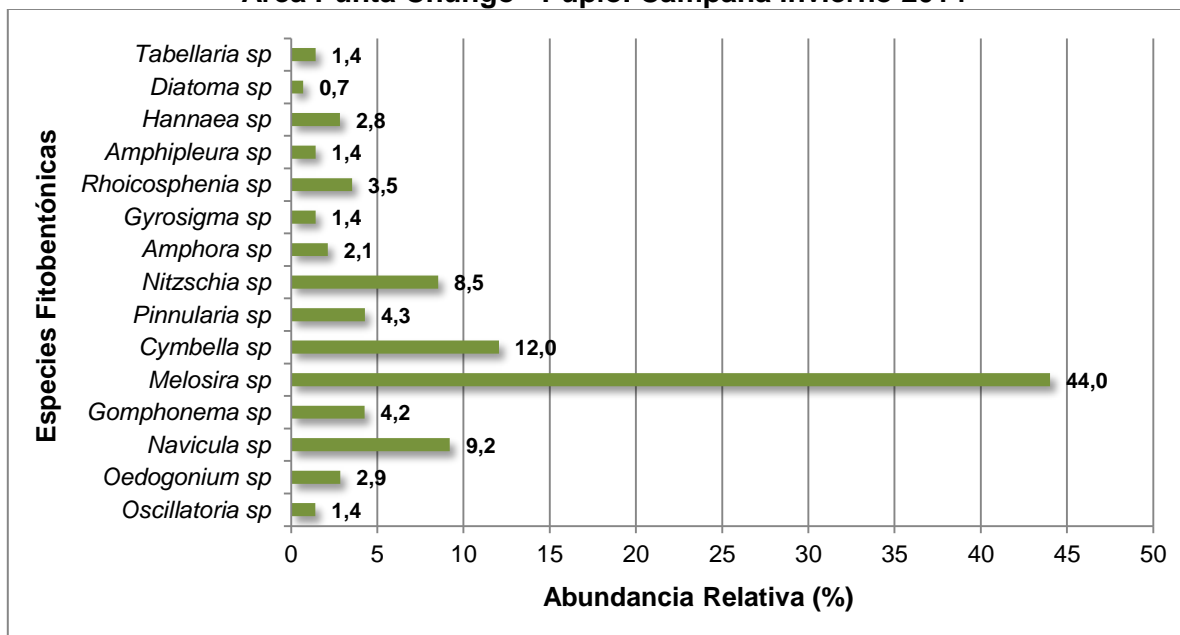
En relación a la abundancia específica, destaca la diatomea *Melosira sp*, que aunque presente sólo en el 50% de las estaciones, alcanzó una abundancia relativa de un 44% del total de la muestra (Figura EAC-12). Para la abundancia total por estación, los valores obtenidos fluctuaron entre 250 y 2.544 cél/cm<sup>2</sup>, que corresponden a lo estimado para las estaciones P-1 y P-7 respectivamente. Finalmente, la riqueza específica expresó su menor valor correspondiente a 5 taxa en la estación P-5, mientras que el valor máximo de 8 taxa fue obtenido en la estación P-10 (Tabla EAC-28).

**Tabla EAC-28: Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

DIVISION CYANOPHYTA		Estaciones				
		P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
Clase	Especie	Cél/ cm <sup>2</sup>				
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria sp</i>	-	-	31	-	31
DIVISION CHLOROPHYTA						
Chlorophyceae	<i>Oedogonium sp</i>	-	-	126	-	-
DIVISION OCHROPHYTA						
Bacillariophyceae	<i>Navicula sp</i>	314	31	-	31	31
	<i>Gomphonema sp</i>	157	-	31	-	-
	<i>Melosira sp</i>	1.319	-	628	-	-
	<i>Cymbella sp</i>	377	31	-	31	94
	<i>Pinnularia sp</i>	63	-	-	63	63
	<i>Nitzschia sp</i>	314	-	-	-	63
	<i>Amphora sp</i>	-	31	-	-	63
	<i>Gyrosigma sp</i>	-	63	-	-	-
	<i>Rhoicosphenia sp</i>	-	31	63	31	31
	<i>Amphipleura sp</i>	-	63	-	-	-
	<i>Hannaea sp</i>	-	31	-	-	94
	<i>Diatoma sp</i>	-	-	-	31	-
	<i>Tabellaria sp</i>	-	-	-	63	-
	<b>N° Taxa</b>		<b>6</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Abundancia</b>		<b>2.544</b>	<b>281</b>	<b>879</b>	<b>250</b>	<b>470</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-12: Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**



Fuente: JIA, 2016

- *Macrófitas*

Para el caso de invierno, el análisis determinó un total de 8 taxa, las que se distribuyeron primordialmente en las estaciones del Fundo la Cabaña (P-5) y puente Pupío 1 (P-7), siendo esta última la estación con mayor riqueza (5 taxa). La dominancia macrofítica del muestreo estuvo a cargo de 3 taxas: *R. aquatilis*; *N. bonariensis* y el helecho acuático *Azolla filiculoides*, quienes dominaron, estando presentes en 4 de las 5 estaciones prospectadas, mientras que la especie menos abundante estuvo a cargo de la alga verde filamentosa, la cual solo estuvo presente en P-2, Tabla EAC-29).

**Tabla EAC-29: Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2014**

Taxa	Estaciones				
	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
<i>Ranunculus aquatilis</i>	X	X		X	X
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>			X	X	
<i>Mentha suaveolens</i>			X	X	
<i>Ceratophyllum chilense</i>			X		
<i>Ludwigia peploides</i>	X	X	X		X
<i>Nasturtium bonariensis</i>	X	X	X	X	
<i>Azolla filiculoides</i>	X		X	X	X
<i>Alga verde filamentosa</i>		X			

Fuente: JIA, 2016.

#### 6.1.4.4 Área Punta Chungo - Pupío (Campaña primavera 2014)

##### 6.1.4.4.1 *Calidad del Agua*

- *Variables medidas in situ en la columna de agua*

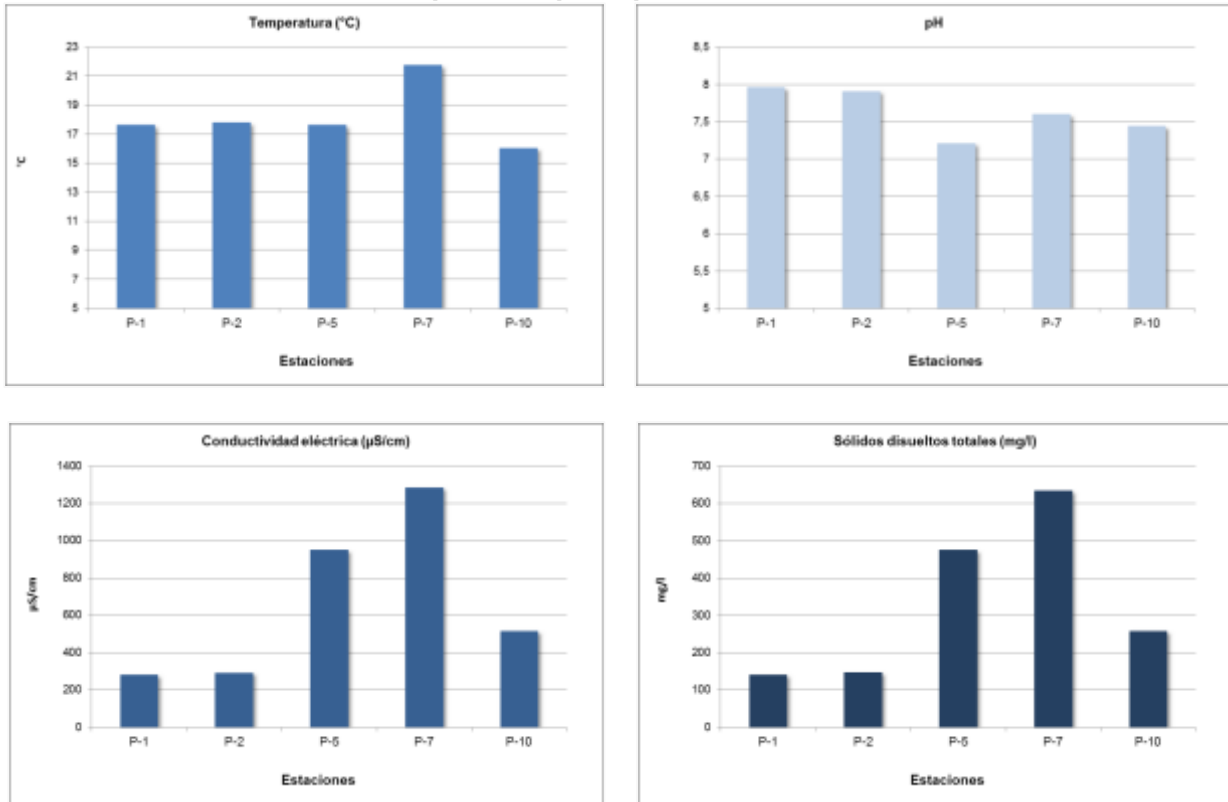
En la Tabla EAC-30 y en la Figura EAC-13 se muestran los valores de las diferentes variables físico-químicas registradas *in situ* en cada una de las estaciones prospectadas; durante el desarrollo de la campaña de primavera.

**Tabla EAC-30: Caracterización de las variables *in situ* dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**

Variables	Estaciones				
	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
<b>Temperatura (°C)</b>	17,63	17,79	17,63	21,76	16,04
<b>pH</b>	7,96	7,91	7,21	7,6	7,44
<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	-	-	-	-	-
<b>Conductividad (µS/cm)</b>	281	293	951	1.285	516
<b>TDS (mg/L)</b>	141	147	476	643	258

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-13: Caracterización de las variables *in situ* dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**



Fuente: JIA, 2016

Para la temperatura superficial del agua se obtuvieron mediciones de moderada variabilidad, las que fluctuaron entre 16,04 y 21,76°C; correspondientes a las estaciones P-10 y P-7 respectivamente.

El pH por su parte presentó escasa variabilidad, registrando un máximo en P-1 con 7,96 unidades de pH; mientras que el mínimo se observó en P-5, con 7,21 unidades de pH (Tabla EAC-29; Figura EAC-13). Con estos antecedentes es posible señalar que los registros de pH obtenidos en las distintas estaciones prospectadas permiten clasificar las aguas de la zona monitoreada como moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995) y como aptas para el desarrollo de la biota acuática según lo establecido por la N.Ch. 1.333/78.

La conductividad eléctrica por su parte, expresó un comportamiento espacial altamente variable, con valores que fluctuaron entre 281 y 1.285 µS/cm (estaciones P-1 y P-7 respectivamente; Tabla EAC-30; Figura EAC-13).

Para los sólidos totales disueltos (TDS) se observó el mismo patrón de distribución espacial descrito anteriormente para la conductividad eléctrica, el que se caracteriza por presentar valores más bajos en las estaciones más cercanas a su nacimiento (P-1 y P-2) y más altos en las estaciones medias y costeras (P-7 a P-10) como es el caso del sector en estudio (Tabla EAC-29; Figura EAC-13).

Respecto al parámetro oxígeno disuelto, éste no pudo ser registrado *in situ* para esta campaña; sin embargo fue cuantificado mediante el ejercicio de titulación de Winkler<sup>3</sup> (método iodométrico), los cuales se expresarán en el apartado siguiente.

- *Variables físico-químicas de la columna de agua cuantificadas en laboratorio*

La Tabla EAC-31 a continuación, muestra los resultados de la cuantificación de las variables químicas medidas en la columna de agua para las diferentes estaciones prospectadas en el Área Punta Chungo - Pupío.

**Tabla EAC-31: Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**

Análisis	P1	P2	P5	P7	P10
Dureza Total como CaCO <sub>3</sub> , mg/l	124	154	526	590	169
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub> , mg/l	109	141	244	255	124
Fósforo Total, mg/l	0,38	0,24	0,25	0,16	0,22
Nitrógeno Kjeldahl, mg/l	<5	<5	<5	<5	<5
Sólidos Totales Disueltos, mg/l	220	268	899	1.158	347
Sólidos Totales Suspendidos, mg/l	<5	<5	8	<5	<5
Fósforo de ortofosfato, mg/l P-PO <sub>4</sub>	0,1	0,2	0,18	0,14	0,11
Sulfato, mg/l	24	27	281	199	20
Cloruro, mg/l	5	5	84	203	70
Cobre, mg/l	0,11	0,12	0,1	0,09	0,1
Hierro, mg/l	0,06	0,12	0,2	0,05	0,14
Calcio, mg/l	23	31	116	129	43
Potasio, mg/l	2,5	1,8	2,8	1,5	2
Magnesio, mg/l	16	19	58	65	15
Sodio, mg/l	20	21	99	145	61
Fósforo Total disuelto, mg/l	0,1	0,2	0,18	0,14	0,11
Bicarbonato, mg/l	124	162	279	279	137
Carbonato, mg/l	8	10	18	31	14
Oxígeno Disuelto, mg/l	6,9	8,2	7,3	5,1	8,2
DBO <sub>5</sub> , mg/l	6	4	5	5	4
DQO, mg/l	11	8	14	24	10

Fuente:] Extraído de informes SAG. CESMEC (2014)

A continuación se analizan los analitos más importantes agrupados por nutrientes (fosforados y nitrogenados), metales, sólidos, variables iónicas, bioquímicas y bacteriológicas:

**Dureza total como CaCO<sub>3</sub> (mg/l):** La dureza del agua presentó alta variabilidad en el Área Punta Chungo - Pupío. Los valores se distribuyeron en un rango entre 124 y 590 mg/l (P-1 y P-7); lo que las clasifica como aguas moderadamente dura a muy duras (OMS, año).

**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> (mg/l):** La alcalinidad del agua presentó una variabilidad espacial moderada para las muestras de las estaciones del área estudiada. Los valores se concentraron en un rango que varió de 109 y 255 mg/l (P-1 y P-7).

<sup>3</sup> APHA Standards Methods for the examination of water and waste waters. 20 th. American Public Health Association Washington. DC. USA. 1998.

**DBO<sub>5</sub>:** Los valores de este parámetro variaron entre un rango mínimo de concentraciones. Es así como las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío presentaron concentraciones que variaron entre 4 y 6 mg/l (P-2, P-10 y P-1 respectivamente).

**DQO:** Para esta campaña, las concentraciones de DQO fueron detectadas en el 100% de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío; siendo el máximo valor cuantificable en P-7, con 24 mg/l. Por otra parte, el valor mínimo cuantificado se detectó en las estaciones P-2, cuya concentración alcanzó los 8 mg/l. Las aguas de los cursos prospectados clasifican su calidad desde “Excelente” a “aceptable”, según Sánchez. *et al.*, 2007.

**Fósforo total (mg/l) , Fósforo total disuelto (mg/l) y fósforo de ortofosfatos (P-PO<sub>4</sub>):** Para el caso del Área Punta Chungo - Pupío, el fósforo total presentó concentraciones en un limitado rango que varió entre 0,16 y 0,38 mg/l (P-7 y P-1 respectivamente), mientras que el fósforo total en su fracción disuelta mantuvo una concentración constante, la que osciló entre 0,1 y 0,2 mg/l; al igual que su versión inorgánica en ortofosfatos.

**Sólidos totales suspendidos (mg/l):** El analito SST presentó concentraciones cuantificables en sólo una de las 5 estaciones estudiadas en el Área Punta Chungo - Pupío, (estación P-5), la cual expresó un valor cuantificable de 8 mg/l, clasificando las aguas del sector con calidad de excepción (>24 mg/l) según CONAMA, 2004.

**Sólidos totales disueltos (mg/l):** Para esta campaña los valores registrados de sólidos totales disueltos disminuyeron levemente en relación a las anteriores campañas (otoño e invierno 2014). El valor máximo detectado se detectó en P-7 (1.158 mg/l), mientras que el mínimo estuvo a cargo de la estación cabecera (P-1), con 220 mg/l. Dicha ya estación presentó valores mayores durante la campaña de otoño, debido a una prospección post evento pluvial.

**Iones mayoritarios (mg/l):** La composición iónica mayoritaria de la estación primavera caracterizada en las estaciones del estero Pupío y estero Conchalí no presentaron un patrón iónico predominante, manteniendo concentraciones equilibradas en iones bicarbonato, sulfato, cloruro, calcio y sodio. Por otra parte, dichas concentraciones cuantificadas si presentaron un patrón espacial al ir en un ligero aumento en dirección aguas abajo del estero Pupío.

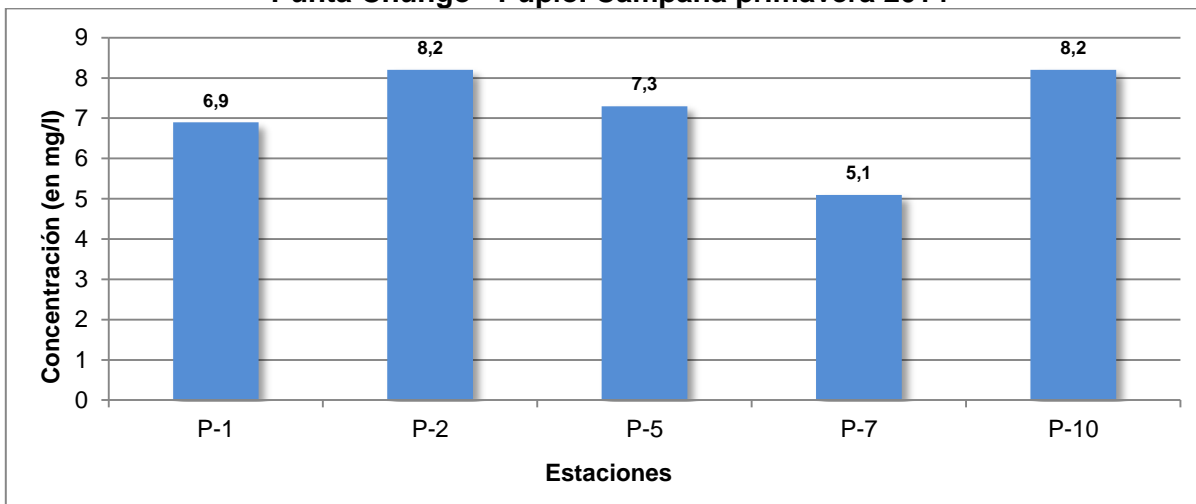
Por otra parte, los iones carbonato, potasio y magnesio, se mantuvieron en concentraciones menos dominantes, los que no sobrepasaron los 65 mg/l (magnesio; Tabla EAC-31).

**Metales (mg/l):** En relación a los metales contenidos en la columna, éstos se presentaron en bajas concentraciones para esta campaña, alcanzando un valor máximo que no sobrepasó los 0,12 mg/l (P-2) para el caso del cobre.

Para el caso del metal hierro, éste registró un valor máximo de 0,2 mg/l en P-5; y mínimo de 0,06 mg/l en P-1; concentración que se encuentra por debajo del valor mínimo que determina las aguas como clase de Excepcional (<0,8 mg/l; según CONAMA 2004)

**Oxígeno disuelto (OD; mg/l):** A continuación la Figura EAC-14 presenta las concentraciones y variaciones espaciales en la concentración de oxígeno disuelto en las aguas del sector prospectado.

**Figura EAC-14: Concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**



Fuente: JIA, 2016

Para el caso del Área Punta Chungo - Pupío, las estaciones del estero Pupío y estero Conchalí presentaron una mayor variabilidad espacial, registrando un valor máximo en la estación P-2 (8,2 mg/l), mientras el valor mínimo se expresó en P-7 (5,1 mg/l). Cabe destacar que todas las concentraciones cuantificadas se encuentran dentro de los límites óptimos para el desarrollo de la vida acuática (NCh 1.333/Of.78).

Finalmente, los compuestos nitrogenados nitrato, nitrito y amonio; así como también el molibdeno, no presentaron concentraciones cuantificables en las muestras.

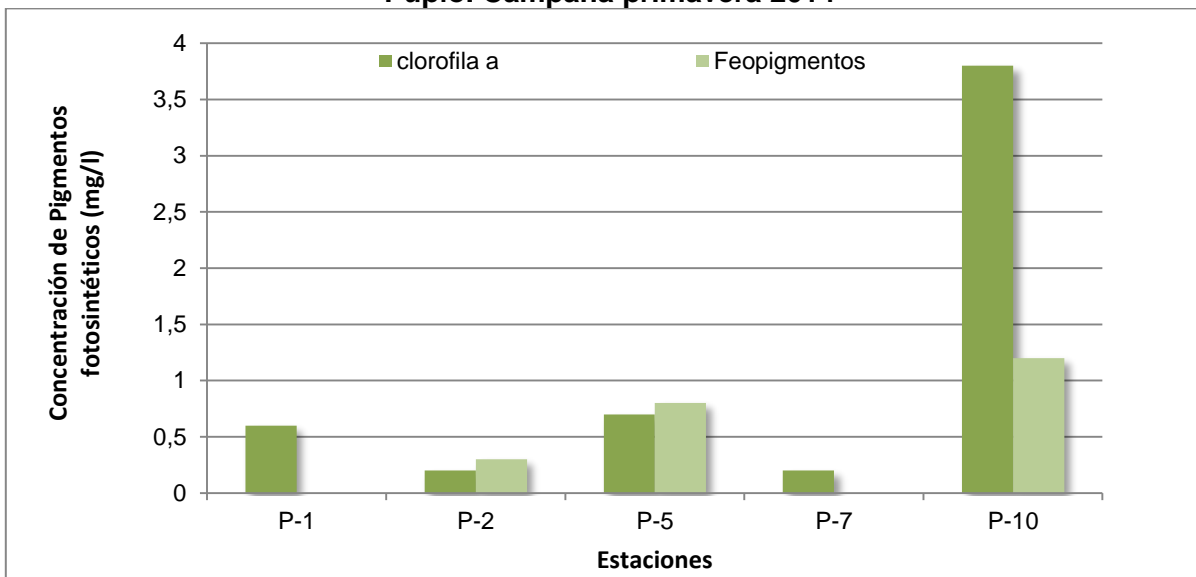
- *Pigmentos Fotosintéticos (Clorofila a y Feopigmentos)*

Las concentraciones de pigmentos fotosintéticos se grafican en la Figura EAC-15 a continuación.

Las estaciones que comprenden el Área Punta Chungo - Pupío presentaron un máximo de clorofila en la estación más costera (P-10), mientras que el valor más bajo de este pigmento se detectó en P-7 y P-2; ambas estaciones del río Pupío.

En dicha área los niveles de clorofila se mantuvieron variables, manteniendo concentraciones menores a los de feofitina en las estaciones P-2 y P-5 y ampliamente superiores en P-10, registrando además dos estaciones (P-1 y P-7) sin concentraciones cuantificables, lo que señala una población productora primaria reciente (proceso degradativo de la clorofila aún no visible) para las estaciones de los extremos y envejecidas para las estaciones centrales.

**Figura EAC-15: Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**



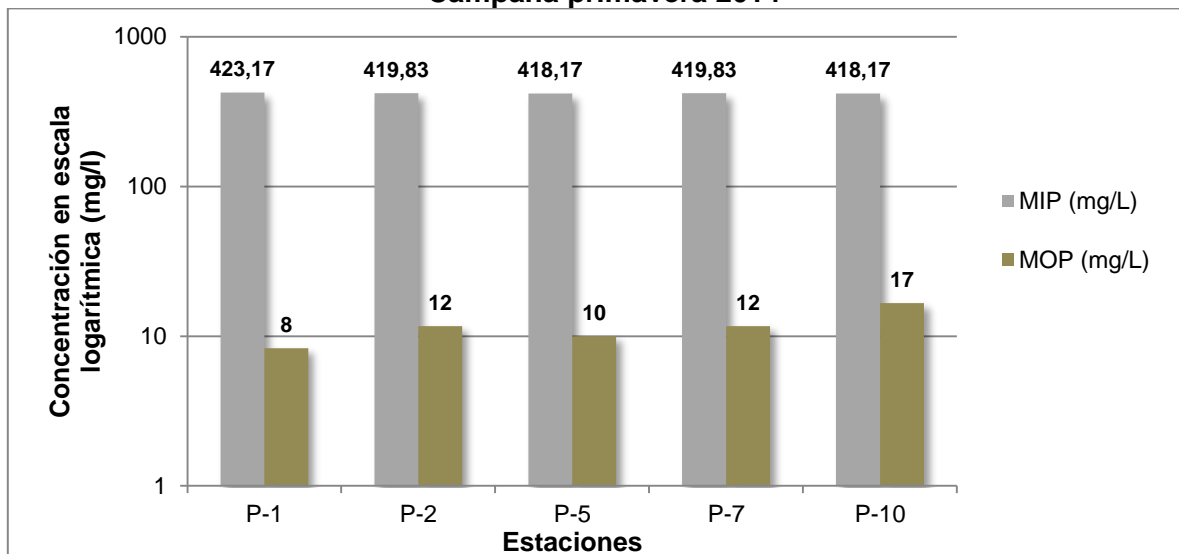
Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica e Inorgánica Particulada*

A continuación, en la Figura EAC-16 se grafican las concentraciones de materia inorgánica y orgánica particulada (MIP-MOP) cuantificadas para las distintas estaciones prospectadas. En general, estos resultados indican que la mayor proporción de material particulado presente en la columna de agua de las estaciones muestreadas corresponde a material inorgánico (MIP), el cual fue cuantificado en concentraciones que varían levemente entre 418,17 y 423,17 mg/l (P-5, P-10 y P-1 respectivamente). Las concentraciones de material orgánico particulado (MOP) por su parte, se presentaron bajas y escasamente variables; con un valor mínimo de 8,33 mg/l, y un valor máximo de 17 mg/l para estero Conchalí.



**Figura EAC-16: Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**



Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.4.2 Calidad de Sedimentos

Para el caso de la estacionalidad de primavera, la recolección de muestras de sedimento pudo efectuarse con éxito en las estaciones P-1, P-2 y P-10; las que expusieron matrices prospectables en dicha campaña. A continuación, los resultados de la composición granulométrica (Tabla EAC-32) y la concentración de materia orgánica (Tabla EAC-33) contenida en las muestras.

- *Granulometría*

Para las estaciones en estudio, la dominancia estuvo a cargo de la fracción sedimentaria de mayor tamaño (Grava) en las estaciones P-1 y P-2 (37,27 % y 38,91% respectivamente). Este tamaño de sedimentos se caracteriza por la baja o nula retención de materia orgánica (Tabla EAC-32). Por otra parte, la estación emplazada en las cercanías del borde costero (P-10; estero Conchalí), presentó una dominancia de tamaño de grano que fue desde arenas medias (47,87%) a arenas gruesas (26,62%). Esto puede deberse a la alta influencia del conjunto de dunas que bordea este sector.

**Tabla EAC-32: Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**

Fracciones Sedimentarias	Clasificación	Tamaño	Estaciones		
			P-1	P-2	P-10
Grava	phi -1	4-2 mm	37,27	38,91	0,43
Arena MG	phi 0	2-1 mm	14,57	7,94	3,6
Arena G	phi 1	1-0,5 mm	17,64	10,93	26,62
Arena M	phi 2	0,5-0,25 mm	15,42	10,62	47,87
Arena F	phi 3	0,25-0,125 mm	6,76	5,4	15,68
Arena MF	phi 4	0,125-0,062mm	1,96	1,85	1,81
Fango	phi 5	< 0,062 mm	6,38	24,36	3,99

Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica Total*

Como se mencionó anteriormente, las propiedades físicas del tamaño de grano dominante para las estaciones prospectadas, presentan bajas concentraciones de materia orgánica para esta campaña, con valores máximos de 1,61% para el caso de la estación P-2, y que no superan el 0,65% para el caso de la estación cabecera del estero Pupío (P-1).

**Tabla EAC-33: Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**

Área	Estación	% Materia Orgánica
Punta Chungo - Pupío	P-1	0,65
	P-2	1,61
	P-10	1,2

Fuente: JIA, 2016

- *Potencial REDOX (NHE) y pH*

No se registraron datos asociados al potencial redox de los sedimentos para esta campaña.

#### 6.1.4.4.3 Variables biológicas

- *Fauna íctica*

Para la actual campaña, las capturas de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío ascendieron a 34 individuos, los cuales corresponden a 3 especies nativas y una introducida. En la Tabla EAC-34 se señala la composición específica de las capturas, además del nombre común, y estado de conservación de las diferentes especies establecidas en el Decreto Supremo (MINSEGPRES) N° 51/2008, mientras que la Tabla EAC-35 presentan el peso, longitud y factor de condición (Kc) de los individuos capturados.

**Tabla EAC-34: Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas**

Especie	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	D.S.
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey del norte chico	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Cheirodon pisciculus</i>	Pocha	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Gambusia sp.</i>	Pez mosquito	Introducida	No aplica	-
<i>Trichomycterus areolatus</i>	Bagre chico	Nativa	Vulnerable	51/2008

Fuente: JIA, 2016

**Tabla EAC-35: Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**

Estación	Especies	Peso (g)	Longitud Total (mm)	Kc	N
P-1	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	5,69±4,04	77,1±18,47	1,09	10
	<i>Trichomycterus areolatus</i>	2,07±1,28	57,5±9,6	0,98	4
P-2	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	4,41±1,28	75,7±5,9	0,998	7
P-7	<i>Gambusia sp.</i>	0,685±0,3	34,8±4,3	1,57	6
P-10	<i>Cheirodon pisciculus</i>	0,36±0,39	26±7,48	1,61	7

Fuente: JIA, 2016

Respecto a las mediciones morfométricas realizadas a los individuos capturados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, se detectaron diferencias en los parámetros obtenidos. Es así, como la especie *Basilichthys microlepidotus* presenta los más altos valores promedio de peso y longitud total (Tabla EAC-35), además de una mayor abundancia total en relación a las capturas totales (50%).

Por otra parte, la estación con mayor riqueza y abundancia, estuvo a cargo de la estación cabecera (P-1), en donde se detectó la presencia de 2 especies nativas, alcanzando el 41% del total de individuos capturados.

Para el factor de condición (Kc) que mide el estado fisiológico de cada especie íctica, los valores se mantuvieron constantes en términos generales, registrando un máximo en P-10 (1,61) y la especie *Cheirodon pisciculus* y un mínimo en P-1 (0,98) para el siluriforme *T. areolatus*, lo que señala una buena condición para la comunidad de peces del estero Pupío y estero Conchalí.

- *Zooplankton*

Se detectó la presencia de zooplancteres en 3 de las 5 estaciones prospectadas (P-5, P-7 y P-10). Agrupándose en 6 taxa y 3 familias (Cyclopinidae, Daphnidae y Chydoridae), de las cuales el cladóceros *Chydorus sphaericus* fue el más abundante de la muestra (3,75 ind/l).

En relación a la estación con mayor abundancia, la estación P-5 (Fundo la cabaña) registró una abundancia total de 4,7 ind/l y una riqueza máxima de 6 especies (Tabla EAC-36)

*Chydorus sphaericus* representa uno de los organismos zooplanctónicos más abundantes de los grandes lagos; presenta alta resistencia a condiciones adversas como altos rangos de pH (3,4 a 9) y a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (máximo descrito 0,36 mg/l; Fyer; 1968). Cabe señalar que la estación P-5 cumple con algunas de estas características, ya que representa un afloramiento superficial del Pupío, en donde el agua se acopia y se destina a uso agrícola y ganadero incipiente.

**Tabla EAC-36: Composición y abundancia de zooplankton (ind/l.) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**

Clase u Orden	Familia	Taxa	Estaciones		
			P-5	P-7	P-10
Copepoda	Cyclopinidae	<i>Mesocyclops longisetus</i>	0,45	0,05	0,05
Copepoda	Cyclopinidae	<i>Tropocyclops prasinus</i>	0,05	-	-
Branchiopoda	Daphnidae	<i>Simocephalus sp.</i>	0,35	-	-
Branchiopoda	Chydoridae	<i>Alona cambouei</i>	0,05	-	-
Branchiopoda	Chydoridae	<i>Alonella sp.</i>	0,05	-	-
Branchiopoda	Chydoridae	<i>Chydorus sphaericus</i>	3,75	-	-
<b>N° Taxa</b>			<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Abundancia</b>			<b>4,7</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>

Fuente: JIA, 2016

- *Macroinvertebrados bentónicos*

Los resultados de la campaña de primavera reflejan un ensamble de macroinvertebrados bajo en riqueza, siendo detectados en sólo 2 de las 5 estaciones en estudio y permitiendo el reconocimiento de 5 taxa, representados por 4 integrantes del grupo de los insectos y 1 de los Hirudíneos (Anélidos; Tabla EAC-37). De los taxa registrados la familia Chironomidae destacó por presentar la mayor abundancia de la campaña, con un 56% del total; además de la mayor distribución espacial en el 50% de las réplicas.

En relación a las densidades, éstas variaron entre 89 y 11 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-37). Secundariamente destaca la familia de insectos Hyalellidae, presente en 3 de las 8 réplicas prospectadas y en densidades que fluctúan entre 11 y 44 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-37).

En términos de abundancia total destacó la estación P-10 por presentar un valor acumulado de 155 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-36). Finalmente, la riqueza de taxa osciló entre valores de 3 y 5 correspondientes a lo observado en las estaciones de monitoreo P-7 y P-10 respectivamente.

**Tabla EAC-37: Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**

Phyllum	Orden/Familia	Especie	Estaciones							
			P-7				P-10			
			Ind/m <sup>2</sup>				Ind/m <sup>2</sup>			
			R-1	R-2	R-3	R-4	R-1	R-2	R-3	R-4
Arthropoda	Chironomidae	n.d	-	22	-	22	89	-	22	-
Arthropoda	Hyalellidae	n.d	44	-	-	11	11	-	-	-
Annelida	Glossiphonidae	n.d	-	-	-	-	-	11	-	-
Arthropoda	Simuliidae	n.d	-	-	-	-	-	-	11	-
Arthropoda	Tipulidae	n.d	11	11	-	-	-	11	-	-
Riqueza por réplica			2	2	0	2	2	2	2	0
Riqueza por estación			3				5			

Fuente: JIA, 2016

- *Fitoplancton*

En el área de influencia, fue posible la identificación de un total de once (11) géneros de microalgas, pertenecientes al grupo de las Cyanophytas (1 taxón), Chlorophytas (1 taxón) y Ochrophytas (9 taxa). La mayor abundancia total fue detectada en la estación P-5 con un total de 1.219 cél/l, mientras que la estación de menor abundancia total se registró en P-1 con un total de 157 cél/l (Tabla EAC-38).

En términos de abundancia por especie, la diatomea *Synedra sp.* fue el organismo dominante con un valor promedio de 825 cél/l, registrando a su vez el 23,58 % de la abundancia relativa total (Tabla EAC-38 y Figura EAC-17). Muy por el contrario, la diatomea *Melosira sp.*, *Diatoma* y la microalga *Cosmarium sp.* fueron los organismos menos abundantes, alcanzando un total de 79 cél/l, lo que se traduce en un 2,26% del total de la muestra (Figura EAC-17).

La riqueza específica fitoplanctónica del estudio presentó ligeras variaciones entre estaciones. Es así como el valor máximo se registró en la estación P-5 (6 taxa), mientras que el valor mínimo se registró en las estaciones P-1 y P-7 (3 taxa). En cuanto a la distribución

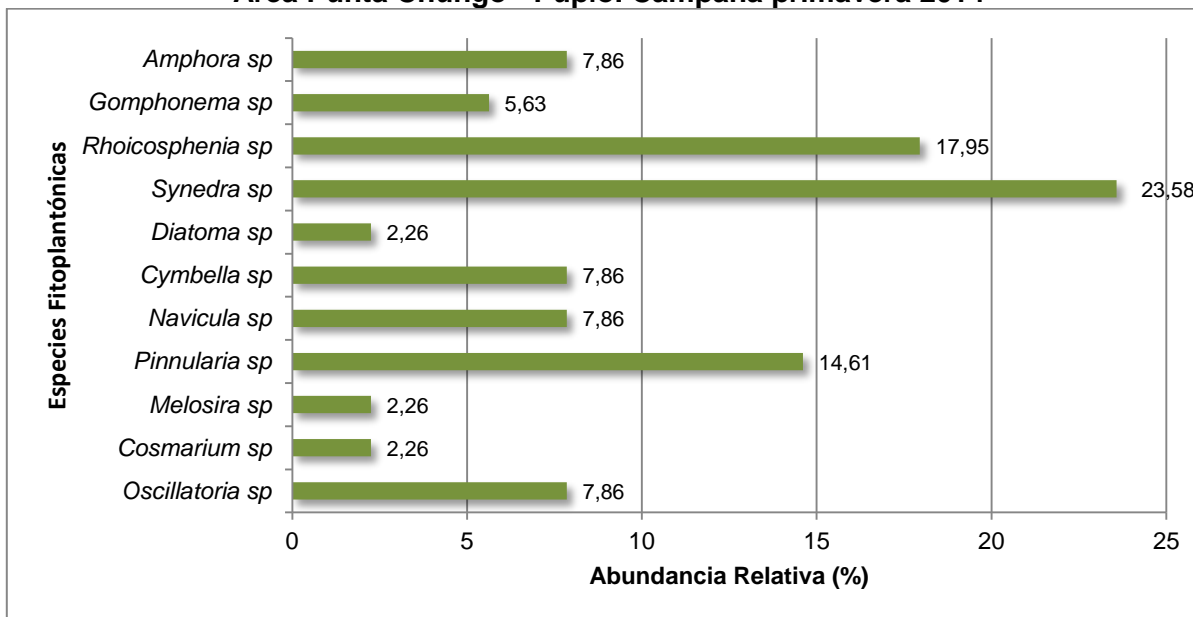
espacial, sólo *Synedra* sp. y *Pinnularia* sp. se distribuyen en el 50% de las estaciones (Tabla EAC-38).

**Tabla EAC-38: Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**

		P-1	P-2	P-5	P-7	P-10	Total
DIVISION CYANOPHYTA		Cel/L					
Clase	Especie						
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> sp	-	118	157	-	-	275
DIVISION CHLOROPHYTA							
Chlorophyceae	<i>Cosmarium</i> sp	-	79	-	-	-	79
DIVISION OCHROPHYTA							
Bacillariophyceae	<i>Melosira</i> sp	79	-	-	-	-	79
	<i>Pinnularia</i> sp	39	-	79	393	-	511
	<i>Navicula</i> sp	39	-	236	-	-	275
	<i>Cymbella</i> sp	-	39	236	-	-	275
	<i>Diatoma</i> sp	-	79	-	-	-	79
	<i>Synedra</i> sp	-	-	393	157	275	825
	<i>Rhoicosphenia</i> sp	-	-	118	-	510	628
	<i>Gomphonema</i> sp	-	-	-	118	79	197
	<i>Amphora</i> sp	-	-	-	-	275	275
	<b>N° Taxa</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Abundancia</b>		<b>157</b>	<b>315</b>	<b>1.219</b>	<b>668</b>	<b>1.139</b>	<b>3.498</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-17: Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**



Fuente: JIA, 2016

- *Fitobentos*

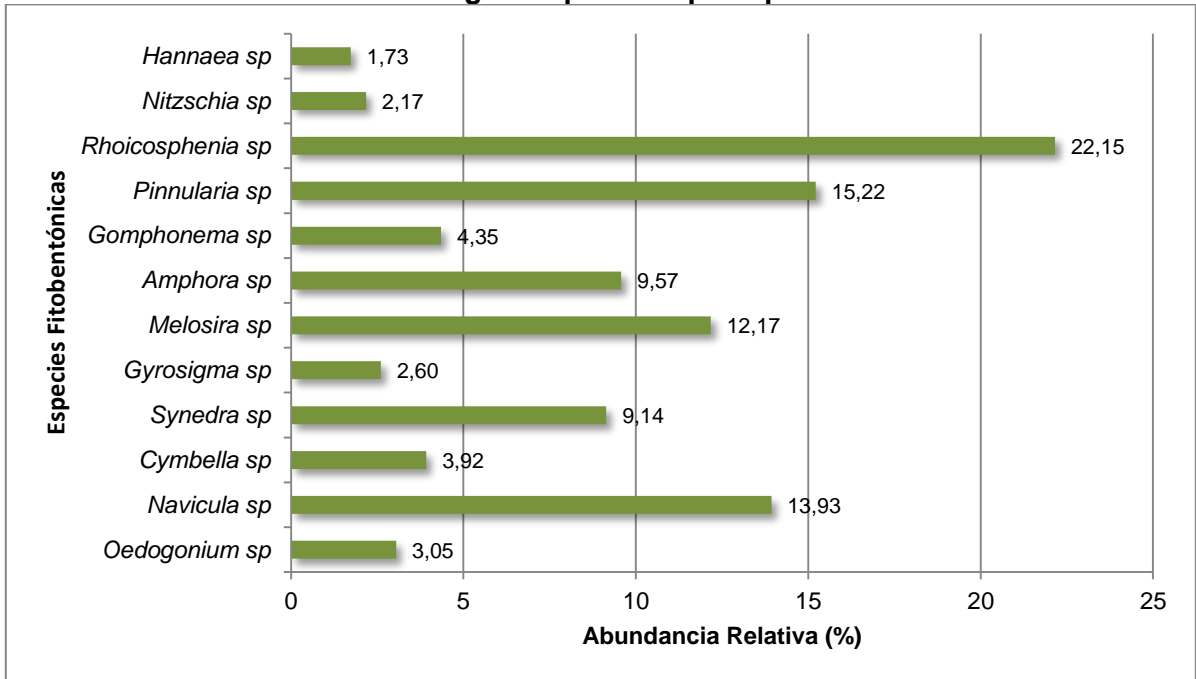
Durante el desarrollo de la campaña de primavera, el ensamble fitobentónico registró la presencia de 12 taxa, representados por 2 divisiones: Chlorophyta (1 taxón) y Ochrophyta (11 taxa). De estos, destacan en cuanto a distribución espacial la diatomea *Navicula sp*, presente en el 100% de las estaciones prospectadas (Tabla EAC-39). En términos numéricos, destacó la diatomea *Rhoicosphenia sp*. como el organismo más abundante del área de influencia, siendo cuantificado en densidades que oscilan entre 188 y 502 cél/cm<sup>2</sup> y representando un 22,15% del total de la muestra (Tabla EAC-39, Figura EAC-18). Para la abundancia total por estación, los valores obtenidos fluctuaron entre 910 y 2.292 cél/cm<sup>2</sup>, que corresponden a lo estimado para las estaciones P-10 y P-1 respectivamente. Finalmente, la riqueza específica expresó su menor valor correspondiente a 5 taxa en la estación P-10, mientras que el valor máximo de 9 taxa fue obtenido en la estación P-1 (Tabla EAC-39).

**Tabla EAC-39: Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**

DIVISION CHLOROPHYTA		Estaciones					Total
		P-1	P-2	P-5	P-7	P-10	
Clase	Especie	Cél/ cm <sup>2</sup>					
Chlorophyceae	<i>Oedogonium sp</i>	94	-	126	-	-	220
DIVISION OCHROPHYTA							
Bacillariophyceae	<i>Navicula sp</i>	283	220	126	251	126	1.006
	<i>Cymbella sp</i>	94	63	-	63	63	283
	<i>Synedra sp</i>	126	220	314	-	-	660
	<i>Gyrosigma sp</i>	94	94	-	-	-	188
	<i>Melosira sp</i>	879	-	-	-	-	879
	<i>Amphora sp</i>	94	-	126	283	188	691
	<i>Gomphonema sp</i>	220	94	-	-	-	314
	<i>Pinnularia sp</i>	408	377	220	94	-	1.099
	<i>Rhoicosphenia sp</i>		188	502	408	502	1.600
	<i>Nitzschia sp</i>	-	-	157	-	-	157
	<i>Hannaea sp</i>	-	-	-	94	31	125
	<b>N° Taxa</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>12</b>
	<b>Abundancia</b>	<b>2.292</b>	<b>1.256</b>	<b>15.71</b>	<b>1.193</b>	<b>910</b>	<b>7.222</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-18: Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**



Fuente: JIA, 2016

- *Macrófitas*

Durante la primavera, la riqueza específica de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, determinó un total de 8 taxa, las que se distribuyeron primordialmente en las estaciones P-5 y P-7, ambas estaciones con una riqueza de 5 taxa. La dominancia macrofítica del muestreo estuvo a cargo de 2 taxa: *Ranunculus aquatilis*; y el helecho acuático *Azolla filiculoides*, quienes dominaron, estando presentes en 4 de las 5 estaciones prospectadas, mientras que la especie menos abundante correspondió nuevamente al alga verde filamentosa, siendo descrita sólo para la segunda estación P-2 (Tabla EAC-40).

**Tabla EAC-40: Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2014**

Taxa	Estaciones				
	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
<i>Ranunculus aquatilis</i>	X	X		X	X
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>			X	X	
<i>Mentha suaveolens</i>			X	X	
<i>Ceratophyllum chilense</i>			X		
<i>Ludwigia peploides</i>	X	X	X		
<i>Nasturtium bonariensis</i>	X	X		X	
<i>Azolla filiculoides</i>	X		X	X	X
Chlorophyta*		X			

\*: No fue posible su identificación un nivel más específico

Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.5 Área Punta Chungo - Pupío (Campaña verano 2015)

##### 6.1.4.5.1 *Calidad del Agua*

De las 10 estaciones consideradas para el Área Punta Chungo - Pupío, durante el desarrollo de la actual campaña de verano, sólo 3 estaciones (P-1, P-2 y P-7) presentaron escurrimiento superficial y pudieron ser prospectadas.

- *Variables medidas in situ en la columna de agua*

En la Tabla EAC-41 y en la Figura EAC-19 se muestran los valores de las diferentes variables físico-químicas registradas *in situ* en cada una de las estaciones prospectadas; durante el desarrollo de la campaña de verano 2015.

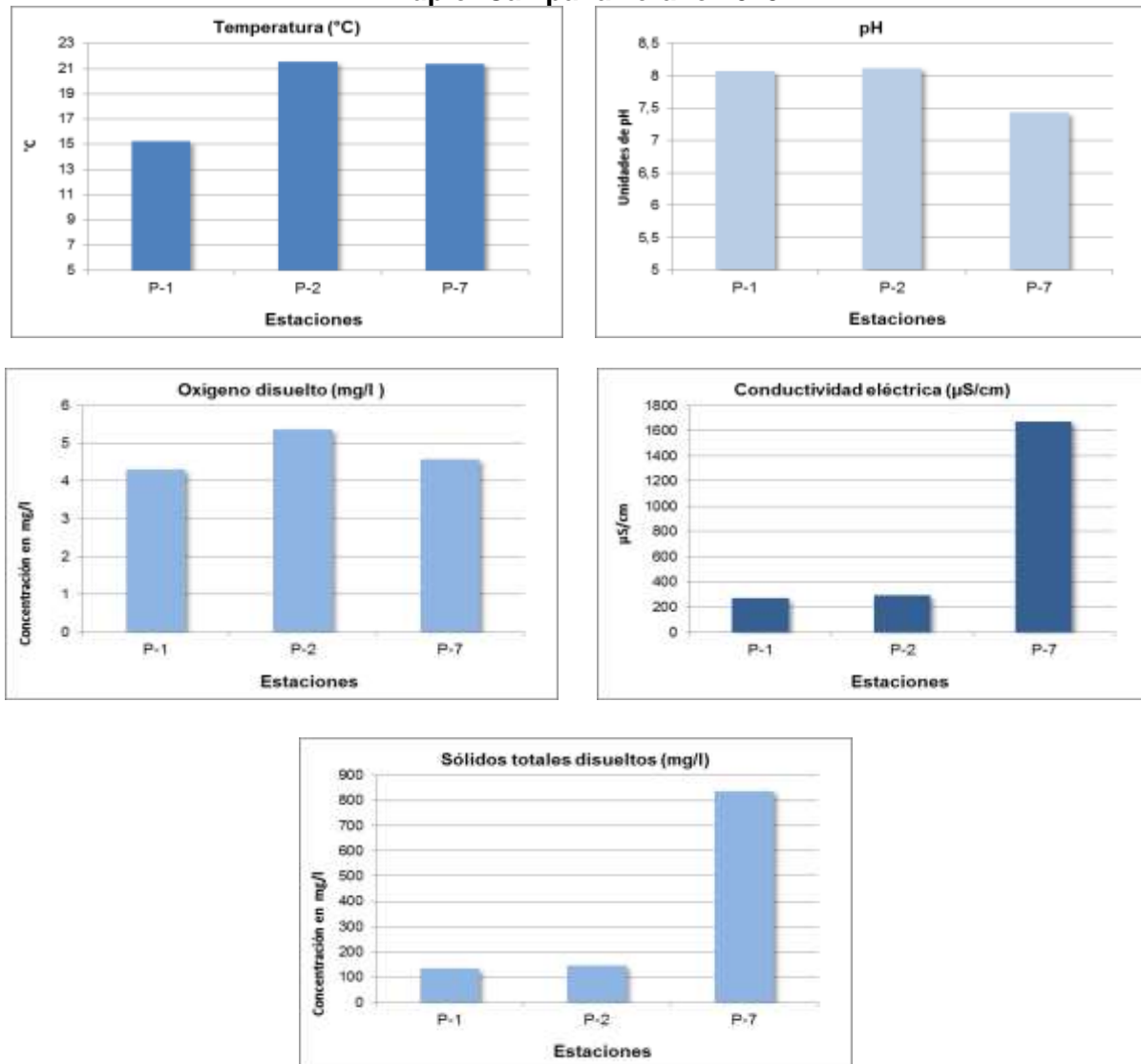
**Tabla EAC-41: Caracterización de las variables “In situ” dentro de Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

Analitos	Estaciones		
	P-1	P-2	P-7
Temperatura (°C)	15,21	21,53	21,36
pH (Unidades de pH)	8,07	8,12	7,43
Oxígeno disuelto (mg/l)	4,31	5,37	4,58
Conductividad (µS/cm)	274	299	1.677
TDS (mg/l)	137	149	839

Fuente: JIA, 2016



**Figura EAC-19: Caracterización de las variables *in situ* dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**



Fuente: JIA, 2016

Para la temperatura superficial del agua se obtuvieron mediciones de moderada variabilidad, las que fluctuaron entre 15,21 y 21,53°C correspondientes a las estaciones P-1 y P-2 respectivamente.

