



Región de Los Ríos
GOBIERNO REGIONAL
Corporación Regional de
Desarrollo Productivo



Región de Los Ríos
GOBIERNO REGIONAL

INFORME FINAL “DESARROLLO DE PROTOCOLO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN TORNO A LA ACTIVIDAD ACUÍCOLA EN LA CUENCA DE RÍO BUENO”

Proyecto financiado a través del Fondo de Innovación para la Competitividad Regional (FIC-R) del Gobierno Regional y su Consejo Regional

Estudio ejecutado por
Universidad Austral de Chile



Valdivia, Diciembre 2017

Composición del equipo de trabajo

INVESTIGADOR RESPONSABLE.

Dr. Stefan Woelfl

Investigadores

Dr. Jorge Nimptsch

Dr. Carlos Esse

Mag. Biol. Mar. Rodrigo Palma

Dr.(c) Rodrigo Santander

Profesionales

Biol. Mar. Ana Lorca

Biol. Mar. Sebastián Osorio

Mag. (c.) Lic. Cs. Biol. Yessica Pérez

Mag. (c) Biol. Mar. Ignacio V. Esquivel

Biol. Mar. Juan Carlos Reyes

Ayudante terreno

Javier Zapata

Biol. Mar. Hans Bartsch

Biol. Mar. Kathia Almonacid

INDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO	16
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	31
3. METODOLOGÍA.....	31
3.1 RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN ACERCA DE CONCESIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	31
3.2 MEDICIONES DE INDICADORES CRÍTICOS EN CURSOS DE AGUA DULCE QUE ALBERGAN ACTIVIDADES ACUÍCOLAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	34
3.2.1 ESTACIONES Y FECHAS DE MUESTREO	35
3.2.2 TOMA DE MUESTRAS FÍSICO/QUÍMICAS.....	37
3.2.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE MUESTRAS FÍSICO/QUÍMICAS	39
3.2.3.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS.....	39
3.2.3.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS (EXCEPTO CARBONO)	39
3.2.3.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DISUELTA (DOM)	41
3.2.4 ESTIMACIÓN DE CARGAS DE P, N Y C DE PISCICULTURAS EN COMPARACIÓN CON LAS DEMÁS EXISTENTES.....	44
3.3 EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD ACUÍCOLA SOBRE LOS PRINCIPALES RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS	46
3.3.1 TOMA DE MUESTRAS DE MACROZOOBENTOS	46
3.3.2 ANÁLISIS DE MUESTRAS DE MACROZOOBENTOS.....	52
3.3.2.1 EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LOS ENSAMBLES	53
3.3.2.2 EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS OBSERVADOS: ALTERACIÓN.....	56
3.4 DESARROLLO DE PROTOCOLO PARA EVALUAR PETICIONES DE AMPLIACIONES DE PRODUCCIÓN Y/O NUEVAS CONCESIONES ASOCIADAS A LA PISCICULTURA	58
3.4.1 PROTOCOLO DE DECISIONES RELACIONADAS CON ACTIVIDADES ACUÍCOLAS	58
3.4.2 PROPUESTA DE MEJORAS EN LAS PISCICULTURAS	59
3.4.2.1 INSPECCIÓN DE PISCICULTURAS - VISITAS A TERRENO	59
3.4.2.2 ANÁLISIS DE DATOS DEL AUTOCONTROL Y OTROS DATOS OBTENIDOS POR LAS PISCICULTURAS	60

3.4.2.3 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE CONTAMINANTES.....	61
3.5 ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA	63
3.5.1 ELABORACIÓN CARTOGRAFÍA 1:50.000	63
3.5.2 PROPUESTA DE ÁREAS DE VIGILANCIA	64
4. RESULTADOS	66
4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS DE INFORMACIÓN	66
4.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO	66
4.1.2 RED HIDROMÉTRICA Y RED HÍDRICA.....	70
4.1.3 USO DE SUELO	73
4.1.4 FAUNA ÍCTICA Y BENTONICA	75
4.1.5 POBLACIÓN RURAL DE LAS SUBCUENCAS	78
4.1.6 FUENTES DE CONTAMINACIÓN PUNTUALES (NO-PISCICULTURA).....	81
4.1.7 CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES	83
4.2 ANTECEDENTES SOBRE LA ACTIVIDAD ACUÍCOLA EN EL ÁREA DE ESTUDIO	86
4.2.1 PISCICULTURAS EN LA CUENCA DEL LAGO RANCO	94
4.2.2 PISCICULTURAS EN LA CUENCA ESTERO TRAIQUEN-RÍO CONTRA	120
4.2.3 PISCICULTURAS EN LA CUENCA RÍO PILMAIQUEN	125
4.2.4 PISCICULTURA EN LA CUENCA LAGO PUYEHUE RÍO GOL-GOL.....	135
4.3 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE PISCICULTURAS EN LA CUENCA DEL RIO BUENO	145
4.3.1 RESULTADOS PISCICULTURA QUIMAN.....	145
4.3.1.1 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA	146
4.3.1.2 MONITOREO DE MACROZOOBENTOS	158
4.3.1.3 ANÁLISIS DE LA CUENCA.....	168
4.3.1.4 ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS	173
4.3.1.5 ESTIMACIÓN DEL BALANCE DE P,N Y C PARA LA PISCICULTURA QUIMAN	175
4.3.1.6 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE RILES	178
4.3.1.7 EVALUACIÓN DE LOS DATOS DE AUTOCONTROL.....	180
4.3.2 RESULTADOS PISCICULTURA LOS CANELOS.....	182

4.3.2.1 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA	183
4.3.2.2 MONITOREO DE MACROZOOBENTOS	191
4.3.2.3 ANÁLISIS DE LA CUENCA.....	200
4.3.2.4 ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS	204
4.3.2.5 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE RILES	206
4.3.2.6 EVALUACIÓN DE LOS DATOS DE AUTOCONTROL.....	208
4.3.3 RESULTADOS PISCICULTURA CUINCO	210
4.3.3.1 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA	211
4.3.3.2 MONITOREO DE MACROZOOBENTOS	220
4.3.3.3 ANÁLISIS DE LA CUENCA.....	228
4.3.3.4 ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS	231
4.3.3.5 ESTIMACIÓN DEL BALANCE DE P, N Y C PARA LA PISCICULTURA CUINCO.....	232
4.3.3.6 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE RILES	235
4.3.3.7 EVALUACIÓN DE LOS DATOS DE AUTOCONTROL.....	237
4.3.4 RESULTADOS PISCICULTURA IGNAO	239
4.3.4.1 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA	239
4.3.4.2 MONITOREO DE MACROZOOBENTOS	251
4.3.4.3 ANÁLISIS DE LA CUENCA.....	258
4.3.4.4 ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS	262
4.3.4.5 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE RILES	263
4.3.4.6 EVALUACIÓN DE LOS DATOS DE AUTOCONTROL.....	266
4.3.5 RESULTADOS PISCICULTURA ICULPE	268
4.3.5.1 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA	268
4.3.5.2 MONITOREO DE MACROZOOBENTOS	277
4.3.5.3 ANÁLISIS DE LA CUENCA.....	285
4.3.5.4 ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS	289
4.3.5.5 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE RILES	290
4.3.5.6 EVALUACIÓN DE LOS DATOS DE AUTOCONTROL.....	292
4.3.6 RESULTADOS PISCICULTURA PITREÑO (CALETA BAY)	294
4.3.6.1 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA	294

4.3.6.2 MONITOREO DE MACROZOOBENTOS	305
4.3.6.3 ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS	316
4.3.6.4 ANÁLISIS DE LA CUENCA.....	317
4.3.6.5 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE RILES	322
4.3.6.6 EVALUACIÓN DE LOS DATOS DE AUTOCONTROL.....	324
4.4 DESARROLLO DE PROTOCOLO PARA EVALUAR PETICIONES DE AMPLIACIONES DE PRODUCCIÓN Y/O NUEVAS CONCESIONES ASOCIADAS A LA PISCICULTURA	326
4.4.1 PROTOCOLO METODOLÓGICO PARA TOMA DE DECISIÓN ACERCA DE ACTIVIDADES PISCÍCOLAS	326
4.4.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES Y PRESENTACIÓN	327
4.4.1.2 COMPONENTES Y FACTORES IMPORTANTES PARA EVALUAR IMPACTOS AMBIENTALES	328
4.4.1.3 ESTADO ACTUAL	329
4.4.1.4 ACTIVIDADES CAUSANTES.....	334
4.4.1.5 PRESIÓN AMBIENTAL	337
4.4.1.6 IMPACTOS	338
4.4.2 GUÍA METODOLÓGICA PARA EVALUAR ACTIVIDAD PISCÍCOLA EN TIERRA (PROTOCOLO).....	343
4.4.3 MANUAL PARA LA APLICACIÓN DE LA GUÍA METODOLÓGICA.....	350
4.4.4 ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PECES PERMITIDA/CAPACIDAD DE CARGA	358
4.4.4.1 EVALUACIÓN DE LAS CARGAS.....	358
4.4.4.2 ESTIMACION DE CAPACIDAD DE CARGA DE LAS SEIS PISCICULTURAS ESTUDIADAS.....	359
4.4.5 PROPUESTA DE MEJORAS EN LAS PISCICULTURAS	367
4.4.6 PROPUESTA DE AREAS DE VIGILANCIA	371
5 REFERENCIAS.....	373
ANEXO 1 UBICACIÓN PISCICULTURAS MONITOREADAS	378
ANEXO 2 ESTACIONES DE MUESTREO PISCICULTURA QUIMAN.....	379
ANEXO 3 ESTACIONES DE MUESTREO PISCICULTURA LOS CANELOS.....	380
ANEXO 4 ESTACIONES DE MUESTREO PISCICULTURA CUINCO	381
ANEXO 5 ESTACIONES DE MUESTREO PISCICULTURA IGNAO	382

ANEXO 6 ESTACIONES DE MUESTREO PISCICULTURA ICULPE.....	383
ANEXO 7 ESTACIONES DE MUESTREO PISCICULTURA PITREÑO.....	384
ANEXO 8 RESULTADOS FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS MUESTREO PISCICULTURA QUIMAN	385
ANEXO 9 RESULTADOS FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS MUESTREO PISCICULTURA LOS CANELOS	390
ANEXO 10 RESULTADOS FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS MUESTREO PISCICULTURA CUINCO.....	394
ANEXO 11 RESULTADOS FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS MUESTREO PISCICULTURA IGNAO.....	397
ANEXO 12 RESULTADOS FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS MUESTREO PISCICULTURA ICULPE.....	400
ANEXO 13 RESULTADOS FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS MUESTREO PISCICULTURA PITREÑO.....	404
ANEXO 14 DETERMINACIÓN CUALTITATIVO DE DOM MEDIANTE ANÁLISIS FLUOROMÉTRICO	408
ANEXO 15 METODOLOGÍA DETALLADA SOBRE MUESTREO Y ANÁLISIS DE MACROZOOBENTOS EN CADA TRAMO EN RECEPTORES DE EFLUENTES DE PISCICULTURAS	413
ANEXO 15.1 REGISTRO FOTOGRÁFICOS DE LAS CADA TRAMO MOSTREADO.....	413
ANEXO 15.2 TIPO DE HABITAT PRESENTE EN CADA TRAMO	420
ANEXO 15.3 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA.....	429
ANEXO 15.4 PROTOCOLOS PARA CARACTERIZACIÓN DE SITIO, CÁLIDAD DE HAIBAT Y VEGETACIÓN RIBEREÑA	433