El pH, por su parte, presentó escasa variabilidad, registrando un máximo en P-2 con 8,12 unidades de pH; mientras que el mínimo se observó en P-7, con 7,43 unidades de pH (Tabla EAC-41; Figura EAC-19). Con estos antecedentes es posible señalar que los registros de pH obtenidos en las distintas estaciones prospectadas permiten clasificar las aguas de la zona monitoreada como neutras a moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995) y como aptas para el desarrollo de la biota acuática según lo establecido por la N.Ch. 1.333/78.

La conductividad eléctrica por su parte, expresó un comportamiento espacial altamente variable, con valores que fluctuaron entre 274 y 1.677  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (estaciones P-1 y P-7 respectivamente; (Tabla EAC-41 y Figura EAC-19), lo que podría sugerir mayores registros de conductividad en sectores del Pupío donde el agua aflora con escasa velocidad de corriente.

Para los sólidos totales disueltos (TDS) se observó el mismo patrón de distribución espacial descrito anteriormente para la conductividad eléctrica, el que se caracteriza por presentar valores más bajos en las estaciones más cercanas a su nacimiento (P-1 y P-2) y más altos en las estaciones medias y costeras (Tabla EAC-40; Figura EAC-19).

- *Variables físico-químicas de la columna de agua cuantificadas en laboratorio*

La Tabla EAC-42 a continuación, muestra los resultados de la cuantificación de las variables químicas medidas en la columna de agua para las diferentes estaciones prospectadas en el Área Punta Chungo - Pupío durante verano 2015. En ella se observa la no cuantificación mediante la técnica utilizada (valores bajo el límite de detección) de algunas variables analizadas.

**Tabla EAC-42: Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

Analitos	P-1	P-2	P-7
Dureza Total como $\text{CaCO}_3$ (mg/l)	115	123	629
Alcalinidad Total como $\text{CaCO}_3$ , (mg/l)	106	121	259
Bicarbonato, (mg/l)	127	146	283
Carbonato, (mg/l)	<10	<10	32
Nitrato, (mg/l)	0,2	0,2	0,3
Nitrito, (mg/l)	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fósforo Total, (mg/l)	1,3	1,1	1,4
Nitrógeno Kjeldahl, (mg/l)	0,6	< 0,5	< 0,5
Sólidos Suspendedos Totales, (mg/l)	< 5	< 5	< 5
Sólidos Totales Disueltos, (mg/l)	179	198	1.230
Amonio, (mg/l)	0,1	0,03	0,03
Sulfatos, (mg/l)	37	32	232
Cloruro, (mg/l)	6	5	245
Cobre, (mg/l)	0,03	0,08	0,002
Hierro, (mg/l)	0,25	0,26	0,08
Molibdeno, (mg/l)	<0,01	0,01	0,01
Calcio, (mg/l)	18	20	136
Magnesio, (mg/l)	17	18	70
Potasio, (mg/l)	2	1,9	9
Sodio, (mg/l)	21	21	147
Oxígeno( disuelto, mg/l)	7,7	9	4,5
DBO <sub>5</sub> , (mg/l)	< 2	4	< 2
DQO, (mg/l)	23	21	18
pH, a (20°C)	8,3	8,3	7,7
Coliformes fecales, (NMP/100 ml)	79	140	130
Color Verdadero, Escala Pt-Co	< 10	< 10	11
Color Aparente, Escala Pt-Co	15	11	14
Turbiedad, (UNT)	0,7	0,7	0,4
Nitrógeno Total, (mg/l)	< 5	< 5	< 5
Fósforo de ortofosfato, (mg/l)	1,1	0,6	0,8
Fósforo disuelto, (mg/l)	1,1	0,6	0,8

Fuente: Extraído de informes SAG, CESMEC (2015)

A continuación se analizan los analitos más importantes agrupados por nutrientes (fosforados y nitrogenados), metales, sólidos, variables iónicas, bioquímicas y bacteriológicas:

**Dureza total como  $\text{CaCO}_3$  (mg/l):** La dureza del agua presentó alta variabilidad en el Área Punta Chungo - Pupío. Los valores se distribuyeron en un rango entre 115 y 629 mg/l (P-1 y P-7); lo que las clasifica como aguas moderadamente dura a muy duras (WHO, 2004).

**Alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$  (mg/l):** La alcalinidad del agua presentó una variabilidad espacial moderada para las muestras de las estaciones del área estudiada. Los valores se concentraron en un rango que varió de 127 y 283 mg/l (P-1 y P-7).

**$\text{DBO}_5$ :** Los valores de este parámetro se presentaron en un rango mínimo de concentraciones, y sólo fueron cuantificables en la estación P-2, en donde alcanzó los 4 mg/l. De acuerdo a la norma secundaria (CONAMA, 2004), y en relación a este analito, sus aguas clasifican como Clase 1.

**DQO:** Para esta campaña, las concentraciones de DQO fueron detectadas en el 100% de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío; siendo el máximo valor cuantificable en P-7, con 23 mg/l. En general el analito no presentó variaciones en las 3 estaciones prospectadas, y las aguas de los cursos prospectados clasifican su calidad desde “Excelente” a “aceptable”, según Sánchez. *et al.*, 2007.

**Fósforo total (mg/l) , Fósforo total disuelto (mg/l) y fósforo de ortofosfatos (P- $\text{PO}_4$ ):** Para el caso del Área Punta Chungo - Pupío, el fósforo total presentó concentraciones en un limitado rango que varió entre 1,1 y 1,4 mg/l (P-1 y P-7 respectivamente), mientras que el fósforo total en su fracción disuelta mantuvo una concentración variable, la que osciló entre 0,6 y 1,1 mg/l; al igual que su versión inorgánica en ortofosfatos.

**Amonio (mg/l):** Las concentraciones de amonio fueron cuantificables en todas las estaciones prospectadas. Estas presentaron valores bajos y homogéneos en las estaciones P-2 y P-7 (0,03 mg/l), y levemente superiores en P-2 (0,1 mg/l). En general las aguas superficiales bien aireadas contienen poco amonio (no más de 0,1 mg/l).

**Nitrato y Nitrógeno total Kjeldhal, (mg/l):** El nutriente nitrato mantuvo una concentración constante en las 3 estaciones estudiadas el que fluctuó entre 0,2 y 0,3 mg/l, mientras que el NTK sólo fue cuantificado en P-1 con un registro de 0,6 mg/l. De acuerdo con Sánchez, *et al.* (2004); la concentración máxima aceptada para el agua potable es de 10 mg/l de  $\text{NO}_3^-$ , lo que da cuenta de la buena calidad ambiental del sistema en estudio.

**Sólidos totales disueltos (mg/l):** Para esta campaña los valores registrados de sólidos totales disueltos mantuvieron concentraciones similares en relación a las anteriores campañas del 2014. El valor máximo se detectó en P-7 (1.230 mg/l), mientras que el mínimo estuvo a cargo de la estación cabecera (P-1), con 178 mg/l. De acuerdo a la clasificación de CONAMA (2004), las estaciones cabeceras del Pupío presentan calidad excepcional, mientras que la estación P-7 presenta Clase 3.

**Color aparente, color verdadero Escala Pt-Co:** Para el color aparente, el rango de variabilidad en esta área fue de 11 a 15, con un valor máximo en P-1 y un mínimo en P-2. Para el color verdadero éste sólo fue cuantificable en P-10 con un valor de escala de 11.

**Turbiedad, UNT:** Los valores de turbidez se presentaron bajos para esta campaña, registrando un valor máximo de 0,7 NTU (en P-1 y P-2), mientras que el mínimo fue de 0,4 NTU en P-7. Ninguna de las estaciones supera los límites máximos descritos por la NCh. 1.333/78 que establece un valor máximo de 50 UNT como una concentración propicia para el desarrollo de la vida acuática.

**Coliformes fecales, NMP/100 ml:** Las coliformes fecales se presentaron homogéneas espacialmente. Para esta campaña el máximo estuvo a cargo de P-2, con 140 NMP/100 ml; mientras que el valor mínimo fue registrado por P-1, con 79 NMP/100 ml. De acuerdo a la norma secundaria (CONAMA, 2004), las aguas de las estaciones clasifican como clase 1.

**Iones mayoritarios (mg/l):** La composición iónica mayoritaria de la campaña de verano caracterizada en las estaciones del estero Pupío no presentaron un patrón iónico predominante, manteniendo concentraciones equilibradas en iones bicarbonato, sulfato, sodio, cloruro y calcio; mientras que concentraciones cuantificadas nuevamente presentaron un patrón espacial al ir en un ligero aumento en dirección aguas abajo del estero Pupío.

Por otra parte, los iones carbonato, potasio y magnesio, se mantuvieron en concentraciones menos dominantes, los que no sobrepasaron los 70 mg/l (magnesio; Tabla EAC-41)

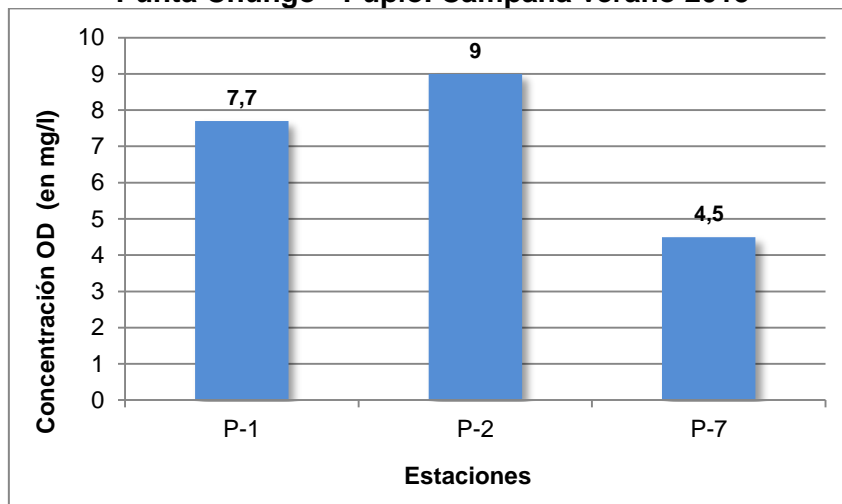
**Metales (mg/l):** En relación a los metales contenidos en la columna, éstos se presentaron en bajas concentraciones para esta campaña, alcanzando un valor máximo que no sobrepasó los 0,26 mg/l (P-2) para el caso del hierro.

Por su parte el cobre registró un valor máximo de 0,08mg/l en P-2; y mínimo de 0,02 en P-7; concentración que se encuentra muy por debajo del valor mínimo que determina las aguas como clase de Excepcional (<7,2 mg/l; según CONAMA 2004).

El molibdeno por su parte, sólo pudo ser cuantificable en 2 de las 3 estaciones estudiadas. Para ambas estaciones el valor de registro fue de 0,01 mg/l calificando las aguas como Clase 1 (CONAMA, 2004).

**Oxígeno disuelto (OD; mg/l):** A continuación la Figura EAC-20 presenta las concentraciones y variaciones espaciales en la concentración de oxígeno disuelto en las aguas del área prospectada.

**Figura EAC-20: Concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**



Fuente: JIA, 2016

Las estaciones del estero Pupío presentaron una variabilidad espacial moderada, registrando un valor máximo en la estación P-2 (9 mg/l), mientras el valor mínimo se expresó en P-7 (4,5 mg/l); relación que resulta similar a lo acontecido en la campaña anteriormente realizada en la zona (primavera 2014). Cabe destacar que a excepción de lo registrado en P-7, todas las concentraciones cuantificadas se encuentran dentro de los límites óptimos para el desarrollo de la vida acuática (NCh1.333/Of.78)

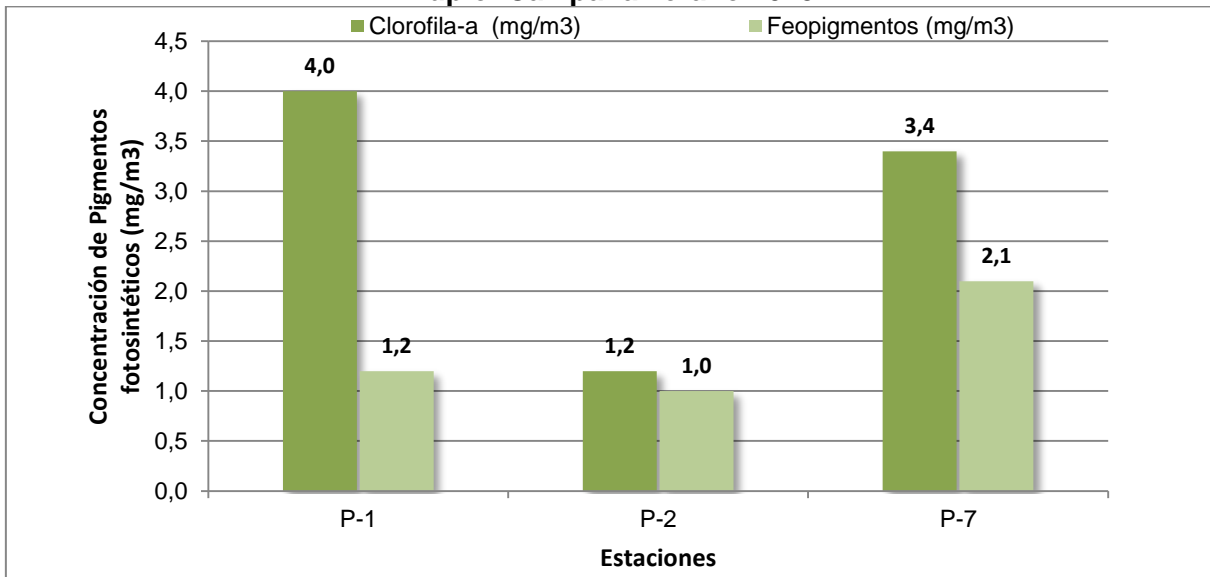
Finalmente, los compuestos nitrogenados nitrito y N total; así como también lo sólidos suspendidos totales (SST), no presentaron concentraciones cuantificables en las muestras.

- *Pigmentos Fotosintéticos (Clorofila a y Feopigmentos)*

Las concentraciones de pigmentos fotosintéticos se grafican en la Figura EAC-21 a continuación. De acuerdo a la figura es posible apreciar alta variabilidad en la producción primaria de la columna entre las estaciones cabecera e intermedia. De esta forma las estaciones que comprenden el Área Punta Chungo - Pupío presentaron un máximo de clorofila en la estación cabecera (P-7) con 4 mg/m<sup>3</sup>, mientras que el valor más bajo de este pigmento se detectó en P-2; alcanzando una concentración de 1,2 mg/m<sup>3</sup>.

Para esta área los niveles de clorofila dominaron por sobre los de Feofitina; registrando valores bajos y homogéneos que no sobrepasaron 2,1 mg/m<sup>3</sup> (P-7), lo que señala una población productora primaria reciente, razón por la cual el proceso degradativo de la clorofila aún no es visible.

**Figura EAC-21: Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

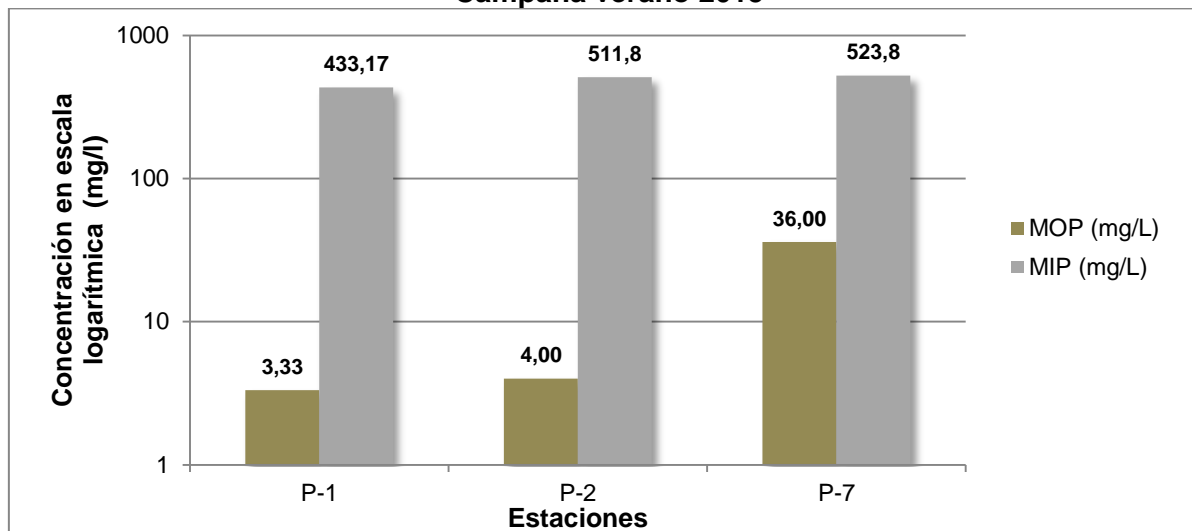


Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica e Inorgánica Particulada*

A continuación, en la Figura EAC-22 se grafican las concentraciones de materia inorgánica y orgánica particulada (MIP-MOP) cuantificadas para las distintas estaciones prospectadas. En general, estos resultados indican que la mayor proporción de material particulado presente en la columna de agua de las estaciones muestreadas corresponde a material inorgánico (MIP), el cual fue cuantificado en concentraciones que varían levemente entre 433,17 y 523,8 mg/l (P-1 y P-7 respectivamente). Las concentraciones de material orgánico particulado (MOP) por su parte, se presentaron bajas y variables entre las estaciones cabecera e intermedias; con un valor mínimo de 3,33 mg/l (P-1), y un valor máximo de 36 mg/l para el afloramiento superficial del Puente Pupío (P-7).

**Figura EAC-22: Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**



Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.5.2 Calidad de Sedimentos

Para el caso de la estacionalidad de verano, la recolección de muestras de sedimento pudo efectuarse con éxito en las estaciones P-2 y P-7; las que expusieron matrices prospectables en dicha campaña. A continuación, los resultados de la composición granulométrica (Tabla EAC-43) y la concentración de materia orgánica (Tabla EAC-44) contenida en las muestras.

- *Granulometría*

Para las estaciones en estudio, la dominancia estuvo a cargo de la fracción sedimentaria de mayor tamaño (Grava) en la estación P-1 (29,04%) y de menor tamaño en P-7 (fango; con un 95,67% del peso total de la muestra). La grava se caracteriza por la baja o nula retención de materia orgánica (Tabla EAC-44), mientras que el sedimento fangoso de la estación P-7 proporciona un escenario favorable para la retención de materia orgánica producto de la descomposición de material vegetal y animal abundante del lugar.

**Tabla EAC-43: Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

Fracciones Sedimentarias	tipo	tamaño	Estaciones	
			P-2	P-7
Grava	phi -1	4-2 mm	29,04	0
Arena MG	phi 0	2-1 mm	11,58	0,63
Arena G	phi 1	1-0,5 mm	16	0,67
Arena M	phi 2	0,5-0,25 mm	17,95	1,17
Arena F	phi 3	0,25-0,125 mm	12,24	1,07
Arena MF	phi 4	0,125-0,062mm	3,69	0,8
Fango	phi 5	< 0,062 mm	9,51	95,67

Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica Total*

Como se mencionó anteriormente; las propiedades físicas del tamaño de grano dominante para las estaciones prospectadas, presentan bajas (P-2) y altas (P-7) concentraciones de materia orgánica para esta campaña, con valores diametralmente opuestos, lo que fluctúan entre 1,04% para el caso de la estación P-2, y que superan el 62% para el caso de la estación Puente Pupío 1 (P-7)

**Tabla EAC-44: Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

Área	Estación	% Materia Orgánica
Punta Chungo - Pupío	P-2	1,04
	P-7	62,35

Fuente: JIA, 2016

- Potencial REDOX (NHE) y pH

Para esta campaña de verano 2015 solo pudieron ser registrados datos asociados al potencial redox y pH de los sedimentos de las estaciones P-2 y P-7 a continuación:

**Tabla EAC-45: Potencial redox (NHE) y pH presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

Estaciones	REDOX	pH
P-2	209	7,92
P-7	2	7,27

Fuente: JIA, 2016

Los valores registrados presentan una amplia diferencia entre los 2 hábitats prospectados, siendo P-2 un ambiente altamente oxidativo, mientras que el afloramiento de Puente Pupío 1 (P-7), escasamente oxidativo. Ambas estaciones presentan un valor de pH neutro.

#### 6.1.4.5.3 Variables biológicas

- *Fauna íctica*

Para la actual campaña, las capturas de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío ascendieron a 24 individuos, los cuales corresponden a 2 especies nativas y una introducida.

En la Tabla EAC-46 se señala la composición específica de las capturas, además del nombre común, y estado de conservación de las diferentes especies establecidas en el Decreto Supremo (MINSEGPRES) N° 51/2008, mientras que la Tabla EAC-47 presentan el peso, longitud y factor de condición (Kc) de los individuos capturados.



**Tabla EAC-46: Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas**

Especie	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	D.S.
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey del norte chico	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Gambusia sp.</i>	Pez mosquito	Introducida	No aplica	-
<i>Trichomycterus areolatus</i>	Bagre chico	Nativa	Vulnerable	51/2008

Fuente: JIA, 2016.

**Tabla EAC-47: Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

Estación	Especies	Peso (g)	Longitud Total (mm)	Kc	N
P-1	<i>Trichomycterus areolatus</i>	0,28±0,06	33±1,83	0,73	4
P-2	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	0,64±0,34	42,2±8,41	0,79	18
P-7	<i>Gambusia sp.</i>	0,01	14,5±0,7	0,33	2

Fuente: JIA, 2016

Respecto a las mediciones morfométricas realizadas a los individuos capturados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, se detectaron diferencias en los parámetros obtenidos. Es así, como la especie *Basilichthys microlepidotus* presenta los más altos valores promedio de peso y longitud total (Tabla EAC-47), además de una mayor abundancia en relación a las capturas totales (75%).

Todas las estaciones prospectadas se presentaron monoespecíficas y distintas, sin embargo la mayor abundancia correspondió a la estación P-2, en donde se detectó la presencia de 18 individuos del pejerrey del norte *B. microlepidotus*, los que fueron capturados preferentemente en los microhábitats de mayor profundidad de la estación.

Para el factor de condición (Kc) que mide el estado fisiológico de cada especie íctica, los valores se mantuvieron constantes en términos generales, registrando un máximo en P-12 (0,79) y la especie *B. microlepidotus*; y un mínimo en P-7 (0,33) para la especie introducida *Gambusia sp.*; lo que señala una condición de salud aceptable para la comunidad de peces del estero Pupío.

- *Zooplankton*

Para la campaña de verano, las muestras realizadas en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, detectaron la presencia de zooplancteres en 2 de las 3 estaciones prospectadas (P-1 y P-7). Agrupándose en 2 taxa y 2 familias (Cyclopidae y Brachionidae), de las cuales el copépodo *Tropocyclops prasinus* es el más abundante de la muestra (0,2 ind/l). Cada una de las estaciones estudiadas exhibió una riqueza monoespecífica de zooplancteres.

Cabe señalar que durante esta campaña no se detectaron individuos pertenecientes al grupo de las denominadas "Dafnias", cuya abundancia fue destacable en la anterior campaña de primavera 2014. Para esta campaña de verano, reaparecen los rotíferos, aunque en una baja densidad, estando presentes sólo en la estación P-1

**Tabla EAC-48: Composición y abundancia de zooplancton (ind/l.) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

Phyllum	Clase u Orden	Familia	Taxa	P-1	P-7
				Ind/l	
Arthropoda	Cyclopoida	Cyclopinidae	<i>Tropocyclops prasinus</i>	-	0,2
Rotifera	Monogononta	Brachionidae	<i>Brachionus</i> sp.	0,05	-
<b>N° Taxa</b>				1	1
<b>Abundancia (ind/l)</b>				0,05	0,2

Fuente: JIA, 2016

- *Macroinvertebrados bentónicos*

Los resultados de la campaña de verano reflejan un ensamble de macroinvertebrados moderado en riqueza, siendo detectados en sólo 3 de las 10 estaciones en estudio; y permitiendo el reconocimiento de 12 taxa, representados por 10 integrantes del grupo de los insectos y 2 de los Anélidos (Tabla EAC-49). De los taxa registrados la familia Chironomidae destacó por presentar la mayor abundancia de la campaña, con un 40% de la abundancia relativa total; además una distribución espacial en el 100% de las réplicas.

En relación a las densidades, éstas variaron entre 300 y 11 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-49). Secundariamente destaca la familia de insectos Hyalellidae, presente en 9 de las 12 réplicas prospectadas y en densidades que fluctúan entre 11 y 200 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-49).

En términos de abundancia total destacó la estación P-7 por presentar un valor promedio de 82±72 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-49). Finalmente la riqueza de osciló entre de 10 y 2 taxa correspondientes a lo observado en las estaciones cabecera (P-1 y P-2) y P-7 respectivamente.

**Tabla EAC-49: Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

Phyllum	Familia	Especie	P-1				P-2				P-7			
			R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Arthropoda	Elmidae	n.d	156	33	22									
Arthropoda	Hydropsychidae	n.d	22	22	44	22	44		11					
Arthropoda	Chironomidae	n.d	67	111	67	69	144	300	22	22	78	78	11	22
Mollusca	Sphaeridae	n.d	11	11				11						
Mollusca	Physidae	n.d	22	33			33	78			11			
Annelida	Glossiphonidae	n.d		11										
Arthropoda	Sialidae	n.d		11			11							
Arthropoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i> sp		11			44	44	22	11	200	133	33	178
Arthropoda	Leptophlebiidae	n.d			11		44		33	11				
Arthropoda	Tipulidae	n.d			11		11	11						
Annelida	Tubificidae	n.d						33		33				
Arthropoda	Athericidae	n.d						11						
<b>N° Taxa</b>			5	8	5	2	7	7	4	4	3	2	2	2
<b>Abundancia</b>			278	243	155	111	331	488	88	77	289	211	44	200
<b>Riqueza por estación</b>			10				10				3			
<b>Abund. Promedio</b>			38,35				44,73				82,67			
<b>Desviación estándar</b>			38,64				64,49				72,33			

n.d: No determinada

Fuente: JIA, 2016

- *Fitoplancton*

En el área estudiada fue posible la identificación de un total de dieciséis (16) géneros de microalgas, pertenecientes al grupo de las Chlorophytas (3 taxa) y Ochrophytas (13 taxa). La mayor abundancia total fue detectada en la estación P-1 con un total de 2.277 cél/l, mientras que la estación de menor abundancia total se registró en P-7 con un total de 470 cél/l (Tabla EAC-50).

En términos de abundancia por especie, nuevamente la diatomea *Synedra sp.* fue el organismo dominante con un valor promedio de 412 cél/l, registrando a su vez el 20,01 % de la abundancia relativa total (Tabla EAC-50 y Figura EAC-23). Muy por el contrario, la diatomea *Rhoicosphenia sp*, *Gomphoneis sp*, *Gomphoneis sp* y la microalga *Tetraedrom sp* fueron los organismos menos abundantes, alcanzando un total de 39 cél/l, lo que se traduce en un 0,96% del total de la muestra (Figura EAC-23).

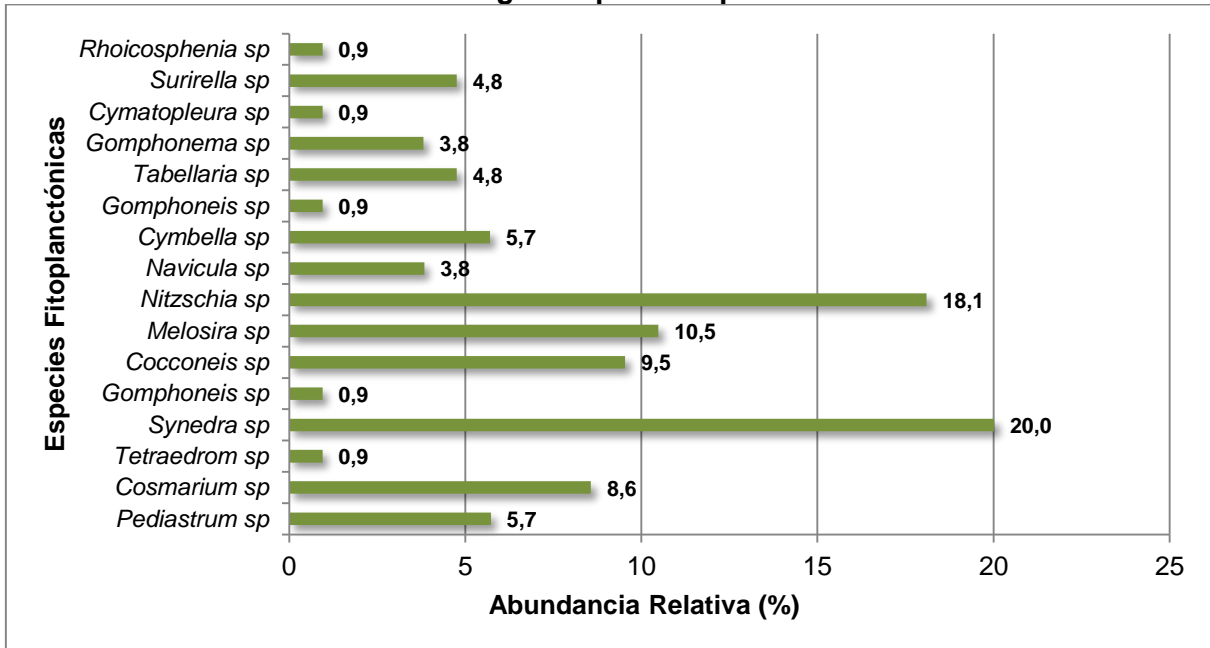
La riqueza específica fitoplanctónica del estudio presentó notorias variaciones entre estaciones precordilleranas y costeras. Es así como el valor máximo se registró en la estación P-1 (10 taxa), mientras que el valor mínimo se registró en la estación P-7 (4 taxa). En cuanto a la distribución espacial sólo *Nitzschia sp* se distribuyó en el 100% de las estaciones con escorrentía superficial (Tabla EAC-50).

**Tabla EAC-50: Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

DIVISION CHLOROPHYTA		Estaciones		
		P-1	P-2	P-7
		Cel/L		
Clase	Especie			
Chlorophyceae	<i>Pediastrum sp</i>	236	-	-
	<i>Cosmarium sp</i>	353	-	-
	<i>Tetraedrom sp</i>	-	39	-
DIVISION OCHROPHYTA				
Bacillariophyceae	<i>Synedra sp</i>	432	393	-
	<i>Amphora sp</i>	39	-	-
	<i>Cocconeis sp</i>	314	79	-
	<i>Melosira sp</i>	432	-	-
	<i>Nitzschia sp</i>	314	236	196
	<i>Navicula sp</i>	79	79	-
	<i>Cymbella sp</i>	39	196	-
	<i>Gomphoneis sp</i>	39	-	-
	<i>Tabellaria sp</i>	-	196	-
	<i>Gomphonema sp</i>	-	118	39
	<i>Cymatopleura sp</i>	-	39	-
	<i>Surirella sp</i>	-	-	196
	<i>Rhoicosphenia sp</i>	-	-	39
	<b>N° Taxa</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>4</b>
	<b>Abundancia</b>	<b>2.277</b>	<b>1.375</b>	<b>470</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-23: Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**



Fuente: JIA, 2016

- *Fitobentos*

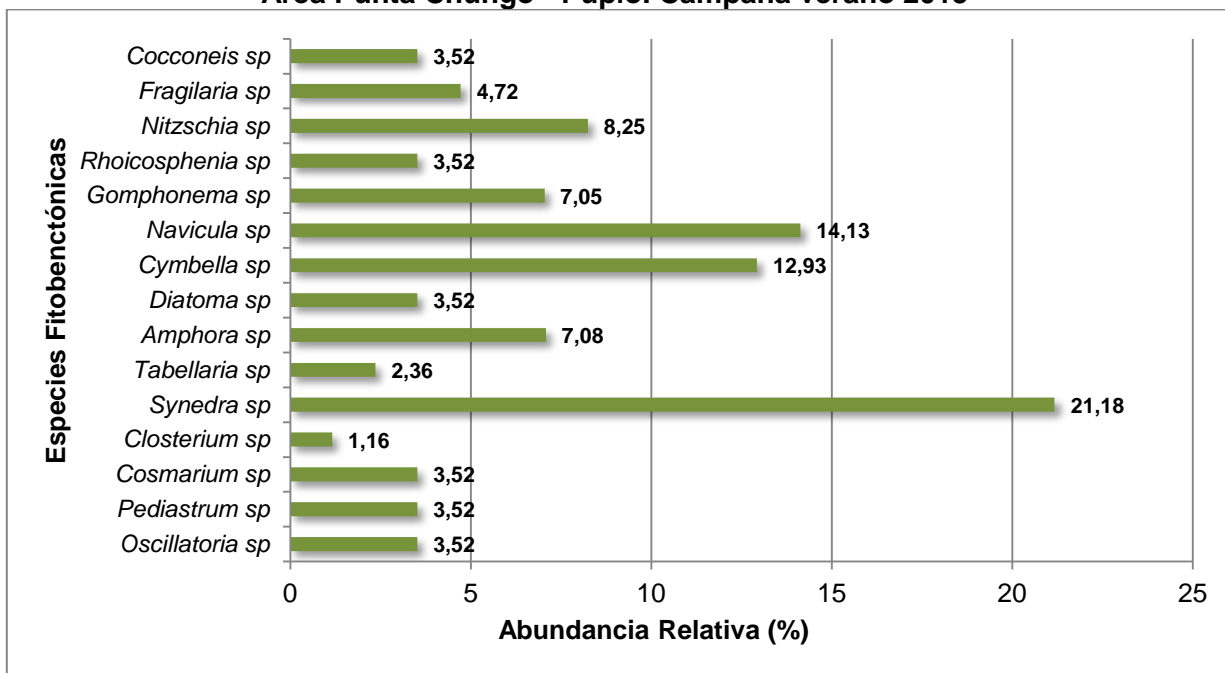
Durante el desarrollo de la campaña de verano sólo fue posible encontrar un ensamble fitobentónico en 2 estaciones del Pupío (P-1 y P-7) las cuales registraron la presencia de 15 taxa, representados por 3 divisiones: Cyanophyta (1 taxón), Chlorophyta (3 taxa) y Ochrophyta (11 taxa). De estos, destacaron en cuanto a distribución espacial la diatomea *Navicula sp* y *Amphora sp*, presentes en ambas estaciones prospectadas (Tabla EAC-51). En términos numéricos, destacó la diatomea *Synedra sp* como el organismo más abundante del área en estudio, siendo cuantificado en una densidad total de 565 cél/cm<sup>2</sup> y representando un 21,18% del total de la muestra (Tabla EAC-51, Figura EAC-24). Para la abundancia total por estación, los valores obtenidos se mostraron homogéneos, fluctuando entre 1.250 y 1.413 cél/cm<sup>2</sup>, que corresponden a lo estimado para las estaciones P-1 y P-7 respectivamente. Finalmente, la riqueza específica expresó su menor valor correspondiente a 8 taxa en la estación P-7, mientras que el valor máximo de 9 taxa fue obtenido en la estación P-1 (Tabla EAC-51).

**Tabla EAC-51: Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

DIVISION CYANOPHYTA		Estaciones	
		P-1	P-7
Clase	Especie	Cel/cm <sup>2</sup>	
Cyanophyceae	<i>Oscillatoria sp</i>	94	-
DIVISION CHLOROPHYTA			
Chlorophyceae	<i>Pediastrum sp</i>	94	-
	<i>Cosmarium sp</i>	94	-
	<i>Closterium sp</i>	31	-
DIVISION OCHROPHYTA			
Bacillariophyceae	<i>Synedra sp</i>	565	-
	<i>Tabellaria sp</i>	63	-
	<i>Amphora sp</i>	63	126
	<i>Diatoma sp</i>	94	-
	<i>Cymbella sp</i>	157	188
	<i>Navicula sp</i>	-	377
	<i>Gomphonema sp</i>	-	188
	<i>Rhoicosphenia sp</i>	-	94
	<i>Nitzschia sp</i>	-	220
	<i>Fragilaria sp</i>	-	126
	<i>Cocconeis sp</i>	-	94
	<b>N° Taxa</b>	<b>9</b>	<b>8</b>
	<b>Abundancia</b>	<b>1.255</b>	<b>1.413</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-24: Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**



Fuente: JIA, 2016

- *Macrófitas*

Para la estacionalidad de verano 2014 el análisis determinó un total de 8 taxa, las que se distribuyeron primordialmente en las riberas de la estación P-2 y P-7, con una riqueza de 7 y 6 taxa respectivamente. Las especies más abundantes del muestreo estuvieron a cargo de 5 taxa: *Ranunculus Aquatilis*, el helecho acuático *Azolla filiculoides*, la herbácea *Hydrocotyle bonariensis* y las magnoliófitas *Ludwigia peploides* y *Nasturtium bonariensis* quienes dominaron, estando presentes en todas las estaciones prospectadas, mientras que la especie menos abundante estuvo a cargo del alga café globosa (*Nostoc* sp), siendo descrita sólo para la segunda estación P-2 (Tabla EAC-52), la que además se encontró en pequeñas formaciones sobre el lecho.

**Tabla EAC-52: Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

Taxa	Estaciones		
	P-1	P-2	P-7
<i>Ranunculus aquatilis</i>	x	x	x
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	x	x
<i>Mentha suaveolens</i>			x
<i>Ludwigia peploides</i>	x	x	x
<i>Nasturtium bonariensis</i>	x	x	x
<i>Azolla filiculoides</i>	x	x	x
Alga verde filamentosa		x	
<i>Nostoc</i> sp		x	
<i>Eichhornia</i> sp.			x

Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.6 Área Punta Chungo - Pupío (Campaña otoño 2015)

##### 6.1.4.6.1 *Calidad del Agua*

- *Variables medidas in situ en la columna de agua*

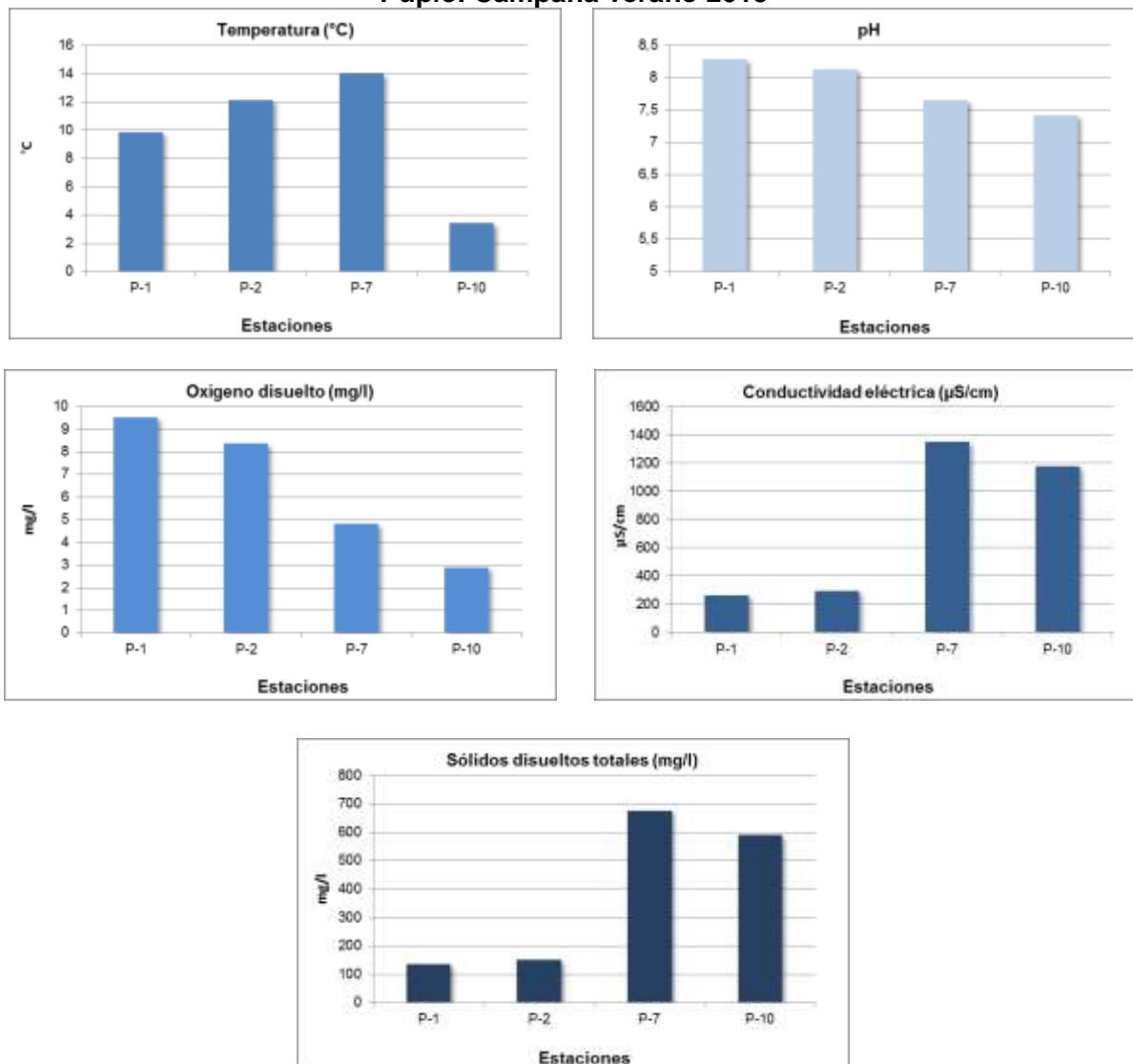
En la Tabla EAC-53 y en la Figura EAC-25 se muestran los valores de las diferentes variables físico-químicas registradas *in situ* en cada una de las estaciones prospectadas; durante el desarrollo de la campaña de otoño 2015.

**Tabla EAC-53: Caracterización de las variables *in situ* dentro de la sub Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

Analitos	Estaciones			
	P-1	P-2	P-7	P-10
Temperatura (°C)	9,84	12,1	14	3,38
pH (unidades de pH)	8,28	8,13	7,65	7,41
Oxígeno disuelto (mg/l)	9,52	8,36	4,8	2,87
Conductividad (µS/cm)	266	298	1.351	1.179
TDS (mg/l)	133	149	676	589

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-25: Caracterización de las variables *in situ* dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**



Fuente: JIA, 2016

Para la temperatura superficial del agua se obtuvieron mediciones de alta variabilidad, las que fluctuaron entre 3,38 y 14°C; correspondientes a las estaciones P-10 y P-7 respectivamente.

El pH por su parte, presentó escasa variabilidad, registrando un máximo en P-1 con 8,28 unidades de pH; mientras que el mínimo se observó en P-10, con 7,41 unidades de pH (Tabla EAC-52; Figura EAC-25). Con estos antecedentes es posible señalar que los registros de pH obtenidos en las distintas estaciones de muestreo permiten clasificar las aguas de la zona monitoreada como neutras a moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995) y como aptas para el desarrollo de la biota acuática según lo establecido por la N.Ch. 1333/78.

La conductividad eléctrica por su parte, expresó un comportamiento espacial altamente variable entre las estaciones cabecera y las estaciones medias y costeras del área estudiada, con valores que fluctuaron entre 266 y 1.351  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (estaciones P-1 y P-7 respectivamente; Tabla EAC-53 y Figura EAC-25).

Para los sólidos totales disueltos (TDS) se observó el mismo patrón de distribución espacial descrito anteriormente para la conductividad eléctrica, el que se caracteriza por presentar valores más bajos en las estaciones más cercanas a su nacimiento (P-1 y P-2) y más altos en las estaciones medias y costeras (P-7 a P-10) como es el caso del sector en estudio (Tabla EAC-53; Figura EAC-25).

- *Variables físico-químicas de la columna de agua cuantificadas en laboratorio*

La Tabla EAC-54 a continuación, muestra los resultados de la cuantificación de las variables químicas medidas en la columna de agua para las diferentes estaciones prospectadas en el Área Punta Chungo - Pupío durante otoño 2015. En ella se observa la no cuantificación mediante la técnica utilizada (valores bajo el límite de detección) de algunas variables analizadas.

**Tabla EAC-54: Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

Análisis	P-1	P-2	P-7	P-10
Dureza Total como $\text{CaCO}_3$ , mg/l	147	182	555	464
Alcalinidad como $\text{CaCO}_3$ , mg/l	142	140	268	147
Bicarbonato, mg/l	172	170	327	179
Carbonato, mg/l	0	0	0	0
Nitrato, como N, mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrito, como N, mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Nitrógeno Kjeldahl, mg/l	0,7	0,8	0,8	1
Sólidos Totales Disueltos, mg/l	222	228	1.114	870
Sólidos Totales Suspendedos, mg/l	<5	<5	5	49
Fósforo Total, mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fósforo de ortofosfato, mg/l P- $\text{PO}_4$	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fósforo Total disuelto, mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Amonio, mg/l	0,1	0,06	0,04	0,4
Cobre, mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Hierro, mg/l	0,06	0,16	0,15	4,3
Calcio, mg/l	26	43	120	146
Magnesio, mg/l	20	18	62	24
Potasio, mg/l	1,8	1,6	3,5	10
Sodio, mg/l	18	19	118	85
Nitrógeno total, mg/l	0,7	0,8	0,8	1
Color Verdadero, Escala Pt-Co	<5	<5	<5	8
Color Aparente, Escala Pt-Co	12	15	18	40
Turbiedad, UNT	0,9	0,8	1,9	24
DBO5, mg/l	4	4	2	5
DQO, mg/l	30	6	20	23
Coliformes Fecales, NMP/100ml	$1,3 \times 10^2$	33	23	$2,3 \times 10^3$
Molibdeno, mg/l	<0,01	<0,01	0,01	0,01
Sulfato, mg/l	50	49	336	292
pH a 20° C	8	7,9	7,6	7,3
Cloruro, mg/l	6	6	216	123
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C	373	344	1541	1211
Oxígeno Disuelto, mg/l	8,3	8,89	6,7	4,4

Fuente: Extraído de informes SAG, CESMEC (2015)



A continuación se analizan los analitos más importantes agrupados por nutrientes (fosforados y nitrogenados), metales, sólidos, variables iónicas, bioquímicas y bacteriológicas:

**Dureza total como  $\text{CaCO}_3$  (mg/l):** La dureza del agua presentó alta variabilidad en el Área Punta Chungo - Pupío. Los valores se distribuyeron en un rango entre 147 y 555 mg/l (P-1 y P-7); lo que las clasifica como aguas duras a muy duras (WHO, 2004).

**Alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$  (mg/l):** La alcalinidad del agua presentó una variabilidad espacial moderada para las muestras de las estaciones del área estudiada. Los valores se concentraron en un rango que varió de 140 y 268 mg/l (P-1 y P-7).

**$\text{DBO}_5$ :** Los valores de este parámetro variaron entre un rango mínimo en su registro. Es así como las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío presentaron para esta campaña concentraciones que variaron entre 5 y 2 mg/l (P-1, P-2 y P-7 respectivamente).

**DQO:** Para esta campaña, las concentraciones de DQO fueron detectadas en el 100% de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío; siendo el máximo valor cuantificable en P-1, con 30 mg/l. Por otra parte, el valor mínimo cuantificado se detectó en la estación P-2, cuya concentración alcanzó los 6 mg/l. Las aguas de los cursos prospectados clasifican su calidad desde "Excelente" a "aceptable", según Sánchez. *et al.* (2007).

**NTK y nitrógeno total, mg/l:** Las concentraciones para ambos analitos fueron las mismas en cada estación. Es así como el valor mínimo fue de 0,7 mg/l mientras que el máximo fue de 1 mg/l. Las estaciones P-2 y P-7 obtuvieron la concentración de 0,8 mg/l.

**Sólidos totales disueltos (mg/l):** Para esta campaña el valor máximo registrado se detectó en P-7 (1.114mg/l), mientras que el mínimo correspondió a la estación P-1, con 222 mg/l.

**Iones mayoritarios (mg/l):** La composición iónica mayoritaria de la estación primavera caracterizada en las estaciones del estero Pupío y estero Conchalí no presentaron un patrón iónico predominante, manteniendo concentraciones equilibradas en iones bicarbonato, sulfato, cloruro, calcio y sodio. Por otra parte, dichas concentraciones cuantificadas si presentaron un patrón espacial al ir en un ligero aumento en dirección aguas abajo del estero Pupío.