INDICE TABLAS

TABLA 1: RESUMEN RANGOS DE CALIDAD DE OXIGENACIÓN, CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (DOC), APORTE PORCENTUAL DE LA CARGA Y TROFÍA (N, P), PARA LAS 6 PISCICULTURAS ESTUDIADAS.....	20
TABLA 2: RESUMEN DE CARGA DE N Y P POR PISCICULTURA, ESTIMADA PARA UN AÑO. TODOS LOS VALORES EN TONELADAS.	22
TABLA 3: RESUMEN DEL APORTE PORCENTUAL DE LA CARGA DE P, N C A LA CARGA TOTAL DE RECEPTOR PARA LAS SEIS PISCICULTURAS ESTUDIADAS.	22
TABLA 4: RESUMEN MÉTRICAS DE RESULTADOS MUESTREO BIOLÓGICO MACROZOOBENTOS.....	23
TABLA 5: RESUMEN DE LA EFICIENCIA DE TRATAMIENTO DE LAS SEIS PISCICULTURAS ESTUDIADAS. RESULTADOS TENTATIVOS BASADOS EN MUESTREOS PUNTUALES CON VARIADA FRECUENCIA DE MUESTREO.....	25
TABLA 6: RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS DATOS DE AUTOCONTROL.....	26
TABLA 7: UBICACIÓN Y DISTANCIA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO PARA CADA PISCICULTURA	36
TABLA 8: FECHAS DE MUESTREO (PARÁMETROS FÍSICOS/QUÍMICOS) PARA CADA PISCICULTURA.....	37
TABLA 9: RANGOS DE P Y N CON SU RESPECTIVA CLASIFICACIÓN TRÓFICA, OBTENIDAS EN RÍOS DE ESTADOS UNIDOS Y PROPUESTO EN ESTE ESTUDIO.....	41
TABLA 10: RANGOS DE CALIDAD PARA EL PARÁMETRO CARBONO ORGÁNICO UTILIZADOS EN SUIZA PARA PISCICULTURAS DE FLUJO ABIERTO EN CUERPOS DE AGUA FLUVIALES QUE MUESTRAN YA UNA CIERTA CARGA PREVIA.	43
TABLA 11: RANGOS DE CALIDAD PARA EL PARÁMETRO CARBONO ORGÁNICO UTILIZADOS EN SUIZA PARA PISCICULTURAS DE FLUJO ABIERTO EN CUERPOS DE AGUA FLUVIALES SIN CARGA PREVIA.....	44
TABLA 12: ÍNDICES DE EXPORTACIÓN DE NUTRIENTES SEGÚN LA LITERATURA.....	45
TABLA 13: FECHAS DE MUESTREO DEL MONITOREO BIOLÓGICO CORRESPONDIENTE AL MACROZOOBENTOS.	46
TABLA 14: CLASIFICACIÓN DE HÁBITAT Y SUSTRATO USADA PARA EL MUESTREO.	48
TABLA 15: TIPO Y ÁREA DE RED USADA PARA EL MUESTREO EN CADA HÁBITAT IDENTIFICADOS.....	49
TABLA 16: DESCRIPCIÓN DE LA CONDICIÓN DE LOS TRAMOS COMPARADOS USANDO ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF), CALIDAD DE BOSQUE DE RIBERA (CBR) Y PORCENTAJE DE SIMILITUD ENTRE TRAMOS.	50
TABLA 17: EVALUACIÓN DEL HÁBITAT PARA OBTENER LA RELACIÓN DE SIMILITUD ENTRE TRAMOS COMPARADOS (CONTROL VS IMPACTO) USANDO EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEL ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (%IHF)	51
TABLA 18: VALORES TOLERANCIA DE FAMILIAS USADAS PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE BIÓTICO DE FAMILIAS.....	55
TABLA 19: RANGOS DE CALIDAD DE AGUA Y CRITERIO DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE IBF (FIGUEROA ET AL. 2007).	56
TABLA 20: MÉTRICAS, RANGOS Y CRITERIOS USADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ALTERACIÓN COMPARAR TRAMO IMPACTO VS TRAMO CONTROL.	57
TABLA 21: ALTERACIÓN BIOLÓGICA (CONDICIÓN) ENTRE LOS TRAMOS COMPARADOS (IMPACTO VS CONTROL) USANDO EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEL ÍNDICE BIÓTICO DE FAMILIA (%IBF)	57
TABLA 22: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	68
TABLA 23: CAUDALES (M ³ /s) DEMANDA ACUÍCOLA POR SUBCUENCA, NATURALEZA Y TIPO (DGA 2016)	72
TABLA 24: POBLACIÓN RURAL POR SUBCUENCA.....	80
TABLA 25: OTRAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y ACTIVIDADES PRODUCTIVAS PUNTUALES EN EL ÁREA.	83
TABLA 26: APARICIÓN DE CONFLICTOS INDÍGENAS CON PISCICULTURAS EN LOS MEDIOS VIRTUALES.....	85
TABLA 27: PRODUCCIÓN DE PECES APROBADA EN EL ÁREA DEL ESTUDIO (TON/AÑO)	90
TABLA 28: UBICACIÓN DE LAS PISCICULTURAS EN EL ÁREA DEL ESTUDIO.....	91
TABLA 29: CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LAS PISCICULTURAS EN EL ÁREA DEL ESTUDIO.....	92
TABLA 30: INFORMACIÓN ACERCA DE USO DE AGUA, DESCARGA Y TIPO DE TRATAMIENTO.....	93
TABLA 31: EVALUACIÓN TRÓFICA DE DIFERENTES ESTACIONES DE MONITOREO, PISCICULTURA QUIMAN.	150
TABLA 32: RANGOS (PROMEDIO ANUAL) DE CALIDAD DE AGUAS REFERENTES A COD EN LA PISCICULTURA QUIMAN.	157
TABLA 33: TRAMOS COMPARADOS EN EL RÍO QUIMAN, PORCENTAJE HÁBITAT (%) Y NUMERO DE MUESTRAS (Nº) EN CADA UNO	160
TABLA 34: COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DEL MACROZOOBENTOS POR TRAMO REGISTRADOS EN EL RÍO QUIMAN	162
TABLA 35: TAXONES INDICADORES DE CALIDAD EN LOS TRAMOS ESTUDIADOS EN EL RÍO QUIMAN	166
TABLA 36: RESUMEN DE MÉTRICAS QUE COMPARAN LOS TRAMOS CONTROL E IMPACTO EN EL RÍO QUIMAN.....	167

TABLA 37: USO DE SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO QUIMAN.....	168
TABLA 38: CARGAS DIÁRIAS Y ANUALES, ESTIMADAS PARA EL RÍO QUIMAN (ESTACIÓN CONTROL), EFLUENTE TOTAL, APORTE DE ACTIVIDAD PISCICULTURA Y PLANTA DE TRATAMIENTO FUTRONO (PTS).....	174
TABLA 39: BALANCE DE P, N Y C PARA LA PISCICULTURA QUIMAN.....	177
TABLA 40: RESUMEN SOBRE LOS DATOS DEL AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA QUIMAN.....	181
TABLA 41: EVALUACIÓN TRÓFICA DE DIFERENTES ESTACIONES DE MONITOREO, PISCICULTURA LOS CANELOS.....	185
TABLA 42: RANGOS (PROMEDIO ANUAL) DE CALIDAD DE AGUAS REFERENTES A COD EN LA PISCICULTURA LOS CANELOS.....	191
TABLA 43: TRAMOS COMPARADOS EN EL ESTERO SIN NOMBRE, PORCENTAJE HÁBITAT (%) Y NÚMERO DE MUESTRAS (Nº) EN CADA UNO.....	193
TABLA 44: COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DEL MACROZOOBENTOS POR TRAMO EN EL ESTERO SIN NOMBRE, PISCICULTURA LOS CANELOS.....	195
TABLA 45: TAXONES INDICADORES DE CALIDAD EN LOS TRAMOS ESTUDIADOS EN EL ESTERO SIN NOMBRE.....	198
TABLA 46: RESÚMEN DE MÉTRICAS QUE COMPARAN LOS TRAMOS IMPACTO VS CONTROL EN EL ESTERO SIN NOMBRE RECEPTOR DE EFLUENTES DE LA PISCICULTURA LOS CANELOS. *VALOR OBTENIDO AL COMPARAR AMBOS TRAMOS.....	199
TABLA 47: USO DE SUELO EN LA MICROCUENCA LOS CANELOS.....	200
TABLA 48: CARGAS DIÁRIAS Y DURANTE EL MONITOREO, ESTIMADAS PARA EL RECEPTOR (ESTACIÓN CONTROL), EFLUENTE TOTAL Y APORTE DE LA ACTIVIDAD PISCICULTURA.....	205
TABLA 49: RESUMEN SOBRE LOS DATOS DEL AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA LOS CANELOS.....	209
TABLA 50: EVALUACIÓN TRÓFICA DE DIFERENTES ESTACIONES DE MONITOREO, PISCICULTURA CUINCO.....	213
TABLA 51: RANGOS (PROMEDIO ANUAL) DE CALIDAD DE AGUAS REFERENTES A COD EN LA PISCICULTURA CUINCO.....	219
TABLA 52: TRAMOS COMPARADOS EN EL ESTERO SIN NOMBRE, PORCENTAJE HÁBITAT (%) Y NÚMERO DE MUESTRAS (Nº) EN CADA UNO.....	221
TABLA 53: COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DEL MACROZOOBENTOS POR TRAMO EN EL ESTERO SIN NOMBRE.....	223
TABLA 54: TAXONES INDICADORES DE CALIDAD EN LOS TRAMOS ESTUDIADOS EN EL ESTERO SIN NOMBRE.....	226
TABLA 55: RESUMEN DE MÉTRICAS QUE COMPARAN LOS TRAMOS CONTROL VS IMPACTO EN EL ESTERO SIN NOMBRE.....	227
TABLA 56: USO DE SUELO EN LA MICROCUENCA CUINCO.....	228
TABLA 57: CARGAS DIÁRIAS Y DURANTE EL MONITOREO DE LA PISCICULTURA CUINCO DURANTE SU FASE DE PRODUCCIÓN (HASTA 29.2.2017), ESTIMADAS PARA EL RECEPTOR (ESTACIÓN CONTROL), EFLUENTE, APORTE DE LA ACTIVIDAD PISCICULTURA Y ACUMULADOR.....	232
TABLA 58: BALANCE DE P, N Y C PARA LA PISCICULTURA CUINCO.....	235
TABLA 59: RESUMEN SOBRE LOS DATOS DEL AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA CUINCO.....	238
TABLA 60: EVALUACIÓN TRÓFICA DE DIFERENTES ESTACIONES DE MONITOREO, PISCICULTURA IGNAO.....	243
TABLA 61: RANGOS (PROMEDIO ANUAL) DE CALIDAD DE AGUAS REFERENTES A COD EN LA PISCICULTURA IGNAO.....	250
TABLA 62: PORCENTAJE HÁBITAT (%) Y NÚMERO DE MUESTRAS (Nº) POR HÁBITAT DE LOS TRAMOS ESTUDIADOS EN EL RÍO IGNAO.....	252
TABLA 63: COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DEL MACROZOOBENTOS EN EL RÍO IGNAO.....	254
TABLA 64: TAXONES REPRESENTATIVOS DE LAS CONDICIONES DE LOS TRAMOS COMPARADOS EN EL RÍO IGNAO.....	256
TABLA 65: RESUMEN DE MÉTRICAS QUE COMPARAN LOS TRAMOS CONTROL E IMPACTO EN EL RÍO IGNAO. *VALOR DE ÍNDICES COMPARANDO IMPACTO VS CONTROL.....	257
TABLA 66: USO DE SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO IGNAO.....	258
TABLA 67: CARGAS DIÁRIAS Y DURANTE EL MONITOREO, ESTIMADAS PARA EL RÍO IGNAO (ESTACIÓN CONTROL), EFLUENTE TOTAL Y APORTE DE LA ACTIVIDAD PISCICULTURA.....	262
TABLA 68: RESUMEN SOBRE LOS DATOS DEL AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA IGNAO.....	267
TABLA 69: EVALUACIÓN TRÓFICA DE DIFERENTES ESTACIONES DE MONITOREO, PISCICULTURA ICULPE.....	272
TABLA 70: RANGOS (PROMEDIO ANUAL) DE CALIDAD DE AGUAS REFERENTES A COD EN LA PISCICULTURA ICULPE.....	276
TABLA 71: DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS POR HÁBITAT (%) DE LOS TRAMOS ESTUDIADOS EN EL RÍO ICULPE.....	279
TABLA 72: COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DEL MACROZOOBENTOS EN EL RÍO ICULPE.....	281
TABLA 73: TAXONES REPRESENTATIVOS DE LAS CONDICIONES DE LOS TRAMOS COMPARADOS EN EL RÍO ICULPE.....	283
TABLA 74: RESUMEN DE MÉTRICAS QUE COMPARAN LOS TRAMOS CONTROL E IMPACTO EN EL RÍO ICULPE.....	284
TABLA 75: USO DE SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO ICULPE.....	285

TABLA 76: CARGAS DIÁRIAS Y DURANTE EL MONITOREO, ESTIMADAS PARA EL RÍO ICULPE (ESTACIÓN CONTROL), EFLUENTE TOTAL Y APORTE DE LA ACTIVIDAD PISCICULTURA.	289
TABLA 77: RESUMEN SOBRE LOS DATOS DEL AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA PITREÑO	293
TABLA 78: EVALUACIÓN TRÓFICA DE DIFERENTES ESTACIONES DE MONITOREO, PISCICULTURA PITREÑO.	298
TABLA 79: RANGOS (PROMEDIO ANUAL) DE CALIDAD DE AGUAS REFERENTES A COD EN LA PISCICULTURA PITREÑO.	304
TABLA 80: DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS POR HÁBITAT DE LOS TRAMOS ESTUDIADOS EN EL RÍO PITREÑO.	306
TABLA 81: COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DEL MACROZOOBENTOS EN EL RÍO PITREÑO.....	309
TABLA 82: TAXONES REPRESENTATIVOS DE LAS CONDICIONES DE HÁBITAT Y CALIDAD DE AGUA PARA LOS TRAMOS ESTUDIADOS EN EL RÍO PITREÑO.	314
TABLA 83: RESUMEN DE MÉTRICAS QUE COMPARAN LOS TRAMOS CONTROL VS IMPACTO EN EL RÍO PITREÑO.	315
TABLA 84: CARGAS DIÁRIAS Y DURANTE EL MONITOREO, ESTIMADAS PARA EL RÍO PITREÑO (ESTACIÓN CONTROL), EFLUENTE TOTAL Y APORTE DE LA ACTIVIDAD PISCICULTURA.	316
TABLA 85: USO DE SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO PITREÑO.....	318
TABLA 86: RESUMEN SOBRE LOS DATOS DEL AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA PITREÑO.....	325
TABLA 87: RESUMEN DE COMPONENTES Y FACTORES NECESARIOS PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR EFECTOS DE ACTIVIDADES ACUÍCOLA SOBRE MEDIO AMBIENTE (Y ALGUNOS OTROS ASPECTOS)	328
TABLA 88: FACTOR DE DILUCIÓN MEDIDO/ESTIMADO EN ESTE ESTUDIO.....	332
TABLA 89: DBO5, SEGÚN DATOS DE AUTOCONTROL E SEIS PISCICULTURAS (2015 – 2017)	336
TABLA 90: VALORIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LAS SEIS PISCICULTURAS ESTUDIADAS. RESULTADOS TENTATIVOS BASADOS EN MUESTREOS PUNTUALES CON VARIADA FRECUENCIA DE MUESTREO.	337
TABLA 91: ZONA DE IMPACTO DE SEIS PISCICULTURAS ESTUDIADOS	339
TABLA 92: RESUMEN DE CARGA DE N Y P POR PISCICULTURA, ESTIMADA PARA UN AÑO.	340
TABLA 93: VALORACIÓN Y APORTE RELATIVO (EN %) DE LA CARGA DE P, N C DE LA PISCICULTURA A LA CARGA TOTAL DEL RECEPTOR PARA LAS SEIS PISCICULTURAS ESTUDIADAS.	340
TABLA 94: RESUMEN MÉTRICAS DE RESULTADOS MUESTREO BIOLÓGICO MACROZOOBENTOS.....	342
TABLA 95: VALORES LÍMITES DE OXÍGENO EN CANADÁ (BASADO EN CRITERIOS DE USA), CHILE Y NUEVA ZELANDIA (PROPUESTA FRANKLIN).....	344
TABLA 96: VALORACIÓN DE OXIGENACIÓN (ELABORACIÓN PROPIA).....	345
TABLA 97: RANGO DE CALIDAD DE COD, DQO Y DBO5 PARA RÍOS DEL SUR DE CHILE	346
TABLA 98: RANGOS DE FÓSFORO Y NITRÓGENO TOTAL CON SU RESPECTIVA CLASIFICACIÓN TRÓFICA PARA RÍOS DEL SUR DE CHILE (ELABORACIÓN PROPIA).....	347
TABLA 99: CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN Y VALORIZACIÓN DE CALIDAD BIOLÓGICA FLUVIAL (MACROZOOBENTOS).....	349
TABLA 100: CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN Y VALORIZACIÓN DE ALTERACIÓN BIOLÓGICA FLUVIAL (MACROZOOBENTOS).....	350
TABLA 101: DISTANCIA* DE LA ZONA DE MEZCLA COMPLETA (M) DESPUÉS DEL PUNTO DE LA DESCARGA (CENTRO) EN UN RÍO. .	353
TABLA 102: CARGA CALCULADA DE C, N Y P EN RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE PECES	358
TABLA 103: CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA PARA LA PISCICULTURA QUIMAN	360
TABLA 104: CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA PARA LA PISCICULTURA ICULPE	361
TABLA 105: CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA PARA LA PISCICULTURA PITREÑO	362
TABLA 106: CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA PARA LA PISCICULTURA LOS CANELOS.....	363
TABLA 107: CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA PARA LA PISCICULTURA LOS CANELOS.....	365
TABLA 108: CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA PARA LA PISCICULTURA IGNAO	366
TABLA 109: EFICIENCIA DE REMOCIÓN POR ROTAFILTROS.....	369
TABLA 110: RANGO DE PROFUNDIDAD, ANCHO Y VELOCIDAD MEDIA, ZONA DE MEZCLA ESTIMADA EN BASE DE LA LITERATURA Y DE ESTE ESTUDIO, ZONA DE IMPACTO BIOLÓGICO Y ÁREA DE VIGILANCIA PROPUESTA.	372

INDICE FIGURAS

FIG. 1: UBICACIÓN DE LAS PISCICULTURAS MUESTREADAS EN ESTE ESTUDIO.	34
FIG. 2: ESQUEMA METODOLÓGICO DE MEDICIÓN DE CAUDAL.	38
FIG. 3: RANGOS DE CONCENTRACIÓN PARA EL PARÁMETRO CARBONO ORGÁNICO DISUELTO EN LAS ESTACIONES CONTROL DE LAS SEIS PISCICULTURAS MONITOREADAS.	43
FIG. 4: FECHAS DE MUESTREO DE LOS CUERPOS RECEPTORES DE EFLUENTES DE PISCICULTURAS EN LOS TRAMOS CONTROL E IMPACTO.	47
FIG. 5: TIPO DE HÁBITAT PRESENTES EN LOS RÍOS EVALUADOS.	48
FIG. 6: LAVADO DE IMPLEMENTOS POSTERIOR A LA EJECUCIÓN DE MUESTREO EN CADA PISCICULTURA.	52
FIG. 7: ÁREA DEL ESTUDIO.	68
FIG. 8: SUBCUENCAS (SEGÚN PROT) CON CÓDIGOS NUEVOS ASOCIADOS.	69
FIG. 9: RED HIDROMÉTRICA DE LA DGA.	70
FIG. 10: RED HÍDRICA EN LAS DIFERENTES SUBCUENCAS (DATOS BASE PROT).	71
FIG. 11: COBERTURA VEGETACIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO (ELABORACIÓN PROPIA).	74
FIG. 12: USO DE SUELO/COBERTURA VEGETACIONAL EN LAS CINCO SUBCUENCAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.	75
FIG. 13: REGISTROS HISTÓRICOS SOBRE FAUNA ÍCTICA Y BENTÓNICA.	76
FIG. 14: UBICACIÓN DE REGISTROS SOBRE FAUNA ÍCTICA Y BENTÓNICA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA).	77
FIG. 15: FUENTES DE CONTAMINACIÓN POR RILES Y ACTIVIDADES PRODUCTIVAS PUNTALES NO-ACUÍCOLAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	82
FIG. 16: CONFLICTOS TERRITORIALES SEGÚN PROT (INFORME ETAPA N°7 – VERSIÓN 3).	84
FIG. 17: INFORMACIÓN MAPAS PROT.	86
FIG. 18: PISCICULTURAS EXISTENTES Y APROBADAS O (POR CONSTRUIR) EN LAS CINCO CUENCAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.	87
FIG. 19: UBICACIÓN DE LAS PISCICULTURAS EXISTENTES (OPERANDO) Y APROBADAS (SOLO XIV REGIÓN).	88
FIG. 20: UBICACIÓN DE LAS PISCICULTURAS SEGÚN DATOS DE SEA.	89
FIG. 21: PISCICULTURA RÍO BUENO (FOTO: 17.6.2016).	95
FIG. 22: PISCICULTURA IGNAO (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	97
FIG. 23: PISCICULTURA PT. NUEVO (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	98
FIG. 24: PISCICULTURA ICULPE (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	100
FIG. 25: PISCICULTURA LOS MANANTIALES CURILEUFÚ 2 (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	102
FIG. 26: UBICACIÓN ERRÓNEA DE LA PISCICULTURA AMPLIACIÓN CURILEUFÚ SEGÚN SEA.	102
FIG. 27: PISCICULTURA PITREÑO (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	104
FIG. 28: PISCICULTURA NILAHUE (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	106
FIG. 29: IMAGEN SATELITAL DE LA PISCICULTURA QUIMAN (FECHA: 27.9.2013).	108
FIG. 30: PISCICULTURA LOS CANELOS (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	110
FIG. 31: PISCICULTURA CUINCO (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	112
FIG. 32: PISCICULTURA LOS TAMBORES (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	122
FIG. 33: PISCICULTURA CANCAGUA (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	127
FIG. 34: PISCICULTURA CURILEUFÚ (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	129
FIG. 35: PISCICULTURA LICAN (LAGO PUYEHUE)(FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.9.2013).	137
FIG. 36: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES MONITOREADAS EN PISCICULTURA QUIMAN (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.01.2011).	146
FIG. 37:	149
FIG. 38: BOX PLOT DE DIFERENTES FRACCIONES DE N Y P EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA QUIMAN (IZQUIERDO: VALORES ABSOLUTOS, DERECHO: PORCENTAJE DE LAS FRACCIONES DISUELTOS).	150
FIG. 39: CARBONO ORGÁNICO DISUELTO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA QUIMAN.	153
FIG. 40: CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (MG C L ⁻¹) PROMEDIO EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA QUIMAN (BOXPLOTS DE COD INDICANDO MEDIANA, ERROR ESTÁNDAR Y VALORES EXTREMOS DE LOS DIEZ MUESTREOS REALIZADOS).	154

FIG. 41: PORCENTAJE DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (% MG C/L) PROMEDIO REMANENTE EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA QUIMAN CON RESPECTO AL CUERPO DE AGUA FLUVIAL RECEPTOR.	154
FIG. 42: VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM PROTEICO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA QUIMAN	156
FIG. 43: VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA QUIMAN.....	156
FIG. 44: APORTE PORCENTUAL DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO PROMEDIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA QUIMAN	157
FIG. 45: DIAGRAMA DE ÁRBOL (WARD METHOD) DEMOSTRANDO DIFERENCIAS Y SIMILITUDES DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA QUIMAN	157
FIG. 46: PISCICULTURA QUIMAN. UBICACIÓN DE LOS TRAMOS CONTROL E IMPACTO EN EL RÍO QUIMAN.	159
FIG. 47: USO ACTUAL DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO QUIMAN	169
FIG. 48: IMAGEN 1 VISTA AÉRA PTSA FUTRONO (FUENTE: DIA “AMPLIACIÓN DE PLANTA DE AGUAS SERVIDAS FUTRONO”, PÁG. 10)	170
FIG. 49: BOCATOMA DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA EN EL RÍO QUIMAN	171
FIG. 50: AREAS DE ASENTAMIENTO Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CUENCA RÍO QUIMAN	172
FIG. 51: PORCENTAJE DE CARGAS ANUALES (365 DÍAS) DE P, N Y C PROVENIENTE DE DIFERENTES FUENTES EN LA CUENCA DEL RÍO QUIMAN.	175
FIG. 52:ARRIBA: BIOMASA Y ALIMENTO UTILIZADO POR DÍA EN LA PISCICULTURA QUIMAN DURANTE 2016/2017. ABAJO: RELACIÓN BIOMASA DE PECES Y ALIMENTO UTILIZADO POR DÍA (EXPRESADO EN % DE BIOMASA DE PECES) RELACIÓN (EN % DE BIOMASA DE PECES) ENTRE ALIMENTO UTILIZADO Y BIOMASA DE PECES.....	176
FIG. 53: CONCENTRACION DE P, N Y C ANTES Y DESPUÉS DE PRETRATAMIENTO (IZQUIERDO) Y EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE RETENCIÓN (DERECHA): VERDE: BUENA RETENCIÓN; NARANJO: MALA RETENCIÓN	179
FIG. 54: CONCENTRACIONES DE PT Y NT OBTENIDO EN EL PROGRAMA DE AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA QUIMAN (DATOS: SMA)	180
FIG. 55: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES MONITOREADAS EN PISCICULTURA LOS CANELOS (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.01.2011)	182
FIG. 56: FRACCIONES DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA LOS CANELOS	184
FIG. 57: BOX PLOT DE DIFERENTES FRACCIONES DE N Y P EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA LOS CANELOS.....	185
FIG. 58: CARBONO ORGÁNICO DISUELTO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA LOS CANELOS	187
FIG. 59: CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (MG C/L) PROMEDIO EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA LOS CANELOS (BOXPLOTS DE COD INDICANDO MEDIANA, ERROR ESTÁNDAR Y VALORES EXTREMOS DE LOS DIEZ MUESTREOS REALIZADOS).....	188
FIG. 60: PORCENTAJE DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (% MG C/L) PROMEDIO REMANENTE EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA LOS CANELOS CON RESPECTO AL CUERPO DE AGUA FLUVIAL RECEPTOR.	188
FIG. 61: VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM PROTEICO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA LOS CANELOS	189
FIG. 62: VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA LOS CANELOS	190
FIG. 63: APORTE PORCENTUAL DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO PROMEDIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA LOS CANELOS.....	190
FIG. 64: DIAGRAMA DE ÁRBOL (WARD METHOD) DEMOSTRANDO DIFERENCIAS Y SIMILITUDES DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA LOS CANELOS	190
FIG. 65: PISCICULTURA LOS CANELOS. UBICACIÓN DE LOS TRAMOS CONTROL E IMPACTO EN EL ESTERO SIN NOMBRE.	192
FIG. 66: USO ACTUAL DEL SUELO EN LA MICRCUENCA LOS CANELOS.....	201
FIG. 67: AREAS DE ASENTAMIENTO Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA MICROCUENCA LOS CANELOS	203
FIG. 68: PORCENTAJE DE CARGAS ESTIMADAS PARA 126 DÍAS (28.2.16 – 04.07.17) DE P, N Y C DE LA PISCICULTURA LOS CANELOS EN RELACIÓN CON LA CARGA ACTUAL DEL RECEPTOR EN LA ESTACIÓN “CONTROL” Y EL EFLUENTE EN COMPARACIÓN CON EL APORTE DE LA ACTIVIDAD PISCICULTURA.	205
FIG. 69: CONCENTRACION DE P, N Y C ANTES Y DESPUÉS DE PRETRATAMIENTO (IZQUIERDO) Y EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE RETENCIÓN (DERECHA): VERDE: BUENA RETENCIÓN; NARANJO: MALA RETENCIÓN	207
FIG. 70: CONCENTRACIONES DE PT Y N KJELDAHL OBTENIDO EN EL PROGRAMA DE AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA LOS CANELOS (DATOS: SMA)	209
FIG. 71: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES MONITOREADAS EN PISCICULTURA CUINCO (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.01.2011)	210