Por otra parte, los iones potasio y magnesio, se mantuvieron en concentraciones menos dominantes, los que no sobrepasaron los 62 mg/l (magnesio; Tabla EAC-54). El carbonato por su parte no exhibió concentraciones detectables por la técnica.

**Metales (mg/l):** En relación a los metales contenidos en la columna, éstos se presentaron en bajas concentraciones para esta campaña, alcanzando un valor máximo que no sobrepasó los 4,3 mg/l (hierro en P-10), lo que representa un valor poco habitual para esta área, aunque dentro del rango de clase Excepcional de acuerdo a la norma secundaria (CONAMA, 2004).

Para el caso del metal molibdeno, éste sólo fue cuantificable en P-7 y P-10 con concentraciones cercanas al límite de detección.

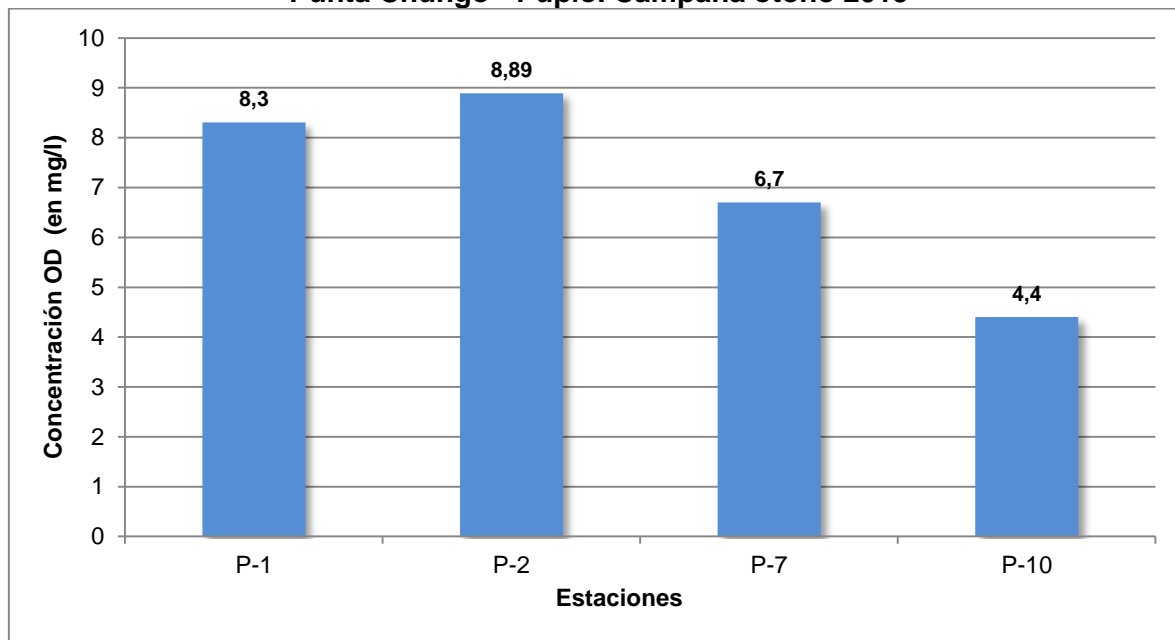
**Coliformes fecales, NMP/100 ml:** Las coliformes fecales superaron ampliamente las anteriores prospecciones. Para esta campaña el máximo estuvo a cargo de P-10, con 2.300 NMP/100 ml; mientras que el valor mínimo fue registrado por P-7, con 23 NMP/100 ml.

**Color aparente, color verdadero Escala Pt-Co:** Para el color aparente, el rango de variabilidad en esta área fue de 12 a 40, con un valor máximo en P-10 y un mínimo en P-1. Para el color verdadero éste sólo fue cuantificable en P-10 con un valor de escala de 8.

**Turbidez, NTU:** Los valores de turbidez se presentaron bajos para esta campaña, registrando un valor máximo de 24 NTU en P-10, mientras que el mínimo fue de 0,8 NTU en P-2. Ninguna de las estaciones supera los límites máximos descritos por la NCh. 1.333/78 que establece un valor máximo de 50 UNT como una concentración propicia para el desarrollo de la vida acuática.

**Oxígeno disuelto (OD, mg/l):** A continuación la Figura EAC-26 presenta las concentraciones y variaciones espaciales en la concentración de oxígeno disuelto en las aguas del área prospectada.

**Figura EAC-26: Concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**



Fuente: JIA, 2016

Para el caso del Área Punta Chungo - Pupío, las estaciones del estero Pupío presentaron una variabilidad espacial moderada, registrando un valor máximo en la estación P-2 (8,89 mg/l), mientras el valor mínimo se expresó en P-10 (4,4 mg/l); Cabe destacar que a excepción de lo registrado en P-10, todas las concentraciones cuantificadas se encuentran dentro de los límites óptimos para el desarrollo de la vida acuática (NCh1.333/Of.78)

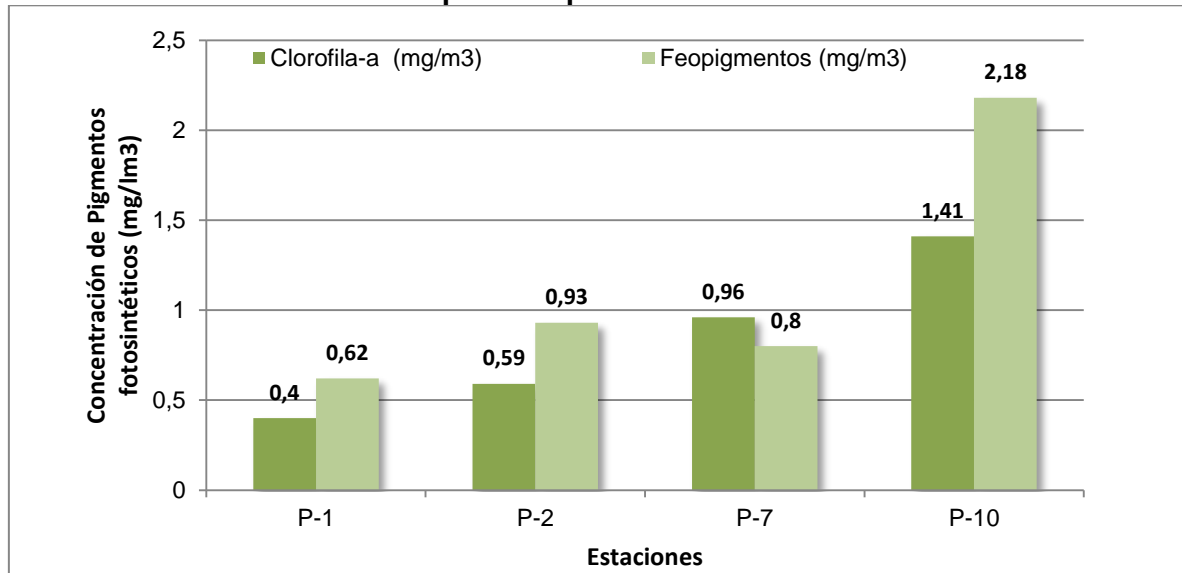
Finalmente, el metal cobre, los compuestos nitrogenados nitrito y nitrato; así como también los compuestos fosforados (fósforo total disuelto, fósforo total y fósforo de ortofosfatos) no presentaron concentraciones cuantificables en las muestras.

- *Pigmentos Fotosintéticos (Clorofila a y Feopigmentos)*

Las concentraciones de pigmentos fotosintéticos se grafican en la Figura EAC-27 a continuación. De acuerdo a la figura es posible apreciar alta variabilidad en la producción primaria de la columna entre las estaciones cabecera e intermedia. De esta forma las estaciones que comprenden el Área Punta Chungo - Pupío presentaron un máximo de clorofila en la única estación con agua del estero Conchalí (P-10), con una concentración de 1,41 mg/m<sup>3</sup>, mientras que el valor más bajo de este pigmento se detectó en la estación cabecera del estero Pupío (P-1); alcanzando una concentración de 0,4 mg/m<sup>3</sup>.

Para esta área los niveles de feofitina dominaron por sobre los de clorofila; registrando en general valores más altos y variables los que sobrepasaron los 2,18 mg/m<sup>3</sup> (P-10), lo que señala una población productora primaria envejecida, razón por la cual el proceso degradativo de la clorofila es visible (Figura EAC-27).

**Figura EAC-27: Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

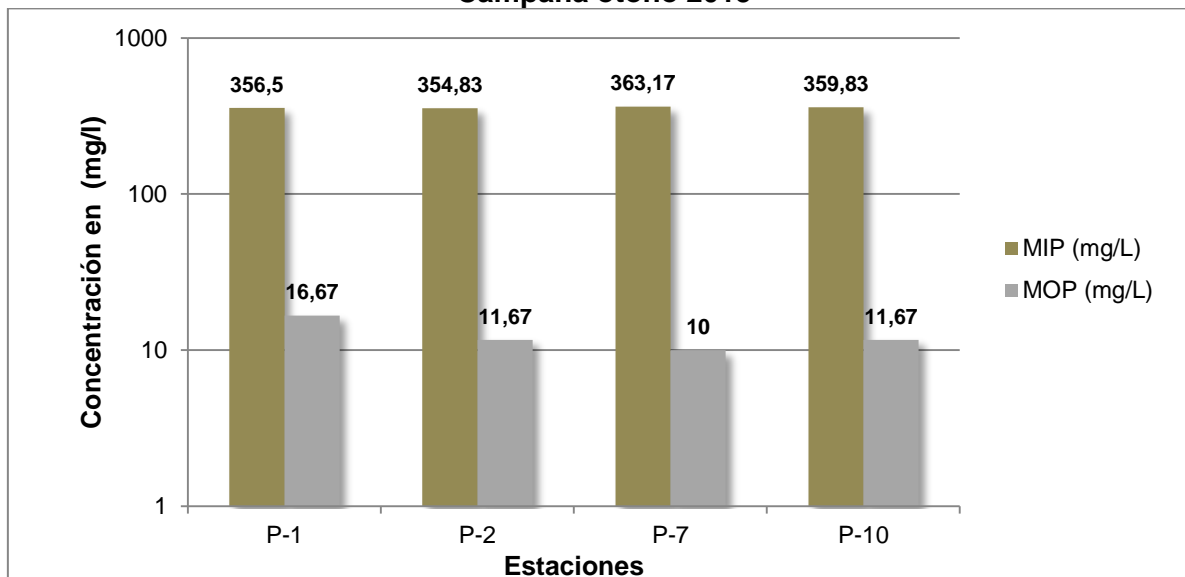


Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica e Inorgánica Particulada*

A continuación, en la Figura EAC-28 se grafican las concentraciones de materia inorgánica y orgánica particulada (MIP-MOP) cuantificadas para las distintas estaciones prospectadas. En general, estos resultados indican que la mayor proporción de material particulado presente en la columna de agua de las estaciones muestreadas corresponde a material inorgánico (MIP), el cual fue cuantificado en concentraciones que varían levemente entre 354,83 y 363,17 mg/l (P-2 y P-7 respectivamente). Las concentraciones de material orgánico particulado (MOP) por su parte, se presentaron bajas y moderadamente variables entre las estaciones cabecera e intermedias; con un valor mínimo de 10 mg/l (P-7), y un valor máximo de 16,67 mg/l para la estación DGA 1 (P-1).

**Figura EAC-28: Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**



Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.6.2 Calidad de Sedimentos

Para el caso de la estacionalidad de verano, la recolección de muestras de sedimento pudo efectuarse con éxito en las estaciones P-2 y P-10, las que expusieron matrices prospectables en dicha campaña. A continuación, los resultados de la composición granulométrica (Tabla EAC-55) y la concentración de materia orgánica (Tabla EAC-56) contenida en las muestras.

- *Granulometría*

Para las estaciones en estudio, la dominancia estuvo a cargo de la fracción sedimentaria de mayor tamaño (fango) en la estación P-1 (72,76%) y en menor porcentaje P-10 (38,13% del peso total de la muestra). El fango se caracteriza por ser un material como material fino que proporciona un escenario favorable para la retención de materia orgánica producto de la descomposición de material vegetal y animal. (Tabla EAC -55).

**Tabla EAC-55: Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

Fracciones Sedimentarias		Clasificación	Estaciones	
			P-2	P-10
Grava	4-2 mm	phi -1	2,14	1,08
Arena MG	2-1 mm	phi 0	5,38	5,85
Arena G	1-0,5 mm	phi 1	6,24	23,84
Arena M	0,5-0,25 mm	phi 2	4	21,83
Arena F	0,25-0,125 mm	phi 3	3,21	6
Arena MF	0,125-0,062mm	phi 4	6,27	3,27
Fango	< 0,062 mm	phi 5	<b>72,76</b>	<b>38,13</b>

Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica Total*

Como se mencionó anteriormente; las propiedades físicas del tamaño de grano dominante para las estaciones prospectadas, presentan altas (P-2) y medias (P-10) concentraciones de materia orgánica para esta campaña, con valores que fluctúan entre 6,72% para el caso de la estación P-2, y que superan el 24% para el caso de la estación Puente Pupío 1 (P-10).

**Tabla EAC-56: Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

Área	Estación	% Materia Orgánica
Punta Chungo - Pupío	P-2	24,19
	P-10	6,72

Fuente: JIA, 2016

- *Potencial REDOX (NHE) y pH*

La medida de potencial oxido reducción y pH de los sedimentos de las estaciones prospectadas registró un máximo de 116 mV a un valor de pH de 8,93 unidades. Esta lectura sería indicativa de una dominancia de procesos oxidativos en un ambiente neutro y/o moderadamente alcalino.

**Tabla EAC-57: Potencial redox (NHE) y pH presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

Estación	Redox	pH
P-2	116	8,93
P-7	66	7,26

Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.6.3 Variables biológicas

- *Fauna íctica*

Para la actual campaña, las capturas de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío ascendieron a 27 individuos, los cuales el 100% corresponden a especies nativas.

En la Tabla EAC-58 se señala la composición específica de las capturas, además del nombre común, y estado de conservación de las diferentes especies establecidas en el Decreto Supremo (MINSEGPRES) N° 51/2008, mientras que la Tabla EAC-59 presentan el peso, longitud y factor de condición (Kc) de los individuos capturados.

**Tabla EAC-58: Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas**

Especie	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	D.S.
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey del norte chico	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Cheirodon pisciculus</i>	Pocha	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Trichomycterus areolatus</i>	Bagre chico	Nativa	Vulnerable	51/2008

Fuente: JIA, 2016  
D.S= decreto supremo

**Tabla EAC-59: Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

Estación	Especies	Peso (g)	Longitud Total (mm)	Kc	N
P-1	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	1,79±1,25	60,4±16,4	0,67	5
	<i>Trichomycterus areolatus</i>	0,26±0,31	31,5±6,4	0,78	2
P-2	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	4,61±1,87	83,75±13,32	0,75	12
P-10	<i>Cheirodon pisciculus</i>	0,788±0,5	41,7±6,9	0,98	8

Fuente: JIA, 2016

Respecto a las mediciones morfométricas realizadas a los individuos capturados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, se detectaron diferencias en los parámetros obtenidos. Es así, como la especie *Basilichthys microlepidotus* presentó los más altos valores promedio de peso y longitud total (Tabla EAC-59), además de una mayor abundancia en relación a las capturas totales (70%).

Por otra parte, la estación con mayor riqueza estuvo a cargo de la estación cabecera (P-1), en donde además de la presencia del siluriforme *B. microlepidotus* se capturaron 2 individuos juveniles de la especie *Trichomycterus areolatus*, los que no superaron los 76 mm de longitud total. Cabe destacar la riqueza monoespecífica en la estación P-10 del estero Piuquenes, en donde fue posible la captura de 8 individuos correspondientes la Pocha *Cheirodon pisciculus*.

Por otra parte, la abundancia máxima detectada se registró en la estación P-2, en donde se capturaron 12 individuos del pejerrey del norte chico.

Para el factor de condición (Kc) que mide el estado fisiológico de cada especie íctica, los valores se mantuvieron variables en términos generales, registrando un máximo en P-10 (0,98) y la especie *C. pisciculus*; y un mínimo en P-1 (0,67) para la especie *B. microlepidotus*; lo que indica una buena condición de salud para la comunidad de peces del estero Pupío y Conchalí.

- *Zooplankton*

Para la campaña de otoño, las muestras realizadas en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, detectaron la presencia de zooplancteres en 2 de las 4 estaciones prospectadas (P-2 y P-10), agrupándose en 2 clases y 4 familias (Cyclopinidae, Camthocamptidae, Daphnidae y Chydoridae), de las cuales el copépodo *Metacyclops longisetus* fue el más abundante de la muestra (0,4 ind/l). En relación a la riqueza, la estación P-10 exhibió un total de 4 especies, mientras que la estación P-2 registró una riqueza monoespecífica.

**Tabla EAC-60: Composición y abundancia de zooplancton (ind/l.) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

Phyllum	Clase	Familia	Taxa	P-2	P-10
				Ind/L	
Crustacea	Copepoda	Cyclopidae	<i>Metacyclops longisetus</i>	-	0,4
		Camthocamptidae	<i>Attheyella</i> sp.	0,02	-
	Branchiopoda	Daphnidae	<i>Daphnia pulex</i>	-	0,05
			<i>Simocephalus</i> sp.	-	0,1
		Chydoridae	<i>Camptocercus rectirostris</i>	-	0,05
<b>N° Taxa</b>				<b>1</b>	<b>4</b>
<b>Abundancia</b>				<b>0,02</b>	<b>0,6</b>

Fuente: JIA, 2016

- *Macroinvertebrados bentónicos*

Los resultados de la campaña de otoño reflejan un ensamble de macroinvertebrados bajo en riqueza, siendo detectados en todas las estaciones con escurrimiento superficial del estudio; y permitiendo el reconocimiento de 9 taxa, representados por 7 integrantes del grupo de los insectos y 2 mollusca (Tabla EAC-61). De los taxa registrados la familia Sphaeriidae destacó por presentar la mayor abundancia de la campaña, con un 32,52% de la abundancia relativa total; además una distribución espacial en el 37% de las réplicas.

De manera secundaria, destaca la familia de insectos Hyalellidae, presente en 6 de las 16 réplicas prospectadas y en densidades que fluctúan entre 11 y 356 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-61).

En términos de abundancia total destacó la estación P-7 por presentar un valor promedio de 89,9±211,5 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-61). Finalmente la riqueza de osciló entre de 1 y 8 taxa correspondientes a lo observado en las estaciones P-7 y P-2 respectivamente.

**Tabla EAC-61: Composición y abundancia de macroinvertebrados (ind/m<sup>2</sup>) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña verano 2015**

Familia	Especie	Estaciones															
		P-1				P-2				P-7				P-10			
		Réplicas															
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Hydropsychidae	n.d	111	246	44	-	-	-	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leptophlebiidae	n.d	11	33	-	22	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corydalidae	n.d	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	n.d	-	-	22	67	-	-	11	-	-	-	-	-	-	11	-	-
Coenagrionidae	n.d	-	-	-	22	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hyaellidae	<i>Hyaella sp.</i>	-	-	-	356	11	-	-	-	44	44	178	22	-	-	-	-
Glossosomatidae	n.d	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sphaeriidae	n.d	-	-	-	-	33	-	-	689	-	-	-	-	-	-	-	-
Physidae	<i>Physa sp.</i>	-	-	-	-	-	22	11	-	-	-	-	-	22	11	44	-
	<b>Nº Taxa</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
	<b>Abundancia</b>	<b>122</b>	<b>290</b>	<b>66</b>	<b>467</b>	<b>55</b>	<b>22</b>	<b>133</b>	<b>689</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>178</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>44</b>	<b>0</b>
	<b>Diversidad</b>	<b>0,44</b>	<b>0,72</b>	<b>0,92</b>	<b>1,12</b>	<b>1,37</b>	<b>N/C</b>	<b>1,77</b>	<b>N/C</b>	<b>N/C</b>	<b>N/C</b>	<b>N/C</b>	<b>N/C</b>	<b>N/C</b>	<b>1</b>	<b>N/C</b>	<b>N/C</b>
	<b>Riqueza por estación</b>	<b>6</b>				<b>8</b>				<b>1</b>				<b>2</b>			
	<b>Abund. Promedio</b>	<b>85,91</b>				<b>89,9</b>				<b>72</b>				<b>22</b>			
	<b>Desviación estándar</b>	<b>112,9</b>				<b>211,5</b>				<b>71,4</b>				<b>15,6</b>			

n.d: No determinado  
Fuente: JIA, 2016



- *Fitoplancton*

En el área estudiada fue posible la identificación de un total de veintidós (22) géneros de microalgas, pertenecientes al grupo de las Cyanophytas (2), Ochrophytas (13 taxa) Chrolophytas (2 taxa), Charophytas (4 taxa) y Euglenophytas (1 taxón). La mayor abundancia total fue detectada en la estación P-10 con un total de 85 cél/l, mientras que la estación de menor abundancia total se registró en P-7 con un total de 31 cél/l (Tabla EAC-62).

En términos de abundancia por especie, la diatomea *Nitzschia sp.* fue el organismo dominante con un valor promedio de 32 cél/l, registrando a su vez el 46,1% de la abundancia relativa total (Tabla EAC-62 y Figura EAC-29). Muy por el contrario, las diatomeas *Diploneis sp.*, *Gyrozigma sp.*, junto con las clorófitas *Pediastrum sp.*, *Cosmarium sp.* y *Scenedesmus sp.*, así como también las charóphytas *Gonatozygon sp.*, *Mougeotia sp.* y la euglena *Phacus sp.* fueron los organismos menos abundantes, alcanzando un total de 1 cél/l, lo que se traduce en un 0,4% del total de la muestra (Figura EAC-29).

La riqueza específica fitoplanctónica del estudio no presentó variaciones entre estaciones muestreadas. Es así como el valor máximo se registró en la estación P-1 y P-10 (10 taxa), mientras que el valor mínimo se registró en la estación P-7 (7 taxa). En cuanto a la distribución espacial sólo *Nitzschia sp.*, *Navicula sp.* y *Pennada sp.* se distribuyeron en el 100% de las estaciones con escorrentía superficial (Tabla EAC-62).

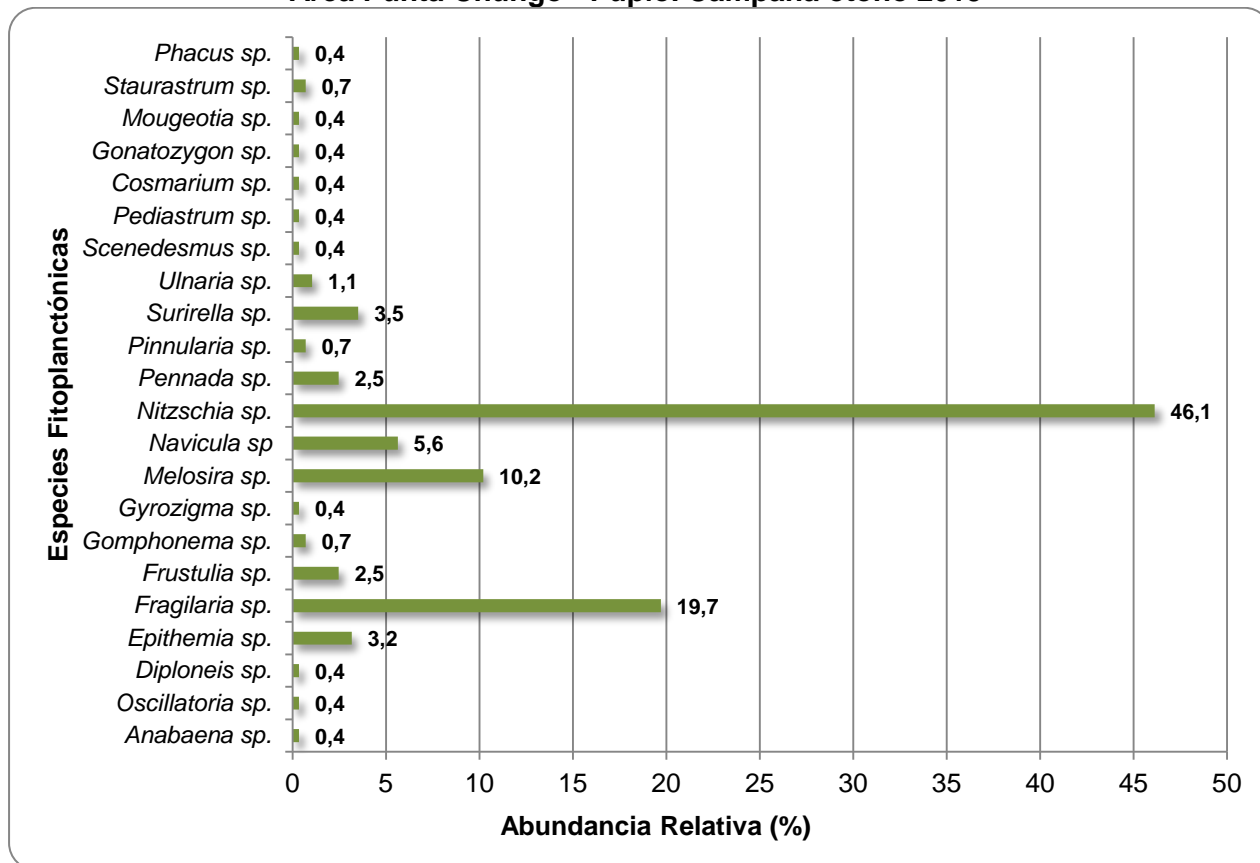
**Tabla EAC-62: Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

Clase	Especie	P-1	P-2	P-7	P-10
<b>DIVISION CYANOPHYTA</b>					
<b>Cyanophyceae</b>	<i>Anabaena sp.</i>	-	1	-	-
	<i>Oscillatoria sp.</i>	-	-	1	-
<b>DIVISION OCHROPHYTA</b>					
<b>Bacillariophyceae</b>	<i>Diploneis sp.</i>	-	-	-	1
	<i>Epithemia sp.</i>	-	6	1	2
	<i>Fragilaria sp.</i>	-	-	-	56
	<i>Frustulia sp.</i>	2	5	-	-
	<i>Gomphonema sp.</i>	-	2	-	-
	<i>Gyrozigma sp.</i>	1	-	-	-
	<i>Melosira sp.</i>	27	2	-	-
	<i>Navicula sp.</i>	2	2	5	7
	<i>Nitzschia sp.</i>	42	10	76	3
	<i>Pennada sp.</i>	2	2	1	2
	<i>Pinnularia sp.</i>	-	-	-	2
	<i>Surirella sp.</i>	-	-	-	10
	<i>Ulnaria sp.</i>	-	-	2	1
<b>DIVISION CHLOROPHYTA</b>					
<b>Chlorophyceae</b>	<i>Scenedesmus sp.</i>	1	-	-	-
	<i>Pediastrum sp.</i>	1	-	-	-
<b>DIVISION CHAROPHYTA</b>					
<b>Charophyta</b>	<i>Cosmarium sp.</i>	1	-	-	-
	<i>Gonatozygon sp.</i>	-	1	-	-
	<i>Mougeotia sp.</i>	-	-	-	1
	<i>Staurastrum sp.</i>	2	-	-	-

		P-1	P-2	P-7	P-10
Clase	Especie	Cel/L			
<b>DIVISION CYANOPHYTA</b>					
<b>DIVISION EUGLENOPHYTA</b>					
<b>Euglenophyceae</b>	<i>Phacus sp.</i>	-	-	1	-
	<b>N° Taxa</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
	<b>Abundancia (cél/l)</b>	<b>81</b>	<b>31</b>	<b>87</b>	<b>85</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-29: Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**



Fuente: JIA, 2016

- *Fitobentos*

Durante el desarrollo de la campaña de otoño se observó la presencia de ensamblajes fitobentónicos en las 4 estaciones estudiadas que presentaron escurrimiento superficial. Éstos registraron un total de 19 taxa, representados por 2 divisiones: Cyanophyta (1 taxón), y Ochrophyta (18 taxa). De estos, destacaron en cuanto a distribución espacial la diatomea *Nitzschia sp.*, presente en el 100% de las estaciones prospectadas (Tabla EAC-63). En términos numéricos, destacó la diatomea *Melosira sp.* como el organismo más abundante del área en estudio, siendo cuantificado en una densidad total de 1.554 cél/cm<sup>2</sup> y representando un 63,7% del total de la muestra (Tabla EAC-63, Figura EAC-30). Para la abundancia total por estación, los valores obtenidos se mostraron variables, fluctuando entre 31 y 1.891 cél/cm<sup>2</sup>, que corresponden a lo estimado para las estaciones P-1 y P-2 respectivamente. Finalmente, la

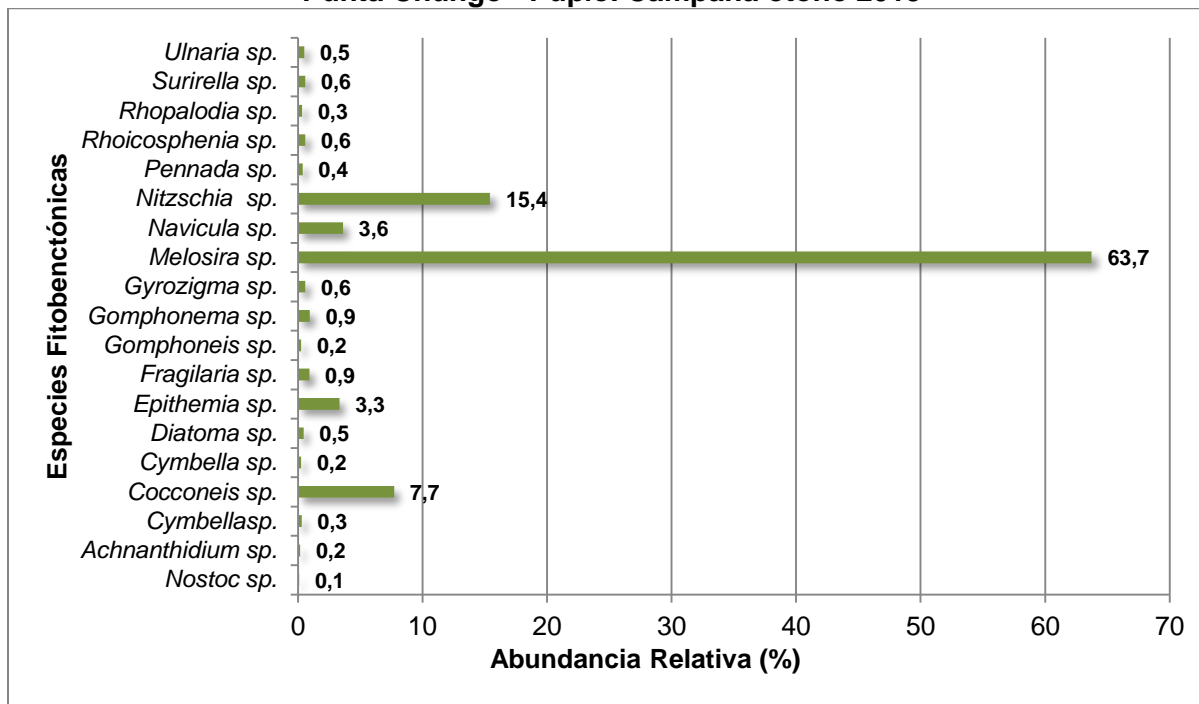
riqueza específica expresó su menor valor correspondiente a 3 taxa en la estación P-10, mientras que el valor máximo de 10 taxa fue obtenido en la estación P-1 (Tabla EAC-63).

**Tabla EAC-63: Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

		Estaciones			
DIVISION CYANOPHYTA		P-1	P-2	P-7	P-10
Clase	Especie	Cél/ cm <sup>2</sup>			
DIVISION CYANOPHYTA					
Cyanophyceae	<i>Nostoc sp.</i>	-	-	2	-
DIVISION OCHROPHYTA					
Bacillariophyceae	<i>Achnanidium sp.</i>	4	-	-	-
	<i>Cymbella sp.</i>	-	-	-	7
	<i>Cocconeis sp.</i>	188	-	-	-
	<i>Cymbella sp.</i>	6	-	-	-
	<i>Diatoma sp.</i>	11	-	-	-
	<i>Epithemia sp.</i>	-	-	81	-
	<i>Fragilaria sp.</i>	-	-	-	22
	<i>Gomphoneis sp.</i>	6	-	-	-
	<i>Gomphonema sp.</i>	20	-	3	-
	<i>Gyrozigma sp.</i>	-	14	-	-
	<i>Melosira sp.</i>	4	1550	-	-
	<i>Navicula sp.</i>	7	71	10	-
	<i>Nitzschia sp.</i>	9	228	137	2
	<i>Pennada sp.</i>	9	-	-	-
	<i>Rhoicosphenia sp.</i>	-	14	-	-
	<i>Rhopalodia sp.</i>	-	-	8	-
	<i>Surirella sp.</i>	-	14	-	-
<i>Ulnaria sp.</i>	-	-	12	-	
	<b>N° Taxa</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>3</b>
	<b>Abundancia</b>	<b>264</b>	<b>1.891</b>	<b>253</b>	<b>31</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-30: Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**



Fuente: JIA, 2016

- *Macrófitas*

Durante el periodo de otoño, la riqueza específica de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío determinó un total de 7 taxa, las que se distribuyeron primordialmente en las riberas de la estación P-2 con una riqueza de 7 taxa y las estaciones P-1, P-7 y P-10, con una riqueza de 5 taxa. las especies abundantes del muestreo estuvieron a cargo de 4 taxa: *Ranunculus aquatilis*; el helecho acuático *Azolla filiculoides*, la magnoliófito *Ludwigia peploides* y *Nasturtium bonariensis* quienes dominaron estando presentes en todas las estaciones prospectadas, mientras que la especie menos abundante estuvo a cargo del alga verde filamentosa perteneciente al grupo de las Cianofíceas siendo descrita sólo para la segunda estación P-2 (Tabla EAC-64), la que además se encontró en pequeños parches sobre el lecho.

**Tabla EAC-64: Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña otoño 2015**

Taxa	Estaciones			
	P-1	P-2	P-7	P-10
<i>Ranunculus aquatilis</i>	X	X	X	X
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	X	X	X	
<i>Mentha suaveolens</i>		X		
<i>Ludwigia peploides</i>	X	X	X	X
<i>Nasturtium bonariensis</i>	X	X	X	X
<i>Azolla filiculoides</i>	X	X	X	X
Cianofícea (Alga verde filamentosa)		X		

Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.7 Área Punta Chungo - Pupío (Campaña invierno 2015)

##### 6.1.4.7.1 Calidad del Agua

- Variables medidas *in situ* en la columna de agua

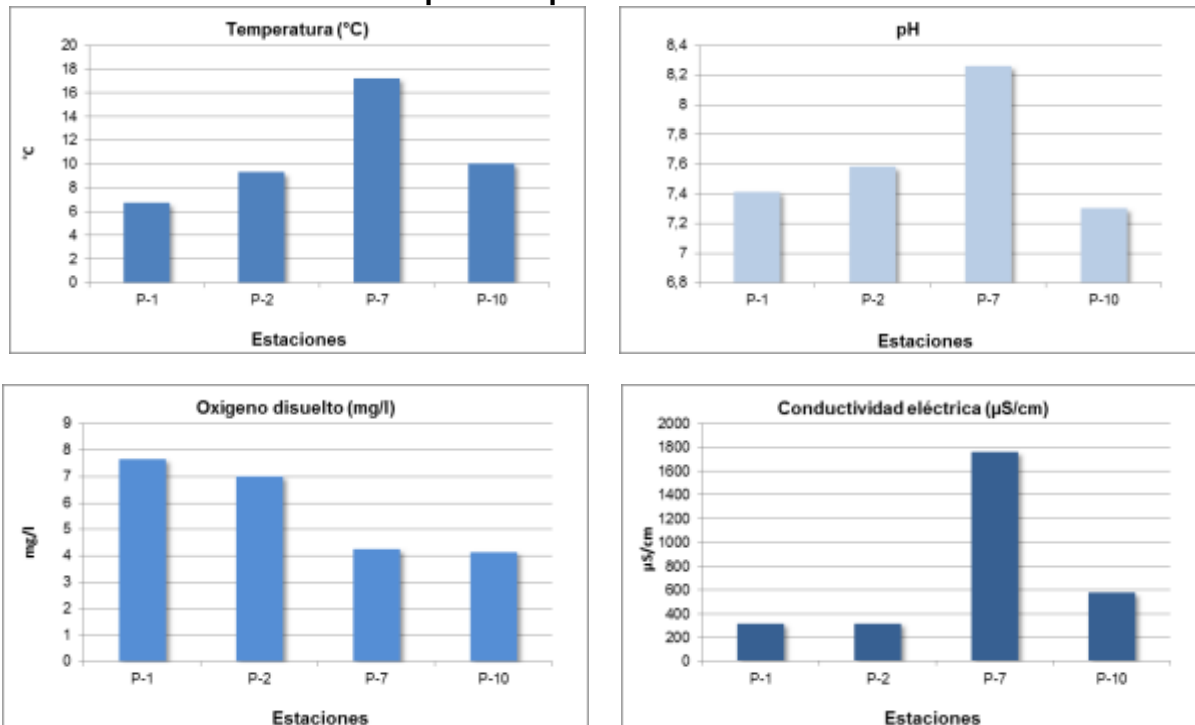
En la Tabla EAC-65 y en la Figura EAC-31 se muestran los valores de las diferentes variables físico-químicas registradas *in situ* en cada una de las estaciones prospectadas; durante el desarrollo de la campaña de invierno 2015.

**Tabla EAC-65: Caracterización de las variables *in situ* dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

Analitos	Estaciones			
	P-1	P-2	P-7	P-10
Temperatura (°C)	6,69	9,27	17,23	10,02
pH (Unidades pH)	7,41	7,58	8,26	7,3
Oxígeno disuelto (mg/l)	7,65	7	4,24	4,13
Conductividad (µS/cm)	317	321	1.766	578
TDS (mg/l)	158	160	883	289

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-31: Caracterización de las variables *in situ* dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**





Fuente: JIA, 2016

Para la temperatura superficial del agua se obtuvieron mediciones de alta variabilidad, las que fluctuaron entre 6,69 y 17,23°C, correspondientes a las estaciones P-1 y P-7, las que fueron medidas durante la misma jornada.

El pH por su parte presentó escasa variabilidad, registrando un máximo en P-7 con 8,26 unidades de pH; mientras que el mínimo se observó en P-10, con 7,43 unidades de pH (Tabla EAC-65; Figura EAC-31). Con estos antecedentes es posible señalar que los registros de pH obtenidos en las distintas estaciones prospectadas permiten clasificar las aguas de la zona monitoreada como neutras a moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995) y como aptas para el desarrollo de la biota acuática según lo establecido por la N.Ch. 1333/78.

La conductividad eléctrica por su parte, expresó un comportamiento espacial altamente variable entre las estaciones cabecera y las estaciones medias y costeras del área estudiada, con valores que fluctuaron entre 317 y 1.766  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (estaciones P-1 y P-7 respectivamente, lo que se manifiesta como una tendencia del estudio; Tabla EAC-65; Figura EAC-31).

Para los sólidos totales disueltos (TDS) se observó el mismo patrón de distribución espacial descrito anteriormente para la conductividad eléctrica, el que se caracteriza por presentar valores más bajos en las estaciones más cercanas a su nacimiento (P-1 y P-2) y más altos en las estaciones medias y costeras (P-7 a P-10) como es el caso del sector en estudio (Tabla EAC-65; Figura EAC-31).

- *Variables físico-químicas de la columna de agua cuantificadas en laboratorio*

La Tabla EAC-66 a continuación, muestra los resultados de la cuantificación de las variables químicas medidas en la columna de agua para las diferentes estaciones prospectadas en el Área Punta Chungo - Pupío durante invierno 2015.

**Tabla EAC-66: Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

Análisis	Estaciones			
	P-1	P-2	P-7	P-10
Dureza Total como CaCO <sub>3</sub> , (mg/l)	153	175	683	196
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub> , (mg/l)	123	144	256	165
Bicarbonato, (mg/l)	113	134	226	226
Carbonato, (mg/l)	18	21	39	19
Nitrato, (mg/l)	0,9	0,7	0,2	0,4
Nitrito, (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Fósforo Total, (mg/l)	0,4	0,1	0,2	0,4
Nitrógeno Kjeldahl, (mg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sólidos Totales Disueltos, (mg/l)	196	205	1.142	332
Sólidos Totales Suspendidos, (mg/l)	<5	<5	5	<5
Amonio, mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sulfato, mg/l)	31	33	334	40
Cloruro (mg/l)	5	5	235	82
Cobre, (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hierro, (mg/l)	0,7	0,12	0,25	0,47
Molibdeno, (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcio, (mg/l)	19	22	140	51
Magnesio, (mg/l)	12	13	49	6,9
Potasio, (mg/l)	1,9	1,9	3,1	2,2
Sodio, (mg/l)	13	13	100	38
Oxígeno Disuelto, (mg/l)	10	9	9	6
DBO <sub>5</sub> , (mg/l)	<2	2	3	2
DQO, (mg/l)	10	11	9	10
pH (a 20° C)	8,1	8	7,7	8,1
Coliformes Fecales, (NMP/100ml)	49	130	33	110
Color Verdadero, Escala Pt-Co	10	10	10	10
Color Aparente, Escala Pt-Co	10	10	15	20
Turbiedad, ( UNT)	0,9	0,6	3,1	1,4
Nitrógeno Total, (mg/l)	0,9	0,7	<0,6	<0,6
Fósforo de ortofosfato, (mg/l P-PO <sub>4</sub> )	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fósforo Total disuelto, (mg/l)	0,1	<0,01	0,1	0,2
Conductividad (µS/cm) a 25°C	333	360	1745	607

Fuente: Extraído de informes SAG, CESMEC (2015)

A continuación se analizan los analitos más importantes agrupados por nutrientes (fosforados y nitrogenados), metales, sólidos, variables iónicas, bioquímicas y bacteriológicas:

**Dureza total como CaCO<sub>3</sub> (mg/l):** La dureza del agua, a excepción de la situación de la estación P-7; presentó escasa variabilidad en el Área Punta Chungo - Pupío. Los valores se distribuyeron en un rango entre 153 y 683 mg/l (P-1 y P-7); lo que las clasifica como aguas duras a muy duras (WHO, 2004).

**Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub> (mg/l):** La alcalinidad del agua presentó una variabilidad espacial moderada para las muestras de las estaciones del área estudiada. Los valores se concentraron en un rango que varió de 123 y 256 mg/l (P-1 y P-7).

**DBO<sub>5</sub>:** Para este analito, sólo 3 de las 4 estaciones prospectadas presentaron concentraciones cuantificables por la técnica. Dichas concentraciones variaron entre un rango mínimo en su registro, en donde el valor mínimo fue de 2 mg/l en las estaciones P-2 y P-10, mientras que P-7 presentó un valor de 3 mg/l. De acuerdo a la propuesta de norma secundaria (Conama, 2004) las aguas del estudio se clasifican como de clase 1 a excepcional.

**DQO:** Para esta campaña, las concentraciones de DQO fueron detectadas en el 100% de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío; con una variabilidad mínima; siendo el máximo valor cuantificable en P-2, con 11 mg/l, y un valor mínimo de 9 mg/l en P-7. Las aguas de los cursos prospectados clasifican su calidad como “Excelente” según Sánchez. *et al.* (2007); lo que las describe como no contaminadas con niveles normales de materia orgánica.

**Nitrógeno total, mg/l:** La cuantificación de N total sólo fue posible en el 50% de las estaciones prospectadas. Las concentraciones para el analito presentaron un valor mínimo fue de 0,7 mg/l (P-2) mientras que el máximo fue de 0,9 mg/l (P-1).

**Nitrato, mg/l:** La concentración de nitrato se mantuvo variable las estaciones prospectadas en el área; alcanzando un valor máximo de 0,9 mg/l en P-1 y un mínimo de 0,2 mg/l en P-7. Ambos registros se encuentran muy por debajo de la concentración letal para peces que es de 90 mg/l (Sánchez, *et al.*, 2007)

**Fósforo total y fósforo total disuelto, mg/l:** Para el analito fósforo total las concentraciones se mantuvieron bajas y homogéneas, con valores máximos en las estaciones extremos (P-1 y P-10) las que registraron 0,4 mg/l. mientras que el valor mínimo estuvo a cargo de la estación P-2 con 0,1 mg/l. La fracción disuelta a su vez sólo representó una pequeña porción del total, siendo cuantificable en un 75% de las estaciones, y alcanzando un valor máximo de 0,2 mg/l en P-10.

**Sólidos totales disueltos (mg/l):** Los STD presentaron el mismo comportamiento que la dureza y la alcalinidad El valor máximo registrado se detectó en P-7 (1.142 mg/l), mientras que el mínimo estuvo a cargo de la estación cabecera (P-1), con 196 mg/l.

**Iones mayoritarios (mg/l):** la composición iónica caracterizada en las estaciones del estero Pupío y estero Conchalí presentaron un patrón iónico predominante bicarbonatado, manteniendo concentraciones más bajas y equilibradas en iones sulfato, cloruro, calcio y sodio.

Por otra parte, los iones carbonato, potasio y magnesio, se mantuvieron en concentraciones menos dominantes, los que no sobrepasaron los 49 mg/l (magnesio; Tabla EAC-66). Las aguas ricas en ion bicarbonato son típicas de aguas superficiales de origen subterráneo, como es el caso del afloramiento de la estación P-7, que presenta estas características.

**Metales (mg/l):** En relación a los metales contenidos en la columna, éstos se presentaron en bajas concentraciones para esta campaña, siendo cuantificable sólo el hierro para esta campaña, alcanzando un valor máximo que no sobrepasó los 0,47 mg/l, lo que representa un valor dentro del rango de clase Excepcional de acuerdo a la norma secundaria (CONAMA, 2004).

**Coliformes fecales, NMP/100 ml:** Para esta campaña, las concentraciones de coliformes fecales se mantuvieron en el promedio de las anteriores prospecciones. El valor máximo estuvo a cargo de la estación P-2, con 130 NMP/100 ml; mientras que el valor mínimo fue registrado por P-7, con 33 NMP/100 ml.

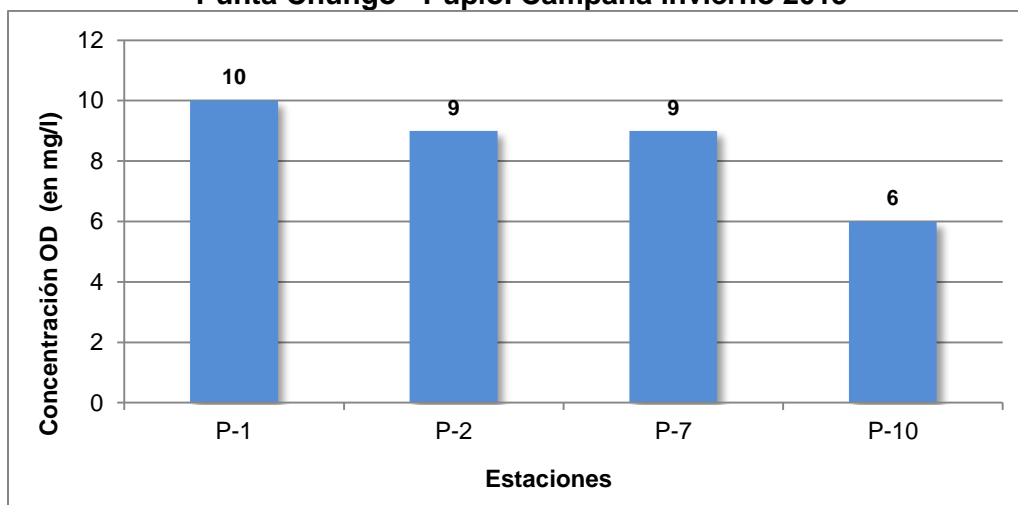


**Color aparente, color verdadero Escala Pt-Co:** Para el color aparente, el rango de variabilidad en esta área fue de 10 a 20, con un valor máximo en P-10 y un mínimo en P-1 y P-2, mientras que para el color verdadero éste presentó el mismo registro con un valor de escala de 10. De acuerdo a la propuesta de norma secundaria (Conama, 2004) y en base a los resultados del color aparente, las aguas se clasifican como de clase 1 a excepcional.

**Turbidez, NTU:** Los valores de turbidez se presentaron muy para esta campaña, registrando un valor máximo de 3,1 NTU en P-17, mientras que el mínimo fue de 0,6 NTU en P-2. Todas las estaciones se encuentran muy por debajo de los límites máximos descritos por la NCh. 1.333/78 que establece un valor máximo de 50 NTU como una concentración propicia para el desarrollo de la vida acuática.

**Oxígeno disuelto (OD; mg/l):** A continuación la Figura EAC-32 presenta las concentraciones y variaciones espaciales en la concentración de oxígeno disuelto en las aguas del área prospectada.