FIG. 72: FRACCIONES DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA CUINCO	212
FIG. 73: BOX PLOT DE DIFERENTES FRACCIONES DE N Y P EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA CUINCO.	213
FIG. 74: CARBONO ORGÁNICO DISUELTO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA CUINCO.....	215
FIG. 75: CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (MG C/L) PROMEDIO EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA CUINCO (BOXPLOTS DE COD INDICANDO MEDIANA, ERROR ESTÁNDAR Y VALORES EXTREMOS DE LOS DIEZ MUESTREOS REALIZADOS).	216
FIG. 76: PORCENTAJE DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (% MG C/L) PROMEDIO REMANENTE EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA CUINCO CON RESPECTO AL CUERPO DE AGUA FLUVIAL RECEPTOR.	216
FIG. 77: VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM PROTEICO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA CUINCO.....	217
FIG. 78: VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA CUINCO.....	218
FIG. 79: APORTE PORCENTUAL DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO PROMEDIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA CUINCO	218
FIG. 80: DIAGRAMA DE ÁRBOL (WARD METHOD) DEMOSTRANDO DIFERENCIAS Y SIMILITUDES DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA CUINCO.....	219
FIG. 81: PISCICULTURA CUINCO. UBICACIÓN DE LOS TRAMOS CONTROL E IMPACTO EN EL ESTERO SIN NOMBRE.....	220
FIG. 82: USO ACTUAL DEL SUELO EN LA MICROCUENCA CUINCO	229
FIG. 83: AREAS DE ASENTAMIENTO Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA MICROCUENCA CUINCO.....	230
FIG. 84: PORCENTAJE DE CARGAS ESTIMADAS PARA 138 DÍAS (13.10.-29.2.17) DE P, N Y C DE LA PISCICULTURA CUINCO EN RELACIÓN CON LA CARGA ACTUAL DEL RECEPTOR EN LA ESTACIÓN “CONTROL” Y EL EFLUENTE EN COMPARACIÓN CON EL APORTE DE LA ACTIVIDAD PISCICULTURA.	232
FIG. 85: ARRIBA: BIOMASA Y ALIMENTO UTILIZADO POR DÍA EN LA PISCICULTURA CUINCO DURANTE 2016/2017.	234
FIG. 86: CONCENTRACION DE P, N Y C ANTES Y DESPUÉS DE PRETRATAMIENTO (IZQUIERDO) Y EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE RETENCIÓN (DERECHA): VERDE: BUENA RETENCIÓN; NARANJO: MALA RETENCIÓN	236
FIG. 87: CONCENTRACIONES DE PT Y NT OBTENIDO EN EL PROGRAMA DE AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA CUINCO (DATOS: SMA).....	237
FIG. 88: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES MONITOREADAS EN PISCICULTURA IGNAO (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.01.2011)	239
FIG. 89: FRACCIONES DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA IGNAO.....	241
FIG. 90: BOX PLOT DE DIFERENTES FRACCIONES DE N Y P EN LAS DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA IGNAO.....	242
FIG. 91: CARBONO ORGÁNICO DISUELTO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA IGNAO.....	245
FIG. 92: CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (MG C/L) PROMEDIO EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA IGNAO (BOXPLOTS DE COD INDICANDO MEDIANA, ERROR ESTÁNDAR Y VALORES EXTREMOS DE LOS DIEZ MUESTREOS REALIZADOS).	246
FIG. 93: PORCENTAJE DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (% MG C/L) PROMEDIO REMANENTE EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA IGNAO CON RESPECTO AL CUERPO DE AGUA FLUVIAL RECEPTOR.....	246
FIG. 94: VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM PROTEICO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA IGNAO.....	248
FIG. 95 VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA IGNAO.....	248
FIG. 96: APORTE PORCENTUAL DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO PROMEDIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA IGNAO	249
FIG. 97: DIAGRAMA DE ÁRBOL (WARD METHOD) DEMOSTRANDO DIFERENCIAS Y SIMILITUDES DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA IGNAO.....	249
FIG. 98: PISCICULTURA IGNAO. UBICACIÓN DE LOS TRAMOS CONTROL E IMPACTO EN EL RÍO IGNAO.	251
FIG. 99: USO ACTUAL DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO IGNAO	259
FIG. 100: AREAS DE ASENTAMIENTO Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CUENCA IGNAO	261
FIG. 101: PORCENTAJE DE CARGAS ESTIMADAS PARA 231 DÍAS (14.11.16 – 03.07.17) DE P, N Y C DE LA PISCICULTURA IGNAO EN RELACIÓN CON LA CARGA ACTUAL DEL RÍO IGNAO EN LA ESTACIÓN “CONTROL” Y EN EL EFLUENTE EN COMPARACIÓN CON EL APORTE DE LA ACTIVIDAD PISCICULTURA.	263
FIG. 102: CONCENTRACION DE P, N Y C ANTES Y DESPUÉS DE PRETRATAMIENTO (IZQUIERDO) Y EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE RETENCIÓN (DERECHA): VERDE: BUENA RETENCIÓN; NARANJO: MALA RETENCIÓN	265
FIG. 103: CONCENTRACIONES DE PT Y NT OBTENIDO EN EL PROGRAMA DE AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA IGNAO (DATOS: SMA)	266

FIG. 104: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES MONITOREADAS EN PISCICULTURA ICULPE (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.01.2011)	268
FIG. 105: FRACCIONES DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA ICULPE	270
FIG. 106: BOX PLOT DE DIFERENTES FRACCIONES DE N Y P EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA ICULPE.....	271
FIG. 107: CARBONO ORGÁNICO DISUELTO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA ICULPE	273
FIG. 108: CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (MG C/L) PROMEDIO EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA ICULPE (BOXPLOTS DE COD INDICANDO MEDIANA, ERROR ESTÁNDAR Y VALORES EXTREMOS DE LOS DIEZ MUESTREOS REALIZADOS)	273
FIG. 109: PORCENTAJE DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (% MG C/L) PROMEDIO REMANENTE EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA ICULPE CON RESPECTO AL CUERPO DE AGUA FLUVIAL RECEPTOR.	274
FIG. 110: VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM PROTEICO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA ICULPE	275
FIG. 111: VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA ICULPE.....	275
FIG. 112: APORTE PORCENTUAL DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO PROMEDIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA ICULPE	276
FIG. 113: DIAGRAMA DE ÁRBOL (WARD METHOD) DEMOSTRANDO DIFERENCIAS Y SIMILITUDES DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA ICULPE	276
FIG. 114: PISCICULTURA ICULPE. UBICACIÓN DE LOS TRAMOS CONTROL E IMPACTO EN EL RÍO ICULPE.	278
FIG. 115: USO ACTUAL DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO ICULPE	286
FIG. 116: AREAS DE ASENTAMIENTO Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CUENCA ICULPE	288
FIG. 117: PORCENTAJE DE CARGAS ESTIMADAS PARA 249 DÍAS (27.10.16 – 03.07.17) DE P, N Y C DE LA PISCICULTURA ICULPE EN RELACIÓN CON LA CARGA ACTUAL DEL RÍO ICULPE EN LA ESTACIÓN “CONTROL” Y EN EL EFLUENTE EN COMPARACIÓN CON EL APORTE DE LA ACTIVIDAD PISCICULTURA.	290
FIG. 118: CONCENTRACION DE P, N Y C ANTES Y DESPUÉS DE PRETRATAMIENTO (IZQUIERDO) Y EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE RETENCIÓN (DERECHA): VERDE: BUENA RETENCIÓN; NARANJO: MALA RETENCIÓN	291
FIG. 119: CONCENTRACIONES DE PT Y NT OBTENIDO EN EL PROGRAMA DE AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA ICULPE (DATOS: SMA)	292
FIG. 120: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES MONITOREADAS EN PISCICULTURA PITREÑO (FUENTE: GOOGLE EARTH, FOTO SATELITAL: 27.01.2011)	294
FIG. 121: FRACCIONES DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA PITREÑO.....	296
FIG. 122: BOX PLOT DE DIFERENTES FRACCIONES DE N Y P EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA PITREÑO.	297
FIG. 123: CARBONO ORGÁNICO DISUELTO EN DIFERENTES ESTACIONES PISCICULTURA PITREÑO.....	300
FIG. 124: CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (MG C/L) PROMEDIO EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA PITREÑO (BOXPLOTS DE COD INDICANDO MEDIANA, ERROR ESTÁNDAR Y VALORES EXTREMOS DE LOS DIEZ MUESTREOS REALIZADOS)	301
FIG. 125: PORCENTAJE DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (% MG C/L) PROMEDIO REMANENTE EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DE LA PISCICULTURA PITREÑO CON RESPECTO AL CUERPO DE AGUA FLUVIAL RECEPTOR.....	301
FIG. 126 VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM PROTEICO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA PITREÑO	302
FIG. 127 VARIACIÓN ESPACIAL DE DOM REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA PITREÑO	303
FIG. 128 APORTE PORCENTUAL DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO PROMEDIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA PITREÑO	303
FIG. 129 DIAGRAMA DE ÁRBOL (WARD METHOD) DEMOSTRANDO DIFERENCIAS Y SIMILITUDES DE DOM LABIL V/S REFRACTARIO EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE LA PISCICULTURA PITREÑO.....	304
FIG. 130: PELLET DE PECES ENCONTRADO EN TRAMOS CONTROL 1, RÍO PITREÑO.....	306
FIG. 131: UBICACIÓN DE LOS TRAMOS CONTROL 1, CONTROL 2 E IMPACTO EN EL RÍO PITREÑO	306
FIG. 132: PORCENTAJE DE CARGAS ESTIMADAS PARA 249 DÍAS (27.10.16 – 03.07.17) DE P, N Y C DE LA PISCICULTURA PITRELO (CALETA BAY) EN RELACIÓN CON LA CARGA ACTUAL DEL RÍO PITREÑO EN LA ESTACIÓN “CONTROL” Y EL EFLUENTE EN COMPARACIÓN CON EL APORTE DE LA ACTIVIDAD PISCICULTURA.	317
FIG. 133: X USO ACTUAL DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO PITREÑO.....	319
FIG. 134: BOCATOMA DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA “PITREÑO” EN EL RÍO PITREÑO	320
FIG. 135: AREAS DE ASENTAMIENTO Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CUENCA RÍO PITREÑO	321

FIG. 136: CONCENTRACION DE P, N Y C ANTES Y DESPUÉS DE PRETRATAMIENTO (IZQUIERDO) Y EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE RETENCIÓN (DERECHA): VERDE: BUENA RETENCIÓN; NARANJO: MALA RETENCIÓN	323
FIG. 137: CONCENTRACIONES DE PT Y N _{KJELDAHL} OBTENIDO EN EL PROGRAMA DE AUTOCONTROL DEL EFLUENTE DE LA PISCICULTURA PITREÑO (DATOS: SMA)	325
FIG. 138: MODELO CONCEPTUAL PARA LA GESTIÓN Y DESARROLLO DE ACTIVIDADES HUMANAS (P.E. ACTIVIDAD ACUÍCOLA) EN LA CUENCA DEL RÍO BUENO, REGIÓN DE LOS RÍOS (MODIFICADO DE MÖLTGEN ET AL. 2005).	327
FIG. 139: ZONAS DE PRECORDILLERA, VALLE Y HUALVE EN LA CUENCA DEL RÍO BUENO.....	330
FIG. 140: DISTANCIA DE MEZCLA COMPLETA SEGÚN LITERATURA	352
FIG. 141: EFECTO DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN EN AGUA DE EFLUENTE DE PISCICULTURAS (ACIERNO R. ET A. 2007).....	369
FIG. 142: PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE RILES DE PISCICULTURAS EN SUIZA (KANTON BERN, AG BERN 2008)	370

1. RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio tiene como objetivo general *Desarrollar un protocolo metodológico que ayude a la toma de decisiones vinculadas a ampliaciones de producción y nuevas concesiones para pisciculturas de la cuenca de Río Bueno (solamente XIV Región), basado en la medición de parámetros ambientales claves (físico, químicos, biológicos, entre otros) y proyecciones del impacto que la actividad pueda tener sobre los ecosistemas acuáticos.*

Para alcanzar esta meta se respondieron varios objetivos específicos relacionados con (1) la recopilación y evaluación de la información existentes para los cursos de agua dulce dentro de la cuenca de Río Bueno, (2) la medición de indicadores críticos (físicos, químicos) y (3) la evaluación del impacto de varias pisciculturas sobre los principales recursos hidrobiológicos con el fin de (4) proponer un protocolo metodológico que permita evaluar peticiones de ampliaciones de producción y/o nuevas concesiones en actividades asociadas a la piscicultura.

Para cumplir con los objetivos, se realizó una revisión exhaustiva de la información disponible sobre la actividad acuícola en el área del estudio (cuenca del río Bueno). Luego se monitoreó desde octubre 2016 (Quiman: desde abril 2016) hasta julio 2017 seis pisciculturas, de las cuales los centros Quiman, Iculpe y Pitreño descargan directamente al lago Ranco, mientras Ignao, Cuinco y Los Canelos descargan a arroyos o ríos que confluyen con el río Bueno. Se estudió parámetros físicos y químicos en varias estaciones (control, efluente, río abajo de descarga y otras estaciones), y además recursos hidrobiológicos (zoobentos) durante enero y marzo 2017 para evaluar el efecto de las descargas sobre el receptor. Finalmente se elaboró un protocolo metodológico para facilitar decisiones sobre ampliaciones de producción y/o nuevas concesiones en actividades asociadas a la piscicultura, basándose en los resultados de este estudio. Además, se elaboró una cartografía del área de estudio mas detallada para facilitar la ubicación de fuentes contaminantes que estén afectando a la misma.

Los principales resultados de este estudio son los siguientes:

1. ACTIVIDAD ACUÍCOLA EN EL ÁREA DE ESTUDIO:

Dentro del área de estudio se identificaron 5 cuencas hidrográficas mayores, correspondientes a las cuencas del lago Maihue, lago Ranco, Estero Traiguen-Río Contra, Río Pilmaiquen y lago Puyehue-río Gol-Gol. La mayor cantidad de pisciculturas existentes (11) y aprobadas (5) se encontraron en la

cuenca del Lago Ranco. Sin embargo, solamente 8 pisciculturas estarían operando. En el resto de las cuencas existen 4 pisciculturas, de las cuales tres se encontrarían operativas, además existen 9 concesiones de pisciculturas en estado de aprobadas. En la cuenca del Lago Maihue no existen actualmente pisciculturas operando ni aprobadas.

Con respecto a la producción acuícola, la cuenca del Lago Ranco (operando: 2443 Ton/año, aprobado: 5571 Ton/año) presenta la mayor producción de peces, por parte de las pisciculturas que se encuentran operando como también por las aprobadas, con un 52% del total de producción en el área de estudio (4834 Ton/año). Mientras que la cuenca del Río Pilmaiquen es la que presenta la menor producción de toneladas anuales de peces, con un 11% del total de producción en el área de estudio. Cabe destacar que actualmente solamente existe instalada un tercio de la capacidad de producción total (4834 Ton/año), mientras el resto de la producción (aprox. 11.000 Ton/año) todavía no se encuentra operando.

La cuenca del Lago Ranco exhibe la mayor cantidad de pisciculturas operando dentro del área de estudio, de las cuales casi la totalidad presenta sistemas de producción de flujo abierto. Para varias pisciculturas se desconoce la producción actual, pero según información de SERNAPESCA debe ser < 100 Ton/año.

Las cuencas Estero Traiguén – Río Contra, Río Pilmaiquen y Lago Puyehue Gol-Gol, sólo presentan una piscicultura operando en sus correspondientes sectores, encontrándose las pisciculturas Los Tambores del titular Salmones Antártica S.A con una producción aprobada de 1.409 Ton/Año, la piscicultura Curileufú del titular Cultivos Acuáticos Manantiales S.A con una producción aprobada de 22 Ton/Año y la piscicultura Lican del titular Piscicultura Lican Ltda. con una producción aprobada de 960 Ton/Año, respectivamente, de las cuales todas cuentan con un sistema de producción de flujo abierto.

Las cuencas de Lago Ranco y Puyehue Gol-Gol, presentan la mayor cantidad de pisciculturas aprobadas pero que no se encuentran operando, con 5 cada una. La cuenca del Lago Puyehue Gol-Gol tiene el mayor número de pisciculturas con sistema de recirculación, sin embargo, estas no se encuentran operando.

2. MONITOREO DE PISCICULTURAS EN EL AREA DE ESTUDIO:

2.1 DISEÑO GENERAL Y METODOLOGÍA

De acuerdo con la contraparte se eligieron seis pisciculturas Quiman, Los Canelos, Cuinco, Ignao, Iculpe y Pitreño para realizar un monitoreo de parámetros físicos, químicos y biológicos en el

receptor de las descargas y en el efluente de las pisciculturas. En concreto se muestreó mensualmente durante 9 a 14 meses (solo Quiman) en varias estaciones (control, efluente, río abajo de descarga y otras estaciones) los siguientes parámetros: caudal, temperatura, pH, conductividad, oxígeno, turbidez, demanda química de oxígeno, amonio, nitrito, nitrato, nitrógeno total, fósforo soluble, fósforo total, carbono orgánico disuelto (caracterización cuanti- y cualitativa). Además, se mostreó recursos hidrobiológicos (zoobentos) durante enero (muestreo preliminar) y marzo 2017 para ver el impacto de la descarga sobre la fauna de los recursos acuáticos. Adicionalmente se realizó varios muestreos antes y después del tratamiento para obtener información tentativa sobre la eficiencia de retención de P, N y C en el efluente. Los parámetros estudiados se analizaron según métodos analíticos estandarizados, con bajos niveles de detección (P: 0,002 - 0,005 mg/L, N: 0,002 – 0,015 mg/L; C: 0,1 mg/L) y métodos avanzadas para descripción cualitativa de carbono (fluorescencia y modelación con PARAFAC). Los macrozoobentos fueron mostreados de acuerdo con el concepto del multihabitat.

2.2 RESULTADOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS (P, N, C)

2.2.1 OXIGENACIÓN Y DEMANDA DE OXÍGENO

Receptores: Todos los ríos estudiados se caracterizaron por una buena oxigenación ($> 8 \text{ mgO}_2/\text{L}$) antes y después de las descargas de pisciculturas hasta la última estación de muestreos río abajo. Esto significa que las descargas por parte de las pisciculturas no provocaron un efecto negativo significativo respecto a la oxigenación de los ríos durante el día. Similar la demanda química de oxígeno (DQO) fue generalmente baja o moderada en todos los ríos estudiados, y solamente levemente elevado después de la descarga de las pisciculturas.

Efluente: La oxigenación y DQO, todos los efluentes estudiados de las pisciculturas generalmente estuvieron bien oxigenados ($> 7 \text{ mg/L}$) y mostraron una demanda química de oxígeno (DQO) muchas veces menor a $15 \text{ mgO}_2/\text{L}$. Solo en 5 ocasiones el DQO fue entre 15 y 50 mg/L . Respecto al DBO5 (datos autocontrol) los promedios de los datos 2015-2017 fueron $< 3 \text{ mg/L}$ para Quiman y Los Canelos, alrededor de $5\text{-}5,5 \text{ mg/L}$ para Ignao, Iculpe y Pitreño y $8,7 \text{ mg/L}$ para Cuinco (Tabla 1). Sin embargo, en este último caso la carga actual (previa a la piscicultura) probablemente ya fue mayor.

2.2.2 FOSFORO (P), NITRÓGENO (N):

Los efluentes de todas las pisciculturas contienen mayores concentraciones de carbono, nitrógeno y fósforo, principalmente debido al aumento de las fracciones disueltas (amonio, P soluble, nitrato y carbono orgánico). Las concentraciones de NT y PT fueron en promedio $< 500 \mu\text{gN/L}$ y $< 150 \mu\text{gP/L}$. Solamente en algunos casos estos valores fueron sobre pasados.

El aumento de las concentraciones de N y P en los efluentes de las seis pisciculturas generalmente fue entre 1,5x-7x en comparación con los controles. Río abajo disminuyeron las concentraciones solamente si la distancia entre la descarga y el punto de muestreo fue mayor ($> 0,5 \text{ km}$) o el factor de dilución fue mayor (Quiman, Ignao). En otros casos (Iculpe, Pitreño) las concentraciones hasta el lago Rancho se mantuvieron.

Un caso especial fueron las pisciculturas Los Canelos y Cuinco. Las aguas superficiales (control) en esta zona de hualve mostraron elevadas concentraciones de nitrógeno ($> 0,3 \text{ mgN/L}$) y fósforo ($> 0,1 \text{ mgP/L}$) y reflejan la alta actividad ganadera en estas zonas. La actividad piscicultura produce en estos arroyos elevadas concentraciones de N y P que no disminuyen río abajo en las zonas estudiadas. En estos casos los arroyos se consideran altamente intervenidos siendo hipereutróficos

2.2.3 CARBONO (C):

En relación con el carbono orgánico disuelto 3 efluentes (Quiman, Ignao y Pitreño) empeoran el rango de calidad, pero se recupera nuevamente después de la mezcla completa del efluente con el cuerpo de agua receptor, uno mejoró el rango de calidad en el efluente (Cuinco) y 2 mantuvieron (Los Canelos y Iculpe) el rango de calidad respecto al carbono (Tabla 1).

Los resultados del estudio muestran que todas las pisciculturas estudiadas no empeoraron el rango de calidad en el punto de mezcla completa. Sin embargo, en dos ocasiones en las pisciculturas Ignao y Pitreño se detectaron pulsos con altas concentraciones de COD (> 10 y $> 6 \text{ mg C/L}$). Los resultados de los análisis de materia orgánica disuelta (DOM) para las pisciculturas estudiadas indican para todas las pisciculturas estudiadas que el componente tipo triptófano (de tipo proteico) de la materia orgánica disuelta permite una trazabilidad efectiva del efluente de la piscicultura.

Respecto al análisis cualitativo de la materia orgánica disuelta (DOM) los resultados claramente indican para todas las pisciculturas estudiadas que el componente tipo triptófano de DOM permite una trazabilidad efectiva del efluente de la piscicultura.

Tabla 1: Resumen rangos de calidad de oxigenación, carbono orgánico disuelto (DOC rango y límite de cambio), aporte porcentual de la carga y trofía (N, P), para las 6 pisciculturas estudiadas.

		Rango de calidad (límite de cambio)				
Oxigenación	O ₂ (mg/L)	DOC (mg/L)	Aporte (%) piscicultura a la carga total del receptor	Trofía	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Muy buena	> 10	< 1	Bajo: < 10%	Oligotrófico	< 75	< 10
Buena	8 – 10	1-2 (1,5)	Significante: 10 - 25%	Oligo - mesotrófico	75 - 150	10 - 25
Regular	6 – 8	2-3 (2,5)	Alto: 25-50%	Mesotrófico	150 - 300	25 - 60
Insatisfactoria	6 – 4	3-4 (3,5)	Muy alto: > 50%	Eutrófico	> 300	> 60
Muy mala	< 4	> 4				

Zona precordillerana					
Quiman	Factor dilución	O ₂ (mg/L)	DOC (mg C/L)	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Control		11,5±3,5	1.4 ± 0.6	83 ± 44	13 ± 11
Efluente	7,3±5,0	10,9±3,1	3.1 ± 3.0	407 ± 223	77 ± 44
Pto. 3	(1,9-21,4)	11,3±3,5		138 ± 101	20 ± 22
Pto. 4		11,4±3,4	1.9 ± 1.0	320 ± 231	44 ± 35
Pto. 5		11,9±0,6		164 ± 41	17 ± 8
Iculpe	Factor dilución	O ₂ (mg/L)	DOC (mg C/L)	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Control		10,7±1,1	1.0 ± 0.5	73 ± 26	18 ± 9
Efluente	6,4±1,8	9,3±0,6	1.4 ± 0.5	518 ± 200	100 ± 19
Pto. 3	(4,1-9,6)	10,1±0,9	1.2 ± 0.5	308 ± 102	55 ± 19
Pto. 4		10,1±0,9		320 ± 220	51 ± 13
Pitreño	Factor dilución	O ₂ (mg/L)	DOC (mg C/L)	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Control		11,3±0,8	0.9 ± 0.6	77 ± 44	13 ± 11
Efluente	8,0±6,8	10,7±1,0	2.0 ± 1.7	628 ± 412	121 ± 81
Pto. 3	(0-24,9)	10,8±1,1	1.5 ± 1.1	410 ± 390	68 ± 58
Pto. 4		10,4±1,6		347 ± 306	64 ± 50

Zona de hualve					
Los Canelos	Factor dilución	O ₂ (mg/L)	DOC (mg C/L)	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Control		10,0±3,6	1.7 ± 0.7	772 ± 480	147 ± 80
Efluente	2,4±1,1	10,4±3,8	0.7 ± 0.6	584 ± 353	291 ± 128
Pto. 3	(1,4-3,6)	10,3±3,5	1.2 ± 0.4	740 ± 300	240 ± 90
Pto. 4		10,2±3,4		740 ± 310	250 ±100
Cuinco	Factor dilución	O ₂ (mg/L)	DOC (mg C/L)	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Control		9,4±3,2	2.4 ± 0.9	370 ± 120	160 ± 32
Efluente	4,7±5,2	7,8±2,8	1.8 ± 0.8	992 ± 220	252 ± 87
Pto. 3	(1,7-19,1)			700 ± 180	290 ± 16
Pto. 4		8,5±3,0	2.3 ± 0.7	705 ± 160	225 ± 60
Zona de Valle					
Ignao	Factor dilución	O ₂ (mg/L)	DOC (mg C/L)	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Control		10,6±1,0	1.3 ± 0.8	115 ± 52	25 ± 9
Efluente	6,4±1,8	10,6±1,3	2.7 ± 2.7	353 ± 115	72 ± 26
Pto. 3	(4,1-9,6)		1.3 ± 0.3	166 ± 34	40 ± 11
Pto. 4		10,0±1,0		155 ± 40	31 ± 14

2.2.3 EVALUACIÓN DE LAS CARGAS:

En base de los caudales y las concentraciones de P, N y C se calcularon las respectivas cargas del receptor antes de la piscicultura y después y se relacionaron con la carga de la piscicultura (Tabla 2).

Carga absoluta medida: La carga anual absoluta de las pisciculturas estudiadas estimada (en base de las mediciones realizadas) varía entre 0,2 TON P/año para Los Canelos hasta 1,6 TON P/año para Iculpe. Las respectivas cargas de N fueron 0 – 9,2 TON/año. La suma de la carga anual de P y N de las tres pisciculturas en la zona precordillerana (Quiman, Iculpe, Pitreño) corresponde aproximadamente a 2% - 2,3% de la carga total de P y N del Lago Ranco (véase balance de nutrientes: Woelfl et al. 2011b).

Tabla 2: Resumen de carga de N y P por piscicultura, estimada para un año. Todos los valores en toneladas.

Piscicultura	Carga (TON/año)	
	P	N
Quiman	1,0	5,0
Los Canelos	0,2	0
Cuinco	0,4	1,2
Ignao	0,7	3,6
Iculpe	1,6	9,2
Pitreño	0,6	3,0

Aporte relativo de la carga de piscicultura: El aporte de las pisciculturas a la carga total del receptor depende principalmente del factor de dilución, de la ubicación de la piscicultura y de la producción de peces. En general, el mayor aporte porcentual se encontró para las pisciculturas Pitreño, Quiman, Iculpe y Cuinco con valores de 23-57% para P y 24-56% para N. Una excepción fue Los Canelos donde se encontró solamente para P un aporte menor (18%) y prácticamente ninguna carga para N y C. El aporte de C fue para el resto de las pisciculturas mucho menor en comparación con P y N fluctuando entre 8% (Iculpe) hasta 28% (Cuinco).

Se concluye que las cargas de P y N en la mayoría de las pisciculturas fue significativa e incluso mayor a 50% de la carga total de los receptores, mientras el aporte de C fue siempre menor a un tercio de la carga total.