**Figura EAC-32: Concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**



Fuente: JIA, 2016

Para el caso del Área Punta Chungo - Pupío, las estaciones del estero Pupío presentaron una variabilidad espacial moderada, registrando un valor máximo en la estación P-1 (10 mg/l), mientras el valor mínimo se expresó en P-10 (6 mg/l); relación que resulta similar a lo acontecido en la campaña anteriormente realizada en la zona (otoño 2015). Cabe destacar que todas las concentraciones cuantificadas se encuentran dentro de los límites óptimos para el desarrollo de la vida acuática (NCh1.333/Of.78)

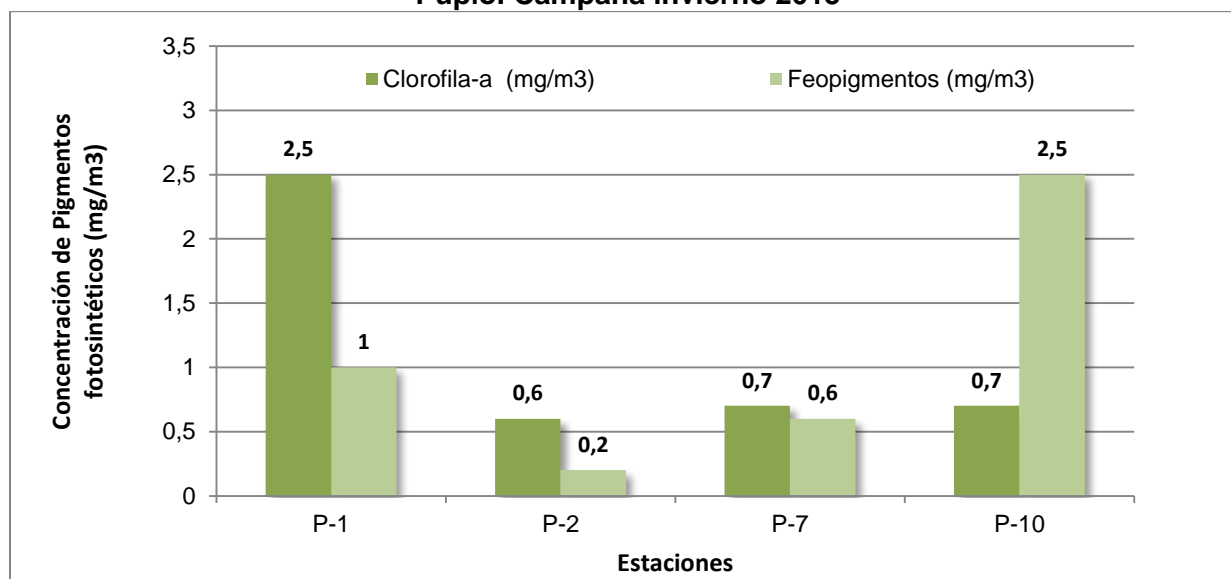
Finalmente los metales cobre y molibdeno, junto con los compuestos nitrogenados amonio, nitrito y nitrógeno Kjeldahl, así como también el compuestos fosforado en su expresión de ortofosfatos y los sólidos totales suspendidos (TDS) no presentaron concentraciones cuantificables en las muestras.

- *Pigmentos Fotosintéticos (Clorofila a y Feopigmentos)*

Las concentraciones de pigmentos fotosintéticos se grafican en la Figura EAC-33 a continuación. De acuerdo a la figura es posible apreciar alta variabilidad en la producción primaria de la columna entre las estaciones cabecera e intermedia. De esta forma las estaciones que comprenden el Área Punta Chungo - Pupío presentaron un máximo de clorofila en la estación cabecera P-1, con una concentración de 2,5 mg/m<sup>3</sup>, mientras que el valor más bajo de este pigmento se detectó en la estación siguiente del estero Pupío (P-2); alcanzando una concentración de 0,6 mg/m<sup>3</sup>.

Para esta área los niveles de Feofitina fueron dominantes por sobre los de clorofila sólo en la estación costera P-10; registrando un valor de 2,5 mg/m<sup>3</sup>, lo que señala en este punto una población productora primaria envejecida, razón por la cual el proceso degradativo de la clorofila es visible (Figura EAC-33).

**Figura EAC-33: Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

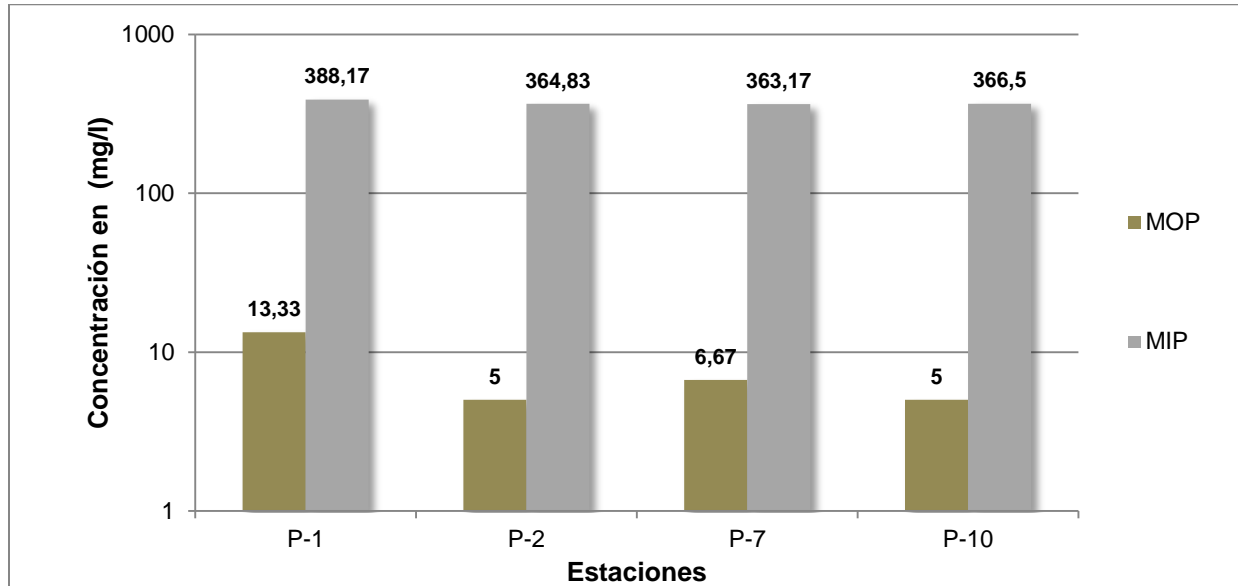


Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica e Inorgánica Particulada*

A continuación, en la Figura EAC-34 se grafican las concentraciones de materia inorgánica y orgánica particulada (MIP-MOP) cuantificadas para las distintas estaciones prospectadas. En general, estos resultados indican que la mayor proporción de material particulado presente en la columna de agua de las estaciones muestreadas corresponde a material inorgánico (MIP), el cual fue cuantificado en concentraciones que varían levemente entre 363,17 y 388,17 mg/l (P-7 y P-1 respectivamente). Las concentraciones de material orgánico particulado (MOP) por su parte, se presentaron bajas sin ningún patrón espacial aparente entre las estaciones cabecera e intermedias; con un valor mínimo de 5 mg/l (P-2 y P-10), y un valor máximo de 13,33 mg/l para la estación DGA 1 (P-1).

**Figura EAC-34: Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**



Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.7.2 Calidad de Sedimentos

Para el caso de la estacionalidad de invierno 2015, la recolección de muestras de sedimento pudo efectuarse con éxito en las estaciones P-1, P-2 y P-10, las que expusieron matrices prospectables en dicha campaña. A continuación, los resultados de la composición granulométrica (Tabla EAC-67) y la concentración de materia orgánica (Tabla EAC-68) contenida en las muestras.

- *Granulometría*

Para todas las estaciones prospectables en estudio la dominancia estuvo a cargo de la fracción sedimentaria de menor tamaño (fango) la cual expresó un porcentaje del peso total de la muestra que varió entre 69,71% (P-1) y 92,86% (P-10). El fango se caracteriza como un material fino que proporciona un escenario favorable para la retención de materia orgánica producto de la descomposición de material vegetal y animal. (Tabla EAC -67).

**Tabla EAC-67: Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

Fracciones Sedimentarias	Clasificación	Tamaño	Estaciones		
			P-1	P-2	P-10
Grava	phi -1	4-2 mm	3,01	1,7	0,91
Arena MG	phi 0	2-1 mm	3,57	2,9	0,9
Arena G	phi 1	1-0,5 mm	5,73	4,24	1,12
Arena M	phi 2	0,5-0,25 mm	7,84	4,45	1,86
Arena F	phi 3	0,25-0,125 mm	6,39	3,21	1,41
Arena MF	phi 4	0,125-0,062mm	3,75	2,01	0,95
Fango	phi 5	< 0,062 mm	69,71	81,49	92,86

Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica Total*

Como se mencionó anteriormente, las propiedades físicas del tamaño de grano dominante para las estaciones prospectadas, presentan altas (P-10) y medias (P-1 y P-20) concentraciones de materia orgánica para esta campaña, con valores que fluctúan entre 10,59% para el caso de la estación P-1, y que superan el 25% para el caso de la estación de estero Conchalí (P-10). Esta relación puede estar dada como consecuencia del tamaño de grano dominante y las tasas de retención de cada matriz sedimentaria, lo que depende de las velocidades de corriente entre otros aspectos físicos.

**Tabla EAC-68: Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

Área	Estación	% Materia Orgánica
Punta Chungo - Pupío	P-1	10,59
	P-2	11,72
	P-10	25,63

Fuente: JIA, 2016

- *Potencial REDOX (NHE) y pH*

La medida de potencial óxido reducción y pH de los sedimentos de las estaciones prospectadas registró un máximo de 327 mV a un valor de pH de 7,37 unidades, mientras que el mínimo (P-1) alcanzó -4 mV (7,79 unidades de pH). Esta lectura sería indicativa de procesos fuertemente oxidativos y levemente reductores en un ambiente neutro.

**Tabla EAC-69: Potencial redox (NHE) y pH presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

Estación	Redox	pH
P-1	-4	7,79
P-2	327	7,37
P-7	67	7,13

Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.7.3 Variables biológicas

- *Fauna íctica*

Para la actual campaña, las capturas de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío ascendieron a 13 individuos, de los cuales el 84% correspondieron a especies nativas.

En la Tabla EAC-70 se señala la composición específica de las capturas, además del nombre común, y estado de conservación de las diferentes especies establecidas en el Decreto Supremo (MINSEGPRES) N° 51/2008, mientras que la Tabla EAC-71 presentan el peso, longitud y factor de condición (Kc) de los individuos capturados.

**Tabla EAC-70: Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas**

Especie	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	D.S.
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey del norte chico	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Cheirodon pisciculus</i>	Pocha	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Gambusia sp.</i>	Pez mosquito	Introducida	-	-

Fuente: JIA, 2016

**Tabla EAC-71: Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

Estación	Especies	Peso (g)	Longitud Total (mm)	Kc	N
P-1	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	0,5±0,30	43,3±8,62	0,6	3
P-2	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	4,62±2,06	75,8±13,53	1,27	5
P-7	<i>Gambusia sp</i>	0,26±0,03	35±8,49	0,7	2
P-10	<i>Cheirodon pisciculus</i>	0,83±0,115	46,3±4,62	0,84	3

Fuente: JIA, 2016

Respecto a las mediciones morfométricas realizadas a los individuos capturados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, se detectaron diferencias en los parámetros obtenidos. Es así, como nuevamente la especie *Basilichthys microlepidotus* presenta los más altos valores promedio de peso y longitud total (Tabla EAC-71), además de una mayor abundancia en relación a las capturas totales (62%); mientras que en relación a la riqueza, todas las estaciones presentaron monoespecificidad.

Para el factor de condición (Kc) que mide el estado fisiológico de cada especie íctica, los valores se mantuvieron variables en términos generales, registrando un máximo en P-2 (1,27) con la especie *B. microlepidotus*, la cual presentó además el Kc más bajo en P-1 (0,6), lo que señala una condición de salud aceptable para la comunidad de peces de los esteros Pupío y Conchalí.

- *Zooplankton*

Para la campaña de invierno, las estaciones prospectadas del Área Punta Chungo - Pupío detectaron la presencia de zooplancteres en 2 de las 4 estaciones prospectadas (P-2 y P-10). Agrupándose en 2 clases y 3 familias (Cyclopinidae, Daphnidae y Chydoridae), de las cuales el copépodo *Metacyclops longisetus* es el más abundante de la muestra (0,12 ind/l). En relación a la riqueza, la estación P-2 exhibió un total de 3 especies, mientras que la estación P-10 registró una riqueza de 2 especies.

En relación a la abundancia por estación, la estación costera P-10 fue superior a la estación P-2; alcanzando 0,21 ind/l (Tabla EAC-72).

No hay mucha información sobre el zooplancton en los ríos sudamericanos, pero los escasos estudios científicos realizados (Jacobo, 1979; Vásquez y Rey, 1989; Naranjo, C., 2006) indican que los factores que influyen sobre la densidad del zooplancton son análogos a los que influyen sobre el fitoplancton. La propia abundancia de fitoplancton es seguramente una de las principales circunstancias condicionantes, y es normal que después de una proliferación de

fitoplancton venga una gran abundancia de zooplancton, como comprobó Bonetto (1976). Sin embargo, las variaciones en la abundancia de zooplancton se han atribuido básicamente a diferencias en el flujo de la corriente, desempeñando también un papel secundario otros varios factores como la turbiedad, la concentración de oxígeno disuelto y la conductividad. En regímenes normales de corriente, se encuentran sólo bajas densidades de zooplancton en los cauces principales de los ríos (FAO, 1992)

**Tabla EAC-72: Composición y abundancia de zooplancton (ind/l.) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

Phyllum	Clase u Orden	Familia	Taxa	P-2	P-10
				ind/l	
Arthropoda	Diplostraca	Daphnidae	<i>Simocephalus</i> sp.	0,03	-
Arthropoda	Diplostraca	Chydoridae	<i>Alona</i> sp.	0,06	-
Arthropoda	Diplostraca	Chydoridae	<i>Chydorus sphaericus</i>	0,03	0,09
Arthropoda	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Metacyclops longisetus</i>	-	0,12
<b>N° Taxa</b>				<b>3</b>	<b>2</b>
<b>Abundancia</b>				<b>0,1</b>	<b>0,21</b>

Fuente: JIA, 2016

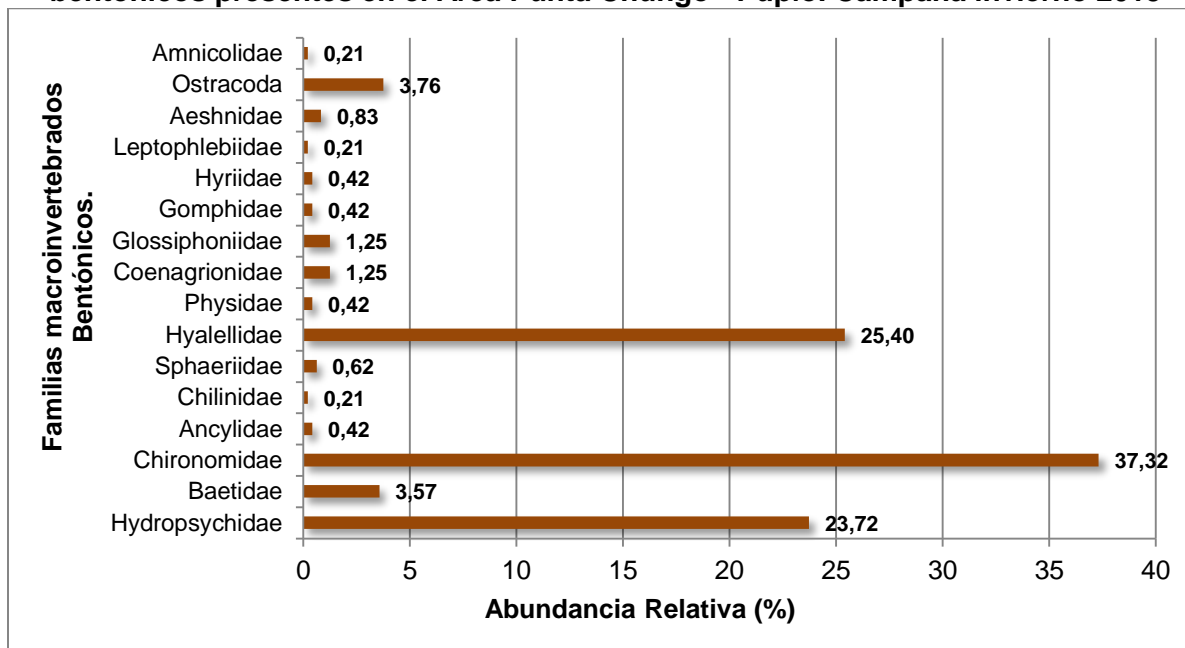
- *Macroinvertebrados bentónicos*

Los resultados de la campaña de invierno reflejaron un ensamble de macroinvertebrados medio en riqueza, siendo detectados en todas las estaciones con escurrimiento superficial del estudio; y permitiendo el reconocimiento de 16 taxa, representados por 9 integrantes del grupo de los insectos (Artrópoda), 6 mollusca y 1 anélido (Tabla EAC-73). De los taxa registrados, la familia Chironomidae destacó por presentar la mayor abundancia de la campaña, con un 37,32% de la abundancia relativa total (Figura EAC-35); además una distribución espacial en el 50% de las réplicas.

De manera secundaria, destacó la familia de insectos Hydropsychidae, presente en 7 de las 16 réplicas prospectadas y en densidades que fluctuaron entre 11 y 978 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-73).

En términos de abundancia total destacó la estación P-1 por presentar un valor promedio de 261,64 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-73). Finalmente la riqueza de osciló entre de 4 y 11 taxa correspondientes a lo observado en las estaciones P-10 y P-2 respectivamente.

**Figura EAC-35: Abundancia relativa (%) de las familias de macroinvertebrados bentónicos presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**



Fuente: JIA, 2016

**Tabla EAC-73: Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío.  
Campaña invierno 2015**

Phyllum	Familia	Especie	P-1				P-2				P-7				P-10			
			R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Arthropoda	Hydropsychidae	n.d	978	56	22	11	67	111	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Baetidae	n.d	22	56	11	-	22	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Chironomidae	n.d	1.667	-	-	-	44	33	33	144	-	11	-	22	22	-	-	-
Mollusca	Ancylidae	n.d	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mollusca	Chilinae	Chilina sp.	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mollusca	Sphaeriidae	Pisidium sp.	-	-	-	22	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Hyaellidae	Hyaella sp.	-	-	-	-	11	-	-	11	656	400	100	167	-	-	-	-
Mollusca	Physidae	Physa sp.	-	-	-	-	11	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Coenagrionidae	n.d	-	-	-	-	-	11	-	-	11	44	-	-	-	-	-	-
Annelida	Glossiphoniidae	n.d	-	-	-	-	-	-	11	-	33	-	-	-	-	-	22	-
Arthropoda	Gomphidae	n.d	-	-	-	-	-	-	11	-	11	-	-	-	-	-	-	-
Mollusca	Hyriidae	Diplodon chilensis	-	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Leptophlebiidae	n.d	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Aeshnidae	n.d	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-	-	-	-	-	-	-
Arthropoda	Ostracoda	n.d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	33	22	100	-
Mollusca	Amnicolidae	n.d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-
<b>Abundancia (ind/m<sup>2</sup>)</b>			<b>2.689</b>	<b>112</b>	<b>33</b>	<b>55</b>	<b>166</b>	<b>233</b>	<b>77</b>	<b>188</b>	<b>755</b>	<b>455</b>	<b>100</b>	<b>189</b>	<b>66</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>100</b>
<b>Diversidad (S) por estación</b>			<b>1,07</b>	<b>1</b>	<b>0,92</b>	<b>1,5</b>	<b>2,2</b>	<b>1,7</b>	<b>2,13</b>	<b>1,14</b>	<b>0,79</b>	<b>0,62</b>	<b>N/C</b>	<b>0,52</b>	<b>0,92</b>	<b>0,81</b>	<b>1</b>	<b>N/C</b>
<b>Abund. Promedio (ind/m<sup>2</sup>)</b>			<b>261,64</b>				<b>34,95</b>				<b>136,27</b>				<b>36,29</b>			
<b>Desv. Estándar</b>			<b>546,90</b>				<b>38,53</b>				<b>207,31</b>				<b>29,95</b>			

Fuente: JIA, 2016



- *Fitoplancton*

En el área estudiada fue posible la identificación de un total de veintidós (22) géneros de microalgas, pertenecientes al grupo de las Ochrophytas (18 taxa) Chlorophytas (4 taxa). La mayor abundancia total fue detectada en la estación P-2 con un total de 6.046 cél/l, mientras que la estación de menor abundancia total se registró en P-10 con un total de 1.532 cél/l (Tabla EAC-74).

En términos de abundancia por especie la diatomea *Melosira aff. distans* fue el organismo dominante con un valor promedio de 883 cél/l, registrando a su vez el 18,9% de la abundancia relativa total (Tabla EAC-74 y Figura EAC-36). Muy por el contrario, las diatomeas *Gomphonemaeis sp.*, *Synedra aff. ulna*, junto con *Pinnularia sp.*, *Gyrosigma sp.* y *Rhopalodia sp.*, fueron los organismos menos abundantes, alcanzando un total de 39 cél/l, lo que se traduce en un 0,42% del total de la muestra (Figura EAC-36).

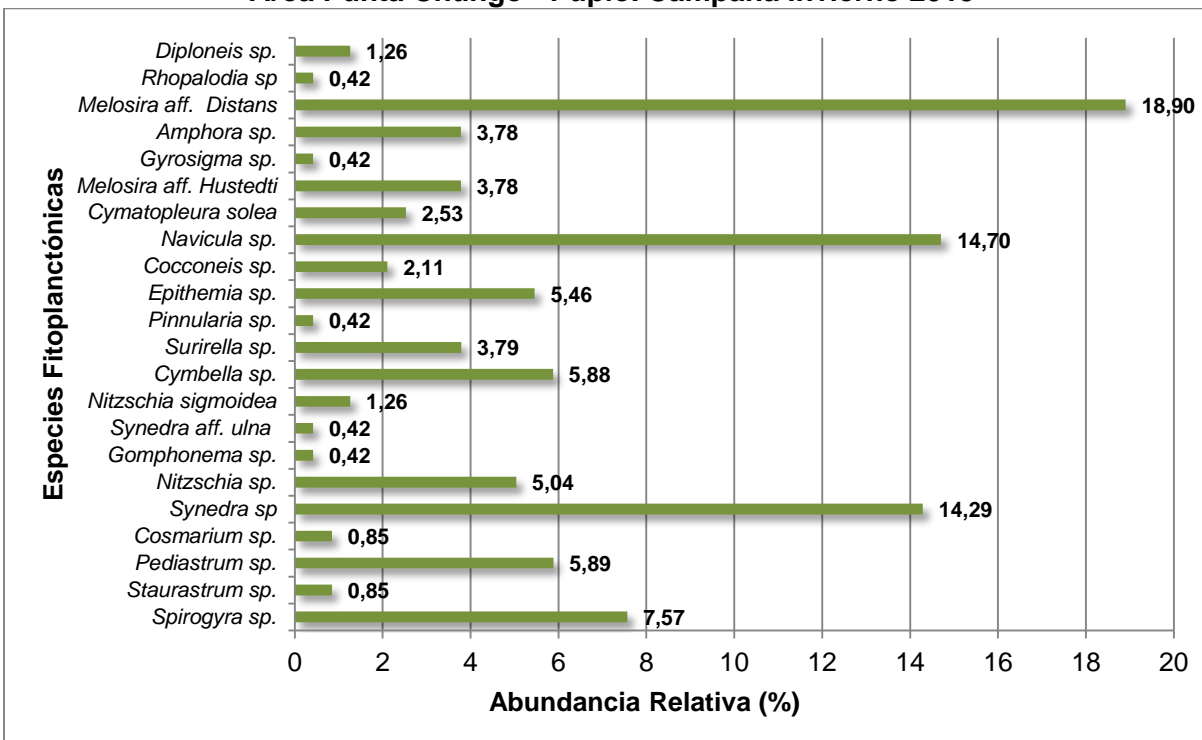
La riqueza específica fitoplanctónica del estudio presentó variaciones entre estaciones altas y bajas para esta campaña. Es así como el valor máximo se registró en la estación P-2 (17 taxa), mientras que el valor mínimo se registró en la estación P-10 (5 taxa). En cuanto a la distribución espacial sólo *Cymbella sp* y *Navicula sp.* se distribuyeron en el 100% de las estaciones que presentaron este ensamble (Tabla EAC-74).

**Tabla EAC-74: Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

DIVISION CHLOROPHYTA		Estaciones			total
Clase	Especie	P-2	P-7	P-10	
Chlorophyceae	<i>Spirogyra sp.</i>	707	-	-	707
	<i>Staurastrum sp.</i>	79	-	-	79
	<i>Pediastrum sp.</i>	550	-	-	550
	<i>Cosmarium sp.</i>	79	-	-	79
DIVISION OCHROPHYTA					-
Bacillariophyceae	<i>Synedra sp</i>	157	-	1.178	1.335
	<i>Nitzschia sp.</i>	353	118	-	471
	<i>Gomphonema sp.</i>	39	-	-	39
	<i>Synedra aff. ulna</i>	-	39	-	39
	<i>Nitzschia sigmaidea</i>	-	118	-	118
	<i>Cymbella sp.</i>	471	39	39	549
	<i>Surirella sp.</i>	236	118	-	354
	<i>Pinnularia sp.</i>	-	39	-	39
	<i>Epithemia sp.</i>	353	157	-	510
	<i>Cocconeis sp.</i>	118	-	79	197
	<i>Navicula sp.</i>	589	667	118	1.374
	<i>Cymatopleura solea</i>	118	118	-	236
	<i>Melosira aff. Hustedti</i>	353	-	-	353
	<i>Gyrosigma sp.</i>	39	-	-	39
	<i>Amphora sp.</i>	353	-	-	353
	<i>Melosira aff. Distans</i>	1.452	314	-	1.766
	<i>Rhopalodia sp</i>	-	39	-	39
	<i>Diploneis sp.</i>	-	-	118	118
		<b>N° Taxa</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>5</b>
	<b>Abundancia</b>	<b>6.046</b>	<b>1.766</b>	<b>1.532</b>	<b>9.344</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-36: Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**



Fuente: JIA, 2016

- *Fitobentos*

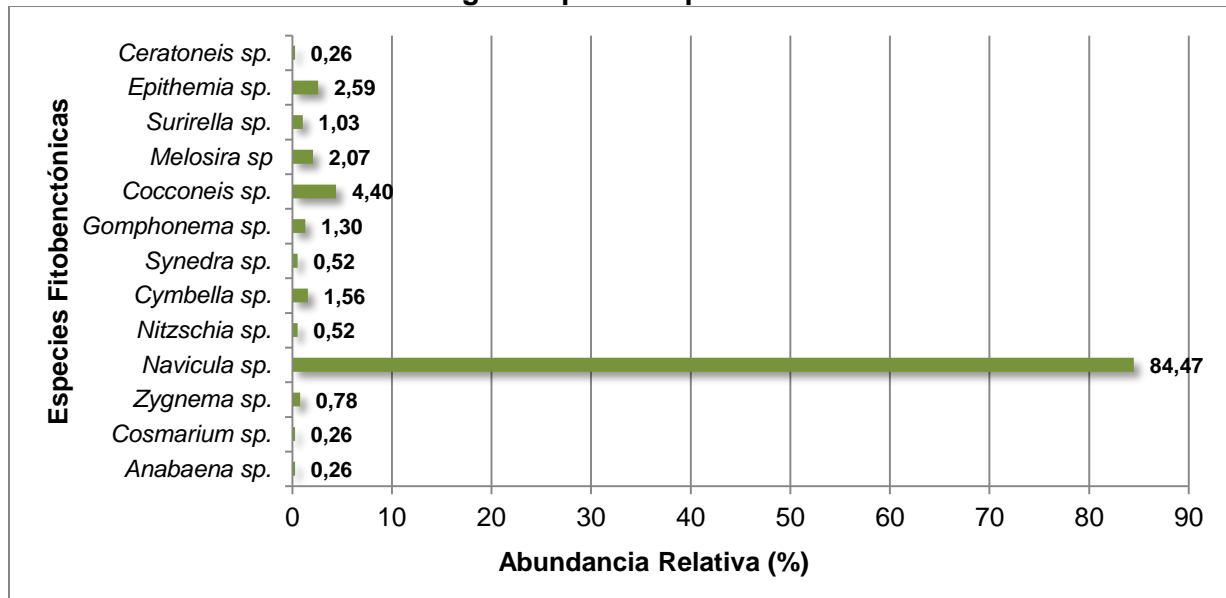
Durante el desarrollo de la campaña de invierno se observó la presencia de ensamblajes fitobentónicos en las 4 estaciones estudiadas que presentaron escurrimiento superficial. Éstos registraron un total de 13 taxa, representados por 3 divisiones: Cyanophyta (1 taxón), Chrolophyta (2 taxa) y Ochrophyta (10 taxa). De estos, destacaron en cuanto a distribución espacial la diatomea *Surirella sp.*, presente en el 75% de las estaciones prospectadas (Tabla EAC-74). En términos numéricos, destacó la diatomea *Navicula sp.* como el organismo más abundante del área en estudio, siendo cuantificado en una densidad total de 10.236 células/cm<sup>2</sup> y representando un 84,47% del total de la muestra (Tabla EAC-75, Figura EAC-37). Para la abundancia total por estación, los valores obtenidos se mostraron variables, fluctuando entre 157 y 10.864 células/cm<sup>2</sup>, que corresponden a lo estimado para las estaciones P-10 y P-2 respectivamente. Finalmente, la riqueza específica expresó su menor valor correspondiente a 3 taxa en la estación P-10, mientras que el valor máximo de 9 taxa fue obtenido en la estación P-2 (Tabla EAC-75).

**Tabla EAC-75: Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

DIVISION CYANOPHYTA		Estaciones				Total
		P-1	P-2	P-7	P-10	
Clase	Especie	Cel/cm <sup>2</sup>				
Cyanophyceae	<i>Anabaena sp.</i>	-	-	31	-	31
DIVISION CHLOROPHYTA						-
Chlorophyceae	<i>Cosmarium sp.</i>	-	-	31	-	31
Conjugatophyceae	<i>Zygnema sp.</i>	94	-		-	94
DIVISION OCHROPHYTA						-
Bacillariophyceae	<i>Navicula sp.</i>	377	9.828	31	-	10.236
	<i>Nitzschia sp.</i>	-		-	63	63
	<i>Cymbella sp.</i>	-	126	63	-	189
	<i>Synedra sp.</i>	-	63	-	-	63
	<i>Gomphonema sp.</i>	-	157	-	-	157
	<i>Cocconeis sp.</i>	345	188	-	-	533
	<i>Melosira sp.</i>	94	157	-	-	251
	<i>Surirella sp.</i>	-	63	31	31	125
	<i>Epithemia sp.</i>	-	251	-	63	314
	<i>Ceratoneis sp.</i>	-	31	-	-	31
	<b>N° Taxa</b>		<b>4</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>3</b>
<b>Abundancia</b>		<b>910</b>	<b>10.864</b>	<b>187</b>	<b>157</b>	<b>12.118</b>

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-37: Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**



Fuente: JIA, 2016

- *Macrófitas*

Durante el periodo de invierno, la riqueza específica de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, aumentó en 2 taxa en relación a los otros periodos prospectados (otoño 2014, invierno 2014, primavera 2014, verano 2015 y otoño 2015). El análisis determinó un total de 9 taxa, las que se distribuyeron primordialmente en las riberas de la estación P-2 con una riqueza de 7 taxa y las estaciones P-7, con una riqueza de 8 taxa. El género más abundantes del muestreo estuvo a cargo de *Nasturtium officinale* el cual presentó un dominio absoluto, estando presentes en todas las estaciones prospectadas, mientras que la especie menos abundante estuvo a cargo de la planta perenne *Mentha suaveolens* siendo descrita sólo para la estación P-2 (Tabla EAC-76), la que además se encontró en parches sobre la ribera.

**Tabla EAC-76: Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña invierno 2015**

Taxa	Estaciones			
	P-1	P-2	P-7	P-10
<i>Ranunculus aquatilis</i>	X	X	X	X
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	X	X	X	
<i>Mentha suaveolens</i>			X	
<i>Ludwigia peploides</i>		X	X	X
<i>Nasturtium officinale</i>	X	X	X	X
<i>Azolla filiculoides</i>		X	X	X
Cianofíceas (Alga verde filamentosa)		X	X	
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	X			X
<i>Lemna minor</i>			X	

Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.8 Área Punta Chungo - Pupío (Campaña primavera 2015)

##### 6.1.4.8.1 Calidad del Agua

- *Variables medidas in situ en la columna de agua*

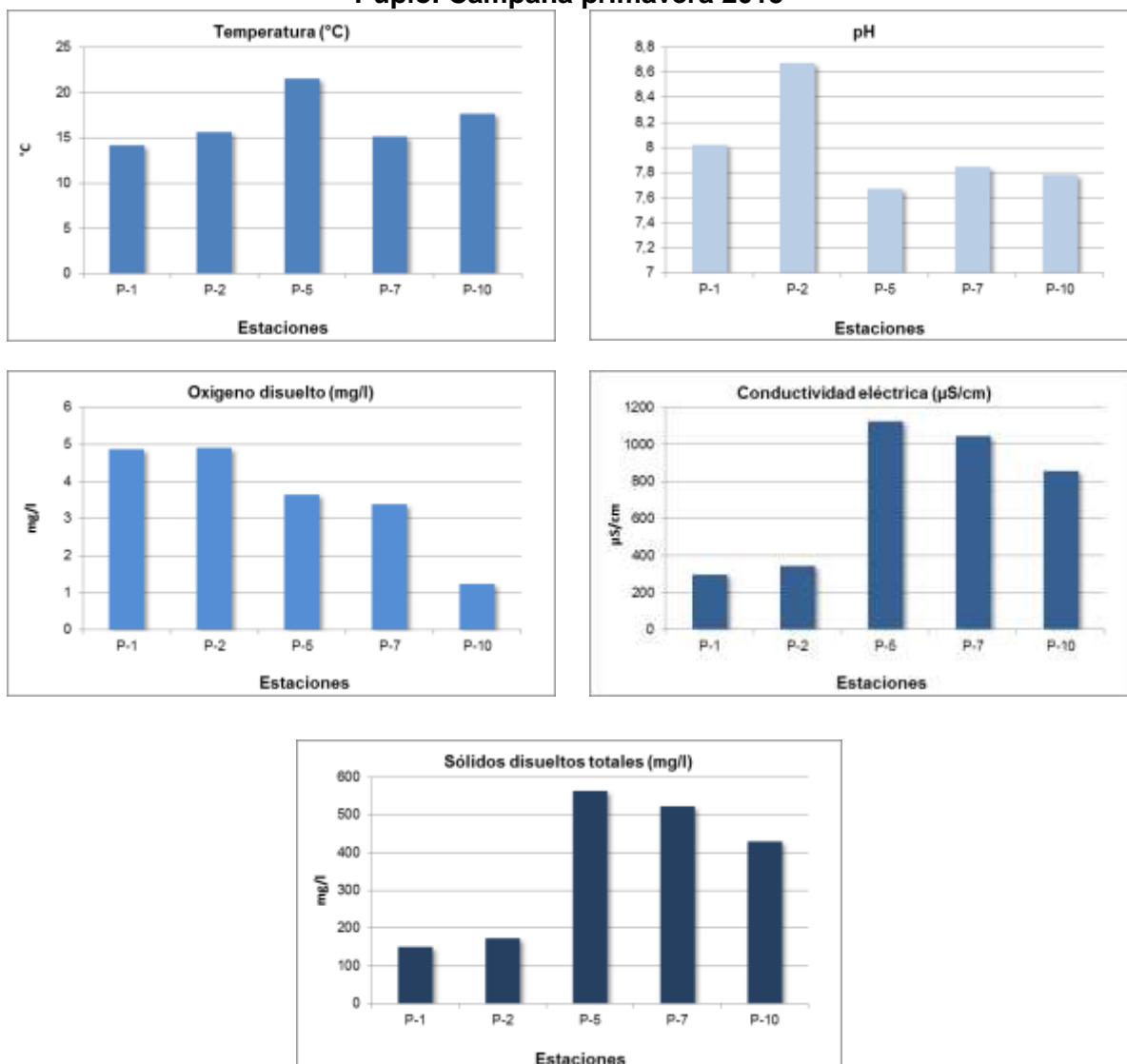
En la Tabla EAC-77 y en la Figura EAC-38 se muestran los valores de las diferentes variables físico-químicas registradas *in situ* en cada una de las estaciones prospectadas, durante el desarrollo de la campaña de primavera 2015.

**Tabla EAC-77: Caracterización de las variables “In situ” dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

Analitos	Estaciones				
	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
<b>Temperatura (°C)</b>	14,13	15,63	21,54	15,14	17,66
<b>pH (Unidades pH)</b>	8,02	8,67	7,67	7,84	7,78
<b>Oxígeno disuelto (mg/l)</b>	4,86	4,89	3,64	3,37	1,23
<b>Conductividad (µS/cm)</b>	298	344	1.127	1.046	858
<b>TDS (mg/l)</b>	149	172	563	523	429

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC- 38: Caracterización de las variables “In situ” dentro del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**



Fuente: JIA, 2016

Para la temperatura superficial del agua se obtuvieron mediciones de alta variabilidad, con diferencias de hasta 7°C entre los valores máximos y mínimos (14,13°C y 21,54°C; correspondientes a las estaciones P-1 y P-5 respectivamente).

El pH por su parte presentó escasa variabilidad, registrando un máximo en P-2 con 8,67 unidades de pH; mientras que el mínimo se observó en P-5, con 7,67 unidades de pH (Tabla EAC-77; Figura EAC-38). Con estos antecedentes es posible señalar que los registros de pH obtenidos en las distintas estaciones prospectadas permiten clasificar las aguas de la zona monitoreada como neutras a moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995) y como aptas para el desarrollo de la biota acuática según lo establecido por la N.Ch. 1333/78.

La conductividad eléctrica por su parte, expresó un comportamiento espacial altamente variable entre las estaciones de los extremos del área estudiada y las estaciones medias, con valores que fluctuaron entre 298 y 1.127  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (estaciones P-1 y P-5 respectivamente, lo que se manifiesta como una tendencia del estudio; Tabla EAC-77; Figura EAC-38).

Para los sólidos totales disueltos (TDS) se observó el mismo patrón de distribución espacial descrito anteriormente para la conductividad eléctrica, el que se caracteriza por presentar valores más bajos en las estaciones más cercanas a su nacimiento (P-1 y P-2) y más altos en las estaciones medias y costeras (P-7 a P-10) como es el caso del sector en estudio (Tabla EAC-77 Figura EAC-38).

- *Variables físico-químicas de la columna de agua cuantificadas en laboratorio*

La Tabla EAC-78 a continuación, muestra los resultados de la cuantificación de las variables químicas medidas en la columna de agua para las diferentes estaciones prospectadas en el Área Punta Chungo - Pupío durante primavera 2015.

**Tabla EAC-78: Variables físico-químicas de la columna de agua, cuantificadas en laboratorio. Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

<b>Análisis</b>	<b>P-1</b>	<b>P-2</b>	<b>P-5</b>	<b>P-7</b>	<b>P-10</b>
Dureza Total como $\text{CaCO}_3$ , mg/l	206	241	578	489	399
Alcalinidad como $\text{CaCO}_3$ , mg/l	165	194	268	261	251
Bicarbonato, mg/l	177	208	297	300	284
Carbonato, mg/l	12	14	15	8,9	11
Nitrato, como N, mg/l	0,32	0,14	0,29	0,2	0,14
Nitrito, como N, mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Nitrógeno Kjeldahl, mg/l	0,6	<0,5	0,5	<0,5	<0,5
Sólidos Totales Disueltos, mg/l	240	292	919	918	678
Sólidos Totales Suspendedos, mg/l	<5	<5	<5	<5	8
Fósforo Total, mg/l	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6
Fósforo de ortofosfato, mg/l P- $\text{PO}_4$	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fósforo Total disuelto, mg/l	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
Amonio, mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre, mg/l	0,012	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Hierro, mg/l	0,11	0,15	0,14	0,05	1,2
Calcio, mg/l	51	62	144	120	107
Magnesio, mg/l	19	21	53	46	32
Potasio, mg/l	3,2	2,8	4	3,8	5,9
Sodio, mg/l	24	26	102	112	100
Nitrógeno total, mg/l	0,92	<0,6	0,8	0,6	<0,6
Color Verdadero, Escala Pt-Co	15	15	25	20	25
Color Aparente, Escala Pt-Co	20	20	30	25	50
Turbiedad, UNT	5,4	0,45	0,7	3,9	0,2
DBO5, mg/l	<2	3	<2	<2	3
DQO, mg/l	16	15	16	26	21
Coliformes Fecales, NMP/100ml	23	330	490	33	330
Molibdeno, mg/l	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01
Sulfato, mg/l	28	34	267	182	49
pH a 20° C	8,4	8,7	8	7,8	7,9
Cloruro, mg/l	7	7,8	113	167	181
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C	347	401	1225	1230	980
Oxígeno Disuelto, mg/l	8	9	7	8	7

Fuente: Extraído de Informes SAG, CESMEC (2015)

A continuación se analizan los analitos más importantes agrupados por nutrientes (fosforados y nitrogenados), metales, sólidos, variables iónicas, bioquímicas y bacteriológicas:

**Dureza total como  $\text{CaCO}_3$  (mg/l):** La dureza del agua presentó moderada variabilidad en el Área Punta Chungo - Pupío, distinguiéndose valores más bajos en los tramos de escorrentía superficial permanente, mientras los más altos se presentaron en las estaciones de afloramientos subterráneos del estero Pupío. Los valores se distribuyeron en un rango entre 206 y 578 mg/l (P-1 y P-5); lo que las clasifica como aguas duras a muy duras (WHO, 2004).

**Alcalinidad como  $\text{CaCO}_3$  (mg/l):** La alcalinidad del agua presentó una variabilidad espacial mínima para las muestras de las estaciones del área estudiada. Los valores se concentraron en un rango que varió entre 165 y 268 mg/l (P-1 y P-5).

**DBO<sub>5</sub>:** Para este analito, sólo 2 de las 5 estaciones prospectadas presentaron concentraciones cuantificables por la técnica. Dichas concentraciones presentaron un valor único de 3 mg/l en P-2 y P-10. De acuerdo a la propuesta de norma secundaria (Conama, 2004) las aguas del estudio se clasifican como de clase 1 a excepcional.

**DQO:** Para esta campaña, las concentraciones de DQO fueron detectadas en todas las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Éstos presentaron a su vez moderada varianza; siendo el máximo valor cuantificable en P-7, con 26 mg/l, y un valor mínimo de 15 mg/l en P-2. Las aguas de los cursos prospectados clasifican su calidad como "Excelente" según Sánchez *et. al*, 2007; lo que las describe como no contaminadas con niveles normales de materia orgánica.

**Nitrógeno total y nitrógeno total Kjeldahl, mg/l:** La cuantificación de N total sólo fue posible en 3 de las 5 estaciones prospectadas. Las concentraciones para el analito presentaron un valor mínimo de 0,6 mg/l (P-7) mientras que el máximo fue de 0,92 mg/l (P-1). Para el NTK las concentraciones sólo pudieron ser cuantificadas en las estaciones P-1 y P-5, con 0,6 y 0,5 mg/l respectivamente; valores muy cercanos al mínimo de detección.

**Nitrato, mg/l:** La concentración de nitrato se mantuvo constante para todas las estaciones prospectadas en el área, alcanzando un valor mínimo de 0,14 mg/l (P-2 y P-10) y un máximo de 0,32 mg/l en la estación P-1. Todos los valores se encuentran muy por debajo de la concentración letal para peces que es de 90 mg/l (Sánchez, et al. 2007)

**Fósforo total y fósforo total disuelto, mg/l:** Para el analito fósforo total las concentraciones se mantuvieron bajas y homogéneas, registrando un valor máximo en la estación costera P-10 (0,6 mg/l), mientras que el valor mínimo fue de 0,3 mg/l y se presentó en las estaciones P-2 y P-5. La fracción disuelta a su vez se mantuvo homogénea alcanzando un valor único de 0,3 mg/l en todas las estaciones en estudio a excepción de P-7 donde se registró una concentración de 0,5 mg/l. Los resultados sugieren que la mayor proporción del fósforo total contenido en las aguas estudiadas es explicada por su fracción disuelta.

**Sólidos totales disueltos (mg/l):** Los STD presentaron el mismo comportamiento que la dureza y la alcalinidad, con valores más bajos en las estaciones de escurrimiento superficial permanente (P-1 y P-2), valores más altos en las estaciones de afloramientos subterráneos (P-5 y P-7) y valores medios en la estación costera con influencia marina (P-10). El valor máximo registrado se detectó en P-5 (919 mg/l), mientras que el mínimo estuvo a cargo de la estación P-1 con 240 mg/l.

**Iones mayoritarios (mg/l):** La composición iónica caracterizada en las estaciones del estero Pupío y estero Conchalí presentaron un patrón iónico predominantemente bicarbonatado, manteniendo concentraciones más bajas y equilibradas en iones sulfato, cloruro, calcio, sodio y magnesio.

Por otra parte, los iones carbonato y potasio, mantuvieron concentraciones menos dominantes, los que no sobrepasaron los 15 mg/l Potasio; Tabla EAC-78). Las aguas ricas en ion bicarbonato son típicas de aguas superficiales de origen subterráneo, como es el caso del afloramiento de la estación P-7, que presenta estas características.

**Metales (mg/l):** En relación a los metales contenidos en la columna, éstos se presentaron en moderadas concentraciones para esta campaña, siendo cuantificables los 3 metales en estudio. Para el caso del cobre, éste sólo alcanzó valores cuantificables en las estaciones de escorrentía superficial permanente, alcanzando un valor máximo de 0,012 mg/l. El hierro por su parte obtuvo su máxima concentración en la estación P-10 alcanzando 1,2 mg/l. Finalmente, el molibdeno sólo pudo ser cuantificado en las estaciones de afloramiento subterráneo alcanzando un valor estándar de 0,01 mg/L el cual es también la concentración mínima cuantificable.

De acuerdo a la propuesta de norma secundaria (CONAMA, 2004) la concentración presente de los metales cobre y hierro clasifican a las aguas de la plataforma en el Área Punta Chungo - Pupío dentro del rango de clase 1 a Excepcional, mientras que el molibdeno la clasifica como Clase 1.

**Coliformes fecales, NMP/100 ml:** Para la campaña de primavera 2015 las concentraciones de coliformes fecales alcanzaron valores heterogéneos espacialmente. El valor máximo estuvo a cargo de la estación P-5 con 490 NMP/100 ml; mientras que el valor mínimo fue registrado por P-1, con 23 NMP/100 ml.

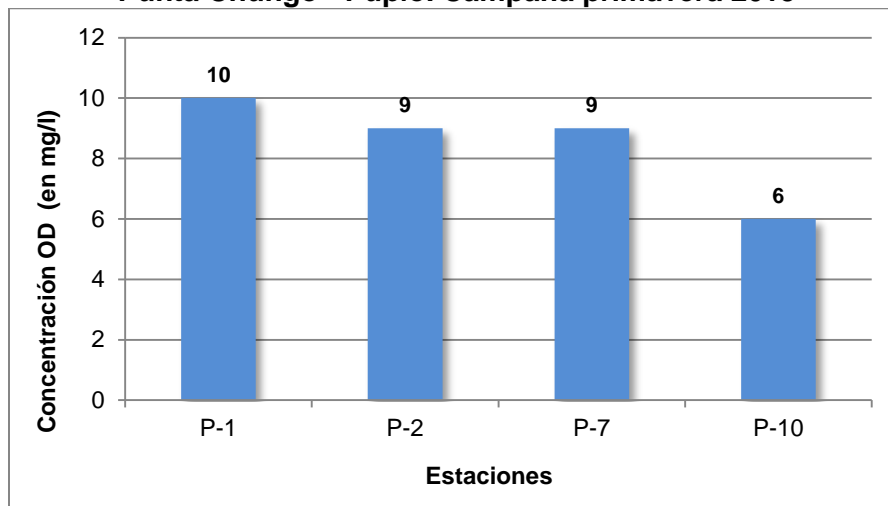
**Color aparente, color verdadero Escala Pt-Co:** Para el color aparente, el rango de variabilidad en esta área fue de 20 a 50, con un valor máximo en P-10 y un mínimo en P-1 y P-2, mientras que para el color verdadero éste presentó un registro menor, con un valor de escala de 15 a 25 conservando la distribución del color aparente. De acuerdo a la propuesta de norma secundaria (Conama, 2004) y en base a los resultados del color aparente, las aguas se clasifican como de clase 2 a clase 1.

**Turbidez, NTU:** Los valores de turbidez se presentaron muy bajos para esta campaña, registrando un valor máximo de 5,4 NTU en P-1, mientras que el mínimo fue de 0,2 NTU en P-10. Todas las estaciones se encuentran muy por debajo de los límites máximos descritos por la NCh. 1.333/78 que establece un valor máximo de 50 UNT como una concentración propicia para el desarrollo de la vida acuática.

**Oxígeno disuelto (OD; mg/l):** A continuación la Figura EAC-38 presenta las concentraciones y variaciones espaciales en la concentración de oxígeno disuelto en las aguas del área prospectada.