Tabla 3: Resumen del aporte porcentual de la carga de P, N C a la carga total de receptor para las seis pisciculturas estudiadas.

	bajo	moderada	significante	> 50%
	< 10%	10 - 25%	25-50%	> 50%
	Aporte (%) de piscicultura a la carga total del receptor			
Piscicultura	P	N	C	
Quiman	47	28	21	
Los Canelos	18	-1	2	
Cuinco	42	35	28	
Ignao	23	24	14	
Iculpe	50	56	8	
Pitreño	57	56	15	

2.2.4 IMPACTO SOBRE ZOOBENTOS

En base a los resultados de los monitoreos biológicos para evaluar el impacto de los efluentes de piscicultura obtenidos y las diferentes métricas calculadas (Tabla 3) se concluye que

- El río **Quiman** presenta una alteración ALTA en la calidad de agua desde el punto de vista biológico en los tramos IMPACTO 1 e IMPACTO 2 comparados a un tramo CONTROL.
- La piscicultura **Los Canelos** cuyos efluentes aportan al Estero Sin Nombre, presenta una alteración MODERADA en la calidad de agua en el tramo IMPACTO.
- La Piscicultura **Cuinco** cuyos efluentes aportan al Estero Sin Nombre presenta una alteración ALTA en la calidad de agua en el tramo IMPACTO.
- La piscicultura **Ignao** presenta una alteración moderada cambiando de calidad Buena a Regular en los tramos IMPACTO.
- La piscicultura **Iculpe** presenta una alteración MODERADA en la calidad de agua en el tramo impacto
- La piscicultura **Pitreño** presenta una alteración Muy ALTA en la calidad de agua en el tramo IMPACTO comparado con el tramo CONTROL 2 ubicado a 1000m aguas arriba del efluente de Piscicultura.

Tabla 4: Resumen métricas de resultados muestreo biológico Macrozoobentos

Nivel alteración:		NO HAY	MODERADO	ALTO	MUY ALTO				
METRICA	Tramo	Quiman				Pitreño			
		CONTROL	IMPACTO 1	CONTROL	IMPACTO 1	IMPACTO 2	CONTROL 2	CONTROL 1	IMPACTO
		feb-17		may-17			mar-17		
RIQUEZA (S)		38	59	34	35	49	59	65	39
DENSIDAD (Ind./m ²)		870	2116	365	12203	1888	948	4420	100126
DIVERSIDAD (H')		0,9	0,91	0,84	0,21	0,72	1,24	0,96	0,07
JACCARD índice (Sj)					0,47*	0,35*	0,27*	0,28*	
Bray-Curtis (% Disimilitud)					76,8*	86,2*	99,26*	94,86*	
IBF (Indice de calidad)		4,47 Bueno	6,82 Malo	4,36 Bueno	7,81 Muy Malo	7,17 Malo	4,43 Bueno	6,39 Malo	7,98 Muy Malo
% Similitud IBF (Alteración)			ALTO		ALTO	ALTO	Alto	Alto	

Tramo	Iculpe		Ignao		Los Canelos		Cuinco	
	CONTROL	IMPACTO	CONTROL	IMPACTO	CONTROL	IMPACTO	CONTROL	IMPACTO
METRICA	feb-17		feb-17		mar-17		mar-17	
RIQUEZA (S)	46	43	39	45	62	44	52	58
DENSIDAD (Ind./m ²)	2772	9066	10754	16857	60496	71299	926	2054
DIVERSIDAD (H')	1,2	0,92	1,08	1,07	0.94	0.69	1,33	0,97
JACCARD índice (Sj)	41,3		52,7*		37,7*		77,4*	
Bray-Curtis (% Disimilitud)	58,7		48,7*		85,8*		57,2*	
IBF (Indice de calidad)	4,39 Buena	6,02 Regular	3,98 Bueno	5,07 Regular	6.35 Malo	7.67 Muy Malo	3,83 Bueno	5,94 Regular
% Similitud IBF (Alteración)		Moderado		Moderado		Moderado		ALTO

3. EFICIENCIA DE TRATAMIENTO

Cabe mencionar que los resultados sobre la retención de P,N y C por parte del tratamiento de RILES a través de piletas de sedimentación (Quiman, Cuinco) o con rotafiltros (Los Canelos, Ignao, Iculpe, Pitreño) son preliminares debido a que para una evaluación robusta de la eficiencia de remoción se deben realizar más muestreos (en algunos casos se realizaron solamente 2 muestreos) y ajustar la metodología de la toma de muestra, especialmente tomar muestras integradas durante por lo menos 24 h para considerar las fluctuaciones de la carga durante el día debido al manejo de la piscicultura (p.e. tiempos de alimentación etc.).

A pesar de las limitaciones mencionados en general se puede concluir que - con excepción de la piscicultura Ignao (P, N, C) y parcialmente también Pitreño (C) - el sistema de tratamiento de las aguas residuales de las pisciculturas Quiman, Los Canelos, Cuinco y Iculpe, tanto con piletas de sedimentación como con rotafiltros **no es (muy) efectiva** para nitrógeno, fósforo y carbono orgánico disuelto (DOC) (Tabla 4). Esto significa que la retención de P, N y C no fue eficiente, mostrando en algunos casos incluso un aumento de las fracciones disueltas.

Tabla 5: Resumen de la eficiencia de tratamiento de las seis pisciculturas estudiadas. Resultados tentativos basados en muestreos puntuales con variada frecuencia de muestreo.

¹: pileta de sedimentación, ²: rotafiltro.

Piscicultura	N° muestreos	Eficiencia tratamiento		
		P	N	C
Quiman ¹	9	deficiente	deficiente	deficiente
Los Canelos ^{1,2}	6	deficiente	deficiente	deficiente
Cuinco ²	2	deficiente	deficiente	deficiente
Ignao ²	4	buena	buena	buena
Iculpe ²	8	deficiente	deficiente	deficiente
Pitreño ²	8	deficiente	deficiente	buena

4. EVALUACIÓN DE LOS DATOS DE AUTOCONTROL:

Se analizaron los datos del autocontrol de la calidad del efluente de cada piscicultura para los años 2015-2017 (datos entregados por SMA) para chequear su coherencia con los valores esperados de acuerdo a su producción y en comparación con los resultados obtenidos en este estudio. Los resultados son todavía tentativos respecto a las cargas y concentraciones, pero no respecto a problemas analíticos, debido a la limitación que en la base de datos no estaba claramente indicado cuales valores correspondían a las muestras integradas y cuales a las muestras puntuales. No obstante, se puede concluir lo siguiente (Tabla 5):

- Con excepción de Iculpe (0,2 mgP/L) los límites de detección para P fueron en todas las pisciculturas tan altas (0,6 o 1,0 mgP/L) que en la mayoría de los muestreos todos los valores reportados fueron bajo del límite de detección. En consecuencia, las respectivas cargas calculadas para P fueron todas por encima de los valores esperados y por sobre los valores reportados en este estudio.

Tabla 6: Resumen de la evaluación de los datos de autocontrol

Piscicultura	Parámetro	P	N	DBO5	Observaciones
Quiman	L.D. mg/L	1,0	0,020	?	L.D. P muy alto, L.D. N, muy bueno
	Concentración, Carga				[P] altas, valores de N y C en el rango esperado.
Los Canelos	L.D. mg/L	0,6	?	2,0	L.D. P muy alto, L.D. N no informado, L.D. C bueno
	Concentración, Carga				[P] altas, valores de N y C en el rango esperado.
Cuinco	L.D. mg/L	1,0	0,020	?	L.D. de P muy alto, L.D. N, muy bueno, L.D. C no entregado
	Concentración, Carga				[P] altas, valores de N en el rango esperado. C demasiado alto
Ignao	L.D. mg/L	0,6	?	?	LD. De P muy alto, L.D. N, C no informados
	Concentración, Carga				[P] muy altas (5x), valores de N y C aprox 2x sobre valores esperados
Iculpe	L.D. mg/L	0,2	?	2,0	L.D. P demasiado alto, L.D. N no informado, L.D. C bueno
	Concentración, carga				[P] sobreestimadas (4x), valores de N (5x) y C (2x) sobreestimados
Pitreño	L.D. mg/L	0,6	1,0	2,0	L.D. P muy alto, L.D. N muy alto
	Concentración carga				[P] altas (5x), valores de N y C aprox 2x sobre valores esperados

- En el caso de N (medido como N total o Nkjeldahl total) los límites de detección fueron **muy bajos** (0,020 mgN/L) para Quiman y Cuinco, pero **muy alto** para Pitreño (1,0 mgN/L) o no fueron reportados (Los Canelos, Iculpe). Las cargas estimadas de N fueron coherentes con los valores esperados y con los valores reportados en este estudio solamente para las pisciculturas Quiman, Los Canelos y Cuinco, pero fueron sobre los valores esperados (y medidos en este estudio) por factores entre 2x veces (Ignao, Pitreño) hasta 5x veces (Iculpe).
- El en caso de DBO5 y la carga estimada de carbono los límites de detección fueron en todas las pisciculturas buenas y/o aceptables. Similar al N, la carga estimada en unidades de carbono fue muy similar a los valores medidos en Quiman, Iculpe y Los Canelos, pero por el factor hasta 2x veces mas altos para las restantes pisciculturas.

5. PROTOCOLO DE DECISION

Se elaboro un protocolo metodológico que permita evaluar peticiones de ampliaciones de producción y/o nuevas concesiones en actividades asociadas a la piscicultura.

Los criterios principales son los siguientes:

Criterio 1: Clasificación territorial de ubicación del proyecto

- a) Zona precordillera: prístina con muy baja carga previa, ríos de valor único
- b) Zona de Valle: zona con intervención, baja carga previa
- c) Zona de Hualve: zona con alto grado de intervención

Criterio 2: Nivel oxígeno mínimo exigido

- a) La meta principal es evitar valores menores a 8 mgO₂/L en la zona de mezcla, especialmente en verano porque pueden producir efectos negativos en estadios juveniles de organismos acuáticos.

	zona de mezcla	efluente
Zona precordillera:	> 8 mgO ₂ /L	> 7 mgO ₂ /L
Zona de Valle:	> 8 mgO ₂ /L	> 7 mgO ₂ /L
Zona de Hualve:	> 7 mgO ₂ /L	> 7 mgO ₂ /L

- b) En la zona entre la descarga y la zona de mezcla completa no se debe registrar valores menores a 6 mg O₂/L.

Criterio 3: DOC, DQO, DBO5:

- a) En la zona de mezcla el DOC no debe sobre pasar el valor límite del nivel de calidad que sigue al nivel de calidad del receptor según tabla correspondiente.
- b) **DOC:** En el efluente el límite recomendado óptimo es < 3 mgC/L. El límite máximo permitido es 10 mgC/L y nunca debe ser sobre pasado. Los valores correspondientes de DQO y DBO5 véase tabla correspondiente.

Criterio 4: Nitrógeno total, Fósforo total

- a) La meta principal es evitar en la zona de mezcla un nivel eutrófico. Se propone exigir que la concentración de N y P no sobrepase en la zona de precodrillera/valle **225 µg/L** en caso de NT, y **42 µg/L** en caso de PT. En la zona de hualve la concentración máxima de NT no debe aumentar por más que **+225 µg/L** en caso de NT, y **+42 µg/L** en caso de PT.
- b) El aumento máximo permitido en el efluente es **+1500 µgNT/L** y **+300 µgPT/L**. El aumento óptimo deseado en el efluente es **< 500 µgNT/L** y **< 100 µgPT/L**.
- c) Los límites establecidos son válidos también para el caso que la piscicultura use agua subterránea para su abastecimiento.
- d) En casos excepcionales se debe valorizar eficiencia de remoción y capacidad de autopurificación del río.
- e) En zona precordillerana se debe considerar el peligro de eutrofización del lago y valorizar el aporte de la carga de P y N proveniente de la piscicultura.
- f) Se debe exigir límites de detección más bajos para analizar P y N. El límite de detección debe ser **0,010 mg P/L** y **0,025 mgN/L**

Criterio 5: Carga absoluta/relativa de piscicultura y tratamiento

- a) La carga de C, N y P debe ser la más baja posible, en especial en ríos de precordillera que son afluentes de lagos, para disminuir riesgo de eutrofización. Se debe estimar especialmente la carga de N y P en relación con la capacidad de carga del lago.
- b) La carga relativa de la piscicultura debe ser en general moderada (< 25% de la carga total) en relación con la carga total de la cuenca para mantener bajo el peligro de alteración y daño del ecosistema río abajo de la piscicultura.
- c) En casos excepcionales se permiten mayores cargas siempre y cuando se compruebe menores efectos negativos en la zona de mezcla y más abajo en el receptor. Especial énfasis se debe dar a la oxigenación que en ningún caso debe ser menor a la exigida en el protocolo. Se debe realizar mediciones de oxígeno también durante la noche.
- d) Se debe exigir formas de tratamiento de acuerdo con estándares de las mejores tecnologías disponibles (BAT) para mejorar la retención de C, N y P.

e) Se exige entregar información detallada sobre el contenido de N y P en el alimento utilizado y sobre el uso (diario) de alimentación y la biomasa de peces presentes en la piscicultura en cada día con el fin de poder calcular balances de C, N y P que permiten identificar mejoras necesarias en el manejo de la piscicultura (tipo de alimento, metabolismo peces, tipo de tratamiento etc.) y fijar la producción máxima.

Criterio 6: Calidad biológica/alteración biológica macrozoobentos

- a) La calidad biológica fluvial (**Ch-IBF**) no debe empeorar más que una clase en la zona de mezcla.
Frecuencia de monitoreo: cada 2 años
- b) Calidad «**muy mala**» debe ser evitada.
- c) Además se sugiere exigir también monitoreo de la ictiofauna para monitorear también un nivel trófico mayor. Se plantea monitorear área de control y área de impacto.
- d) Se debe evaluar el caudal ecológico en el tramo del río entre bocatoma y restitución del volumen.
El caudal ecológico tiene que ser garantizado **siempre**.

6. Propuesta de mejoras en las pisciculturas

Se recomiendan mejoras en las pisciculturas, especialmente las siguientes:

Mejoramiento de los análisis de los datos de autocontrol: Se debe exigir usar técnicas analíticas para garantizar límites de detección suficientemente bajos para determinar las concentraciones reales de P y N en el efluente. Para medir bien las concentraciones “naturales” en el receptor el límite de detección debe ser 0,010 mg P/L y 0,025 mgN/L. Además, se recomienda sustituir la medición de N Kjeldahl por la medición de N total a través de una digestión básica con persulfato y medición de N como nitrato total. Tiene la ventaja de ser una técnica más fácil de aplicar con mejor límite de detección.