**Figura EAC-39: Concentración de oxígeno disuelto (mg/l) en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**



Fuente: JIA, 2016

Para el caso del Área Punta Chungo - Pupío, las estaciones del estero Pupío presentaron una variabilidad espacial moderada, registrando un valor máximo en la estación P-1 (10 mg/l), mientras el valor mínimo se expresó en P-10 (6 mg/l); relación que resulta similar a lo acontecido en la campaña anteriormente realizada en la zona (otoño 2015). Cabe destacar que todas las concentraciones cuantificadas se encuentran dentro de los límites óptimos para el desarrollo de la vida acuática (NCh1.333/Of.78)

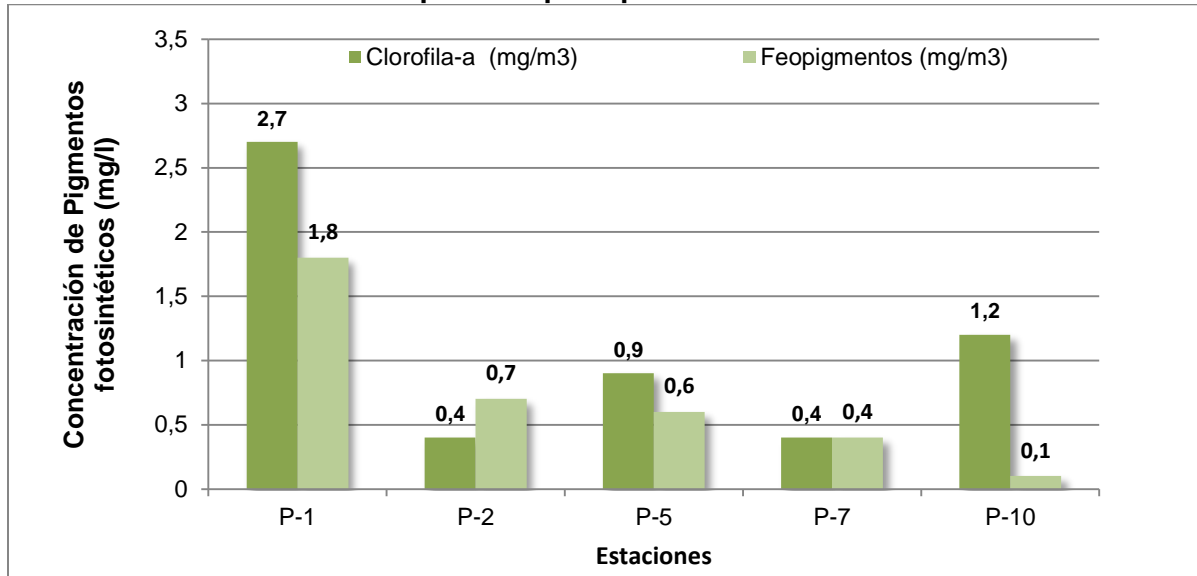
Finalmente los compuestos nitrogenados nitrito y amonio, así como también el compuestos fosforado en su expresión de ortofosfatos no presentaron concentraciones cuantificables en las muestras en ninguna de las estaciones bajo estudio.

- *Pigmentos Fotosintéticos (Clorofila a y Feopigmentos)*

Las concentraciones de pigmentos fotosintéticos se grafican en la Figura EAC-40 a continuación. De acuerdo a la figura es posible apreciar alta variabilidad en la producción primaria de la columna entre las estaciones de los extremos y medias. De esta forma las estaciones que comprenden el Área Punta Chungo - Pupío presentaron un máximo de clorofila en la estación P-1, con una concentración de 2,7 mg/m<sup>3</sup>, mientras que el valor más bajo de este pigmento se detectó en la estación siguiente del estero Pupío (P-2), y la última del Pupío (P-7) alcanzando una concentración de 0,4 mg/m<sup>3</sup> para ambos casos.

Los niveles de feofitina en esta campaña fueron inferiores a los registrados para la clorofila en todas las estaciones a excepción de P-2, en donde el pigmento degradado alcanzó una concentración de 0,7 mg/m<sup>3</sup>. Los antecedentes expuestos señalan un escenario con una población productora primaria envejecida, razón por la cual el proceso degradativo de la clorofila es visible (Figura EAC-40).

**Figura EAC-40: Concentración de Pigmentos fotosintéticos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

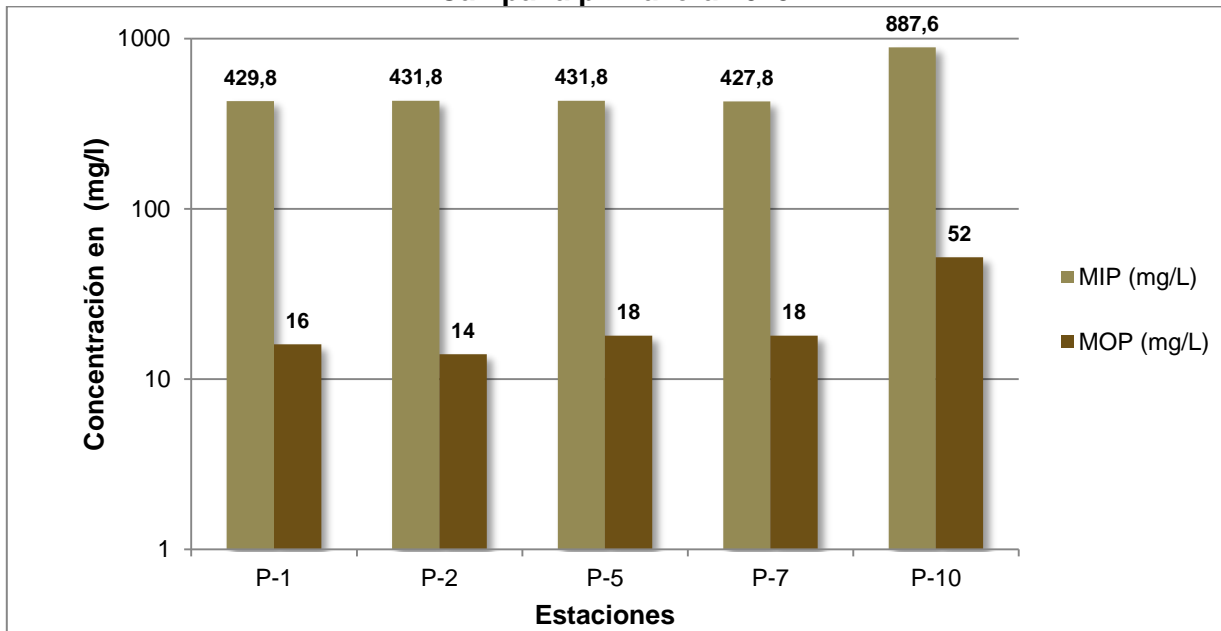


Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica e Inorgánica Particulada*

A continuación, en la Figura EAC-41 se grafican las concentraciones de materia inorgánica y orgánica particulada (MIP-MOP) cuantificadas para las distintas estaciones prospectadas. En general, estos resultados indican que la mayor proporción de material particulado presente en la columna de agua de las estaciones muestreadas corresponde a material inorgánico (MIP), el cual fue cuantificado en concentraciones que varían levemente entre las estaciones del estero Pupío (P-1 a P-7) y que alcanzan un valor máximo en estero Conchalí (P-10) registrando una concentración de 887,6 mg/l. Las concentraciones de material orgánico particulado (MOP) por su parte, se presentaron bajas sin ningún patrón espacial aparente entre las estaciones cabecera e intermedias; con un valor mínimo de 14 mg/l (P-2) y un valor máximo de 52 mg/l para la estación (P-10).

**Figura EAC-41: Concentración de MIP-MOP en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**



Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.8.2 Calidad de Sedimentos

Para el caso de la estacionalidad de primavera 2015, la recolección de muestras de sedimento pudo efectuarse con éxito en las estaciones P-1, P-2 y P-10, las que expusieron matrices prospectables en dicha campaña. A continuación, los resultados de la composición granulométrica (Tabla EAC-79), la concentración de materia orgánica (Tabla EAC-80) y el potencial REDOX (Tabla EAC-81) contenido en las muestras.

- *Granulometría*

Para las estaciones prospectables en estudio la dominancia mantuvo 2 tendencias. Una dominancia de la fracción sedimentaria arenas medias en las estaciones de los extremos del estudio (P-1 y P-10) la cual expresó un porcentaje del peso total de la muestra que varió entre 39,12% y 38,48% respectivamente. La segunda dominancia estuvo a cargo de la fracción más gruesa (grava) la que se registró en la estación P-2 con un porcentaje de 40,03% del peso total de la muestra. La grava se caracteriza como un material grueso que presenta baja capacidad de retención de la materia orgánica entre sus partículas. (Tabla EAC -79).

**Tabla EAC-79: Composición granulométrica (%) de los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

Fracciones Sedimentarias	Clasificación	Tamaño	Estaciones		
			P-1	P-2	P-10
Grava	phi -1	4-2 mm	7,84	40,03	3,05
Arena MG	phi 0	2-1 mm	3,92	10,78	6,82
Arena G	phi 1	1-0,5 mm	16,58	12,6	24,63
Arena M	phi 2	0,5-0,25 mm	39,12	11,92	38,48
Arena F	phi 3	0,25-0,125 mm	15,19	6,83	10,49
Arena MF	phi 4	0,125-0,062mm	5,35	2,73	2,36
Fango	phi 5	< 0,062 mm	12	15,11	14,18

Fuente: JIA, 2016

- *Materia Orgánica Total*

Como se mencionó anteriormente; las propiedades físicas del tamaño de grano dominante para las estaciones prospectadas, presentan bajas (P-1) y medias (P-2 y P-10) concentraciones de materia orgánica para esta campaña, con valores que fluctúan entre 0,84% para el caso de la estación P-2, y que no superan el 3% para el caso de la estación P-10. Esta relación puede estar dada como consecuencia del tamaño de grano dominante y las tasas de retención de cada matriz sedimentaria, lo que depende de las velocidades de corriente entre otros aspectos físicos.

**Tabla EAC-80: Concentración (%) de materia orgánica presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

Área	Estación	% Materia Orgánica
Punta Chungo - Pupío	P-1	2,7
	P-2	0,84
	P-10	1,99

Fuente: JIA, 2016

- *Potencial REDOX (NHE) y pH*

La medida de potencial de oxidación reducción y pH de los sedimentos de las estaciones prospectadas se presentó variable, registrando un máximo de 398 mV a un valor de pH de 7,07 unidades (P-1), mientras que valor mínimo comprendió la estación P-7 alcanzando -50 mV (7,79 unidades de pH). Esta lectura sería indicativa de procesos fuertemente oxidativos y levemente reductores en un ambiente neutro.

**Tabla EAC-81: Potencial redox (NHE) y pH presente en los sedimentos del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

Estación	Redox	pH
P-1	398	7,07
P-2	148	7,71
P-7	-50	7,67

Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.4.8.3 Variables biológicas

- Fauna íctica

Para la actual campaña, las capturas de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío ascendieron a 42 individuos, de los cuales el 100% correspondieron a especies nativas.

En la Tabla EAC-82 se señala la composición específica de las capturas, además del nombre común, y estado de conservación de las diferentes especies establecidas en el Decreto Supremo (MINSEGPRES) N° 51/2008, mientras que la tabla EAC-83 presenta el peso, longitud y factor de condición (Kc) de los individuos capturados.

**Tabla EAC-82: Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas**

Especie	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	D.S.
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey del norte chico	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Cheirodon pisciculus</i>	Pocha	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Trichomycterus areolatus</i>	Bagrecito	Nativa	vulnerable	51/2008

Fuente: JIA, 2016

**Tabla EAC-83: Valores promedio y desviación estándar de peso total, longitud total y Factor de condición (Kc) por estación y especies capturadas en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

Estación	Especies	Peso (g)	Longitud Total (mm)	Kc	N
P-1	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	3,9±1,9	73,7±12,2	0,882	7
	<i>Trichomycterus areolatus</i>	6,23	89	0,883	1
P-2	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	3,9±2,6	74,6±13,6	0,824	18
	<i>Trichomycterus areolatus</i>	3,2±0,6	71±3,6	0,882	3
P-5	<i>Cheirodon pisciculus</i>	0,4±0,1	35±1,4	1,019	7
P-10	<i>Cheirodon pisciculus</i>	0,13±0,1	22,3±6,9	0,915	6

Fuente: JIA, 2016

Respecto a las mediciones morfométricas realizadas a los individuos capturados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío, se detectaron diferencias en los parámetros obtenidos. Es así, como nuevamente la especie *Basilichthys microlepidotus* presenta los más altos valores promedio de peso y longitud total (Tabla EAC-83), además de una mayor abundancia en relación a las capturas totales (59%); mientras que en relación a la riqueza, sólo las estaciones P-1 y P-2 presentaron más de un taxón, mientras que el resto de ellas presentaron monoespecificidad (P-5 y P-10). Cabe destacar que sólo las estaciones con escurrimiento superficial permanente (P-1 y P-2) registraron en sus capturas las especies *B. microlepidotus* y *T. areolatus*, mientras que las estaciones de afloramientos subterráneos exhibieron sólo la presencia de *C. pisciculus*.

Para el factor de condición (Kc) que mide el estado fisiológico de cada especie íctica, los valores se mantuvieron variables en términos generales, registrando un promedio máximo en P-5 (1,019) con la especie *C. pisciculus*, mientras que el Kc más bajo se registró P-2 (0,824) con la especie *B. microlepidotus*; lo que señala para ambos casos una condición de salud "buena" para la comunidad de peces del estero Pupío en la campaña.

Cabe destacar que para esta campaña no se detectó la presencia de la especie introducida *Gambusia sp.*, y reapareció dentro de las capturas el siluriforme *Trichomycterus areolatus* en las aguas de la estación P-1 y P-2, producto quizá de su plasticidad de colonización de hábitats post perturbación como consecuencia del comportamiento hídrico atípico ocurrido en la estacionalidad anterior (alta pluviosidad).

- *Zooplankton*

Se detectó la presencia de zooplancteres en 4 de las 5 estaciones prospectadas (P-2, P-5, P-7 y P-10). Agrupándose en 4 clases y 5 familias, de las cuales un ostrácodo (no determinado) resultó ser el más abundante de la muestra (1 ind/l). En relación a la riqueza, las estaciones P-5 y P-10 exhibieron un total de 4 especies, mientras que la estación P-1 registró una riqueza monoespecífica. En relación a la abundancia por estación P-1 fue superior; alcanzando 1 ind/l, el doble que lo registrado por P-10 y casi 4 veces lo presentado en P-5 (Tabla EAC-84).

Los ostrácodos son pequeños crustáceos de hábitos acuáticos, identificables por su pequeño tamaño y la presencia de un caparazón bivalvo quitinoso-calcáreo que se conserva como fósil. Los trabajos de Vávra (1898), Daday (1902) y Löffler (1961a, b, 1966) contribuyen con los primeros listados bibliográficos y descripciones de ostrácodos en Chile. Martens & Behen (1994) realizaron un listado para Sudamérica que incluyó un total de 28 especies para Chile. Todas las especies registradas allí pertenecieron al orden Podocopida, las que se encuentran distribuidas entre las familias: Cyprididae, Darwinulidae, Limnocytheridae, Candonidae, Cytherideidae, Illyocyprididae y Notodromatidae (Cárdenas *et al.*, 2015).

**Tabla EAC-84: Composición y abundancia de zooplankton (ind/l.) en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

Phylum	Clase u Orden	Familia	Taxa	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10	Total
				IND/L					
Arthropoda	Copepoda	Cyclopidae	<i>Mesocyclops longisetus araucanus</i>	-	-	0,04	0,02	0,28	0,34
Arthropoda	Branchiopoda	Ilyocypridae	<i>Ilyocypris sp.</i>	-	-	0,04	-	0,08	0,12
Arthropoda	Branchiopoda	Chydoridae	<i>Alona cambouei</i>	-	-	-	0,02	-	0,02
Arthropoda	Branchiopoda	Chydoridae	<i>Chydorus sphaericus</i>	-	-	0,04	0,14	-	0,18
Arthropoda	Ostracoda		n.d	1	-	0,12	-	0,06	1,18
Rotifera	Monogononta	Brachionidae	<i>Platyas sp.</i>	-	-	-	-	0,08	0,08
			<b>N° Taxa</b>	1	-	4	3	4	12
			<b>Abundancia</b>	1		0,24	0,18	0,5	<b>1,92</b>

Nd: Fuente: JIA, 2016

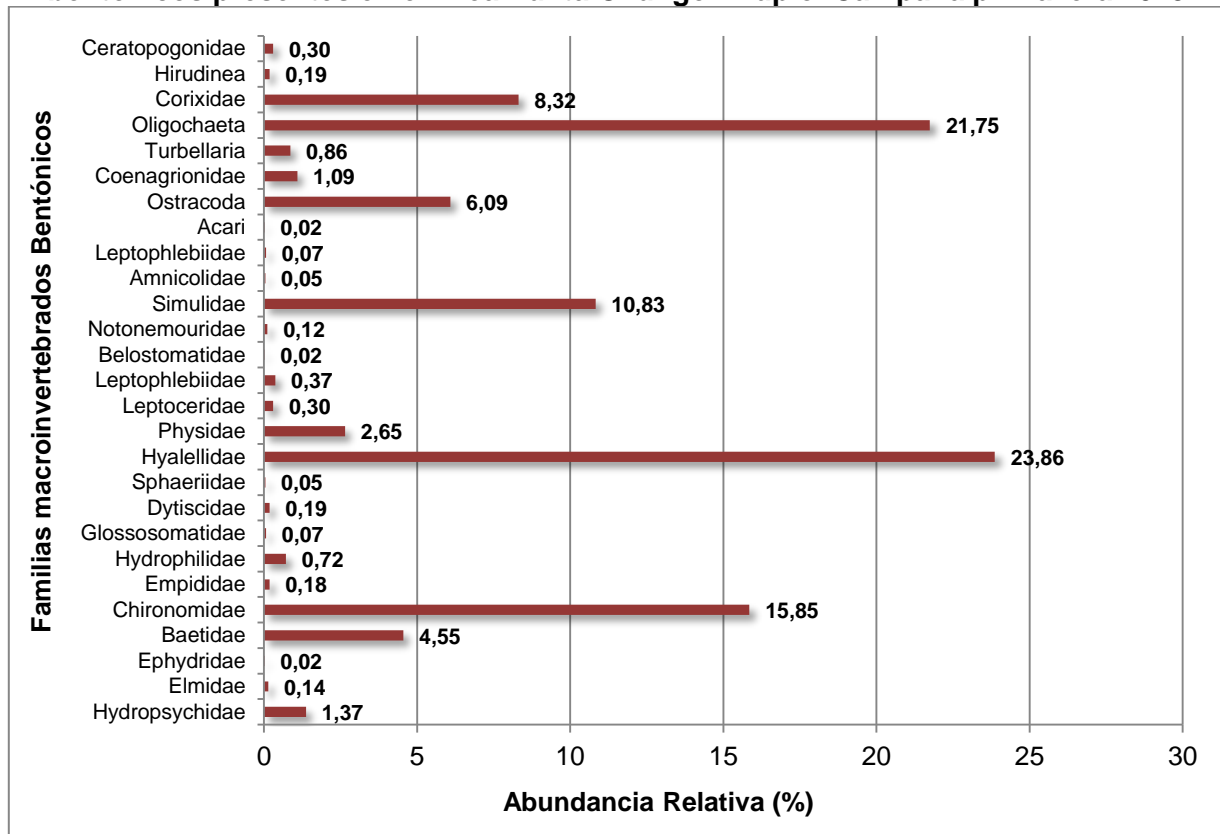
- *Macroinvertebrados bentónicos*

Los resultados de la campaña de primavera reflejan un ensamble de macroinvertebrados alto en riqueza de taxa, siendo detectados en todas las estaciones con escurrimiento del estudio, y permitiendo el reconocimiento de 27 taxa, representados por 21 integrantes del grupo de los insectos (Artrópoda), 3 mollusca, 2 anélidos y un platelminto (Tabla EAC-85). De los taxa registrados la familia Hyalellidae destacó por presentar la mayor abundancia de la campaña, con un 23,86% de la abundancia relativa total (Figura EAC-42), además una distribución espacial en el 90% de las réplicas.

De manera secundaria, destaca la familia de anélidos Oligochaeta, presente en el 60% de las réplicas prospectadas y en densidades que fluctúan entre 22 y 5.400 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-85).

En términos de abundancia total destacó la estación P-7 por presentar un valor promedio de 348,68 ind/m<sup>2</sup> (Tabla EAC-85). Finalmente la riqueza osciló entre 94 y 16 taxa correspondientes a lo observado en las estaciones P-10 y P-2 respectivamente.

**Figura EAC-42: Abundancia relativa (%) de las familias de macroinvertebrados bentónicos presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**



Fuente: JIA, 2016

**Tabla EAC-85: Composición y abundancia de macroinvertebrados en las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío.  
Campaña primavera 2015**

Phylum	Familia	Especie	P-1				P-2				P-5				P-7				P-10				
			R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	
Arthropoda	Hydropsychidae	n.d	233	11	44		122	67	156	11		11											
Arthropoda	Elmidae	n.d	33	11		11						11											
Arthropoda	Ephydriidae	n.d		11																			
Arthropoda	Baetidae	n.d			22	22	1.044	833	167	56		11	22										
Arthropoda	Chironomidae	n.d	556	211	367	211	689	211	267	78	1378	56	2.256	433	200	67	67	56	133	311			33
Arthropoda	Empididae	n.d			22	11	11		11				22	11									
Arthropoda	Hydrophilidae	n.d						22	67				89				89		11			67	
Arthropoda	Glossosomatidae	n.d					22								11								
Arthropoda	Dytiscidae	n.d									56						33						
Mollusca	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> sp.				22																	
Arthropoda	Hyalellidae	<i>Hyallela</i> sp.				11	856	822	122	67	67	11	56	78	5.211	678	89	2.133	144	100	911	56	
Mollusca	Physidae	<i>Physa</i> sp.					44	167	11		511	33	22	11	144	67		78	11		133	33	
Arthropoda	Leptoceridae	n.d						44	100														
Arthropoda	Leptophlebiidae	n.d						100	56	22													
Arthropoda	Belostomatidae	n.d													11								
Arthropoda	Notonemouridae	n.d												33			22						
Arthropoda	Simuliidae	n.d									1.200	1.300	556	567	33	133	33	1356					
Mollusca	Amnicolidae	n.d													22								
Arthropoda	Leptophlebiidae	n.d			11		22																
Arthropoda	Acari	n.d						11															
Arthropoda	Ostracoda	n.d		11			67	22		22	1.022	167	211	67					167		711	444	
Arthropoda	Coenagrionidae	n.d										11			33	44	33	67	33	122	156	22	
Platyhelminthes	Turbellaria	n.d													67	33	244	44		11	11		
Annelida	Oligochaeta	n.d	256	1.744	167	489	5.400	867	578	544		44		211	22				78				
Arthropoda	Corixidae	n.d																	844	1.122	678	1.333	
Annelida	Hirudinea	n.d	11				67										11						
Arthropoda	Ceratopogonidae	n.d		22	22	44			22				33										
<b>Abundancia</b>			<b>1.089</b>	<b>2.021</b>	<b>655</b>	<b>821</b>	<b>8.344</b>	<b>3.166</b>	<b>1.557</b>	<b>800</b>	<b>4.234</b>	<b>1.655</b>	<b>3.267</b>	<b>1.378</b>	<b>5.776</b>	<b>1.033</b>	<b>599</b>	<b>3.756</b>	<b>1.421</b>	<b>1.666</b>	<b>2.667</b>	<b>1.921</b>	
<b>Diversidad</b>			<b>1,68</b>	<b>0,76</b>	<b>1,83</b>	<b>1,7</b>	<b>1,71</b>	<b>2,5</b>	<b>2,74</b>	<b>1,64</b>	<b>2,08</b>	<b>1,27</b>	<b>1,51</b>	<b>2,02</b>	<b>0,72</b>	<b>1,71</b>	<b>2,5</b>	<b>1,42</b>	<b>1,93</b>	<b>1,4</b>	<b>2,16</b>	<b>1,28</b>	
<b>(S) por estación</b>			<b>13</b>				<b>16</b>				<b>14</b>				<b>14</b>				<b>9</b>				
<b>Abund. Promedio</b>			<b>169,85</b>				<b>346,68</b>				<b>329,19</b>				<b>348,88</b>				<b>295,19</b>				
<b>Desv. estándar</b>			<b>350,34</b>				<b>872,51</b>				<b>536,72</b>				<b>988,75</b>				<b>385,88</b>				

Fuente: JIA, 2016



- *Fitoplancton*

En el área estudiada fue posible la identificación de un total de once (11) géneros de microalgas, pertenecientes al grupo de las Ochrophytas (9 taxa) Cryptophyta (1 taxón) y Cyanophyta (1 taxón). La mayor abundancia total fue detectada en la estación P-2 con un total de 20.410 cél/l, mientras que la estación de menor abundancia total se registró en P-5 con un total de 3.611cél/l (Tabla EAC-86).

En términos de abundancia por especie la diatomea *Melosira sp.* fue el organismo dominante con un valor promedio de 9.955 cél/l, registrando a su vez el 62,21% de la abundancia relativa total (Tabla EAC-86 y Figura EAC-43). Muy por el contrario el flagelado *Rhodomonas sp.*, y la diatomea *Nitzschia sigmoidea*, fueron los organismos menos abundantes, alcanzando un total de 157 y 347 cél/l, lo que se traduce en un 0,33% y 0,98 del total de la muestra (Figura EAC-43).

La riqueza específica fitoplanctónica del estudio presentó escasas variaciones entre estaciones para esta campaña. Es así como el valor máximo se registró en la estación P-7 (6 taxa), mientras que el valor mínimo se registró en las estaciones P-1 y P-10 (3 taxa).

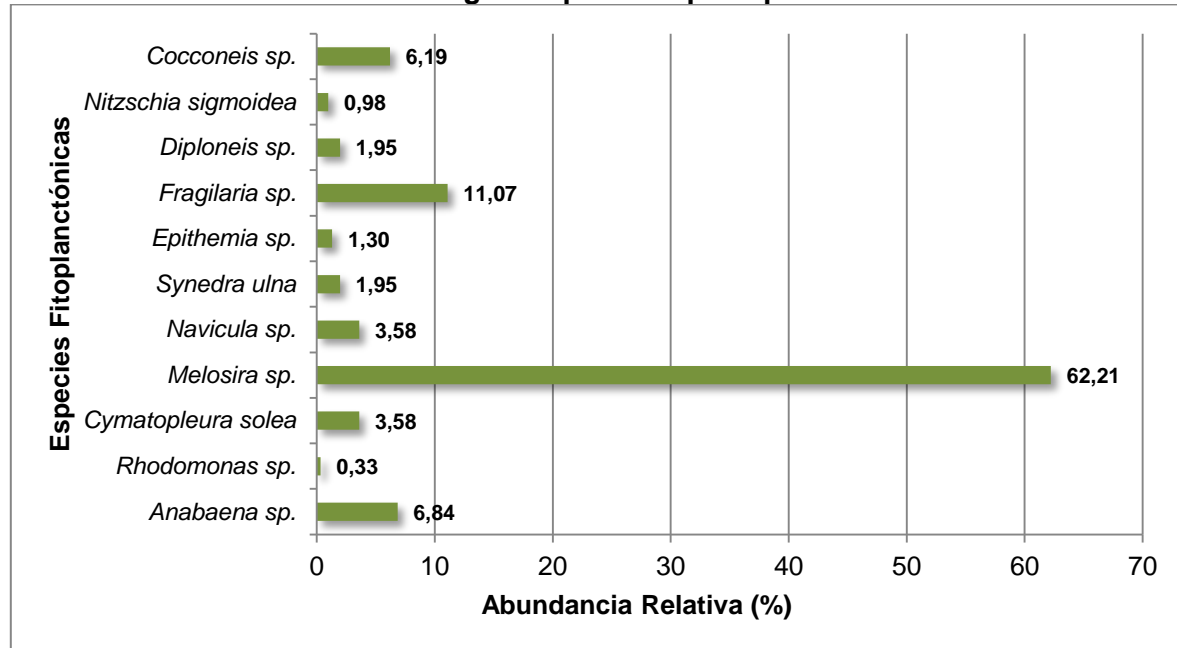
En cuanto a la distribución espacial ninguna de las especies registradas se distribuyeron en el 100% de las estaciones que presentaron este ensamble (Tabla EAC-86).

**Tabla EAC-86: Composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

Taxonomía		Estaciones				
DIVISION CYANOPHYTA		P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
Clase	Especie	Cél/l				
Cyanophyceae	<i>Anabaena sp.</i>	-	-	-	3.297	-
DIVISION CRYPTOPHYTA						
Criptophyceae	<i>Rhodomonas sp.</i>	-	-	-	157	-
DIVISION OCHROPHYTA						
Bacillariophyceae	<i>Cymatopleura solea</i>	628	471	-	-	628
	<i>Melosira sp.</i>	13.973	13.973	2.041	-	-
	<i>Navicula sp.</i>	942	-	157	628	-
	<i>Synedra ulna</i>	-	471	-	471	-
	<i>Epithemia sp.</i>	-	157	471	-	-
	<i>Fragilaria sp.</i>	-	5.338	-	-	-
	<i>Diploneis sp.</i>	-	-	628	157	157
	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	-	-	314	157	-
	<i>Cocconeis sp.</i>	-	-	-	-	2.983
	<b>N° Taxa</b>	3	5	5	6	3
	<b>Abundancia</b>	15.543	20.410	3.611	4.867	3.768

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-43: Abundancia relativa (%) de especies fitoplanctónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**



Fuente: JIA, 2016

- *Fitobentos*

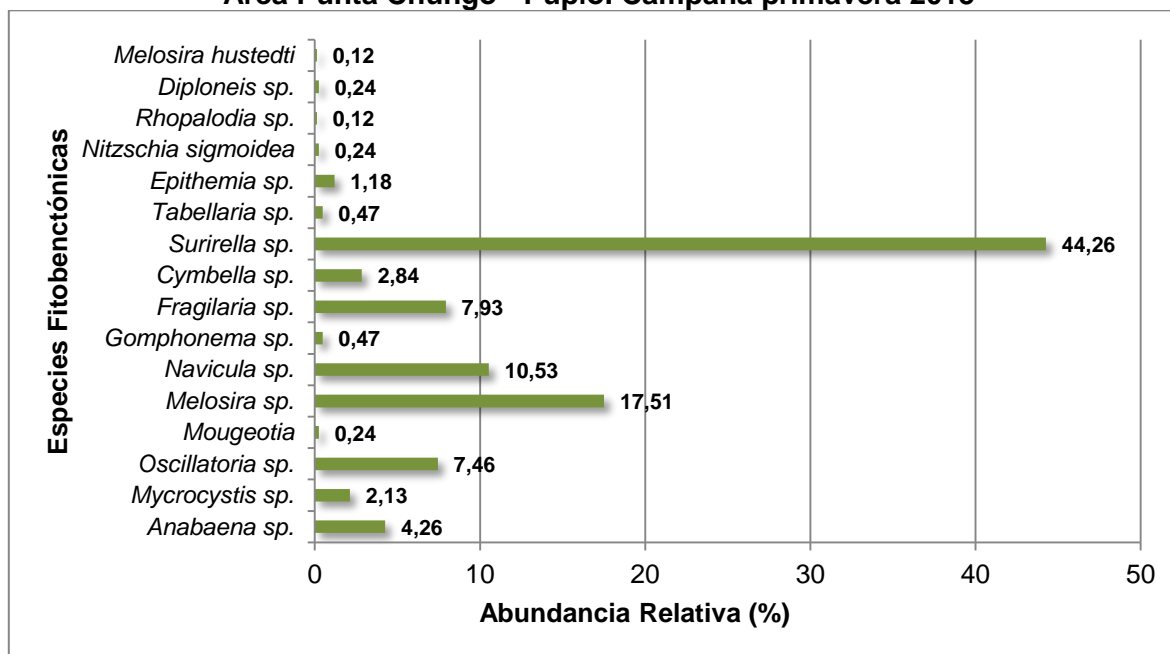
Durante el desarrollo de la campaña de primavera se observó la presencia de ensamblajes fitobentónicos en las 5 estaciones estudiadas que presentaron escurrimiento. Éstos registraron un total de 16 taxa, representados por 3 divisiones: Cyanophyta (3 taxa), Charophyta (1 taxón) y Ochrophyta (12 taxa). De estos, destacan en cuanto a distribución espacial las diatomeas *Surirella sp.*, *Navicula sp.* y *Epithemia sp.* presentes en el 80% de las estaciones prospectadas (Tabla EAC-87). En términos numéricos, destacó la diatomea *Surirella sp.* como el organismo más abundante del área en estudio, siendo cuantificado en una densidad total de 29.361 cél/cm<sup>2</sup> y representando un 44,26% del total de la muestra (Tabla EAC-87, Figura EAC-44). Para la abundancia total por estación, los valores obtenidos se mostraron variables, fluctuando entre 2.670 y 31.011 cél/cm<sup>2</sup>, que corresponden a lo estimado para las estaciones P-5 y P-2 respectivamente. Finalmente, la riqueza específica expresó su menor valor correspondiente a 5 taxa en las estaciones P-2, P-5 y P-10, mientras que el valor máximo de 8 taxa fue obtenido en las estaciones P-1 y P-7 (Tabla EAC-87).

**Tabla EAC-87: Composición y abundancia de organismos fitobentónicos en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

Taxonomía		Estaciones				
DIVISION CYANOPHYTA		P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
Clase	Especie	Cél/cm2				
Cyanophyceae	<i>Anabaena sp.</i>	-	-	-	1.021	1.806
	<i>Mycrocystis sp.</i>	-	-	-	1.413	-
	<i>Oscillatoria sp.</i>	-	-	-	-	4.946
DIVISION CHAROPHYTA						
Conjugatophyceae	<i>Mougeotia</i>	-	-	-	-	157
DIVISION OCHROPHYTA						
Bacillariophyceae	<i>Melosira sp.</i>	11.069	550	-	-	-
	<i>Navicula sp.</i>	2.277	3.219	1.413	79	-
	<i>Gomphonema sp.</i>	314	-	-	-	-
	<i>Fragilaria sp.</i>	4.239	236	-	785	-
	<i>Cymbella sp.</i>	785	-	-	1.021	79
	<i>Surirella sp.</i>	1.335	26.612	864	550	-
	<i>Tabellaria sp.</i>	314	-	-	-	-
	<i>Epithemia sp.</i>	157	393	157	79	-
	<i>Nitzschia sigmaidea</i>	-	-	157	-	-
	<i>Rhopalodia sp.</i>	-	-	79	-	-
	<i>Diploneis sp.</i>	-	-	-	157	-
	<i>Melosira hustedti</i>	-	-	-	-	79
	<b>N° Taxa</b>	8	5	5	8	5
	<b>Abundancia</b>	20.490	31.011	2.670	5.105	7.067

Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-44: Abundancia relativa (%) de especies fitobentónicas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**



Fuente: JIA, 2016

- *Macrófitas*

Durante el periodo de primavera, la riqueza específica de las estaciones del Área Punta Chungo - Pupío aumentó en relación a las campañas anteriores (otoño 2014 a invierno 2015). El análisis determinó un total de 15 taxa, las que se distribuyeron primordialmente en las riveras de la estación P-7, P-1 y P-2 con una riqueza de 11 taxa y 8 taxas respectivamente. La especie más abundante del muestreo estuvo a cargo de *Ludwigia peploides* la cual presentó un dominio absoluto, estando presentes en todas las estaciones prospectadas, mientras que las especies menos abundantes fueron *Gunnera chilensis* y *Scirpus californicus* siendo descritas sólo para la estación P-7 y P-10 respectivamente (Tabla EAC-88).

**Tabla EAC-88: Riqueza de macrófitas acuáticas en estaciones del Área Punta Chungo - Pupío. Campaña primavera 2015**

Taxa	Estaciones				
	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
<i>Ranunculus aquatilis</i>	x		x		x
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	x	x	x	x	
<i>Mentha suaveolens</i>	x		x	x	x
<i>Ludwigia peploides</i>	x	x	x	x	x
<i>Nasturtium officinale</i>	x	x		x	x
<i>Azolla filiculoides</i>		x	x	x	
<i>Cladophora sp.</i> (Alga verde filamentosa)	x			x	
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	x	x	x	x	
<i>Lemna minor</i>				x	
<i>ceratophyllum chilense</i>				x	
<i>Equisetum chilense</i>	x				x
<i>Gunnera chilensis</i>				x	
<i>Nostoc sp.</i>			x		
<i>Juncus sp.</i>			x	x	
<i>Scirpus californicus</i>					x

Fuente: JIA, 2016

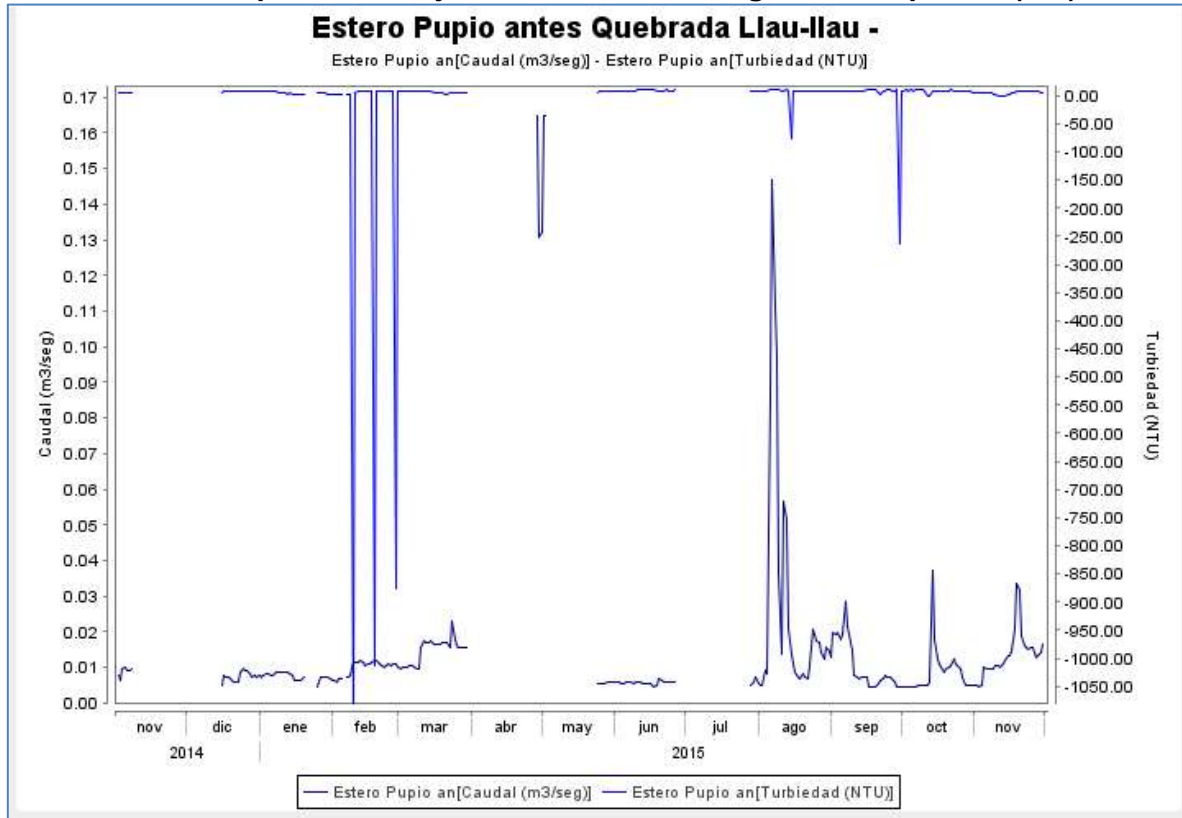
### 6.1.5 Análisis global

La caracterización y posterior análisis temporal de las matrices agua, sedimento y biota acuática se realizó tomando en consideración la información climática obtenida a través de las distintas estaciones Hidrológicas pertenecientes a la Dirección General de Aguas (DGA) emplazadas en los cursos de agua estudiados. Bajo esta perspectiva, el tramo en estudio se caracterizó como una zona de deficiencia hídrica, la que permitió la prospección máxima de 5 de las 10 estaciones proyectadas para la construcción de la línea de base. A su vez, sólo 3 de esas 5 estaciones (P-1, P-2 y P-7) mantuvieron presencia de agua superficial durante todas las campañas.

En general, el sistema exhibió aguas someras, de bajo caudal y de distinta influencia hídrica (escurrimientos superficiales permanentes, afloramientos subterráneos, afloramientos subterráneos de influencia salina), los que fueron sometidas a perturbaciones de carácter pluvial durante 2 episodios del estudio, agosto y octubre de 2015 (Figura EAC-45 y Figura EAC-46). Ambos eventos se definieron como perturbaciones de alta duración e intensidad, que modificaron parcialmente las características físico-químicas de la columna de agua, la

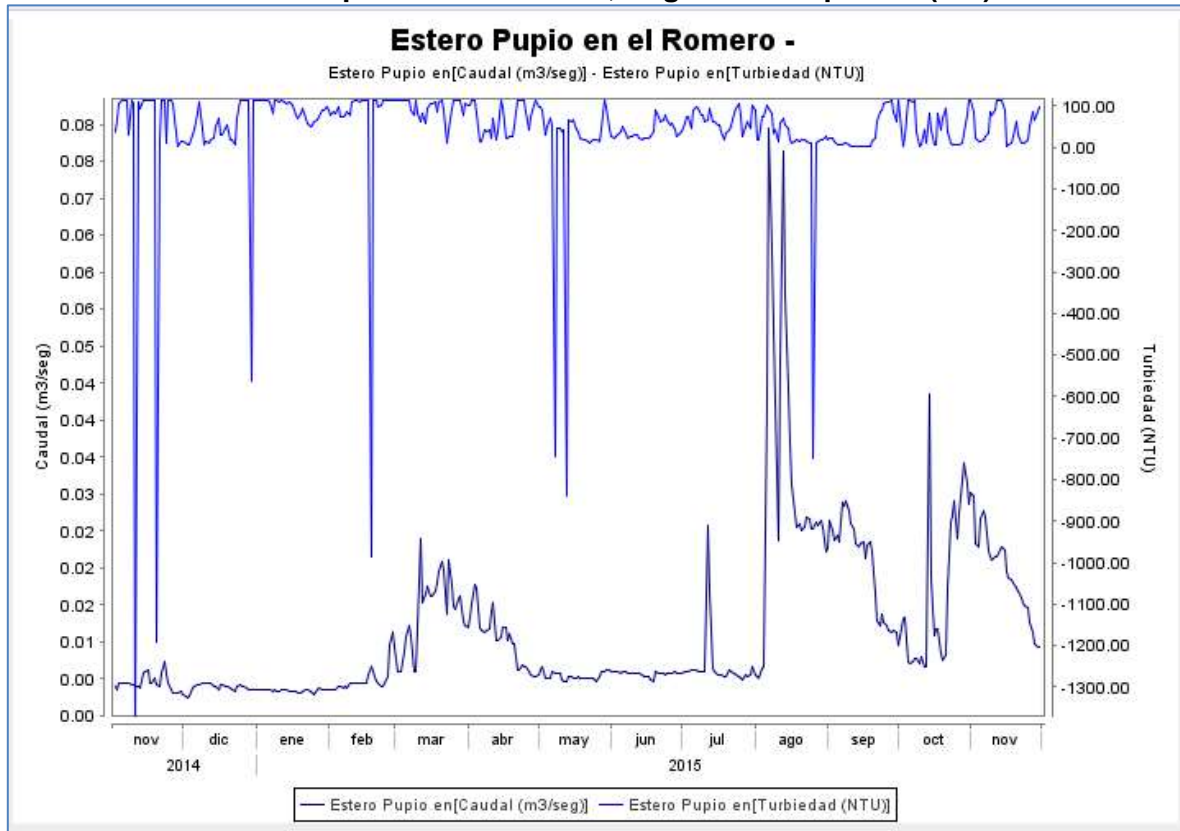
composición química de sus sedimentos y los atributos ecológicos de su biota acuática como se discutirá a continuación.

**Figura EAC-45: Variabilidad temporal de la turbidez y el caudal en la estación DGA. Estero Pupío antes de junta con Llau llau, Región de Coquimbo (P-1)**



Fuente: www.dga.cl

**Figura EAC-46: Variabilidad temporal de la turbidez y el caudal en la estación DGA. Estero Pupío sector Romeral, Región de Coquimbo (P-2)**



Fuente: www.dga.cl

### 6.1.5.1 Calidad de agua

#### 6.1.5.1.1 Caracterización In situ.

Los valores de pH en cada campaña estacional fueron similares en cada estación de muestreo, registrándose los menores valores en primavera del 2014, estación donde se registró el mínimo de 7,21 unidades, específicamente en P-5 (afloramiento en Fundo la cabaña), mientras que el máximo se presentó en P-2 (Estero Pupío) con 8,67 unidades en primavera del 2015 (Tabla EAC-77).

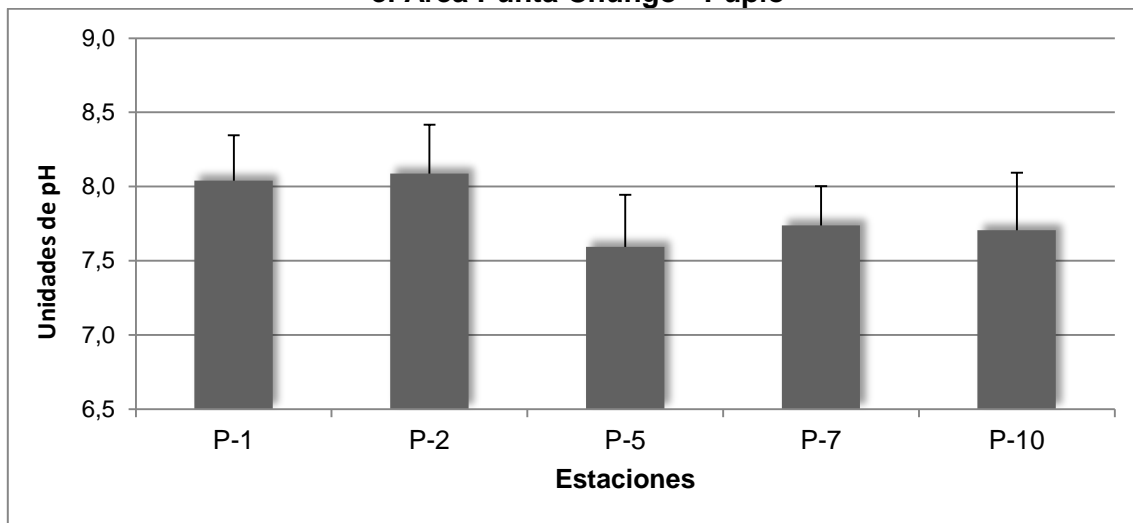
Los valores de pH para el sistema, señalaron que la columna de agua se caracterizó por ser generalmente neutra (Hounslow, 1995) para las estaciones donde se presentan afloramientos de agua subterránea (P-5, P-7 y P-10), mientras que las estaciones que mantienen escurrimiento superficial permanente (P-1 y P-2) oscilaron entre neutras a moderadamente alcalinas (Hounslow, 1995).

Al someter los datos al análisis estadístico ANOVA<sup>4</sup>, éste no encontró diferencias significativas dentro de la varianza de las medias de las observaciones ( $F=0,08$ ;  $F_{Crítico}=4,74$ ;  $p>0,05$ ) para las estaciones de escurrimiento superficial permanente (P-1 y P-2), así como

<sup>4</sup> Cada set de datos analizados mediante estadística paramétrica cumplió con los supuestos de aleatoriedad e independencia; normalidad y homoscedasticidad de las varianzas.

tampoco para las estaciones de afloramientos subterráneos (P-5 y P-7) o con influencia marina (P-10) de manera que el pH en términos estadísticos y para este tramo, no presenta variaciones considerables dentro del rango espacial estudiado (Figura EAC-48) a pesar de manifestar una tendencia de mayores valores en las estaciones de escurrimiento superficial permanente.

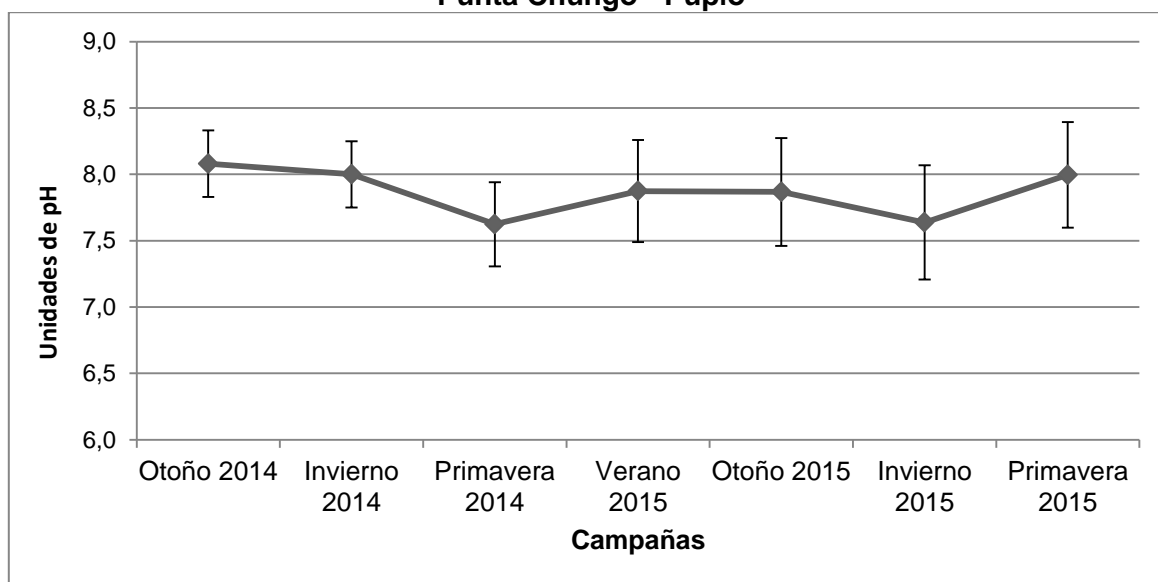
**Figura EAC-47: Variabilidad espacial del pH (promedio) en las estaciones presentes en el Área Punta Chungo - Pupío**



Fuente: JIA, 2016

Al igual que el análisis espacial, los resultados del análisis de la varianza a escala temporal no arrojaron diferencias significativas en las distintas campañas realizadas ( $F=1,168$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,527$ ;  $p>0,05$ ). Lo anterior indicaría que el pH en el tramo medio del estero Pupío y el estero Conchalí no difiere entre las 7 campañas monitoreadas (Figura EAC-47).