Evitar mal manejo: Se debe evitar malas prácticas de botar alimento directamente al receptor y en caso de una pérdida accidental de alimento al receptor informar inmediatamente a las autoridades sobre lo ocurrido.

Mejoras en el tratamiento de los RILES: De acuerdo con los resultados y observaciones obtenidas en el presente estudio, y considerando el concepto de “utilizar las mejores tecnologías disponibles”, se sugiere una combinación de tratamiento de RILES con filtro rotatorio (para eliminar partículas) seguido por una piscina de decantación (para disminuir las fracciones

disueltas) y/o piscina con tratamiento biológico. También se puede considerar el uso de coagulantes y floculantes.

En el caso de pisciculturas con recirculación, se sugiere incorporar una planta de tratamiento con aplicación de floculantes para disminuir la carga de las fracciones disueltas. Para el caso de los bypass de emergencia (los cuales deberían estar equipados con sensor de abertura), estos deben ser conectados a la piscina de decantación para evitar el vertimiento de partículas directo al cuerpo de agua receptor. En todo caso se debe comprobar la eficiencia de remoción de C, N y P.

7. ELABORACIÓN DE CARTOGRAFIA

Se elabora una cartografía 1:50.000 sobre el área del estudio con análisis de uso de suelo con ubicación georeferenciada de los aspectos relevantes de este estudio.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un protocolo metodológico que ayude a la toma de decisiones vinculadas a ampliaciones de producción y nuevas concesiones para pisciculturas de la cuenca de Río Bueno (solamente XIV Región), basado en la medición de parámetros ambientales claves (físico, químicos, biológicos, entre otros) y proyecciones del impacto que la actividad pueda tener sobre los ecosistemas acuáticos.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- i. Identificación de brechas de información existentes para los cursos de agua dulce dentro de la cuenca de Río Bueno.
- ii. Medición de indicadores críticos para conocer el estado de los cursos de agua dulce que albergan actividades acuícolas en el área de estudio.
- iii. Evaluación del impacto de la actividad acuícola sobre los principales recursos hidrobiológicos del área de estudio.
- iv. Crear un proceso metodológico que permita evaluar peticiones de ampliaciones de producción y/o nuevas concesiones en actividades asociadas a la piscicultura.
- v. Elaborar cartografía del área de estudio para facilitar la ubicación de fuentes contaminantes que estén afectando a la misma.

3. METODOLOGÍA

3.1 RECOPIACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN ACERCA DE CONCESIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Para identificar brechas de información existentes para los cursos de agua dulce dentro de la cuenca de Río Bueno se recopiló información sobre los centros de cultivos operando, no operando y aprobados, sobre la producción de la biomasa acuícola, las especies cultivadas e información asociada a las descargas de residuos líquidos (RILES), la forma de tratamientos de los RILES, las mortalidades y las fiscalizaciones por parte de la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA). Además, se recopiló información sobre otros usos relevantes en las subcuencas, sobre registros de

la fauna bentónica e íctica, sobre el uso de suelo, sobre conflictos socioambientales y sobre la población rural.

Para ello, se consultó el banco de datos del Sistema de Evaluación Ambiental (SEA), del SMA, de Sernapesca y otras fuentes de información (p.e. PROT, SMA etc.). A través de la SMA se solicitó los datos acerca del autocontrol de las descargas (principalmente caudal, P y N total o Nkjeldahl) de las pisciculturas existentes según Decreto MinSegPres N°90/2001. Estos datos se evaluaron respecto a los datos más importantes sobre caudal, fósforo total y nitrógeno total Kjeldahl.

Además, se revisó el PROT de la XIV Región de los Ríos para obtener la información relevante ya procesada por el GORE.

Para obtener parte de la información requerida se realizaron varias reuniones con diferentes servicios estatales que se detallan abajo:

Reuniones realizadas e informaciones obtenidas:

7 Abril 2016: Reunión con contraparte, integrada. Se explicaron los objetivos principales del proyecto y los requerimientos de información por parte de los diferentes servicios estatales. (Véase lista de integrantes en ANEXO)

4 Mayo 2016: Reunión con director regional de SERNAPESCA, Sr. Germán Pequeño: Se habló sobre los requerimientos de datos y se agenda una segunda reunión.

12 Mayo 2016: Reunión con SERNAPESCA, Sres. Germán Pequeño y Christian Hinrichsen: Se obtuvo información acerca de las pisciculturas operando y aprobadas.

20 Mayo 2016: Reunión con director regional de Superintendencia del Medio Ambiente, Sr. Eduardo Rodríguez: Se explicaron los objetivos principales del proyecto y los requerimientos de información acerca de los datos de autocontrol de la calidad de efluentes de las pisciculturas. Posteriormente (23 de mayo 2016) se solicitó esta información a través de una carta enviada por la Corporación Regional de Desarrollo Productivo (Véase ANEXO).

26 Mayo 2016: Se obtiene información sobre fauna íctica y bentónica por parte de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Informe Subpesca 2013-95DAC-51 y base de datos en Excel), entregada a través de Sra. Marcela Osorio

3 Junio 2016: Reunión con el Sr. Patricio Romero (GORE): Se obtuvo la siguiente información relevante para el presente proyecto:

1. Información base sobre:

- red vial: nombres de calles y rol
- red hídrica: nombre y tipo de cuerpo de agua, ubicación
- centros poblados: ubicación de centros poblados por comuna
- límites administrativos
- regiones vecinas

2. Base de datos sobre actividades de acuicultura 2013:

- Ubicación y caracterización básica (nombre, tipo, fecha de presentación, producción, titular, río etc.) de pisciculturas y balsas jaulas

3. Información sobre cuencas:

- Delimitación de cuencas hidrográficas definidas por el PROT
- información asociada: nombre de la cuenca, área

4. Información sobre población rural:

- Polígonos de ubicación
- Nombre de localidad
- Información detallada sobre características básicas de la población (sexo, indígena etc.)

7 Junio 2016: Reunión con Sr. Christian Hinrichsen, Sernapesca, para obtener información faltante sobre centros de cultivo, como p.e. códigos de centros, inicio de actividades, tratamientos de RILES, producción de peces etc.

17 Junio 2016: Reunión con el Sr. Javier García (DGA): Se consiguió información sobre diagnóstico de recursos hídricos y el plan maestro de recursos hídricos de la Región de los Ríos.

11 Julio 2016: Se recibe información sobre fuentes de contaminación y pisciculturas por parte de SMA, SISS a través de GORE.

Para verificar información acerca de actividades humanas, ubicación de viviendas y otra información recopilada (véase arriba), se realizaron varias salida a terreno en las siguientes fechas:

16 Marzo 2017	Cuenca río Pitreño
11 Mayo 2017	Cuenca río Quimán
20 Mayo 2017	Cuenca río Ignao
27 Septiembre 2017	Cuenca río Iculpe

3.2 MEDICIONES DE INDICADORES CRÍTICOS EN CURSOS DE AGUA DULCE QUE ALBERGAN ACTIVIDADES ACUÍCOLAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

En conjunto con la contraparte se seleccionaron seis pisciculturas para medir indicadores críticos en los cursos de agua de los efluentes y el receptor de las descargas:

- Piscicultura Quimán
- Piscicultura Cuinco
- Piscicultura Los Canelos
- Piscicultura Ignao
- Piscicultura Iculpe
- Piscicultura Pitreño (Caleta Bay)

En la figura 1 se presenta un mapa con la ubicación e identificación de las pisciculturas muestreadas. Las pisciculturas Quiman, Pitreño y Iculpe descargan a ríos que desembocan directamente al lago Ranco, mientras las restantes pisciculturas descargan a arroyos/ríos que desembocan finalmente al río Bueno.



Fig. 1: Ubicación de las pisciculturas muestreadas en este estudio.

3.2.1 Estaciones y fechas de muestreo

Las muestras de agua se tomaron en varias estaciones:

- 1) estación control de la calidad del receptor del efluente, generalmente entre 10 a 100m antes de la descarga del efluente
- 2) en la descarga: muestra tomada directamente del efluente o en su defecto lo más cerca al punto de la descarga de la piscicultura
- 3) otros puntos (denominados "Punto 3", "Punto 4" etc.) considerando la mezcla o dilución a aproximadamente ~100m - 1500m, dependiendo de la zona del potencial impacto de la descarga, para así poder visualizar los efectos en el área del efluente y su dispersión río abajo.
- 4) en caso de que la piscicultura se abastezca de agua proveniente de otras fuentes (p.e. vertientes, agua subterránea etc.), se tomaron otras muestras, denominadas "Control acumulador"
- 5) otras muestras de agua, p.e. otras fuentes de contaminación, como la planta de tratamiento de la ciudad Futrono que descarga al río Quimán: denominado "Planta tratamiento"

Las coordenadas exactas de las estaciones de muestreo y fechas de toma de muestra se muestran en la tabla 7 y 8.

Tabla 7: Ubicación y distancia de las estaciones de muestreo para cada piscicultura

	Distancia (m)	Zona	Coordenada E	Coordenada S
Piscicultura Quiman				
Control	-20	18 G	726370	5556206
Efluente	0	18 G	726367	5556193
Punto 3	88	18 G	726310	5556129
Planta Tratamiento	97	18 G	726297	5556128
Punto 4	485	18 G	726015	5555862
Punto 5	1220	18 G	725549	5555384
Piscicultura Los Canelos				
Control río	-400	18 G	702176	5550068
Control acumulador	-48	18 G	701819	5550155
Efluente	0	18 G	701786	5550185
Punto 3	45	18 G	701750	5550200
Punto 4	105	18 G	701699	5550236
Piscicultura Cuinco				
Control acumulador	-705	18 G	702115	5547330
Control río	-27	18 G	702713	5546938
Efluente	0	18 G	702701	5546925
Punto 3	40	18 G	702682	5546889
Punto 4	68	18 G	702657	5546883
Piscicultura Ignao				
Control	-32	18 G	704946	5533801
Efluente	0	18 G	704936	5533829
Punto 3	60	18 G	704886	5533798
Punto 4	85	18 G	704885	5533772
Piscicultura Iculpe				
Control	-35	18 G	717554	5534094
Efluente	0	18 G	717590	5534118
Punto 3	60	18 G	717583	5534183
Punto 4	105	18 G	717582	5534220
Piscicultura Pitreño				
Control	-32	18 G	727632	5532470
Efluente	0	18 G	727653	5532460
Punto 3	65	18 G	727691	5532519
Punto 4	105	18 G	727707	5532541

Las fechas de las salidas a terreno para la toma de muestras fueron las siguientes:

Tabla 8: Fechas de muestreo (parámetros físicos/químicos) para cada piscicultura.

* muestreos preliminares

Fechas de muestreo		Piscicultura muestreada
26.04.2016*	28.02.2017	Quiman
13.06.2016*	05.04.2017	
05.10.2016	03.05.2017	
14.11.2016	11.05.2017	
21.12.2016	06.06.2017	
10.01.2017	04.07.2017	
31.01.2017		
13.10.2016	28.02.2017	Los Canelos, Cuiusco
24.11.2016	05.04.2017	
21.12.2016	03.05.2017	
09.01.2017	06.06.2017	
31.01.2017	04.07.2017	
27.10.2016	27.02.2017	Pitreño, Iculpe
23.11.2016	03.04.2017	
20.12.2016	02.05.2017	
10.01.2017	05.06.2017	
30.01.2017	03.07.2017	
14.11.2016	27.02.2017	Ignao
23.11.2016	03.04.2017	
20.12.2016	02.05.2017	
10.01.2017	05.06.2017	
30.01.2017	03.07.2017	

3.2.2 Toma de muestras físico/químicas

TOMA DE MUESTRAS

Dentro de cada estación monitoreada, se recolectaron 3 muestras de agua (transecto: orilla – medio – orilla) para el análisis de las distintas fracciones de nitrógeno (orgánico, total y disuelto inorgánico), fósforo (orgánico, total y disuelto) y demanda bioquímica de oxígeno (DQO), mediante envases plásticos PET 1 de 250 – 500 cc colocadas directamente en el agua bajo la superficie, los cuales fueron previamente enjuagados y lavados. Una vez tomadas las muestras de agua se procedió a la refrigeración y transporte de estas a temperaturas entre 4 a 7°C al interior de coolers con hielo para su posterior análisis en el laboratorio LIMNOLAB de la UACH. Conjuntamente se procedió a la recolección de muestras de agua utilizadas para efecto de la caracterización de la materia orgánica disuelta (DOM) y cuantificación del carbono orgánico disuelto (DOC) las cuales se filtraron a través

de filtros de jeringa Millex -GP Hydrophilic PES 0,22 μM previamente acondicionado con 100 ml de agua (desionizada) para obtener la fracción disuelta y eliminar los sólidos suspendidos, y luego guardadas en frascos de borosilicato ámbar I-Chem Merck. Para cada muestra se generaron 3 replicados de 40 ml de muestra de agua filtrada (DOM) y 3 replicados de 40 ml de muestra de agua filtrada adicionando 100 μl de HCl fumante Merck (DOC). Todas las mediciones ópticas de DOM se hicieron dentro de 2 días, para evitar la degradación y subestimación de DOM.

Finalmente se realizó la medición de los parámetros físicos (temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez y pH) en terreno y el laboratorio (pH, turbidez) y la medición del caudal de las estaciones control y punto 4, para la determinación de cargas.