**Figura EAC-48: Variabilidad temporal del pH en las estaciones presentes en el Área Punta Chungo - Pupío**



Fuente: JIA, 2016

Misma condición ocurre con el parámetro conductividad, el cual se presentó con valores más bajos en las estaciones de escurrimiento superficial permanente (P-1 y P-2), alcanzando un registro mínimo de 134  $\mu\text{S/cm}$  para la estación P-1 en la campaña de otoño 2014, mientras que los valores máximos estuvieron asociados siempre a estaciones con afloramientos de aguas subterráneas (P-5, P-7 y P-10) alcanzando en invierno 2015 un valor de 1.766  $\mu\text{S/cm}$  para la estación P-7 (Tabla EAC- 89).

**Tabla EAC-89: Variabilidad Espacial/temporal de la Conductividad (en  $\mu\text{S/cm}$ ) para el Área Punta Chungo - Pupío**

Estaciones	2014			2015			
	O	I	P	V	O	I	P
P-1	134	290	281	274	266	317	298
P-2	183	320	293	299	298	321	344
P-5	-	1.193	951	-	-	-	1.127
P-7	1.589	1.414	1.285	1.677	1.351	1766	1.046
P-10	605	564	516	-	1.179	578	858

Fuente: JIA, 2016

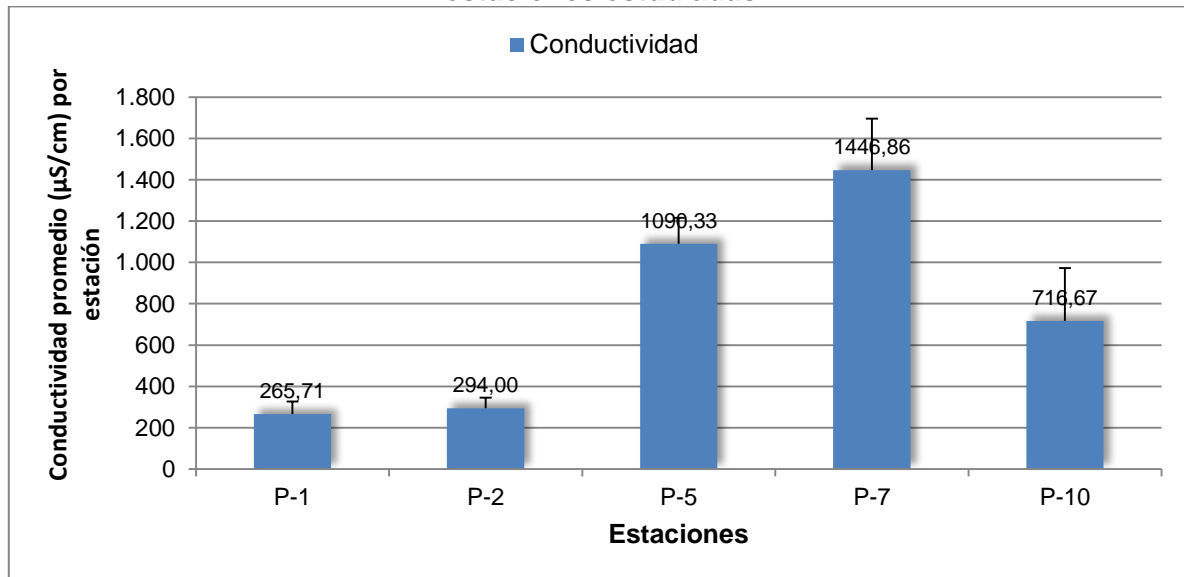
O: otoño; I: invierno; P: primavera; V: verano

De acuerdo con la propuesta de Norma secundaria (CONAMA, 2004) las aguas del área de estudio se clasifican como Clase Excepcional para todas las estaciones de escurrimiento superficial permanente ( $<600 \mu\text{S/cm}$ ; P-1 y P-2), y como Excepcional a Clase 3 para el resto de las estaciones del estudio que presentan afloramientos subterráneos de agua dulce (P-5, P-7 y P-10).

El análisis estadístico ANOVA a escala temporal determinó que las varianzas de las medias de las observaciones no presentaron diferencias significativas ( $F=0,03$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,527$ ;  $p>0,05$ ) de manera que la conductividad en términos estadísticos, no presenta para este tramo del estero Pupío variaciones de carácter significativo dentro del rango temporal estudiado (otoño 2014 a primavera 2015). Sin embargo, el análisis ANOVA aplicado a escala espacial arrojó que las diferencias entre estaciones era altamente significativa ( $F=55$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,75$ ;  $p<0,01$ ). Estos datos coinciden con los expresados en la tabla EAC-89 y la figura EAC-49, en donde los valores (promedios) más bajos de conductividad se encuentran en las estaciones de escurrimiento superficial continuo (P-1 y P-2), los más altos en las estaciones de afloramientos subterráneos (P-5 y P-7) y los valores medios en la estación de aguas superficiales con influencia salina (P-10).



**Figura EAC-49: Variabilidad espacial promedio de la conductividad eléctrica en las estaciones estudiadas**

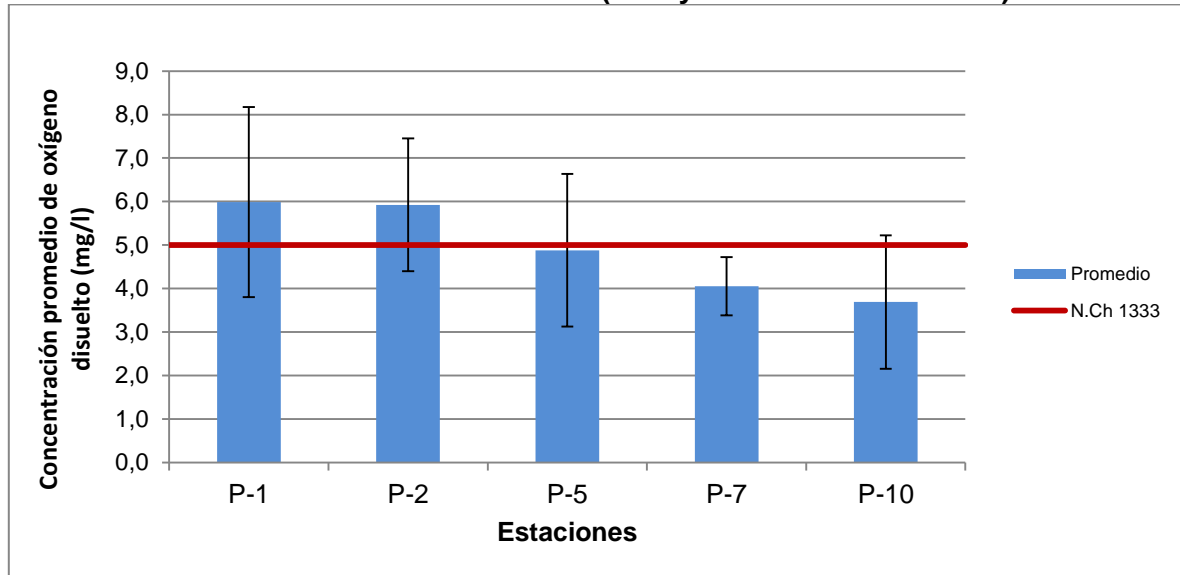


Fuente: JIA, 2016

Finalmente para el caso del oxígeno disuelto, su concentración presentó moderada variabilidad, alcanzando un valor mínimo en la estación P-10 para la campaña de primavera del 2015, en donde registró 1,23 mg/l, mientras que su máxima concentración fue alcanzada por la estación P-1 en otoño del 2015, registrando 9,52 mg/l (Tabla EAC-53).

A escala espacial, las estaciones con más altas concentraciones promedio de oxígeno disuelto correspondieron a aquellas que presentaron escurrimiento superficial permanente (P-1 y P-2, mientras que las estaciones con menores registros de concentraciones promedio fueron aquellas insertas en sistemas de afloramientos de aguas subterráneas (Figura EAC-50) o superficiales someras con influencia salina (P-10).

**Figura EAC-50: Variabilidad espacial en las concentraciones de oxígeno (mg/l) disuelto en las estaciones en estudio. (Incluye desviación estándar)**



Fuente: JIA, 2016

\*Elaborado en base a los registros de las campañas de otoño 2014 a primavera 2015

El análisis estadístico temporal de los registros de oxígeno disuelto en las distintas estacionalidades (campañas) no determinó diferencias significativas entre las varianzas de las medias de los grupos ( $F=1,44$ ;  $F_{\text{Crítico}}= 2,74$ ;  $p>0,05$ ); descartando que dicho analito se rija su comportamiento en función de factores estacionales.

Los resultados de la línea de base indicarían que los distintos ambientes estudiados presentaron características definidas, las que se diferencian particularmente en 3 hábitats acuáticos; en donde la geología resulta ser el factor determinante en la modelación de estos biomas.

Por otra parte, los sistemas de afloramientos de aguas subterráneas en el área estudiada presentaron una mayor estabilidad temporal de los valores de sus parámetros *in situ* que los sistemas de escurrimiento permanente en estudio, sin embargo no presentarían las mejores condiciones para el desarrollo de la vida acuática en cuanto a niveles de oxígeno y conductividad (y sólidos totales disueltos indirectamente<sup>5</sup>) que aquellas que escurren permanentemente.

#### 6.1.5.1.2 Caracterización físico-Química

- Metales

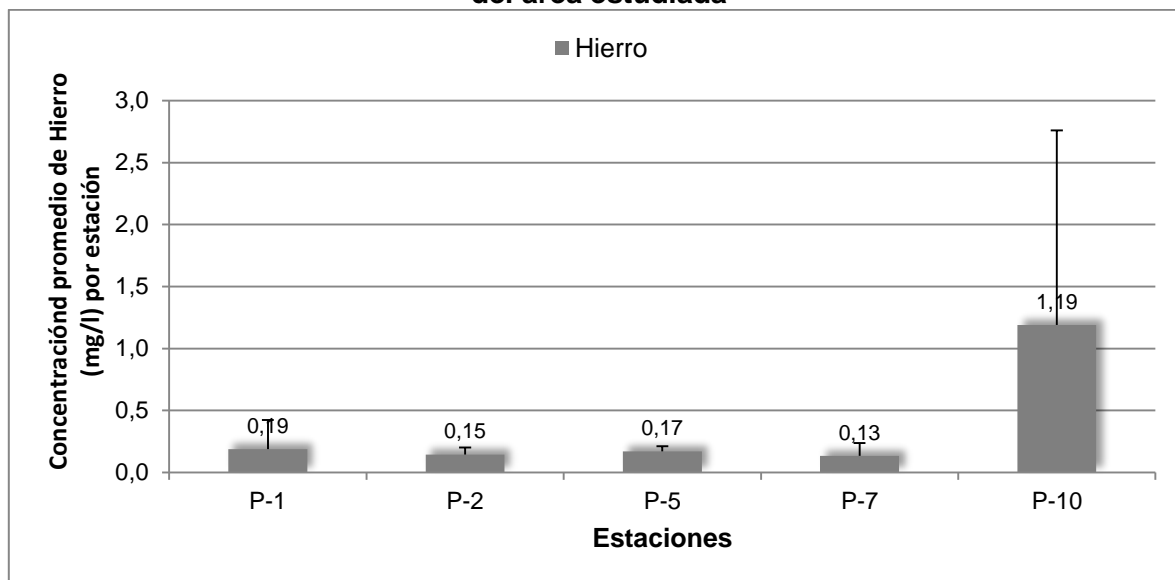
La caracterización de los metales disueltos en la columna determinó en la mayoría de los análisis concentraciones bajo el límite de cuantificación.

<sup>5</sup> El equipo multiparamétrico Hanna modelo HI9828 establece una relación directa entre la conductividad y los sólidos totales disueltos mediante la siguiente ecuación:  $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$  ( $2 \mu\text{S} \times 0.5 = 1 \text{ ppm}$ ) ( $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/l}$ )

Para el caso del cobre, éste presentó concentraciones cuantificables sólo en 3 de las 7 campañas (primavera 2014, verano 2015 y primavera 2015), con un valor máximo de 0,12 mg/l (estación P-2, primavera 2014) lo que podría sugerir un patrón de presencia en meses estivales o de mayor temperatura y radiación solar. La disponibilidad ambiental del cobre en el agua es regulada por fracciones orgánicas e inorgánicas; en este sentido un aumento de la actividad metabólica bacteriana provocada por la temperatura podría acelerar la metabolización de la materia orgánica y aumentar la disponibilidad de cobre orgánico disuelto en la columna (Kerner & Geisler, 1995). De acuerdo con la propuesta de norma secundaria (CONAMA, 2004) y de acuerdo a las concentraciones de cobre disuelto, las aguas del estudio se clasifican como Excepcionales a Clase 1.

El hierro por su parte, se presentó en bajas concentraciones (Figura EAC-51), no existiendo diferencias espaciales entre las distintas estaciones estudiadas, con rangos promedios que variaron entre 0,15 y 1,19 mg/l. La estación P-10 presentó un máximo promedio de 1,19 mg/l, el cual se asocia al máximo del estudio alcanzado en otoño del 2015 con un valor de 4,3 mg/l.

**Figura EAC-51: Concentración promedio de Hierro (mg/l) en las distintas estaciones del área estudiada**



Fuente: JIA, 2016

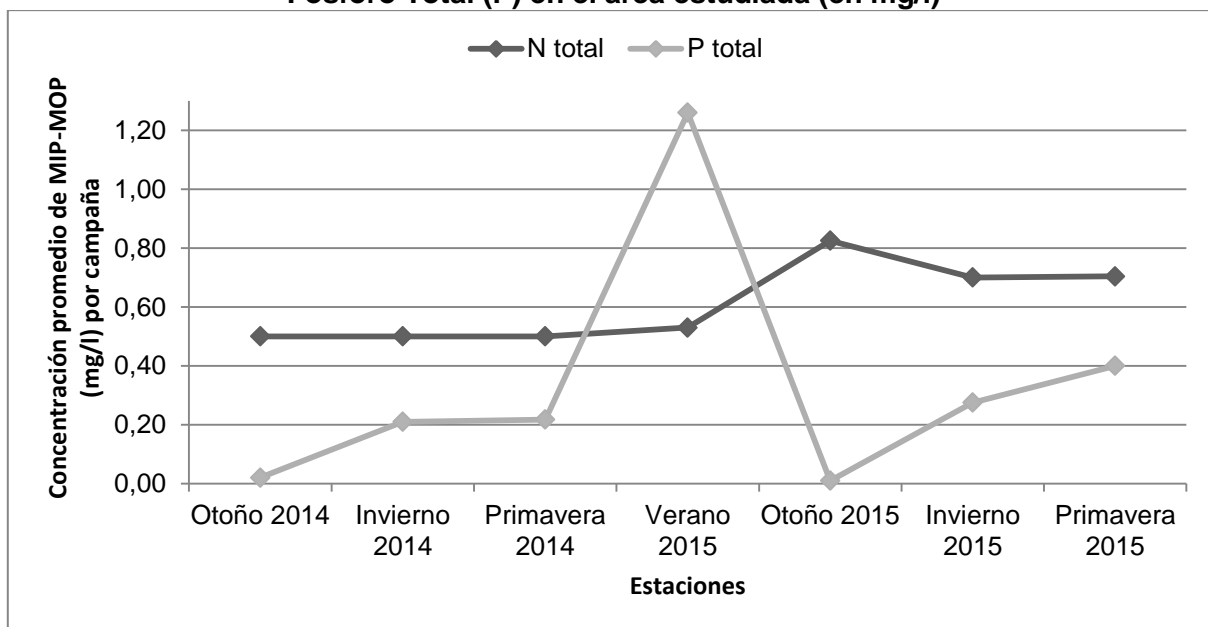
Finalmente, el molibdeno se presentó escaso, sólo en concentraciones cercanas al límite de lo cuantificable (0,01 mg/l) y fue detectado preferentemente en las estaciones asociadas a afloramientos subterráneos y esteros de influencia salina, sin un patrón temporal aparente.

El rol del molibdeno en el medio acuático es estimular la fijación del nitrógeno y la reducción del nitrato en bacterias y algas nitrificantes y denitrificantes, además de convertir el nitrógeno molecular en amoníaco.

- *Nutrientes: Nitrógeno (N) y Fósforo (P)*

Con excepción del máximo de fósforo total detectado en la estación P-5 durante la campaña de verano 2015, los nutrientes nitrógeno y fósforo en su fracción total mantuvieron una relación lineal durante el desarrollo de las campañas (Figura EAC-52), tendiendo a un aumento por parte del N a partir del verano 2015, el que se mantuvo estable hasta primavera 2015. Por su parte el fósforo, elemento más limitante, presentó una tendencia creciente desde otoño 2015 a primavera 2015, el que podría estar dado (entre otros agentes de perturbación) por los fuertes eventos pluviales de invierno 2015 que favorecerían el aporte de fósforo desde el ambiente terrestre a través de la lixiviación de suelos y la resuspensión desde los sedimentos fluviales.

**Figura EAC-52: Variabilidad temporal de la concentración Nitrógeno Total (N) y Fósforo Total (P) en el área estudiada (en mg/l)**



Fuente: JIA, 2016

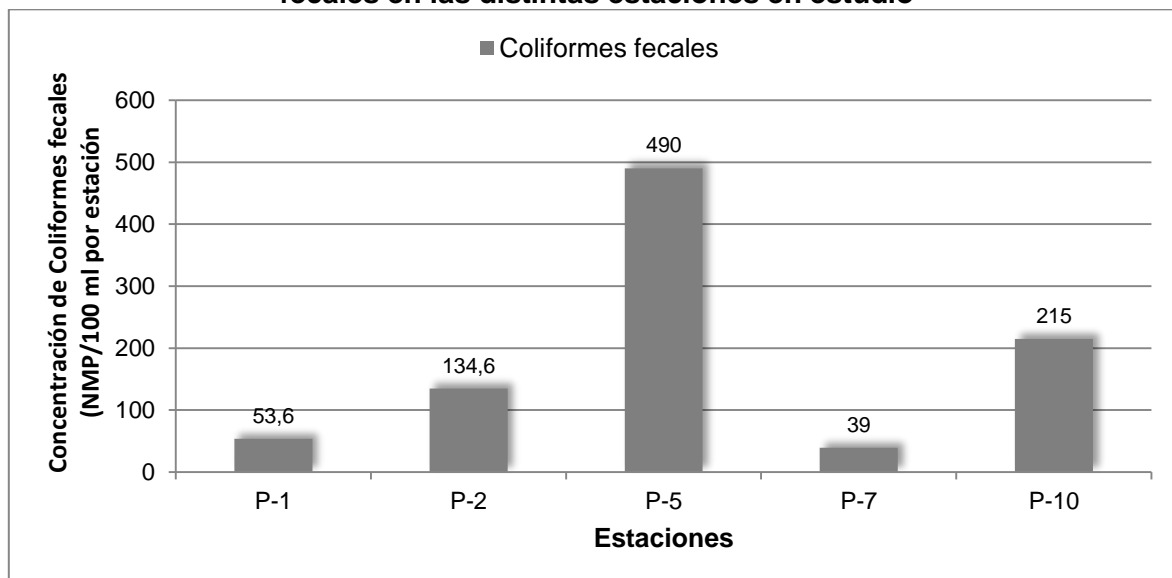
El nitrógeno y fósforo están relacionados a condiciones indeseables de un cuerpo de agua como el crecimiento excesivo de algas y la aceleración del proceso de eutrofización, los que resultan más sensibles en cuerpos de agua lénticos o de bajas tasas de renovación. Bajo este supuesto es esperable que las estaciones de afloramientos subterráneos presenten mayores concentraciones de N y P total, sin embargo, al someter la data al análisis estadístico ANOVA, éste no determinó diferencias significativas para las varianzas de las medias (entre estaciones) para el nitrógeno total ( $F=0,09$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,742$ ;  $p>0,05$ ), así como tampoco para el fósforo total ( $F=0,01$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,79$ ;  $p>0,05$ ), lo que sugiere que la variabilidad de los nutrientes en el tiempo no es explicada por la naturaleza biótica y abiótica particular de las distintas estaciones, sino que podría formar parte de perturbaciones de origen climático o antrópico doméstico.

- *Análisis microbiológico*

El análisis microbiológico determinó concentraciones promedio de coliformes fecales (CF) de alta variabilidad espacial. Es así como la estación P-7 (afloramiento subterráneo) presentó los menores registros de las campañas, con un promedio de 30 NMP/100ml, mientras que el valor promedio más alto comprendió la estación P-5 con 490 NMP/100 ml (Figura EAC-53). Cabe destacar que las estaciones con los más altos registros de CF presentan fuertes intervenciones antrópicas relacionadas con la crianza animal y, por ende, el contacto de residuos orgánicos en los sistemas acuáticos. Por otra parte, las altas concentraciones de bacterias registradas en las estaciones someras podrían estar asociadas al aporte microbiológico de los sedimentos fluviales. En sedimento, las concentraciones de CF superaron en uno o dos órdenes de magnitud por arriba las concentraciones del agua, lo que puede relacionarse con el hecho de que éstas sobreviven por mayor tiempo en el sedimento, que es un ambiente con partículas que les proporcionan protección (Davies *et al.*, 1995; Anderson *et al.*, 2005; Haller *et al.*, 2009). Los niveles altos de coliformes fecales en el sedimento indican riesgo sanitario, asociado a la posible resuspensión de las bacterias hacia la columna de agua (Burton *et al.*, 1987; Craig *et al.*, 2004; como es citado en Barrera-Escorcia, 2013)

De acuerdo con la propuesta de Norma secundaria de calidad ambiental (CONAMA, 2004) que establece los criterios nacionales específicos para la protección de las aguas continentales superficiales, todas las estaciones se encuentran en la categoría Clase 1, que corresponden a aguas de muy buena calidad, adecuadas para la protección y conservación de especies acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos por la Clase 2 y Clase 3.

**Figura EAC-53: Variabilidad espacial en la concentración promedio de coliformes fecales en las distintas estaciones en estudio**



Fuente: JIA, 2016

- *Constituyentes mayoritarios*

De acuerdo con la tabla EAC-90, la dominancia de ion bicarbonato es una constante para todas las estaciones en estudio con concentraciones promedios máximas de 288 mg/l (P-5) y mínimas de 130 mg/l (P-1). En general, las estaciones con mayores concentraciones de iones mayoritarios correspondieron a las estaciones cuyas aguas mantienen una fuerte influencia geológica (P-5 y P-7), mientras que las estaciones de escurrimiento superficial permanente presentan las más bajas concentraciones iónicas.

**Tabla EAC-90: Concentraciones promedio de constituyentes mayoritarios en las distintas estaciones estudiadas\***

Iones mayoritarios	Estaciones				
	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
Bicarbonato (mg/l)	130,8	154,8	288	284,5	195,4
Sulfato (mg/l)	34	35	274	256,6	100,3
Cloruro (mg/l)	6	13,1	98,5	211,8	107,6
Calcio (mg/l)	28,1	40,1	130	128,4	76
Sodio (mg/l)	19,4	20	100,5	127	68,5
Carbonato (mg/l)	13	14,2	16,5	23,2	12,8

Fuente: JIA, 2016

\*Ordenados en relación a su dominancia por concentración

En aguas con pH inferior a 8,3 (que corresponde a la mayoría de las aguas subterráneas naturales) la especie carbonatada dominante es el ion bicarbonato. Esto debido a la disociación del anhídrido carbónico en el agua, lo que genera los iones bicarbonato y carbonato.

Para el caso del cloruro, una de las estaciones de mayor concentración es la asociada al estero Conchalí (P-10). Esta situación podría estar dada por la fuerte influencia salina que presenta el sistema de Conchalí a través de su cercanía a la franja costera (concentración del agua de mar en relación al ion cloruro es de 20.000 mg/l).

Por su parte, el ion sulfato procedería del lavado de terrenos formados en ambiente marino de la oxidación de sulfuros que se encuentran ampliamente distribuidos en rocas ígneas y sedimentarias de la descomposición de sustancias orgánicas, etc. Sin embargo, la disolución de yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y anhidrita ( $\text{CaSO}_4$ ) y otros tipos de sulfatos dispersos en el terreno, representa frecuentemente el aporte cuantitativamente más significativo de este ion a las aguas subterráneas. De acuerdo a la propuesta de norma secundaria (CONAMA, 2004) y en relación a este constituyente, las aguas del estudio pueden clasificarse de Excepcionales (P-1, P-2 y P-10) a Clase 2 (P-5 y P-7).

El análisis de Clúster (dendrograma) establece que en relación a estos iones existe una alta similitud entre las estaciones de escurrimiento superficial permanente, mientras que la estación P-10, debido posiblemente a su fuerte influencia salina, resultó ser la estación más distante del grupo (Figura EAC-54)

**Figura EAC-54: Similitud de estaciones en relación a las concentraciones del ion bicarbonato disuelto en sus aguas**



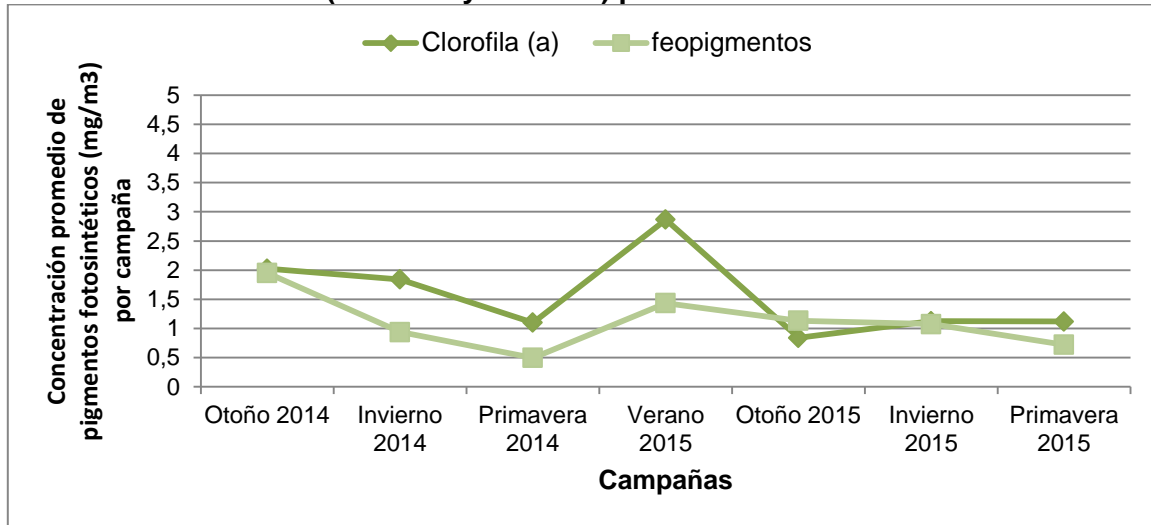
Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.5.1.3 Pigmentos fotosintéticos

Las concentraciones de pigmentos fotosintéticos calculadas a partir de procesos acidificantes y fluorométricas determinaron un comportamiento homogéneo, escasamente variable, en donde ambos pigmentos se acoplan en el tiempo, registrando concentraciones altas en la estacionalidad de verano, y más bajas en primavera (Figura EAC-55).

Al someter la data al análisis estadístico ANOVA, éste no registra diferencias significativas entre las varianzas de las medias a escala temporal ( $F=1,7$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,52$ ;  $p>0,05$ ), lo que se traduce en que la variabilidad en el tiempo de las concentraciones de clorofila y feofitina en los esteros Pupío y Conchalí no difieren en el periodo estudiado.

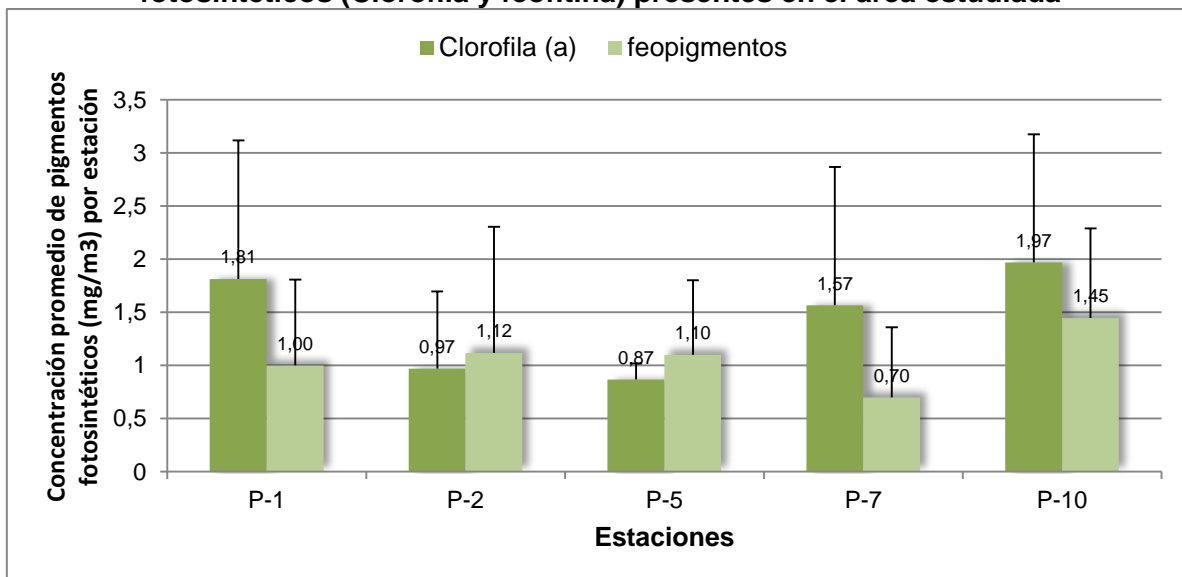
**Figura EAC-55: Variabilidad temporal de la concentración de los pigmentos fotosintéticos (Clorofila y feofitina) presentes en el área estudiada**



Fuente: JIA, 2016

A escala espacial, no existen diferencias considerables en la actividad productora primaria entre las estaciones en estudio, sin embargo es posible apreciar que las estaciones de los extremos (P-1 y P-10) proporcionan en promedio mayores concentraciones que el resto de las estaciones estudiadas (Figura EAC-56). Pese a este antecedente, un análisis estadístico de la data a través de la herramienta ANOVA, no determinó diferencias significativas entre las varianzas de sus promedios ( $F=1,05$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,75$ ;  $p>0,05$ ), lo que significa que los pigmentos fotosintéticos presentes en el area de estudio no exhiben variaciones de carácter significativo entre las estaciones ni a través de las distintas campañas, sugiriendo que los factores forzantes del hábitat han mantenido el mismo comportamiento por lo menos desde otoño 2014.

**Figura EAC-56: Variabilidad espacial de la concentración de los pigmentos fotosintéticos (Clorofila y feofitina) presentes en el área estudiada**



Fuente: JIA, 2016



De acuerdo con la data de riqueza y abundancia los de productores primarios (fitoplancton y fitobentos) que se verán más adelante, las concentraciones de los pigmentos fotosintéticos y sus respectivas variaciones temporales no coinciden (en este caso) con el comportamiento de dichas comunidades, ya que en la práctica éstos no fueron capaces de percibir las perturbaciones de carácter pluvial acontecidas en invierno 2015, mostrando escasa sensibilidad a perturbaciones ambientales de alta intensidad (aumento de caudal, lixiviación de suelos, dilución, turbidez, disminución de tasas de retención de materia orgánica, temperatura, etc).

Cabe destacar que en general las concentraciones de clorofila superan mayoritariamente en el tiempo a las de feofitina, sugiriendo que la acción degradativa de la clorofila resulta un proceso no dominante en el ciclo de producción de biomasa. Todas las concentraciones promedio se encuentran en el rango propuesto por De la Lanza (2002) para ríos ( $ID - 2,5 \text{ mg/m}^3$ ) lagos y embalses ( $ID - 8 \text{ mg/m}^3$ ) del hemisferio norte.

La clorofila es usada para medir la potencialidad productiva del sistema, y también como un indicativo de la eutrofización (Carlson, 1977; Contreras, 1994), ya que aunque no siempre mantiene correlación directa con la productividad primaria, sí indica la biomasa fitoplanctónica presente, la cual, en la medida en que se desenvuelva bajo condiciones adecuadas, se manifestará en la productividad. La medición sistemática de la clorofila (a) se recomienda ampliamente como un índice confiable, que permitiría una pronta diagnosis de la salud del ecosistema (Contreras, 2002).

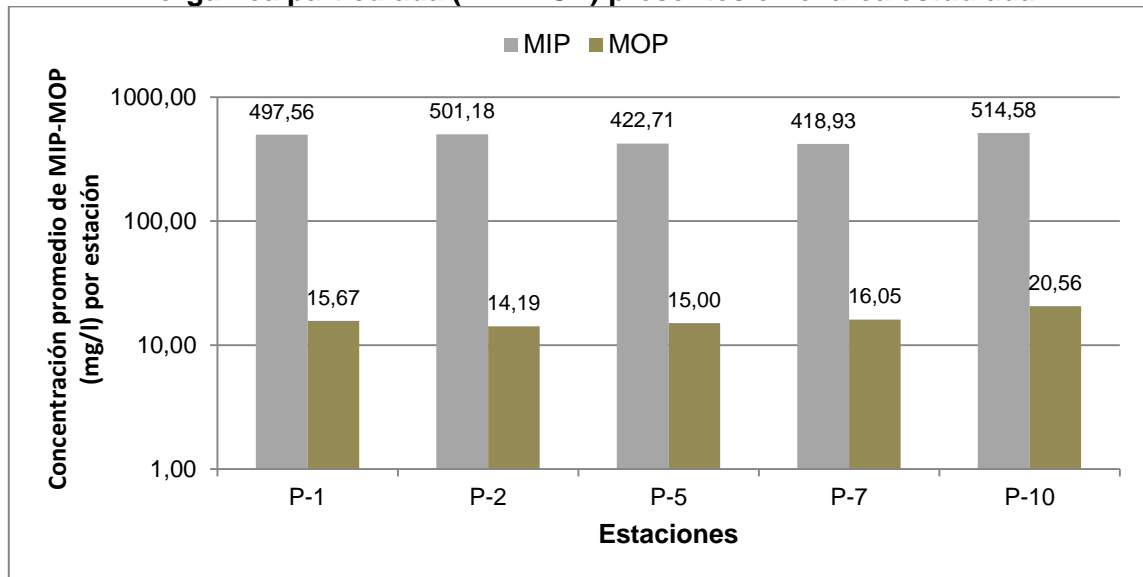
#### 6.1.5.1.4 MIP-MOP

La materia inorgánica particulada presentó la mayor proporción de material inerte que transportan, retienen, liberan o resuspenden los cursos y hábitats acuáticos en el estudio. Su relación con respecto al material orgánico particulado guarda una proporción de 10:1, y su registro muestra un comportamiento de concentración constante a escala espacial (Figura EAC-57).

La herramienta estadística ANOVA a su vez reafirma este patrón ( $F=0,34$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,75$ ;  $p>0,05$ ), al no determinar diferencias significativas entre las varianzas de las medias analizadas, lo que sugiere que la componente espacial pese a presentar diferencias de origen geológico entre los distintos ambientes, no forma parte del conjunto de factores que podrían explicar la variabilidad de sus registros.

Misma situación ocurrió con la materia orgánica, que a pesar de manifestar un ligero máximo para primavera 2015, el análisis ANOVA no valida como significativas dichas diferencias ( $F=0,256$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,758$ ;  $p>0,05$ )

**Figura EAC-57: Variabilidad espacial de la concentración de materia orgánica e inorgánica particulada (MIP-MOP) presentes en el área estudiada**

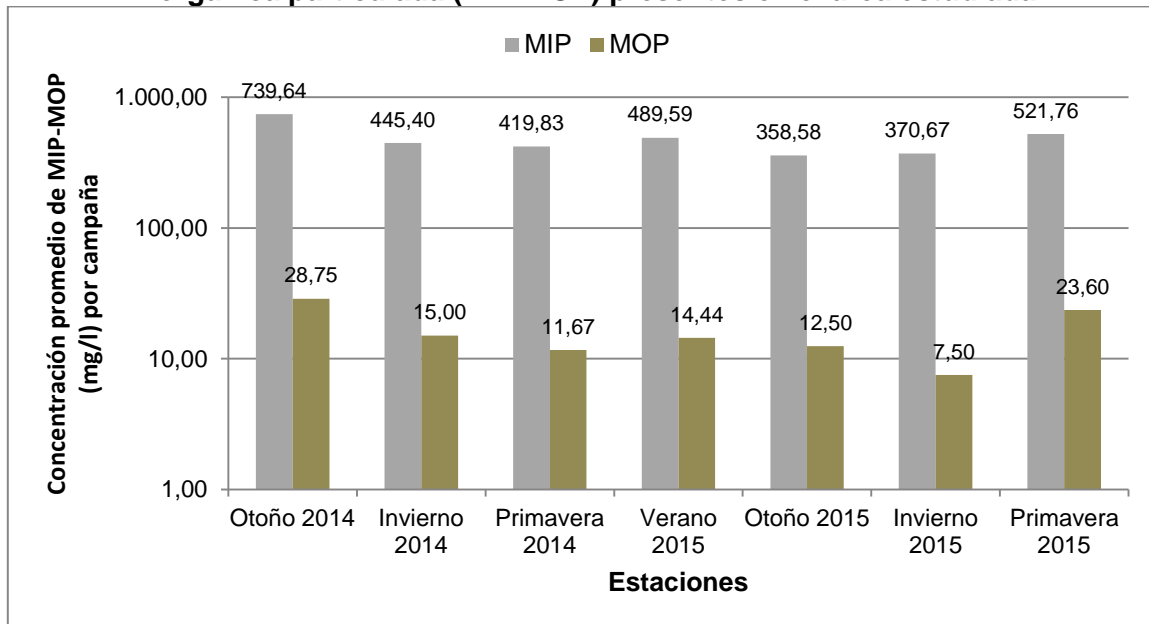


Fuente: JIA, 2016

A escala temporal, el material inorgánico presentó 2 máximos anuales (Figura EAC-58), el primero en otoño 2014 y el segundo en primavera 2015. Ambos registros se complementan con la data de máximos de caudal y turbidez derivados de las estaciones meteorológicas de la Dirección General de Aguas (DGA; Figura EAC-45 y Figura EAC-46) que se emplazan en el sector Llau y Romeral, y que monitorean el comportamiento hidrológico del estero Pupío. Este patrón es estadísticamente evidenciado por la herramienta ANOVA, la cual determinó diferencias significativas entre las varianzas de las medias a escala temporal ( $F=3,07$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,52$ ;  $p<0,05$ ), lo que significa que la variabilidad en la concentración de MIP está relacionada con el conjunto de factores que interfieren a escala de tiempo.

Para el MOP, sus concentraciones medias se mantuvieron constantes pese a las perturbaciones de origen pluvial que acompañaron las prospecciones. El análisis ANOVA no determinó diferencias temporales de carácter significativo entre las varianzas de sus promedios, lo que sugiere que al igual que otros elementos los procesos de dilución propios de las crecidas tuvieron la misma incidencia que los aportes de MOP desde el ambiente terrestre a través del lavado de suelos, tendiendo a un equilibrio.

**Figura EAC-58: Variabilidad temporal de la concentración de materia orgánica e inorgánica particulada (MIP-MOP) presentes en el área estudiada**



Fuente: JIA, 2016

Concluyentemente, la cantidad y el tipo de materiales orgánicos disponibles para los organismos varía de unos ríos a otros y estacionalmente, sobre todo en función de la cobertura arbórea riparia, pero también dependiendo del régimen hidrológico (González y Pozo 1996, Sabater *et al.* 2001, Gonçalves *et al.* 2006, Mathuriau *et al.* 2008) y de la capacidad retentiva de los cauces (Larrañaga *et al.* 2003).

Además de materia orgánica particulada (MOP), los ríos reciben también aportes de materia orgánica disuelta (MOD) provenientes del lavado de los suelos, siendo ésta la fracción mayoritaria, y la que podría estar manteniendo una entrada similar al material transportado y diluido en los eventos pluviales de invierno 2015.

#### 6.1.5.2 Sedimentos fluviales

La caracterización de los sedimentos fluviales prospectados durante las campañas estacionales 2014 y 2015 se basó en 3 atributos (o propiedades) físico-químicos: la granulometría o composición granulométrica, el porcentaje de materia orgánica contenida entre los granos y el potencial de óxido-reducción presente dentro del ambiente sedimentario.

##### 6.1.5.2.1 *Granulometría*

El transporte de fondo en ríos de llanura con baja pendiente se caracteriza por una mínima variabilidad espacial y temporal de la dominancia por un tamaño de grano particular, debido fundamentalmente a la elevada magnitud que requiere del caudal para superar el umbral del inicio del movimiento en los sedimentos. Sin embargo eventos climáticos puntuales como las lluvias acontecidas en la región de Coquimbo entre agosto y octubre del 2015 podrían eventualmente modificar dicho transporte y establecer variaciones en la composición granulométrica de los sedimentos fluviales de los esteros Pupío y Conchalí en estudio.

Un ejemplo de esto es lo registrado en la estación P-1 (Tabla EAC-91), la cual presenta escasa variabilidad temporal en la dominancia del tamaño de grano oscilando entre las *arenas* y los granos más gruesos (*Grava*) hasta otoño del 2015, momento en que varió bruscamente hasta alcanzar una dominancia de la fracción sólida más fina (*fango*), para posteriormente normalizar su patrón de dispersión en primavera del 2015 (*arena* nuevamente).

Es probable que procesos de lixiviación post-eventos pluviométricos de gran intensidad pudieran favorecer el transporte del material orgánico e inorgánico fino desde las planicies de inundación hasta la columna y el lecho del estero, causando una alteración en la dispersión granulométrica. Este proceso corresponde al denominado “lavado de la cuenca”, y debido a su carácter no cohesivo tiende a ser un escenario reversible a corto plazo.

**Tabla EAC-91: Variabilidad temporal de la dominancia del tamaño de grano en las estaciones en estudio**

Estacionalidad	año	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
Otoño	2014	Arena G	-	-	-	Arena M
Invierno	2014	Grava	Fango	Arena M	-	Arena M
Primavera	2014	Grava	Grava	-	-	Arena M
Verano	2015	Arena G	Grava	-	Fango	-
Otoño	2015	-	Fango	-	-	Fango
Invierno	2015	Fango	Fango	-	-	Fango
Primavera	2015	Arena M	Grava	-	-	Arena M

Fuente: JIA, 2016

Otras estaciones con escorrentía superficial permanente como P-2 presentan dominancias de alta variabilidad, los cuales podrían estar asociados a procesos de intervención del área detectada durante las campañas de prospección (canalizaciones, instalación del empedrado del fondo, etc.) los que modificarían el lecho artificialmente.

Por su parte P-10 exhibió escasa variabilidad en el tamaño dominante de sus granos, con una dominancia absoluta de la fracción *arena*, la que al igual que P-1, presentó alteraciones durante los eventos pluviométricos del segundo semestre del 2015.

Para las estaciones con afloramientos subterráneos como P-5 y P-7, la escasa disponibilidad de matrices sedimentarias prospectables en cada campaña no permitieron la correcta determinación de su granulometría, sin embargo la alta presencia de material vegetal vivo y en descomposición detectada, sugiere una dominancia de la fracción *fango* depositado en los primeros centímetros del lecho.

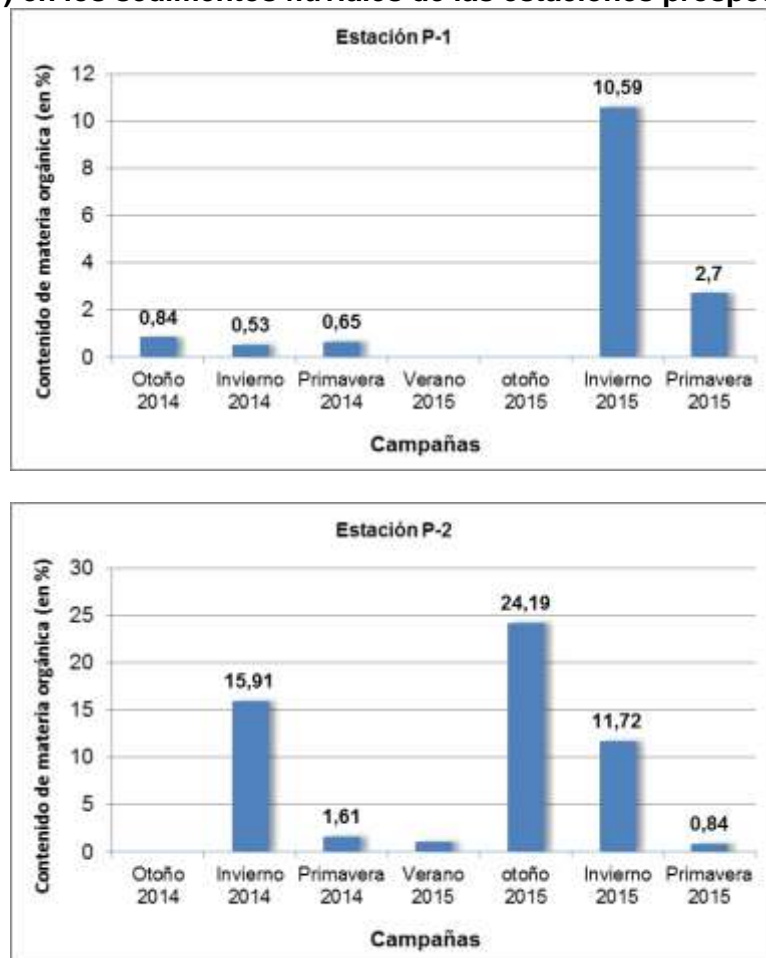
En términos generales, la fracción *arena* que domina el área estudiada, si bien es limitante en el desarrollo de las comunidades productoras primarias bentónicas, resulta un mejor dispersor de materia orgánica a través del lecho debido a que presenta mayores características de afinidad que la *grava* u otras fracciones de mayor tamaño, sin favorecer necesariamente procesos de eutrofización.

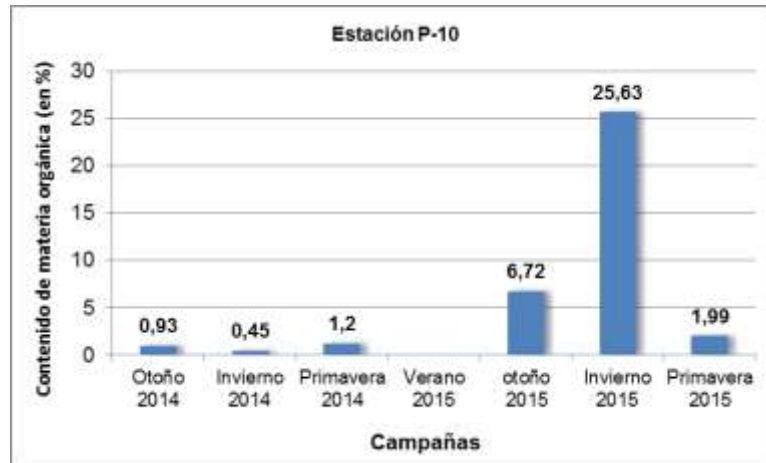
A partir de los datos es posible afirmar que la variabilidad espacial del tramo estudiado en términos de dispersión granulométrica resulta mayor que la variabilidad temporal de dicho atributo en cada estación. De esta manera, los esteros Pupío y Conchalí corresponden a sistemas relativamente estables, someros, de escasa energía y pendiente que poseen baja capacidad de modular sus fracciones sedimentarias a través de procesos físicos ordinarios.

#### 6.1.5.2.2 *Materia orgánica total*

A continuación la figura EAC-59 grafica la variabilidad temporal de la concentración de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos fluviales de las estaciones que presentaron matrices sedimentarias prospectables.

**Figura EAC-59: Variabilidad temporal de la concentración de materia orgánica total (MOT) en los sedimentos fluviales de las estaciones prospectables**





Fuente: JIA, 2016

A excepción de invierno del 2014 en P-2, los valores en los porcentajes de materia orgánica dentro de los sedimentos fluviales estudiados se presentaron con valores bajos, no sobrepasando el 2% del peso total de la muestra. Sin embargo, la data temporal sugiere una fuerte tendencia de aumento de dicho porcentaje a partir de la campaña de otoño 2015 e invierno 2015, tornando hacia un proceso de regulación hacia primavera del 2015.

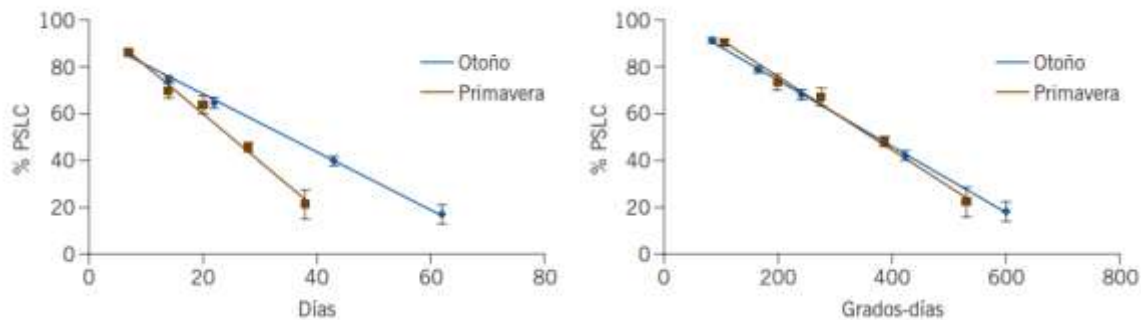
En efecto, los sistemas dulceacuícolas libres de procesos de eutrofización presentan concentraciones moderadas de materia orgánica en el lecho fluvial. Dicho aporte de material alóctono depende de la vegetación riparia, así como también del régimen hidrológico (González & Pozo, 1996 Sabater et al, 2001, Mathuriau *et al*, 2008) y de la capacidad retentiva de los cauces (Larrañaga *et al*, 2003). En periodos de crecida provocados por eventos de deshielo o fuertes lluvias, el suelo se lava transportando el resto orgánico hacia el cauce en un proceso físico de lixiviación (Barlocher, 2005). Dicho aporte genera rápidamente un proceso de colonización microbiana aumentando la palatabilidad para detritívoros, desencadenando una intensa actividad biológica.

Esta situación podría ser una explicación para los resultados encontrados a partir de otoño - invierno del 2015 (Figura EAC-45 y figura EAC-46), en donde eventos pluviométricos de gran magnitud para la zona<sup>6</sup> permitieron la ocupación de las planicies históricas de inundación por parte del cauce de los esteros Pupío y Conchalí, arrastrando y transportando todo el material orgánico e inorgánico alóctono desde dichas planicies al sistema fluvial.

A su vez, el proceso de regulación de la concentración de MOT en los sedimentos a partir de primavera 2015 (Figura EAC-59) puede ser explicado por la tasa de descomposición de dicha materia, la cual aumenta con la temperatura, por lo que varía estacionalmente. Este fenómeno fue estudiado por Graça *et al*. (2005), el cual determinó diferencias de hasta 20 días en la pérdida de masa de la hojarasca en función de la temperatura (Figura EAC-60).

<sup>6</sup> Ver Variabilidad estacional del caudal y turbidez Figura EAC-45 y 46.

**Figura EAC-60: Pérdida de masa en función del tiempo (izquierda) y de los grados-días (derecha) de la hojarasca de aliso en un arroyo del norte de España**



Fuente: Graça (2005)

#### 6.1.5.2.3 Potencial REDOX (NHE)

A continuación, la tabla EAC-92 expone la variabilidad temporal de las lecturas de óxido-reducción en los sedimentos fluviales del área estudiada.

**Tabla EAC-92: Variabilidad temporal del potencial Oxido – reducción (REDOX<sub>NHE</sub>) de los sedimentos fluviales presentes en el Área Punta Chungo - Pupío**

Campañas	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
Otoño 2014	373	375	-	-115	543
Invierno 2014	205	204	207	-	206
Primavera 2014	-	-	-	-	-
Verano 2015	-	209	2	-	-
Otoño 2015	-	116	-	66	-
Invierno 2015	-4	327	-	-	67
Primavera 2015	398	148	-	-	-50

Fuente: JIA, 2016

El potencial redox puede definirse como la medida de la energía de oxidación (o de la fugacidad o tendencia a liberar electrones) en un sistema de oxidación y reducción reversible. En sistemas fluviales esta medida puede presentar alta variabilidad dentro de un mismo curso de agua en el tiempo, los que pueden deberse a una alternancia de periodos de inundación (condiciones reductoras en el sedimento) y exposición sub-aérea (Navas *et al.*, 1998).

Para el Área Punta chungo - Pupío (área de influencia), estas variaciones a escala temporal presentaron la misma tendencia que la dispersión granulométrica y el contenido de materia orgánica, es decir, registraron escasa variabilidad intraestación desde otoño 2014 a verano 2015, con ambientes fuertemente oxidativos en el caso de las estaciones de escurrimiento superficial permanente y levemente reductoras para las estaciones de afloramiento subterráneo. Mientras que el periodo comprendido entre otoño a primavera 2015 tiende al equilibrio químico<sup>7</sup> con lecturas cercanas al valor de cero (0) mV (Tabla EAC-92).

<sup>7</sup> Para este caso, el equilibrio químico se define como la ausencia de procesos oxidativos o reductores en la materia orgánica.

En términos biológicos, la distribución espacial de microorganismos aerobios y anaerobios está determinada principalmente por el potencial redox del ambiente. Los microorganismos aerobios estrictos son metabólicamente activos a potenciales redox (Eh) positivos, mientras que los anaerobios estrictos (ej. Metano-bacterias) demuestran actividad metabólica, solo a potenciales redox negativos. Los microorganismos anaerobios facultativos demuestran actividad metabólica sobre un rango amplio de valores Eh. Estos últimos, utilizan oxígeno como aceptador final de los electrones a valores Eh altos. Cuando el potencial redox es bajo, algunos de estos microorganismos llevan a cabo reacciones de fermentación mientras otros obtienen energía a través de la respiración anaerobia.

Variaciones pequeñas en el potencial redox pueden ocasionar cambios en la nutrición y fisiología de determinados microorganismos, como ejemplo, una reducción en el potencial redox de la columna de agua puede causar que diatomeas bentónicas cambien su patrón metabólico típico de autotrofia a uno de heterotrofia y que bacterias anaerobias facultativas cambien su patrón metabólico de una respiración aerobia a una respiración anaerobia o a reacciones de fermentación (Lynch y Poole, 1979).

Cabe destacar que al igual que las anteriores variables sedimentarias analizadas en la presente línea de base, la variabilidad interestación presenta una mayor dispersión que la variabilidad temporal intraestación. Esto debido a que por sobre cualquier evento climático, la geología es el factor incidente más importante en la calidad natural de la cuenca del estero Pupío (DGA, 2004), la cual modula su matriz de aguas, sedimentos y composición biótica.

#### 6.1.5.3 Variables biológicas

##### 6.1.5.3.1 *Fauna Íctica*

El resultado de la técnica de pesca eléctrica de investigación aplicado durante el desarrollo de las campañas 2014-2015 alcanzó una captura total de 183 individuos y 4 especies ícticas de las cuales 3 de ellas correspondieron a especies nativas y una introducida. En la Tabla EAC-93 se señala la composición específica de las capturas, además del nombre común, y estado de conservación de las diferentes especies establecidas en el Decreto Supremo (MINSEGPRES) N° 51/2008.

**Tabla EAC-93: Composición específica, nombre común y estado de conservación de las diferentes especies capturadas durante el estudio**

Especie	Nombre común	Origen	Estado de Conservación	D.S.
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	Pejerrey del norte chico	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Cheirodon pisciculus</i>	Pocha	Nativa	Vulnerable	51/2008
<i>Gambusia sp.</i>	Pez mosquito	Introducida	-	-
<i>Trichomycterus areolatus</i>	Bagre chico	Nativo	Vulnerable	51/2008

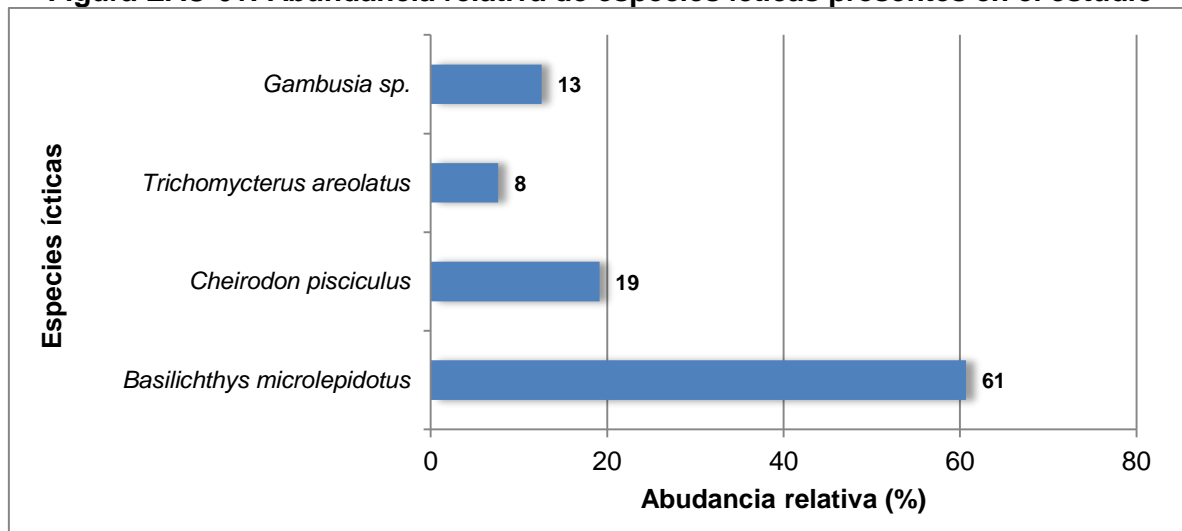
Fuente: JIA, 2016



- *Distribución, composición y abundancia*

En relación a la abundancia total, es posible afirmar que *Basilichthys microlepidotus* fue la especie más abundante del estudio con un total de 111 individuos correspondientes al 61% de las capturas totales (Figura EAC-61); seguido de *Cheirodon pisciculus* con 35 individuos (correspondientes al 19% de las capturas totales) y de *Gambusia sp* con 23 individuos (correspondientes al 13% de las capturas totales). Por otra parte, la especie menos representativa en términos de abundancia correspondió al siluriforme *Trichomycterus areolatus*, capturándose sólo 8 individuos en todas las campañas realizadas.

**Figura EAC-61: Abundancia relativa de especies ícticas presentes en el estudio**



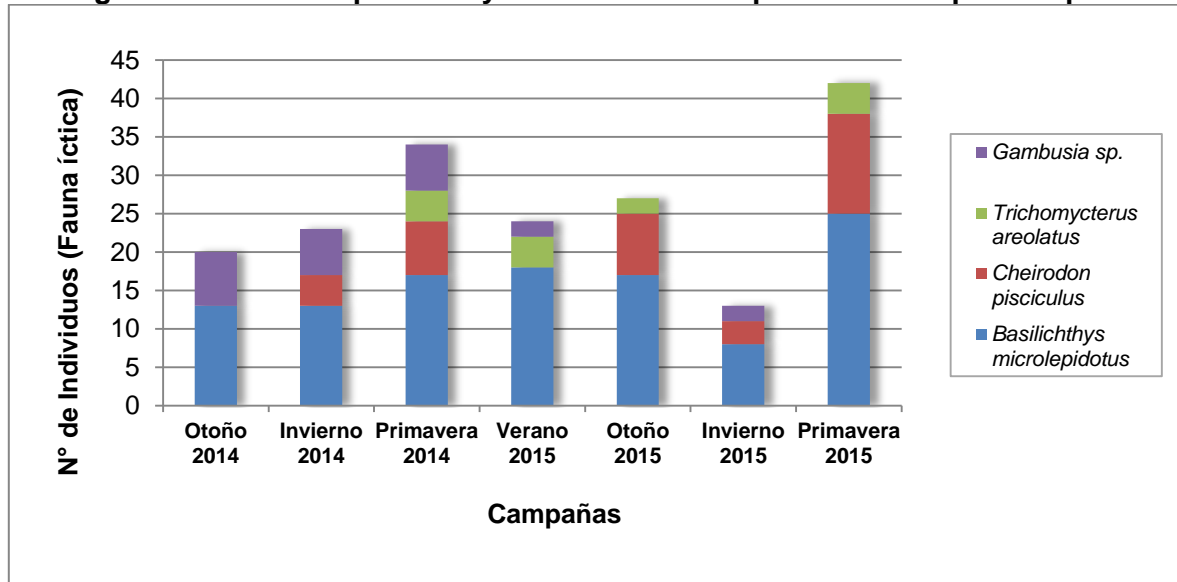
Fuente: JIA, 2016

En relación a la composición por campaña (Figura EAC-62), la campaña con mayor riqueza se detectó en primavera del 2014, con un total de 4 especies ícticas, mientras que la menor riqueza correspondió a la campaña de otoño del 2014, en donde se registraron sólo 2 especies ícticas.

Para la abundancia por campaña, el esfuerzo de captura determinó un máximo en primavera del 2015, con un valor de 42 ind./min, mientras que la abundancia mínima se registró en invierno del 2015, con un total de 13 ind./min (Figura EAC-62).

Cabe destacar que *Basilichthys microlepidotus* estableció la mayor dominancia del estudio, estando presente en todas las campañas realizadas en el periodo de otoño del 2014 a primavera del 2015.

**Figura EAC-62: Composición y abundancia de especies ícticas por campaña**



Fuente: JIA, 2016

En relación a la distribución espacial, los resultados reflejan que especies como *Basilichthys microlepidotus* y *Trichomycterus areolatus* se distribuyeron estrictamente en las aguas de escurrimiento permanente del estero Pupío (Tabla EAC-94), mientras que *Gambusia sp.* y *Cheirodon pisciculus* se distribuyeron en ambos esteros (Pupío y Conchalí), prefiriendo los sistemas de afloramiento subterráneo, las que destacan por su bajo caudal, velocidad de corriente y alto contenido de materia orgánica en sedimentos y columna de agua.

**Tabla EAC-94: Distribución espacial de especies ícticas presentes en el Área Punta Chungo - Pupío**

Especies ícticas	Estaciones				
	P-1	P-2	P-5	P-7	P-10
<i>Basilichthys microlepidotus</i>	x	x			
<i>Cheirodon pisciculus</i>			x		x
<i>Trichomycterus areolatus</i>	x	x			
<i>Gambusia sp.</i>				x	

Fuente: JIA, 2016

- *Factor de condición (Kc)*

Para el factor de condición (Kc), “bienestar o robustez” de los peces, es posible afirmar que el máximo valor promedio se detectó en la campaña de primavera 2014 con la especie *Cheirodon pisciculus*, alcanzando un índice de 1,61, mientras que el menor valor promedio registrado correspondió a la población de *Gambusia sp.* presente en la campaña de verano del 2015 (Tabla EAC-95).

**Tabla EAC-95: Variabilidad estacional del índice Kc (promedio) en la comunidad íctica del área de influencia<sup>8</sup>**

Campañas	Especies ícticas			
	<i>B. microlepidotus</i>	<i>C. pisciculus</i>	<i>T. areolatus</i>	<i>Gambusia. sp</i>
Otoño 2014	0,729	-	-	-
Invierno 2014	0,864	1,004	-	0,915
Primavera 2014	1,044	1,61	0,98	1,57
Verano 2015	0,79	-	0,73	0,33
Otoño 2015	0,71	0,98	0,78	-
Invierno 2015	0,935	0,7	-	0,84
Primavera 2015	0,85	0,967	0,88	-

Fuente: JIA, 2016

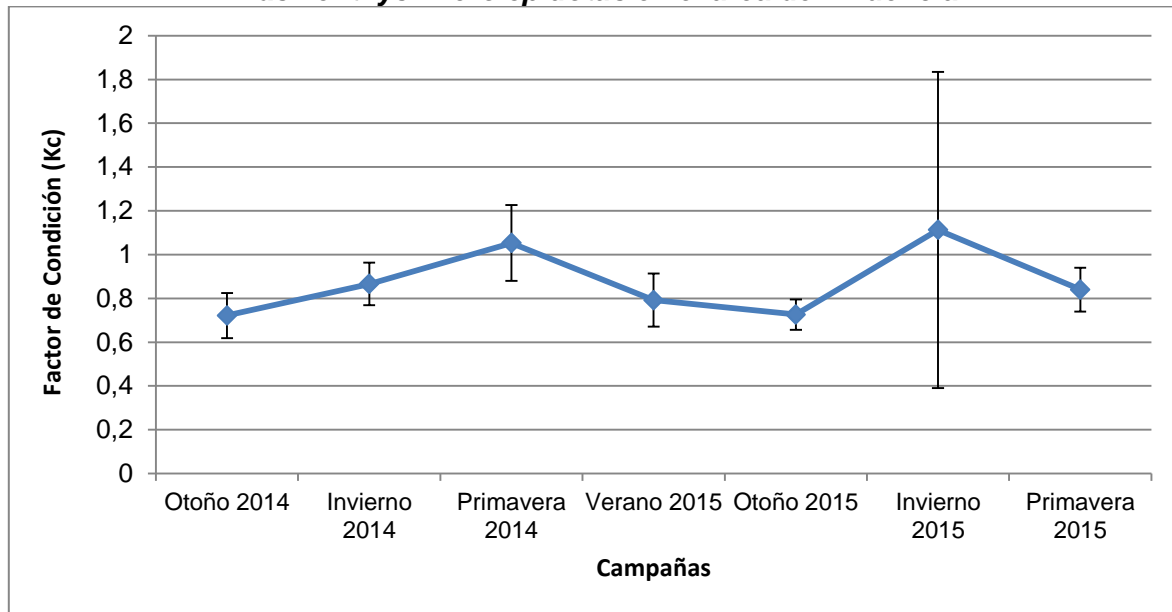
Todas las especies capturadas exhibieron variaciones interanuales de su estado de condición, detectándose un patrón de mayor bienestar en épocas de inicio de primavera (Tabla EAC-95), momento que podría estar asociado a las alzas de caudal (ver Figura EAC-45 y 46), los que propician una mayor disponibilidad de alimento desde las planicies de inundación (Cifuentes, 2012).

Este antecedente se ejemplifica claramente en *Basilichthys microlepidotus*, especie que obtuvo una mayor representatividad en el estudio, estando presente en todas las campañas y alcanzando máximos de Kc en los periodo comprendido entre fines de invierno y principios de primavera del 2014 y 2015 (Figura EAC-63), situación que puede estar dada además por un aumento del peso por la producción gamética en periodos reproductivos. En ese aspecto, autores como Comte & Vila (1987) señalan que la reproducción de *B. microlepidotus* se ha descrito entre los meses de agosto y enero, donde las hembras liberan sus huevos en forma de racimo, debido a los filamentos que cada uno posee y se pueden fijar a plantas acuáticas. En varios trabajos se concluye que estas especies tienen una reproducción prolongada y en algunos casos se ha constatado la existencia de desoves fraccionados, sugiriéndose un aumento de la fecundidad (Comte e Vila, 1987).

Siguiendo este argumento, el actual estudio detectó individuos de *B. microlepidotus* con valores del índice Kc superiores a 2, lo que señala una alta variabilidad del atributo peso, propia de periodos de alta producción gamética y que coincide con los hallazgos de desoves detectados en esta especie para la campaña de primavera 2015.

<sup>8</sup> Todos los índices de bienestar o robustez "Kc" fueron calculados considerando un valor constante de "3" para el coeficiente de crecimiento. Esto debido a las características de crecimiento isométrico que se acerca a las especies en estudio.

**Figura EAC-63: Variabilidad temporal del factor del condición (Kc) para la población de *Basilichthys microlepidotus* en el área de influencia**



Fuente: JIA, 2016

En cuanto a las especies restantes como *T. areolatus*, la actual línea de base no evidenció un claro patrón de variación en su factor de condición intra-anual (Tabla EAC-95), debido a su escasa representatividad en el área de influencia. Sin embargo, otros autores (Cifuentes, 2012; Habit, 2005) evidenciaron en zonas más australes del país variaciones intra-mes para esta especie. Es posible que estos niveles de variación intra-mes tan altos puedan ser explicados por la presencia de una segunda especie de tricomicterido coexistiendo en simpatria con *T. areolatus*, pero que no ha sido identificada anteriormente por su gran similitud morfológica.

En relación a *Cheirodon pisciculus* (pocha), éste a pesar de no evidenciar un patrón de variación de su factor de condición durante todas las campañas realizadas, es posible afirmar que los mayores valores promedio de Kc fueron registrados en periodos de finales de invierno y principios de primavera, capturando individuos de baja talla, la cual no sobrepasó los 37 mm de longitud caudal, lo que sugiere que todos individuos podrían pertenecer a una misma y reciente cohorte.

Si bien, no existen estudios especializados asociados al factor de condición en *Cheirodon pisciculus*, si existen estudios basados en *Cheirodon galusdae*, los cuales señalan para la zona sur dos máximos anuales, el primero entre primavera y verano asociado a la maduración de los especímenes grandes, seguido de un descenso en enero asociado al desove, y posteriormente otro incremento en Kc durante la época invernal (Cifuentes, 2012), lo que en parte podría ser compartido por los resultados de este estudio.

Finalmente para el caso de *Gambusia sp.*, sólo se obtuvieron datos parciales de su factor de condición.

Esta especie evidenció un patrón de aumento de su Kc en el periodo comprendido entre invierno – primavera de 2014, para exhibir un brusco descenso en verano el que podría estar asociado a la época de desove. Estudios realizados en poblaciones de *Gambusia holbrooki* por autores como Puigcerver (1992) señalan un rápido crecimiento individual de los machos entre junio a septiembre y un lento periodo de crecimiento individual para las nuevas cohortes desde noviembre a Febrero, lo que coincide parcialmente con los antecedentes expuestos por la presente línea de base.

En conclusión, las tres especies nativas capturadas durante el estudio presentan variaciones intra-anales de su factor de condición, encontrándose éstos dentro de un rango normal que definen un estado de bienestar o condición “buena” de acuerdo a estudios realizados anteriormente (Cifuentes, 2012)

- *Análisis estadístico de varianzas (ANOVA)*

Al someter los datos al análisis estadístico ANOVA, éste no encontró diferencias significativas dentro de la varianza de las medias de las observaciones de cada campaña ( $F=0,43$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,57$ ;  $p> 0,05$ ); lo que significa que a pesar de que la riqueza íctica mantiene oscilaciones temporales que van de 2 a 4 especies por campaña, los promedios de dichas abundancias y sus respectivas varianzas, no se ven afectadas significativamente cuando una especie “poco abundante”<sup>9</sup> como *Cheirodon pisciculus* o *Trichomycterus areolatus* no aparecen en el muestreo. De este modo, no se observan patrones estacionales (temporales) en la abundancia de las especies ícticas capturadas en el estudio.

- *Índices Ecológicos de diversidad*

Cabe destacar que debido a la baja riqueza de la fauna íctica del área de influencia (monoespecífica o biespecífica), no fue posible el cálculo de índices de diversidad para todas las campañas, de manera que dicho análisis fue descartado de la presente línea de base debido a que no resultó ser una herramienta adecuada para medir la evolución de las comunidades en el tiempo.

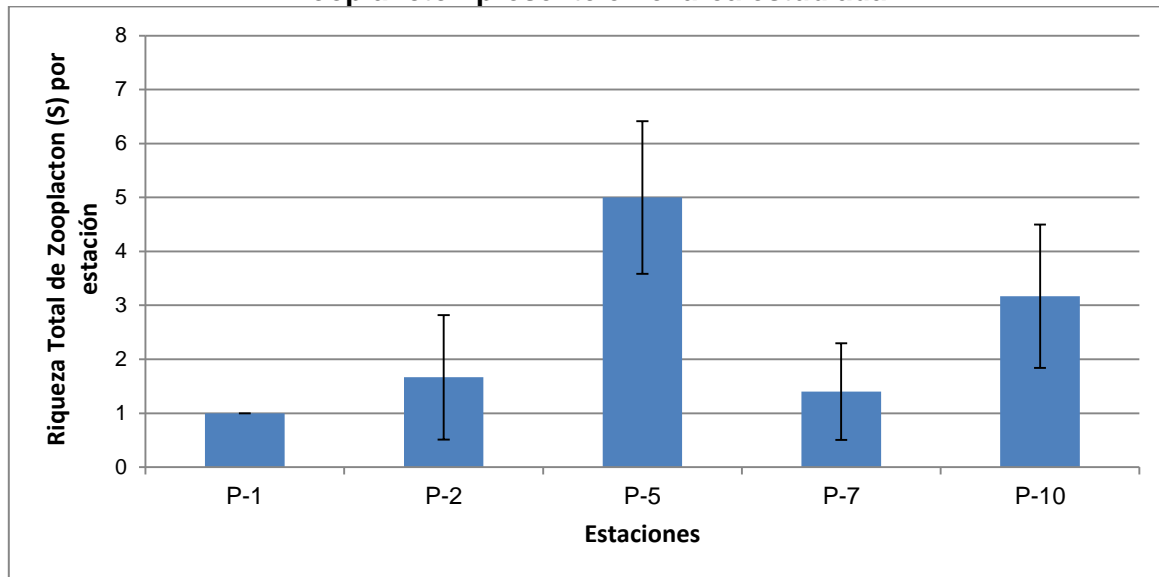
- *Zooplankton*

De acuerdo con los resultados exhibidos, la comunidad de zooplancteres del Área Punta Chungo - Pupío se compone principalmente por 4 grupos: protozoos, copépodos, cladóceros y rotíferos, los que a su vez presentaron una baja composición específica y abundancia durante todo el periodo de estudio.

De acuerdo con esta afirmación, el análisis ANOVA no determinó diferencias entre las medias de su riqueza entre campañas (análisis temporal) realizadas ( $F=0,36$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,99$ ;  $p>0,05$ ), sin embargo, un análisis espacial concluyó diferencias significativas entre las medias de este atributo ( $F=6,16$ ;  $F_{\text{Crítico}}=3,11$ ;  $p<0,05$ ), lo que se traduce en que la variabilidad de la riqueza del zooplankton está explicada por las diferencias de cada estación (Figura EAC-64).

<sup>9</sup> Ponderación referencial tomando en consideración las especies con abundancias de los extremos (*B. microlepidotus* y *Gambusia sp.*)

**Figura EAC-64: Variabilidad espacial de la riqueza (por estación) en la comunidad de zooplancton presente en el área estudiada**

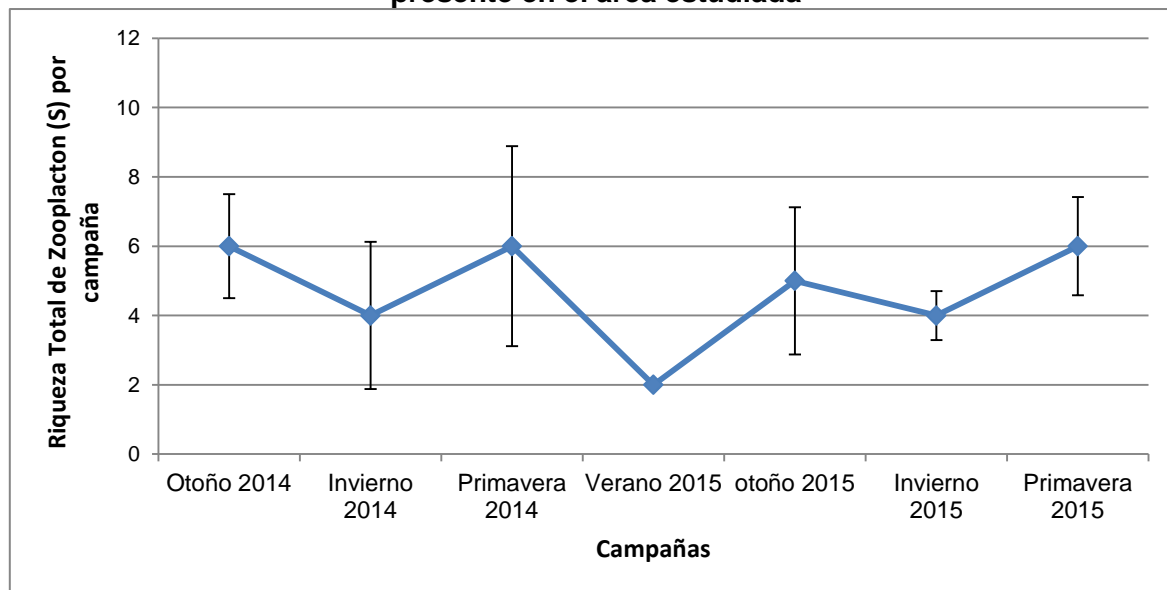


Fuente: JIA, 2016

En la gráfica, la estación P-5 registra el mayor valor de riqueza total por estación durante primavera del 2014. Esto se debe principalmente a la aparición del orden Branchiopoda, el cual en primera instancia estuvo ausente del muestreo, y que a partir de este periodo se integra con 4 especies, representando el 67% de las taxa presentes en la comunidad.

A continuación, la Figura EAC-65 presenta la riqueza total por campaña con su respectiva desviación estándar.

**Figura EAC-65: Variabilidad temporal de la riqueza en la comunidad de zooplancton presente en el área estudiada**



Fuente: JIA, 2016

Los estudios en el ensamble zooplanctónico realizados en grandes ríos sudamericanos no establecen patrones claros de fenología en cuanto a riqueza, sin embargo reconocen que las variaciones de la riqueza inter-potamofases dependerán del nivel de conectividad hidrológica que puede ser variable por la duración o intensidad del pulso de inundación y aún por sus atributos geomorfológicos de la sección del río (Paggi, 20014). En este contexto, la variabilidad en la riqueza de las distintas estaciones estudiadas se acopla a esta hipótesis, considerando que cada estación presenta características geomorfológicas e hídricas de distinta naturaleza o composición (escurrimientos superficiales permanentes, afloramientos subterráneos, esteros costeros con influencia salina, etc.)

Para el caso de la abundancia, el test estadísticos ANOVA no determinó diferencias significas de las varianzas de sus medias entre campañas ( $F=0,6$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,99$ ;  $p>0,05$ ), así como tampoco estableció diferencias significativas de las varianzas de sus medias entre estaciones (espacial), aunque este último resultado arrojó un valor “p” cercano al grado de confianza designado para tal análisis. Esto se basa en que la estación P-5 es la única estación que mantiene una varianza distinta al resto de las estaciones, producto del registro de un aumento excesivo de la abundancia del cladóceros *Chydorus sphaericus* en primavera del 2014, tal como lo señala la tabla EAC-96.

**Tabla EAC-96: N° de observaciones, promedio y varianza en la abundancia zooplanctónica por estación en el Área Punta Chungo - Pupío**

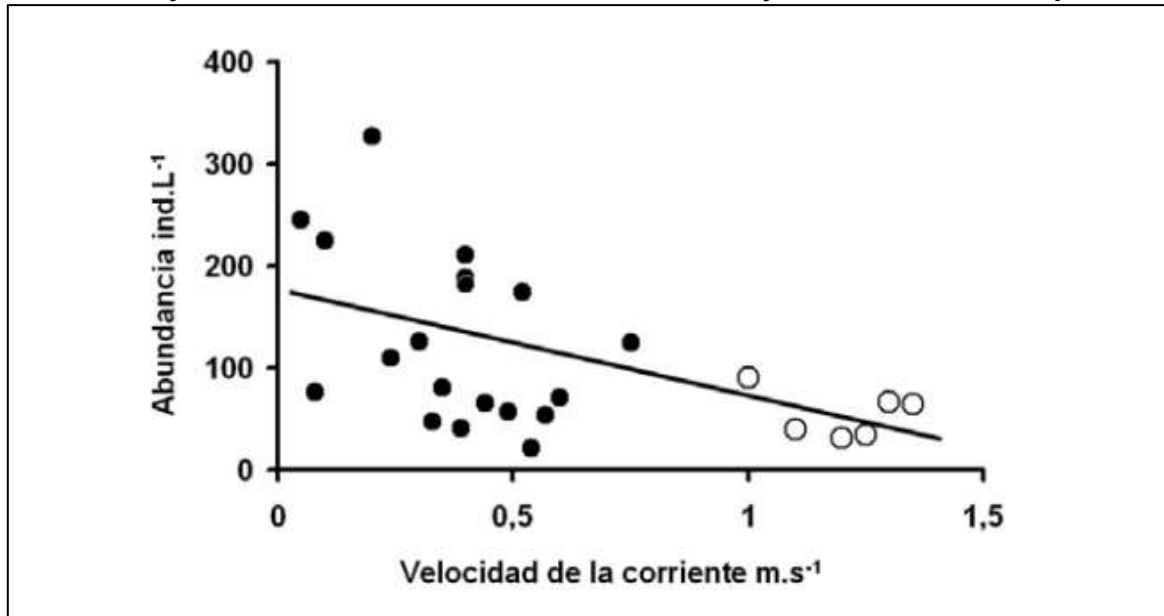
Estaciones	N° de observaciones	Promedio	Varianza
P-1	3	0,37	0,30
P-2	3	0,06	0,002
P-5	2	2,47	9,95
P-7	5	0,17	0,006
P-10	6	0,39	0,055

Fuente: JIA, 2016

La abundancia y biomasa tienen una relación inversa con el nivel hidrométrico, por lo que las mayores concentraciones de organismos se registran en periodos de aguas bajas o con un mayor tiempo de residencia del agua y generalmente se acompañan de condiciones físicas menos rigurosas de acuerdo a Tockner *et al.* (2010).

Asimismo, la velocidad de corriente está íntimamente involucrada con el tiempo de residencia del agua en un tramo determinado en cauces secundarios o tributarios con menor caudal, velocidad de corriente comparativamente más baja u mayor tiempo de residencia del agua, la abundancia del zooplancton es mayor (Paggi, 2014; figura EAC-66)

**Figura EAC-66: Relación entre velocidad de corriente y densidad de zooplancton. Datos de varias estaciones de muestreo en el canal principal (círculos vacíos) cauces tributarios y secundarios del Paraná Medio, tramo Goya–Diamante.  $r=0,55$   $p=0,004$**



Fuente: Extraído de Paggi, 2014

Esta situación es compleja de analizar con los datos recopilados, debido a que el área de estudio corresponde a un tramo corto, asociado a aguas someras y que no presenta zonas ritrónicas. Sin embargo, existe una ligera tendencia que apunta a que las estaciones de escurrimientos superficial permanente (P-1 y P-2) presentan menores valores de riqueza y abundancia (Figura EAC-64; Tabla EAC-96), que aquellos cuya velocidad de caudal se acerca a cero ( $V=0$  l/s), lo que concuerda con las observaciones del autor.

#### 6.1.5.3.2 Macroinvertebrados bentónicos

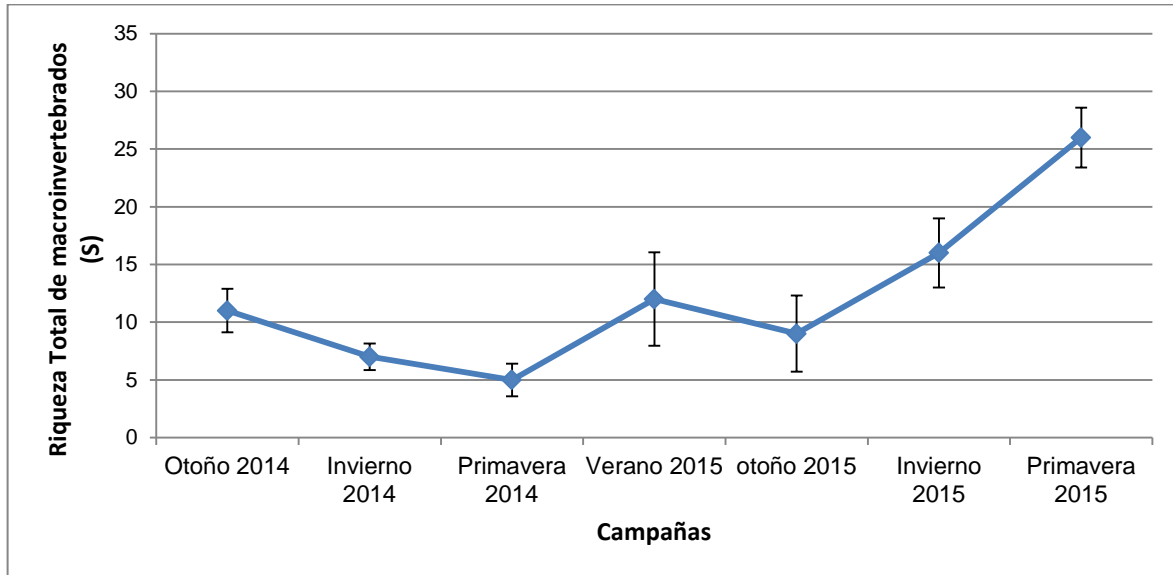
- *Atributos ecológicos*

Los resultados obtenidos a través del análisis de las muestras y sus correspondientes réplicas, determinó para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos una riqueza máxima de 16 taxa en la estación P-2 para la campaña de primavera 2015, y un mínimo de 1 taxón en P-7 para otoño del año 2015 (Tabla EAC-85 y Tabla EAC-61 respectivamente).

De acuerdo al análisis estadístico ANOVA, éste no encontró diferencias significativas dentro de la varianza de las medias de las observaciones de cada estación ( $F=1,87$ ;  $F_{Crítico}=2,81$ ;  $p>0,05$ ); mientras que un análisis por campañas si encontró que las diferencias entre sus medias eran significativas ( $F=6,85$ ;  $F_{Crítico}=2,59$ ;  $p<0,05$ ), lo que se traduce en que la comunidad de macroinvertebrados no difiere entre una estación y otra en relación a su riqueza, sin embargo está sometida a altas oscilaciones de este atributo en el tiempo, las que tendieron a presentar una disminución desde octubre del 2014 a primavera del 2014; y una fuerte recuperación desde primavera del 2014 a primavera del 2015 (Figura EAC-67).



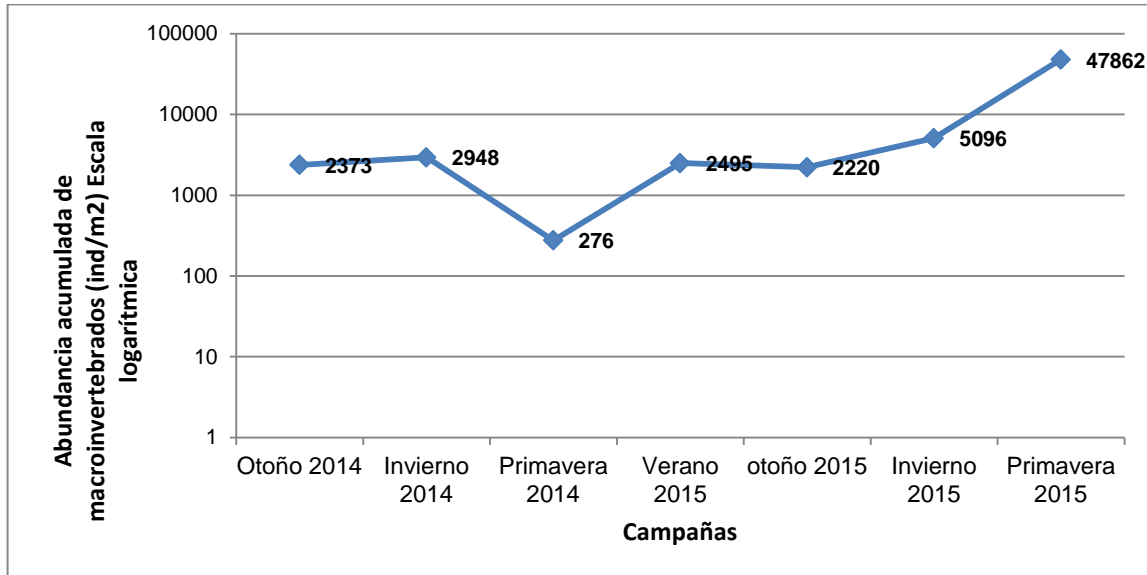
**Figura EAC-67: Variación temporal de la riqueza para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el área estudiada**



Fuente: JIA, 2016

Para el caso de la abundancia acumulada por campaña, ésta ha mantenido valores constantes desde otoño 2014 a otoño 2015, exceptuando la campaña de primavera del 2014, en donde se detectó una disminución de este atributo de un orden de magnitud, alcanzando su valor mínimo de 276 ind/m<sup>2</sup>. Para la campaña de invierno de 2015, la abundancia se duplica y finalmente en primavera del mismo año aumentó hasta alcanzar un orden de magnitud (Figura EAC-68).

**Figura EAC-68: Variación temporal de la abundancia acumulada para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en el área estudiada**



Fuente: JIA, 2016

- *Índice biótico ChIBF*

Para determinar el estado y variabilidad temporal de la calidad ambiental (y sus aguas) del área de estudio se realizó el cálculo del índice biótico de buena familia ChIBF, el que vincula la presencia/ausencia de familias con el grado de tolerancia o sensibilidad a ambientes perturbados (Figuroa *et al.*, 2003).

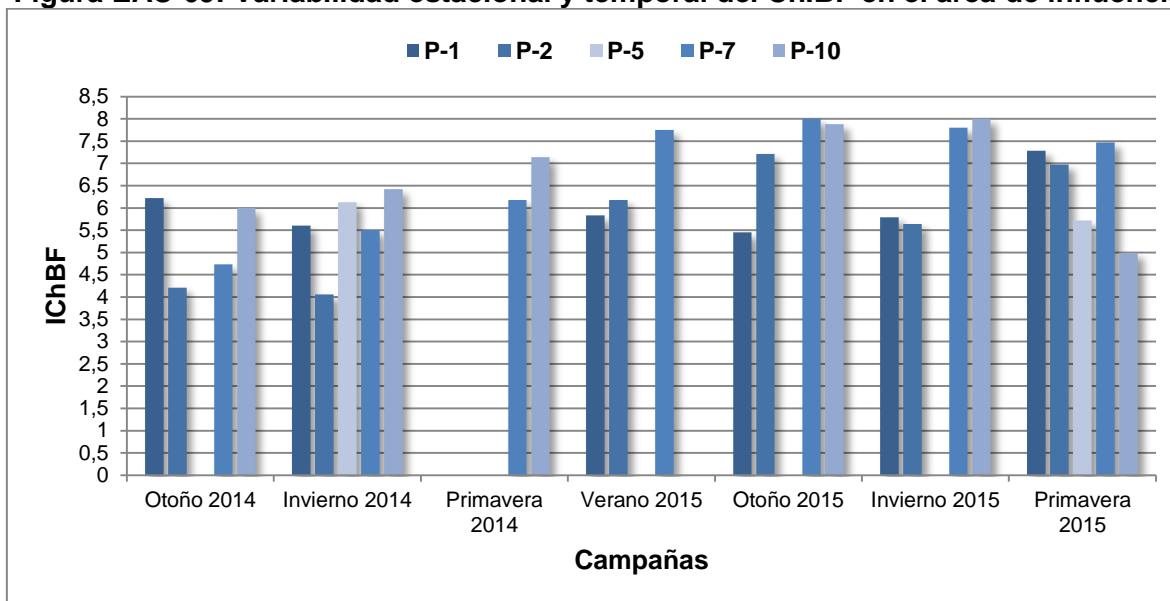
Basados en la escala de Figuroa (2007; Tabla EAC- 97) se realizó el cálculo del índice por estación y por campaña, los que se expresan en las figura EAC-69 y figura EAC-70.

**Tabla EAC-97: Rangos y características ambientales del ChIBF**

ChIBF	
Rangos	Características ambientales
0,03 - 3,75	Muy bueno, no perturbado
3,76 - 4,63	Bueno, moderadamente perturbado
4,64 - 6,12	Regular, perturbado
6,13 - 7,25	Malo, muy perturbado
7,26 - 10	Muy malo, fuertemente perturbado

Fuente: Figuroa (2007)

**Figura EAC-69: Variabilidad estacional y temporal del ChIBF en el área de influencia**



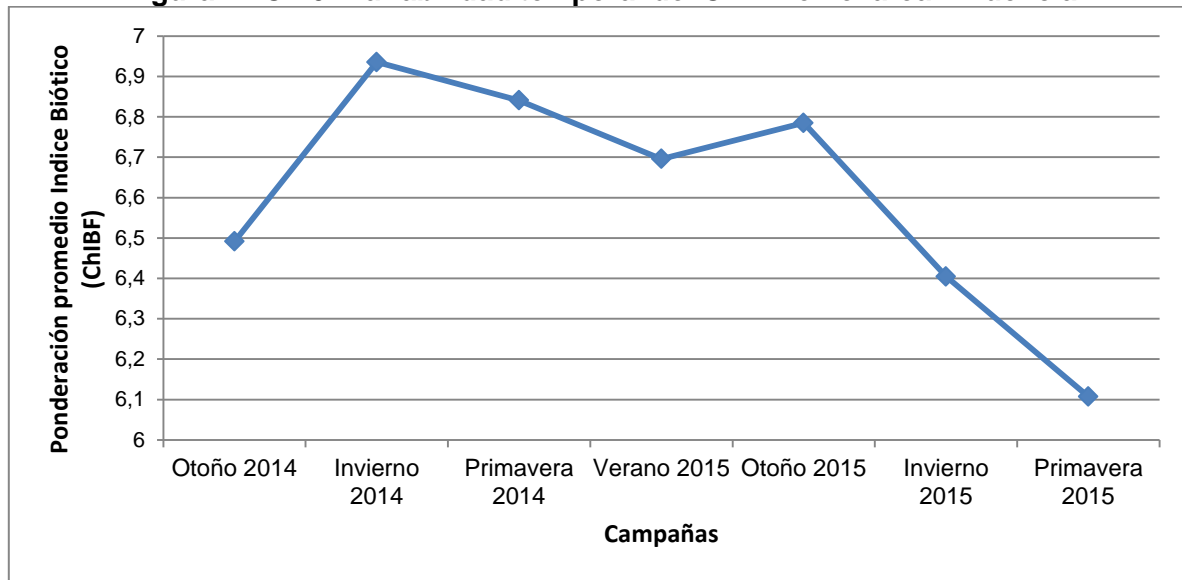
Fuente: JIA, 2016

La gráfica expresa que en general el índice ambiental se encuentra dentro de un rango bajo 6,12 durante el periodo comprendido entre otoño 2014 a invierno 2014 (regular, perturbado) y desde primavera 2014 a primavera 2015 alcanza valores sobre 7 (malo o muy malo), preferentemente en estaciones de escurrimiento subterráneo e influencia salina, a excepción de primavera del 2015, en donde los mayores valores del índice se encuentran en las estaciones de escurrimiento superficial permanente.

En términos generales los ambientes estudiados presentan escasa perturbación antrópica, sin embargo, registran valores de baja calidad ambiental. En este sentido Figueroa (2007) señala que al comparar índices bióticos, el ChIBF resulta ser el que siempre expresa peores clases de calidad, mostrándose más exigente o más sensible a perturbaciones no detectadas por otros Índices Bióticos como podría ser un efecto mecánico o eventuales entradas de plaguicidas.

En contexto con estas perturbaciones, los resultados expuestos se acoplan temporalmente al efecto de los eventos pluviométricos de otoño- invierno 2015, en donde el aumento de caudal, transporte de sólidos, variaciones en la concentración de nutrientes y aumento de conductividad eléctrica podrían haber ejercido una presión selectiva en las familias de menor tolerancia o plasticidad.

**Figura EAC-70: Variabilidad temporal del ChIBF en el área influencia**



Fuente: JIA, 2016

Al igual que los resultados por estación, el cálculo del índice ChIBF por campaña muestra un patrón de disminución a partir de otoño del 2015, hasta llegar a primavera 2015 en donde alcanza su mejor ponderación (Figura EAC-70).

Si vinculamos riqueza, abundancia y comportamiento del ChIBF en el tiempo, podemos concluir que el sistema presenta escasa variabilidad temporal, la cual está sujeta a modificarse sólo bajo eventos de alto impacto (como las lluvias de invierno 2015 señaladas anteriormente) los que para este caso produjeron una oportunidad importante para la comunidad de macroinvertebrados en su desarrollo, permitiendo ampliar sus atributos ecológicos (más familias y mayor número de individuos por familias) en un ambiente renovado y con mejores condiciones bióticas y físico-químicas.

Cabe destacar que a diferencia de otros índices bióticos (p.e ChIBE, ChBMWP y ChSIGNAL<sup>10</sup>) el ChIBF presenta una alta correlación con el índice de diversidad (H'), el cual ha sido tradicionalmente usado como indicador de calidad ambiental (Margalef, 1983). De modo que la aparición de uno o pocos individuos de una familia de baja tolerancia en un ambiente perturbado, no necesariamente lo califica de buena calidad y la suma de valores de tolerancia o la sola presencia de familias no serían buenos indicadores de la salud del sistema (Tiller & Metzelling 2002). El ChIBF considera este concepto al tener un carácter cuantitativo, cuando incorpora la razón entre la tolerancia y el total de las familias encontradas, factor que permitiría absorber el error de los muestreos cualitativos (Cao *et al.* 1997, Figueroa *et al.* 2005).

<sup>10</sup> Stream Invertebrates Grade Number-Average Level, Chessman 1995, 2003, Tiller & Metzelling 2002)

### 6.1.5.3.3 Fitoplancton

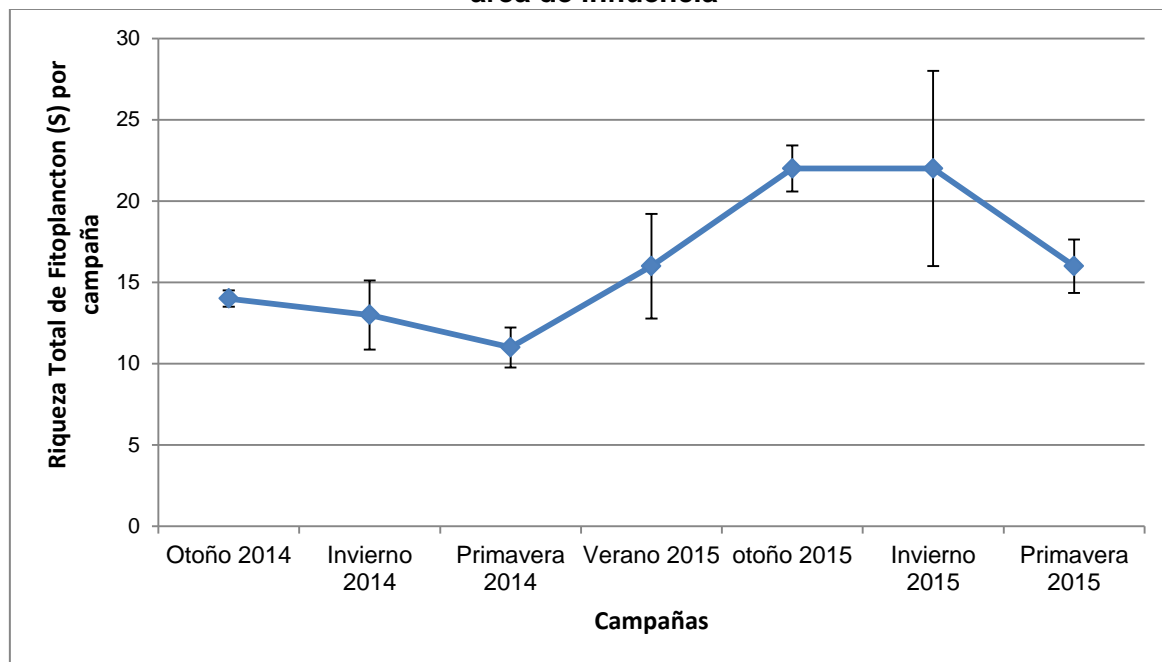
- *Riqueza*

De acuerdo con los resultados la riqueza total expresó durante el desarrollo de las campañas 2014-2015 un valor máximo de 22 especies para otoño e invierno 2014, y un valor mínimo de 11 especies en primavera del 2014 (Figura EAC-71).

La herramienta estadística ANOVA a su vez no determinó diferencias significativas entre las varianzas de las medias al compararse estacionalmente ( $F=0,68$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,77$ ;  $p>0,05$ ), sin embargo al aplicar el test estadístico en la data temporal, éste sí determinó diferencias significativas entre las varianzas de sus promedios ( $F=3,54$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,54$ ;  $p<0,05$ ).

La gráfica muestra además que las variaciones coinciden con los intensos periodos de pluviosidad de agosto del 2015, y que dicho atributo (riqueza) tiende a la autorregulación para la estacionalidad siguiente (primavera 2015). Esta situación sugiere que la variabilidad de la riqueza en la comunidad fitoplanctónica de los esteros Pupío y Conchalí está condicionada (entre otros aspectos) por perturbaciones no habituales, las que presentan una alta incidencia en la columna.

**Figura EAC-71: Variabilidad temporal de la riqueza en la comunidad fitoplanctónica del área de influencia**



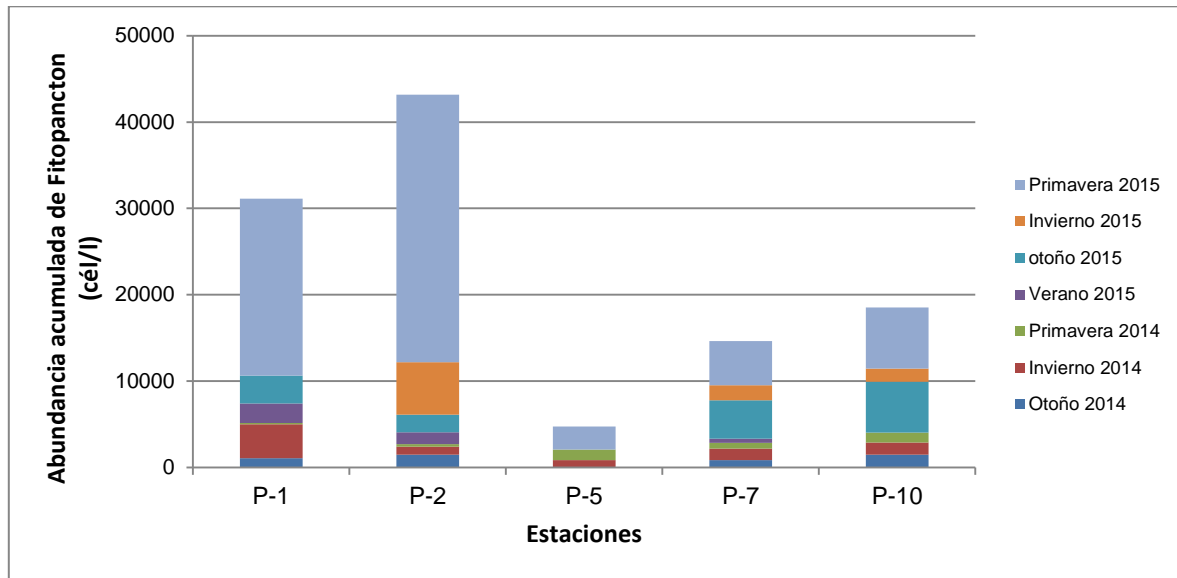
Fuente: JIA, 2016

- *Abundancia*

En términos espaciales la data se presentó altamente homogénea, con un patrón claro, en donde las estaciones de escurrimiento permanente registraron los valores más altos, los que superaron hasta en un orden de magnitud el registro de la estación más baja ( $P-2>41.000$  ind/l;  $P-5<5.000$  ind/l; figura EAC-72). Al someter los datos al análisis estadístico ANOVA,

éste no determinó diferencias significativas entre las varianzas de las medias de las observaciones de cada estación, descartando que la variabilidad de las abundancias sea explicada por las diferencias de cada hábitat (espacial).

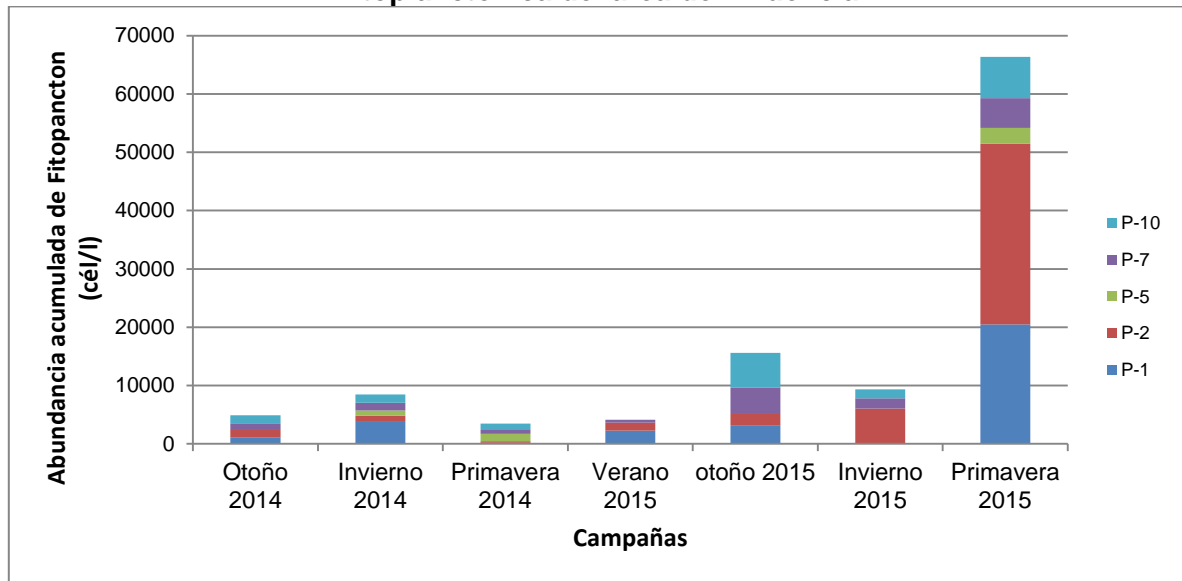
**Figura EAC-72: Variabilidad espacial de la abundancia en la comunidad fitoplanctónica del área de influencia**



Fuente: JIA, 2016

Por otra parte, al comparar la data de abundancia a escala temporal es posible apreciar que las campañas presentaron valores de “n” similares desde otoño 2014 a invierno 2015 (5.000 a 15.000 ind/l), momento en que dicho atributo se incrementa hacia valores de hasta un orden de magnitud (66.000 ind/l; Figura EAC-73). Consecuentemente, la aplicación del test estadístico ANOVA determinó diferencias estadísticas significativas entre las varianzas de sus medias, lo que sugiere que la variabilidad de la abundancia (del mismo modo que la riqueza) de la comunidad productora primaria planctónica de los esteros Pupío y Conchalí se relaciona directa y mayoritariamente con perturbaciones ambientales.

**Figura EAC-73: Variabilidad temporal de la abundancia en la comunidad fitoplanctónica del área de influencia**



Fuente: JIA, 2016

Bajo este contexto el alcance, duración e intensidad de la perturbación que presentó una crecida extraordinaria en invierno del 2015 modificó en forma concluyente la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de las estaciones estudiadas en el Área Punta Chungo - Pupío hacia valores atípicos, los que no representarían una situación habitual para los ciclos hidrológicos de mayor regularidad. En consecuencia, el escenario ambiental post-evento pluvial (primavera 2015) exhibe una mayor capacidad autogénica por parte de los productores primarios de la columna, situación que podría estar condicionada por una mayor disponibilidad de nutrientes por el efecto de procesos de lixiviación. En este caso podría estar ocurriendo que el aporte de nutrientes por el lavado de suelos sea mayor que el efecto de dilución generado por las lluvias.

Los nutrientes (N y P) actuarían como el factor limitante de crecimiento poblacional, descartando en primera instancia la intensidad lumínica y temperatura.

Cabe destacar que en las cinco estaciones en estudio se observó un claro dominio de diatomeas, patrón importante dado que éstas especies son uno de los principales grupos de organismos en sistemas acuáticos, haciéndolos excelentes bio-indicadores dada su alta sensibilidad a cambios en condiciones ambientales (Luis *et al.*, 2012)

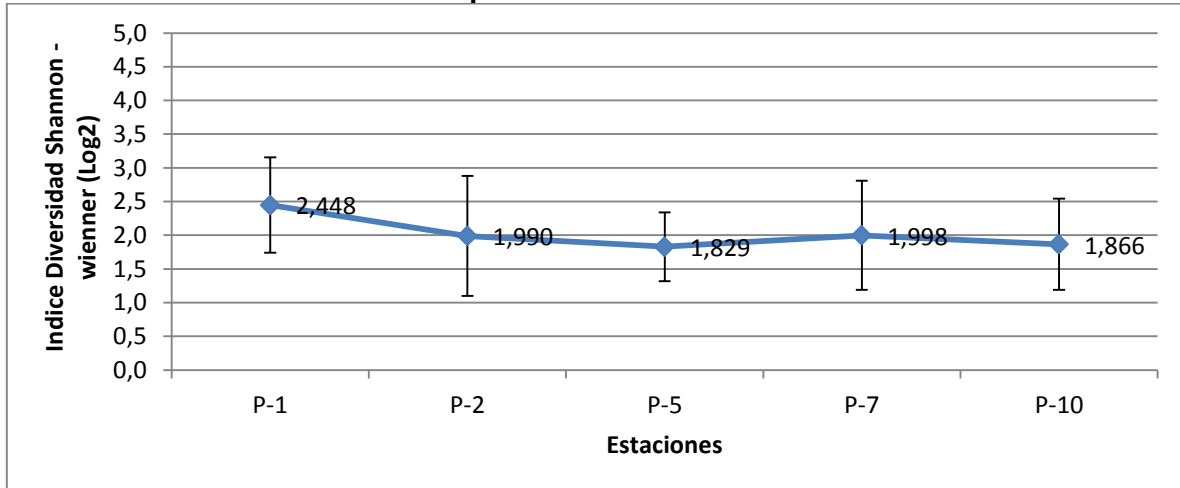
- *Índice de Biodiversidad: Shannon-Wiener*

El cálculo del índice de biodiversidad de Shannon-Wiener determinó que la comunidad de productores primarios planctónicos en estudio se encuentra en promedio dentro del rango de 1,6 bits  $\text{cél}^{-1}$  a 3 bits  $\text{cél}^{-1}$ , indicando una diversidad mediana.

El análisis estadístico ANOVA aplicado a escala espacial ( $F=0,65$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,77$ ;  $p>0,05$ ; figura EAC-74) y temporal ( $F=1,8$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,54$ ;  $p>0,05$ , figura EAC-75) no detectó diferencias significativas entre las varianzas de sus medias, lo que sugiere que a pesar de haber

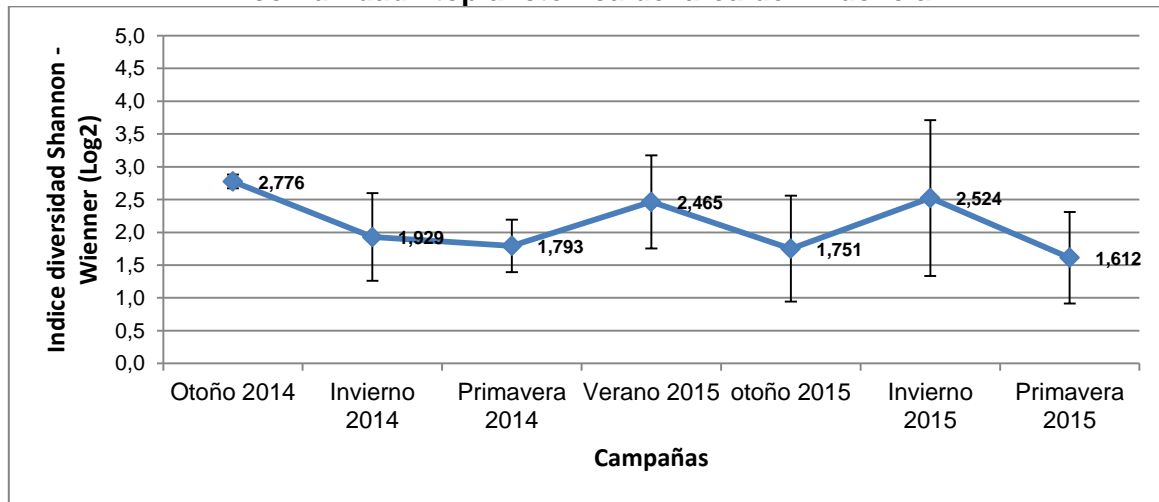
cambios significativos en los atributos de riqueza y abundancia de este grupo, su diversidad se mantuvo constante en el tiempo/espacio.

**Figura EAC-74: Variabilidad espacial de índice de diversidad Shannon – Wiener en la comunidad fitoplanctónica del área de influencia**



Fuente: JIA, 2016

**Figura EAC-75: Variabilidad temporal de índice de diversidad Shannon – Wiener en la comunidad fitoplanctónica del área de influencia**



Fuente: JIA, 2016

#### 6.1.5.3.4 Fitobentos

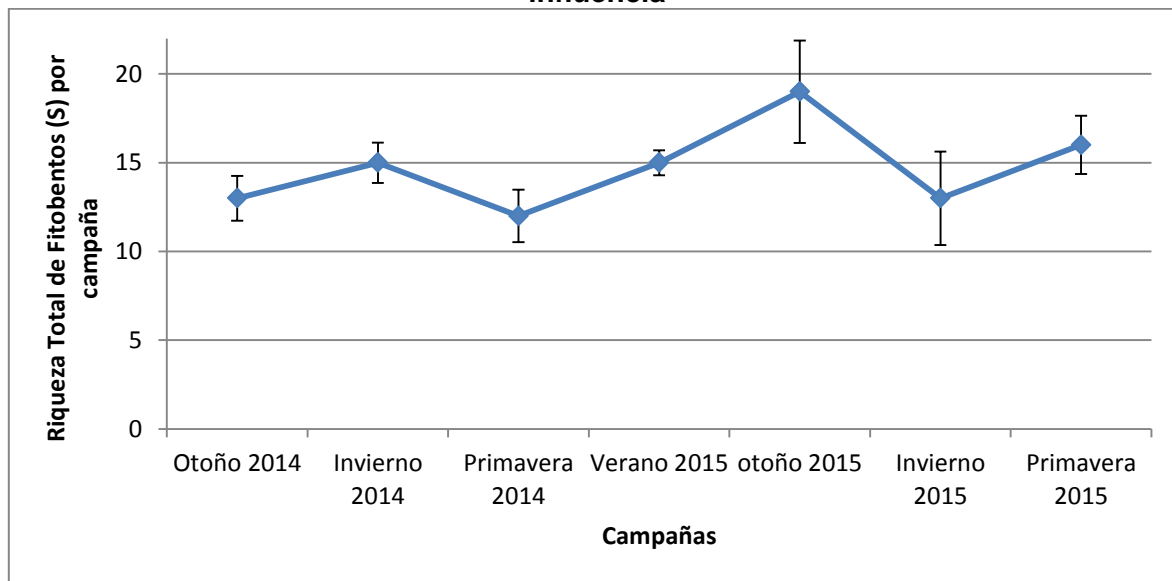
- *Riqueza*

La comunidad fitobentónica fue ampliamente representada durante el transcurso de las campañas. Es así como el atributo riqueza varió en un rango entre 12 especies (primavera 2014) y 19 especies (otoño 2015; Figura EAC-76).



La aplicación del test estadístico ANOVA por su parte no determinó diferencias significativas entre las varianzas de las medias entre campañas ( $F=2,04$ ;  $F_{Crítico}=2,77$   $p>0,05$ ), así como tampoco entre estaciones de muestreo ( $F=1,39$ ;  $F_{Crítico}=2,77$   $p>0,05$ ), lo que se traduce en que no existe una fuerte incidencia del factor temporal ni espacial en las variaciones de este atributo en la comunidad fitobentónica.

**Figura EAC-76: Variabilidad temporal de la riqueza total de fitobentos en el área de influencia**



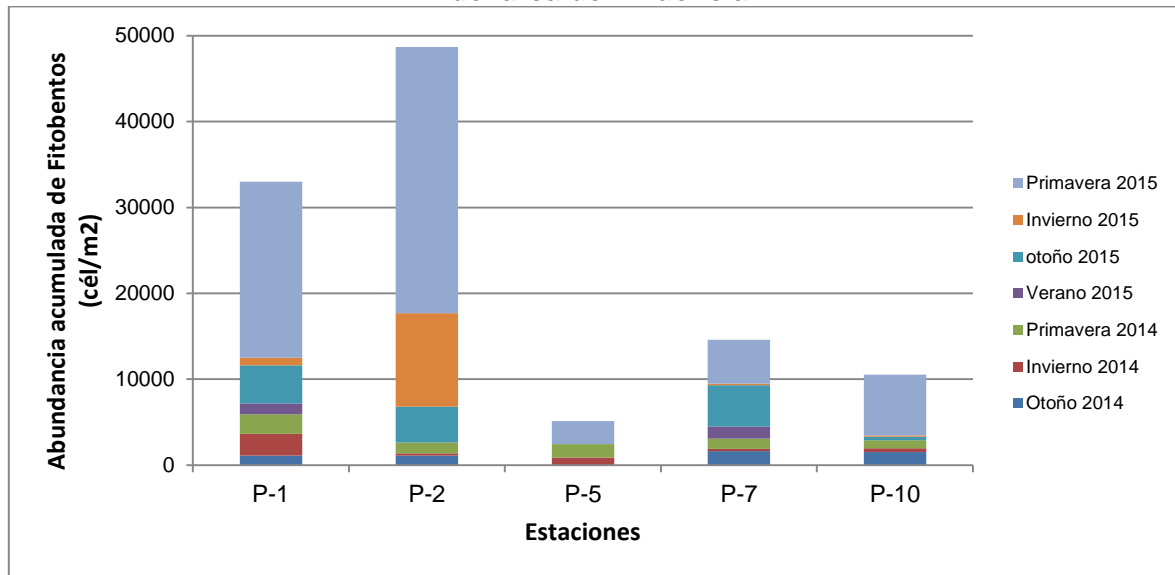
Fuente: JIA, 2016

- *Abundancia*

Por su parte la abundancia si bien presentó una alta variabilidad espacial, el test estadístico ANOVA no determinó diferencias entre las varianzas de sus medias ( $F=1,236$ ;  $F_{Crítico}=2,68$   $p>0,05$ ), indicando que la variabilidad inter estaciones no resulta significativa, por lo que las comunidades fitobentónicas en los distintos puntos de muestreo no difieren en cuanto a número (Figura EAC-77).

La figura refleja además una mayor abundancia en las estaciones de escurrimiento superficial permanente (P-1 y P-2), mientras que el resto de las estaciones (afloramientos subterráneos y esteros intermitentes de influencia salina) presentaron abundancias acumuladas que no superaron el rango de 20.000 cél/m<sup>2</sup>. Esta razón esta dada principalmente a las escasas observaciones de estaciones como P-5 (3 prospecciones en las 7 campañas realizadas) y en mayor grado por efecto de la primavera del 2015, que exhibió valores de abundancias por sobre el promedio.

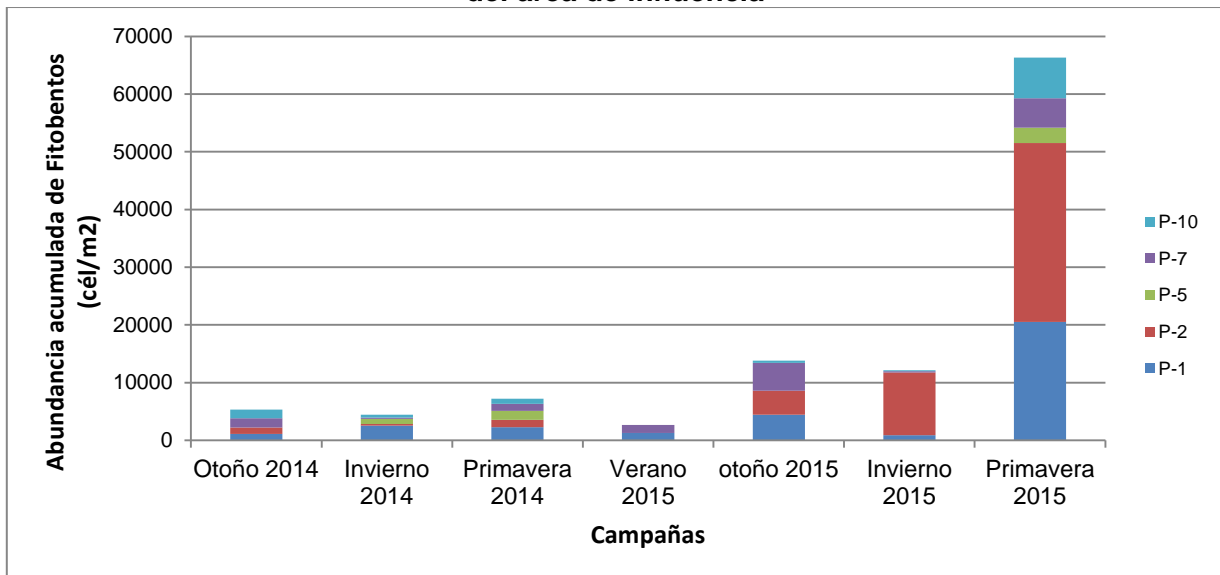
**Figura EAC-77: Variabilidad espacial de la abundancia en la comunidad fitobentónica del área de influencia**



Fuente: JIA, 2016

Para la variabilidad temporal se sometieron nuevamente los datos al análisis estadístico ANOVA, encontrando éstas diferencias significativas dentro de la varianza de las medias de las observaciones de cada campaña ( $F=4,04$ ;  $F_{\text{Crítico}}=2,44$ ;  $p < 0,05$ ); lo que significa que a lo menos una de las 7 campañas mantiene valores estadísticamente distintos de abundancia, razón que se expresa en la figura EAC-78, en donde la campaña de primavera 2015 supera ampliamente los valores del resto de las campañas en el área estudiada (valores hasta 7 veces más altos).

**Figura EAC-78: Variabilidad temporal de la abundancia en la comunidad fitobentónica del área de influencia**

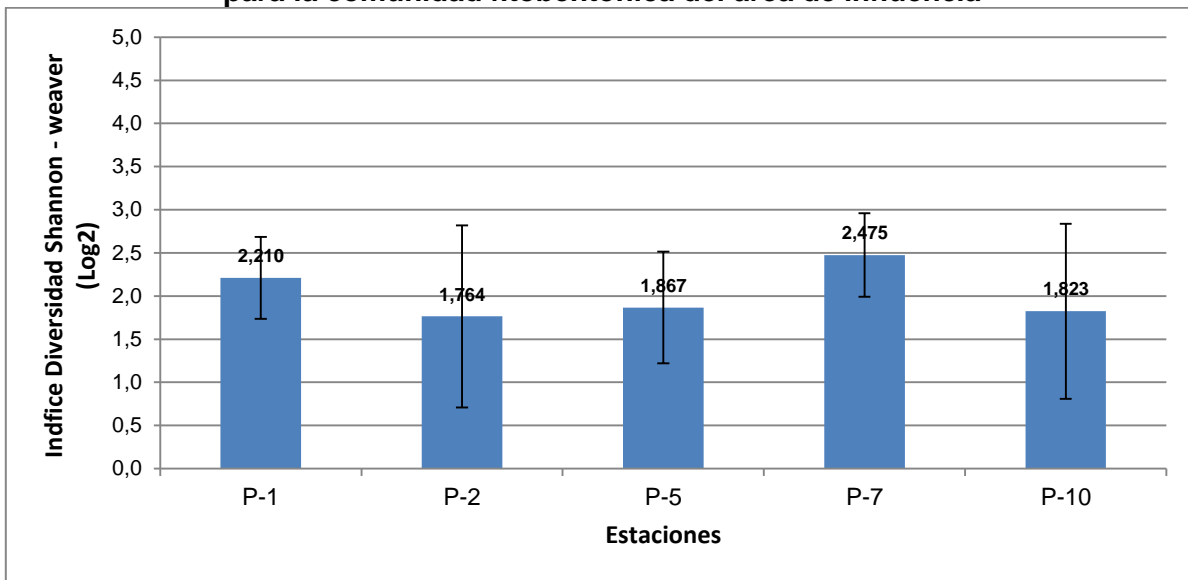


Fuente: JIA, 2016

- *Índices de Biodiversidad: Shannon Wiener*

De acuerdo con el índice de diversidad y términos espaciales el área de influencia presentó valores altamente homogéneos con una desviación estándar media, lo que se traduce en que el factor espacial no es determinante en la variabilidad de este atributo (Figura EAC-79)

**Figura EAC-79: Variabilidad espacial del índice de biodiversidad (Shannon –Wiener) para la comunidad fitobentónica del área de influencia**



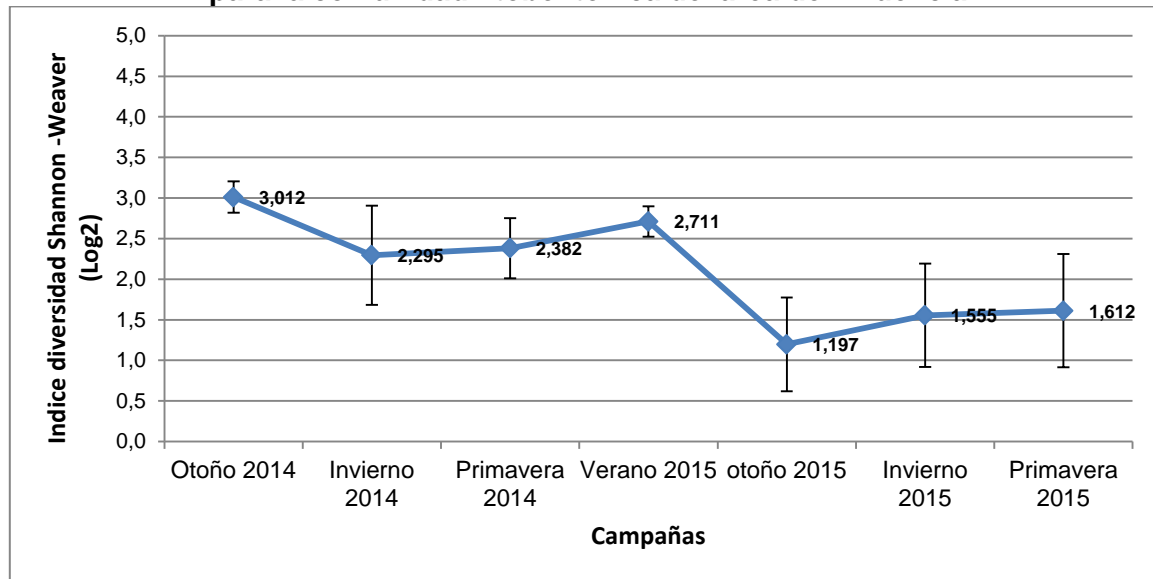
Fuente: JIA, 2016

Por otra parte, la expresión temporal (Figura EAC-80) sí mantuvo un comportamiento variable, registrándose altos valores de diversidad desde otoño 2014 a verano 2015, momento en donde los valores decayeron hasta exhibir su expresión mínima en otoño 2015. A partir de este periodo la diversidad incrementó hasta alcanzar los 1,612 bits cél<sup>-1</sup>, no recuperándose a los niveles iniciales del muestreo.

De acuerdo con la escala de cuantificación de la biodiversidad de Shannon – Wiener, todos los valores promedio para la variabilidad temporal se encuentran en el rango de diversidad medio o mediano.

El índice de diversidad de Shannon- Wiener es considerado un buen indicador del impacto que ejerce el ambiente sobre las diatomeas (Calizaya-Anco *et al.*, 2013), ya que responden rápida y sensiblemente a cambios físicos, químicos y biológicos que se producen en su entorno. Además, su amplia distribución, su fácil recolección y preservación, las hace aptas para cualquier posible revisión taxonómica (López *et al.*, 2011). Esta relación sugiere en una primera aproximación que las estaciones presentan el mismo nivel de intervención antrópica, lo que indica que las variaciones en el índice de diversidad observadas a escala temporal son producto de cambios no habituales en las variables físico-químicas del ambiente, las que coinciden al igual que otros ensambles estudiados con los eventos pluviométricos acontecidos precisamente en el periodo comprendido entre otoño 2015 e invierno 2015 (Figura EAC-80).

**Figura EAC-80: Variabilidad temporal del índice de biodiversidad (Shannon –Weaver) para la comunidad fitobentónica del área de influencia**



Fuente: JIA, 2016

En términos generales, las algas bentónicas tienen altas tasas de renovación y poseen estrategias vitales oportunistas que les permiten explotar con éxito diversos hábitats (Biggs, 1996), situación que se refleja en el comportamiento del ensamble durante periodos de sequía y alto caudal en el área de influencia.

#### 6.1.5.3.5 Macrófitas

- *Composición y origen fitogeográfico*

El resultado de las campañas realizadas desde octubre del 2014 a primavera del 2015 sobre el Área Punta Chungo - Pupío arrojó un total de 15 especies de macrófitas de las cuales 13 correspondieron a plantas vasculares y 2 a microalgas (cianobacterias) coloniales (*Cladophora* sp. y *Nostoc* sp.).

A continuación se detalla cada especie con su respectivo origen.

**Tabla EAC-98: Riqueza de especies Macrófitas del área de influencia**

Nombre científico	Nombre Común	Origen
<i>Ranunculus aquatilis</i>	Ranúnculo acuático	Introducida
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	Muñequita de agua	Introducida
<i>Mentha suaveolens</i>	Menta negra	Introducida
<i>Ludwigia peploides</i>	Duraznillo de agua	Nativa
<i>Nasturtium officinale</i>	Berro de agua	Introducida
<i>Azolla filiculoides</i>	Flor del pato	Nativa americana
<i>Cladophora</i> sp. (Alga verde filamentosa)	lama	Introducida (cosmopolita)
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	Verónica acuática	Introducida
<i>Lemna minor</i>	Lenteja de agua	Introducida (cosmopolita)
<i>Ceratophyllum chilense</i>	Ceratófilo	Género cosmopolita (nativa)
<i>Equisetum chilense</i>	Limpia plata	Nativa
<i>Gunnera chilensis</i>	Nalca, Pangue	Nativa
<i>Nostoc</i> sp.	-	Cosmopolita

Nombre científico	Nombre Común	Origen
<i>Juncus sp.</i>	Junco	Nativa
<i>Scirpus californicus</i>	Totora	Nativa americana

Fuente: JIA, 2016

De acuerdo a la información de la Tabla EAC-98, de las 15 especies registradas, sólo 5 corresponden a nativas, mientras que la fracción restante mantiene un origen y distribución que va desde americano (zonas cálidas) hasta cosmopolita.

En relación al origen fitogeográfico de las especies macrófitas, autores como Vila (2006), concluyen que aunque muchas especies hidrófilas tienen una amplia distribución mundial que a veces puede considerarse cosmopolita, es posible determinar que al menos el 70% de las especies son nativas, es decir, se originaron en el territorio nacional o que llegaron a él por medios naturales de dispersión. Esta proporción no es cumplida por los hallazgos de la presente línea de base, en donde sólo el 33% de las especies fueron nativas.

Debido a la característica perenne de la amplia mayoría de las especies macrófitas registradas en el de influencia, no es posible analizar un patrón de presencia/ausencia a escala temporal; sin embargo es posible relacionar ciertos grupos de macrófitas con los hábitats acuáticos particulares de estero Pupío y Conchalí y sus características fisicoquímicas de agua y sedimentos.

- *Hábitats e Indicadores ecológicos*

De acuerdo a la composición de especies macrófitas, se reafirma la existencia de los 3 hábitats acuáticos diferenciados en el estudio:

1.- *Sistemas de escurrimiento superficial permanente:*

Este hábitat presenta características definidas como caudal considerable, mayor velocidad de corriente que los sistemas de afloramientos subterráneos, menor temperatura (<20 °C), menor carga orgánica y conductividad (<200 µS/cm). Sus sedimentos están compuestos principalmente por material inorgánico (arenas medias y grava). Sobre este ambiente predominó la proliferación de géneros de tipo palustre los que presentan un fuerte enraizado como *Ludwigia sp.*, *Nasturtium sp.*, *Ranunculus sp.* e *Hydrocotyle sp.*, quienes crecen preferentemente en las riberas y zonas de remanso.

Las estaciones del estudio que exhiben estas características corresponden a P-1 y P-2. El valor máximo de riqueza para este hábitat se presentó en primavera del 2015 y alcanzó 9 especies.

2.- *Sistemas de afloramiento subterráneo (o subsuperficial) dulceacuícola estricto:*

Éste hábitat presenta atributos como aguas someras de alta conductividad (concentración mineral), mayores temperaturas superficiales, bajo caudal y velocidad de corriente, además de una alta carga orgánica en sus sedimentos. Sobre estos ambientes predominaron especies como el helecho flotante libre *Azolla filiculoides* y géneros como *Lemna sp.* o el alga filamentosa *Cladophora sp.*, los que actúan indican procesos de eutrofización, es decir un aumento de la concentración de nutrientes (P y N) en el agua (Vila, 2006).

Las estaciones del estudio que exhiben estas características corresponden a P-5 y P-7. Ambas estaciones alcanzaron un máximo de riqueza para la campaña de primavera del 2015, registrándose 13 de las 15 especies descritas para el estudio.

### 3.- *Sistemas someros con influencia salina:*

Éste hábitat presenta características similares al biotopo anterior, aunque difieren en la composición físico-química de sus aguas, las que denotan varios ordenes de magnitud superiores en su concentración de sales y por ende, una mayor conductividad. En este sentido, las especies colonizadoras requieren de alta plasticidad y pueden presentar respuestas fenotípicas como es el caso de *Scirpus californicus* que por influencia de salinidad y altitud disminuye su tamaño de forma apreciable (Ramírez *et al.*, 1987)

La estación del estudio que exhibe estas características corresponde a P-10, cuyo funcionamiento está influenciado por el sistema léntico de laguna Conchalí, cuyas aguas presentan alto endemismo biótico debido a su composición salobre, propia del intercambio con el sistema marino adyacente.

En conclusión, los ambientes de afloramientos subterráneos dulceacuícolas ofrecen una mayor riqueza y cobertura de especies macrófitas en el área de estudio, llegando a ocupar gran parte de los espejos de agua. Esta situación está condicionada entre otras variables por la carga de nutrientes y su retención en el medio. Bajo esta perspectiva, la deficiencia de nutrientes determina que la vegetación acuática sea poco abundante (Campos *et al.*, 1983, 1989), es decir, frente a aguas contaminadas con nutrientes, principalmente nitratos y fosfatos (aguas eutrofizadas), las macrófitas adquieren un desarrollo exuberante (Ramírez y San Martín, 2006). Considerando este punto de vista, el ensamble de las plantas acuáticas no sería aleatorio, sino que estaría determinado por un factor regulador.

## **6.1.6 Evolución del componente ecosistemas acuáticos continentales sin considerar la ejecución del proyecto**

### 6.1.6.1 Área Punta Chungo - Pupío

De acuerdo con los resultados expuestos, el área denominada “Punta Chungo - Pupío” debido al escaso aporte pluviométrico y al origen de sus cursos y cuerpos de agua presenta un régimen somero permanente con afloramientos subterráneos y escorrentías superficiales de escasa distribución, lo que limita el espacio físico y desarrollo en abundancia de las comunidades bióticas y define la composición físico-química de sus aguas, estableciendo la componente geológica como el agente modelador y factor determinante de las características de los distintos biomas existentes, los que a su vez presentan escasa variabilidad temporal y moderada variabilidad espacial de sus atributos ecológicos y valores de concentración en sus variables ambientales.

En consideración con estas forzantes, los distintos subcomponentes bajo un escenario “sin proyecto” presentarían una línea evolutiva que pasa a detallarse a continuación:

#### 6.1.6.1.1 *Calidad de agua y sedimentos*

Las propiedades físico químicas cuantificadas en laboratorio y determinadas *in situ* presentarían escasa variabilidad temporal. Factores tales como la temperatura serían variables debido a la oscilación térmica propia del ciclo diario, las que determinarían además las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua producto de su solubilidad a distintas temperaturas (mayores concentraciones de oxígeno en las primeras horas del día). Factores como la turbidez, las concentraciones de solutos, la conductividad y la salinidad estarían asociados al caudal y éste indirectamente al aporte pluviométrico que se ha mantenido restringido en los últimos años, y que podría presentar eventos aislados de alta descarga de aguas lluvias en periodos de otoño e invierno, los que eventualmente podrían, por procesos de disolución y lixiviación de suelos, mantener un equilibrio en la concentración de los sólidos disueltos y en suspensión. Por su parte el pH no ha presentado variaciones de alto rango desde octubre 2014 a primavera 2015, lo que da cuenta de sistemas estables con alcalinidad neutra a moderadamente alcalina. Otros analitos de relevancia como los iones mayoritarios serían constantes en su concentración a una escala temporal con un alto dominio iónico bicarbonatado-sódico debido a su influencia subterránea que predomina en los biomas estudiados.

Las matrices sedimentarias prospectables por su parte se han mantenido escasos en el área de estudio debido al predominio de fracciones granulométricas superiores en volumen a la grava en los biomas de escorrentía superficial, los que debido al bajo caudal predominante no sufrirían fuerzas corrosivas debido al arrastre y transporte a través del lecho que incidiesen en sus propiedades físicas. Por su parte los biomas de afloramiento subterráneo presentarían en el tiempo leves variaciones en la concentración de material orgánico retenido en sus sedimentos, los que estarían asociados a las variaciones en la altura del agua, temperatura y procesos oxidativos y/o reductor; variables modelados por la estacionalidad e hidrología de la cuenca.

#### 6.1.6.1.2 *Biota acuática*

La comunidad de productores primarios mantendría valores de riqueza y abundancia mayores en los biomas de escorrentía superficial y levemente inferiores en aquellos biomas que presenten afloramientos subterráneos o influencia salina. Los atributos comunitarios son altamente susceptibles a perturbaciones ambientales de carácter no habitual, de manera que el agente modelador está dado por las precipitaciones, el caudal y la carga de nutrientes que pueda ser transportada hacia los cursos y cuerpos en estudio entre otros aspectos.

Misma condición ocurre con las comunidades productoras secundarias (zooplancteres en su mayoría) y la comunidad detritívora (macroinvertebrados). Ambas juegan un rol ecológico crucial en el bienestar biótico de los esteros estudiados, y la alteración de sus atributos comunitarios dependen de perturbaciones de alta incidencia como serían extensos periodos de precipitaciones, lo que conlleva a la modificación de las características del medio (agua y sedimentos) y de la disponibilidad de los recursos necesarios para la subsistencia. Sin embargo, el área de estudio ofrece escasa variabilidad en su ciclo hídrico lo que ha permitido a estas comunidades mantener constantes sus valores de riqueza, abundancia y diversidad en el tiempo.

### 6.1.6.1.3 Fauna íctica

La fauna íctica que habita los cursos y cuerpos de agua del área en estudio presentarían ligeras variaciones en su composición y abundancia a una escala temporal y variaciones moderadas a una escala espacial. Es así como los biomas de escurrimientos superficial permanente muestran comunidades más enriquecidas, en donde la especie dominante (*Basilichthys microlepidotus*) exhibiría mayores valores de abundancia en la estacionalidad de primavera, lo que guarda relación con los periodos de desove y aumento de la fecundidad, mientras que los biomas de afloramientos subterráneos y de influencia salina presentarían riquezas monoespecíficas con especies de alta plasticidad (*Cheirodon pisciculus*, *Gambusia* sp.), las que como mecanismo reproductivo alcanzarían altas abundancias en periodos de mayor disponibilidad del ítem alimenticio. Todas las comunidades estudiadas destacan por un mayor o menor grado de plasticidad frente a perturbaciones ambientales externas o internas, atributo que resulta primordial en el sistema hídrico de Pupío y Conchalí, el cual se caracteriza por extensos periodos de sequía.

### 6.1.7 Bibliografía

Bowles, S. B., D. L. Fread & W. J. Grenney. 1977. Coupled dynamic streamflow temperature models. J. Hydraul. Div. Am. Soc. Civ. Eng., 102: 227-240.

Cabrera a (1971) Fitogeografía de la República Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot. 14: 1-42.

Campos, H., W. Steffen, C. Román, L. Zúñiga y G. Agüero (1983). Limnological studies in lake Villarrica: morphometric, physical, chemicals, planktonical factors and primary productivity. Archives für Hydrobiologie 65: 371-406.

Campos, H., W. Steffen, G. Agüero, O. Parra y L. Zúñiga (1989). Estudios limnológicos en el lago Puyehue (Chile). Morfometría, factores físicos y químicos, plancton y producción primaria. Medio Ambiente 10: 36-53.

Correa M (1998) Flora patagónica. Clave para la determinación de las familias de Fanerógamas de la Flora Patagónica. Colec. Cient. INTA. 8(1): 266-281.

CALIZAYA-ANCO, José; AVENDANO-CACERES, Miriam y DELGADO-VARGAS, Irma. 2013. Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú. Rev. Perú. med. exp. Salud pública.

CONAMA. 2004. Guía para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y marinas.

Decreto Supremo N° 51 (2008) Chile Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago, Chile. Diario Oficial, 30 de junio de 2008.

DGA.2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cueva del estero Pupío. Cade-Idepe. Consultores en ingeniería. Diciembre 2004. www.sinia.cl

FAO. 1992. Pesca Fluvial. Documento Técnico de Pesca. No. 262. Roma. 303 p.



Fenchel, T. & R. Riedel. 1970. The sulfide system: a new biotic community underneath the oxidized layer of marine sand bottoms. *Marine Biology* 7: 255-268.

Figuroa, Ricardo; Valdovinos, Claudio; Araya, Elizabeth Y Parra, Oscar. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Rev. chil. hist. nat.* [online]. 2003, vol.76, n.2

Figuroa R, Ruíz VH, Palma A, Encina-Montoya F. (2005). Simplificación en el uso de macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de sistemas fluviales. *Interciencia* 30(12)770-774. (ISI, 0.218)

Figuroa R, Palma R, Ruiz V & X. Niell. (2007). Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia Natural* 80(2): 225-242. (ISI, 0.646).

García M (2001) Las comunidades de zooplancton de los embalses españoles. *Ecosistema revista de ecología y medio ambiente*, sin numeración.

Graça, M.A.S. and Zimmer, M. 2005. Leaf toughness. p. 121-126. In: M.A.S Graça, F. Bärlocher and M.O. Gessner (eds.), *Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide*. Berlin, Springer

Hick G.R.F. and COULL B.C. 1983. The ecology of marine meiobenthic harpacticoids copepods. —*Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 21: 67–175.

Holguín, J., Camacho, L. A., & International Water Association. (2003). Determinación de la tasa de reaeración en un río de montaña colombiano mediante el uso de trazadores. In *Memorias del evento: Agua 2003* (pp. 1-8). IWA.

Hounslow, A.W. 1995. *Water Quality Data: Analysis and Interpretation*, CRC Lewis Publishers. Boca Raton, FL, pp. 86-87. 10. Tarbuck, E.J. and F.K. Lutgens. *Water Res.* 40: 137-143.

Jobson, H. E. 1977. Bed conduction computations for thermal models. *J. Hydraul. Div. Am. Soc. Civ. Eng.*, 103(HY10): 1213-1216.

Lynch, J.M. y N.J. Poole. 1979. *Microbial ecology: a conceptual approach*. Blackwell Scientific Publications.

López Fuerte, F. O. y D. A. Siqueiros Beltrones. 2011. Diatomeas como indicadores de la calidad ecológica de los oasis de Baja California Sur, México. *CONABIO. Biodiversitas*, 99:8-11.

Margalef (1983) *Limnología*. Omega. Barcelona.1010 pp.

Margarita Frutos, Santa. Densidad y diversidad del zooplancton en los ríos Salado y Negro -- Planicie del Río Paraná -- Argentina. *Rev. Bras. Biol.* [online]. 1998, vol.58, n.3

Marticorena C & R Rodríguez (2001). Flora de Chile Vol. 2. Winteraceae-Ranunculaceae. Concepción. xii, 100 pp.

Matthei, O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

Navas Izquierdo, Ana; Valero-Garcés, Blas L.; Machín Gayarre, Javier; Walling, D. E. 1998. Los sedimentos del embalse de Joaquín Costa y la historia de su depósito. *Limnética* 14: 93-112 (1998)

Parra O & C Bicudo (2006) Introducción a la Biología y sistemática de las algas de aguas continentales. 171–178 pp.

Rivera, N.R.; Encina, F.; Muñoz-Pedrerros, A. Y mejias, p. La Calidad de las Aguas en los Ríos Cautín e Imperial, IX Región-Chile. *Inf. tecnol.* [online]. 2004, vol.15, n.5.

Ramírez, C., J. San Martín, C. San Martín & D. Contreras. 1987. Estudio florístico y vegetacional de la laguna El Peral, Quinta Región de Chile. *Revista Geogr. de Valparaíso* 18: 105-120.

Ramírez, C. & C. San Martín. 2006. Diversidad de macrófitos chilenos. In: I. Vila, A. Veloso, R. Schlatter & C. Ramírez (eds.). *Macrófitos y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, pp. 21-72.

Rodríguez, A. M. O.; Muñiz, U.; Bernardo, C. M.; Montero, Á.A.; Martínez, R. F.; Limeres, J. T.; Orphee, M. M. and Aguilar, A. A. 2012. Heavy metals content in organic manures, substrates and plants cultivated in organoponics. *Cultivos Tropicales*. 33(2):5-12.

Round F, R Crawford & D Mann (1996) *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 735 pp.

Sánchez, O., et al. (Ed). 2007. *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México: Fish and Wildlife Service; Instituto Nacional de Ecología; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, pp. 293.

Shekwolo, P. D. y M. O. Brisbe. Bacteriological Properties of Groundwater in Parts of Niger State, Nigeria. *Journal of Environmental Hydrology*, 7(12): 1-9. September, 1999.

Sinokrot B. A. & H. Stefan. 1993. Stream temperature dynamics: Measurements and modelling. *Water Resources Research*, 29 (7): 2299-2312

Stoermer E & J Smol (2004) *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge University Press. 469 pp.

Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.*, 30: 377-392.

Wetzel R (2001) *Limnology: Lake and River Ecosystems*, 3rd ed. Academic Press.

---

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2004 Guidelines for drinking-water quality. Vol 1. Recommendations, 2nd ed. Geneva.