DETERMINACIÓN DE CAUDAL: El caudal se determinó con un velocímetro C2 (marca OTT, Kempton, Alemania) usando el método de velocidad-área, midiendo la velocidad de la corriente en un transecto de orilla-orilla en una distancia de cada metro y en una profundidad que corresponde a $\sim 60\%$ de la profundidad máxima en este lugar (Fig. 2). Posteriormente se calculó el caudal en base a la profundidad, al área y la velocidad medida en cada intervalo de medición.

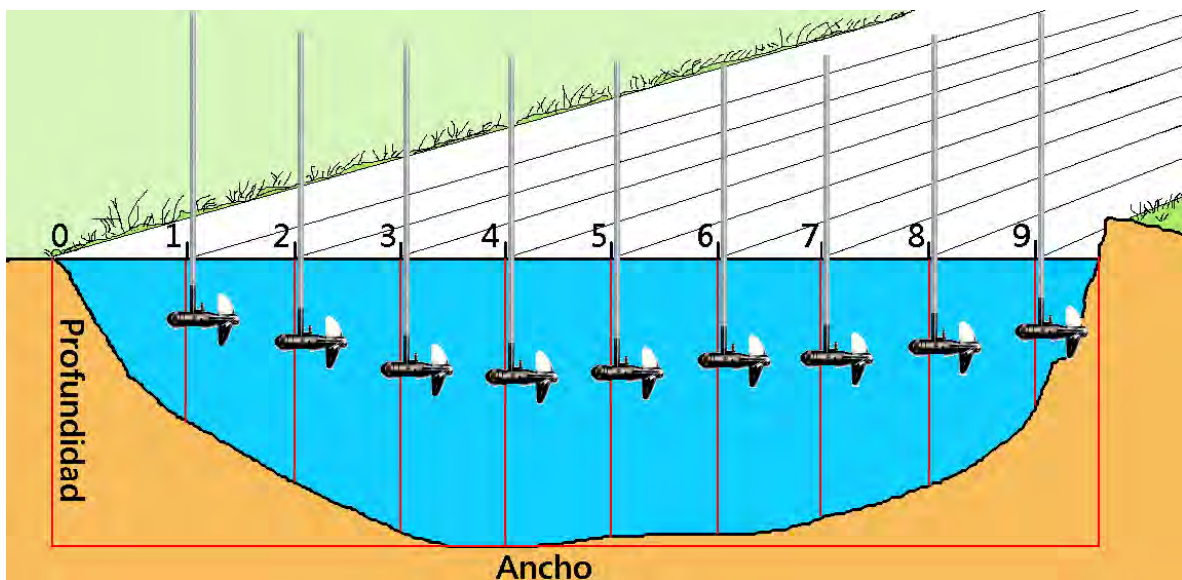


Fig. 2: Esquema metodológico de medición de caudal.

3.2.3 Análisis y evaluación de muestras físico/químicas

3.2.3.1 Análisis de parámetros físicos

Los análisis de los distintos parámetros se realizaron de acuerdo con la siguiente metodología:

Temperatura: Medición con sonda WTW 3420 (Weilheim, Alemania). Precisión: 0,1 °C.

pH: Medición con sonda WTW 3420 (Weilheim, Alemania). Precisión: 0,01.

Conductividad eléctrica: Medición con sonda WTW 3420 (Weilheim, Alemania). Precisión: 0,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Turbidez: Medición con turbidímetro AL250T-IR (AGUALYTIC, Alemania). Precisión: 0,1 unidades NTU.

Oxígeno disuelto: Medición con oxigenómetro (sensor óptico) WTW FDO 925 (Weilheim, Alemania), Precisión: 0,1 mg/L.

3.2.3.2 Análisis y evaluación de parámetros químicos (excepto carbono)

Los análisis de los distintos parámetros se realizaron de acuerdo con la siguiente metodología:

Las fracciones disueltas se realizaron con muestras previamente filtradas con un filtro de 0,45 μm .

ANÁLISIS DE PARÁMETROS QUÍMICOS:

Demanda química de oxígeno (DQO): Medición con test kit Merck N° 118750 4,0 – 40,0 mg/l. Según Standard Methods APHA (2005). Límite de detección: 4 mg/L.

Amonio: Colorimetría: Método Indofenol, 4500-NH3 F Standard Methods Edición 2005. Límite de detección (MDL): 0,003 mg N-NH₄/L. Spectrometro Merck PHARO 300.

Nitrato: Colorimetría: Método de Reducción con columna de cadmio/cobre y medición como nitrito según 4500-NO₃ – E Standard Methods APHA (2005). Límite de detección (MDL): 0,002 mg N-NO₃/L. Segmented Flow Analysis Modul SKALAR (Holanda). Modul Nitrato.

Nitrito: Colorimetría: Método colorimétrico diazonio según 4500-NO₂ - B. Standard Methods APHA (2005). Límite de detección (MDL): 0,002 mg N-NO₂/L. Segmented Flow Analysis Modul SKALAR (Holanda). Modul Nitrito.

Nitrógeno Total (NT): Colorimetría: Método de digestión básica con Hidróxido de Sodio y Persulfato de Potasio según Koroleff (1983) y 4500-N/C y 4500-NO₃ – E. Standard Methods APHA (2005). Límite de detección (MDL): 0,015 mg N/L. Segmented Flow Analysis Modul SKALAR (Holanda). Modul Nitrato.

Nitrógeno orgánico: Norg. = NT – (N-NO₃ + N-NO₂ + N-NH₄).

Fósforo soluble reactivo: Colorimetría: Método azul del ácido ascórbico según 4500-P – E. Standard Methods APHA (2005). Límite de detección (MDL): 0,002 mg P-PO₄/L. Spectrometro Merck PHARO 300. Spectrometro Merck PHARO 300 y ZEISS SPEKOL 11.

Fósforo Total (PT): Colorimetría: Método de digestión ácida y Persulfato de Potasio según Koroleff (1983) y 4500-P B/5 Standard Methods APHA (2005). Límite de detección (MDL): 0,003 mg P-PO₄/L. Spectrometro Merck PHARO 300 y ZEISS SPEKOL 11.

Fósforo orgánico: Porg. = PT – P-PO₄.

EVALUACIÓN NIVELES TRÓFICOS DE P Y N:

Una evaluación importante de los niveles de N y P consiste en la evaluación trófica, que determina la productividad de organismos fotosintéticos, principalmente el fitobentos (algas que viven sobre en las rocas y el lecho del río). Un aumento considerable, prolongado temporalmente y en distancia longitudinal, produce una eutroficación del ambiente río abajo de la descarga de materia orgánico, por lo cual es muy importante evaluar el nivel trófico tanto del receptor antes y después del punto de la descarga.

Actualmente no existen en Chile criterios consensuados sobre los límites de los niveles tróficos (respecto a P y N,) que permiten evaluar la calidad de los sistemas lóticos en el Sur de Chile. Por esta razón se presentan en la tabla 9 valores de referencia para NT y PT de ríos de Estados Unidos (Dodds 2004, 2006, 2007; Smith 2003; Smith et. al 2003) y valores recopilados de la literatura chilena (véase también tabla 10) e informes técnicos durante estudios anteriores (Woelfl et al. 2011a, 2011b, 2013) en la cuenca del río Bueno. La mayor diferencia con valores referenciales de Estados Unidos son los valores menores de N, que en el Sur de Chile generalmente son mucho mas bajos, probablemente debido a la falta de una deposición atmosférica importante de N. Cabe mencionar que existen mas

datos sobre ríos prístinos que sobre sistemas lóticos en áreas con alta intervención humana como ganadería y agricultura.

Tabla 9: Rangos de P y N con su respectiva clasificación trófica, obtenidas en ríos de Estados Unidos y propuesto en este estudio.

Literatura recopilada para nivel tróficos en el Sur de Chile: Woelfl et al. 2011a, 2011b, 2013; este estudio, Woelfl & Cruz (datos no publicados sobre praderas)

Trofia	TN (µg/L)	TP (µg/L)	Fuente
Oligotrófico	< 75	< 10	Propuesta este estudio
	< 700	< 25	Smith, 2003
Oligo-Mesotrófico	< 350	< 25	Doods, 2007
	75 - 150	10 - 25	Propuesta este estudio
Mesotrófico	700 – 1500	25 – 75	Smith, 2003
	150 - 300	25 - 60	Propuesta este estudio
Meso-Eutrófico	350 - 700	25 - 60	Doods, 2007
Eutrófico	> 1500	> 75	Smith, 2003
	> 300	> 60	Propuesta este estudio

3.2.3.3 Análisis y evaluación de materia orgánica disuelta (DOM)

Se estudió cuantitativa y cualitativamente la materia orgánica disuelta (DOM) que es un parámetro crítico para la caracterización de la situación actual de los ríos que reciben descargas orgánicas provenientes de las pisciculturas u otras actividades productivas. Se realizaron los siguientes análisis:

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE CARBONO ORGÁNICO (DOC): El carbono orgánico disuelto fue cuantificado mediante una oxidación catalítica a alta temperatura de forma automatizada inyectando la muestra sobre un catalizador de platino a 680°C en atmósfera rica en oxígeno. Esto se realizó utilizando analizador de carbono automatizado HighTOC Elemental Systems (Hanau, Germany). Este método permitió además medir carbono inorgánico (Nimptsch et. al., 2015).

ANÁLISIS CUALITATIVO ÓPTICO Y FLUOROMÉTRICO DE DOM: Para el análisis fluorométrico y óptico de las muestras se utilizó un espectro - fluorómetro Varian Cary Eclipse Fluorescence Spectrophotometer (Agilent Technologies, Australia), el cual proporciona información fiable sobre el origen, aromaticidad y reactividad biológica de DOM mediante una herramienta analítica relativamente simple, eficaz y no invasiva. Luego, para la identificación cualitativa y cuantitativa de los componentes disueltos de DOM se realizó el análisis PARAFAC, el cual se llevó a cabo en MATLAB usando la caja de herramientas de corrección DOMFluor (Nimptsch et. al., 2014).

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA RELATIVOS AL APOORTE DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO (COD) EN PISCICULTURAS.

Para el presente informe se consideran varios criterios de calidad de aguas relativas al carbono orgánico disuelto. Como primer criterio se usa lo recomendado por la normativa europea que indica que la concentración de carbono orgánico de un efluente equivalente a la carga de *ca.* 2000 personas (carga equivalente a la producción de *ca.* 200 ton peces/año) no debe sobrepasar una concentración de 10 mg C/L, para mantener la calidad ecológica del cuerpo fluvial.

Como segundo criterio, debido a la alta variabilidad en las concentraciones de COD en las estaciones control de las 6 pisciculturas monitoreadas (Fig. 3), y debido a los diferentes tipos de ríos, tamaños de cuenca y uso de suelos correspondientes se utilizaron la clasificación en rangos de calidad relativos a COD en cuerpos de agua fluviales con contenidos de COD similares a los registrados en el presente estudio según la normativa suiza ¹ (Tabla 10). Esta también diferencia la clasificación de la calidad de agua relativa a COD en aguas de ríos sin contaminación previa (Tabla 11). En este informe se usará solamente la tabla 11, aunque las pisciculturas Los Canelos y Cuinco muestran ya un cierto grado de contaminación.

¹ https://awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/wasser/gewaesserschutz/wasserqualitaet/fg_methoden.html
https://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/betrieblicher_gewaesserschutz/industrieabwasser.assetref/dam/documents/BVE/AWA/de/Wanutz/Bericht_extern_Gew%C3%A4sserschutz_in_kommerziellen_Fischzuchtanstalten_mit_Durc_hlaufanlagen.pdf

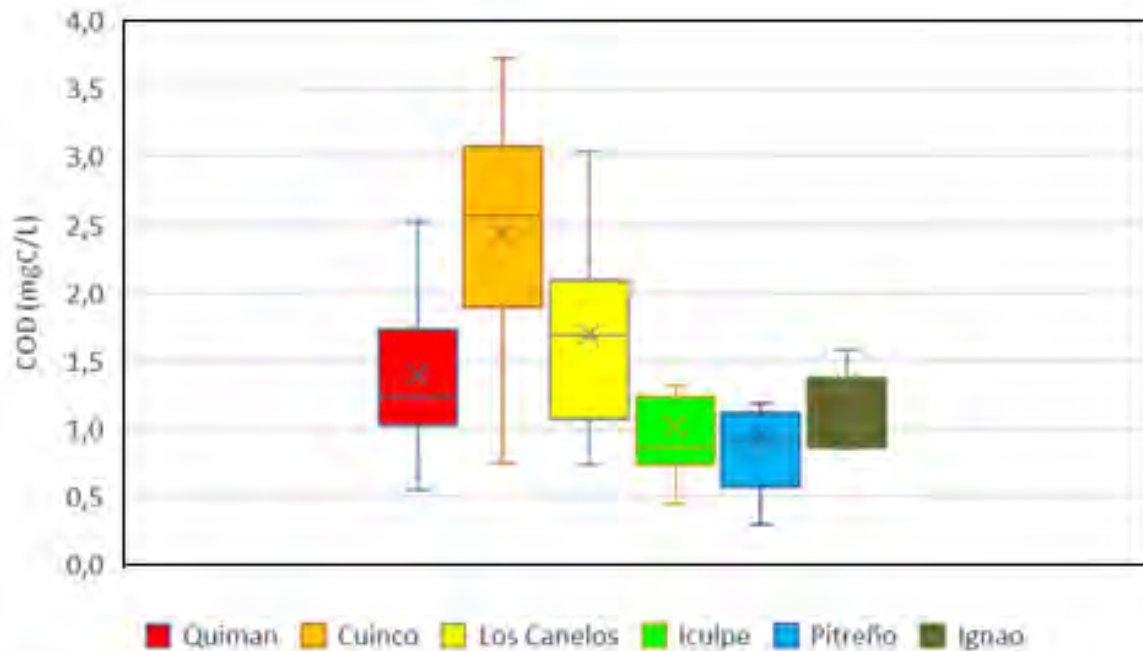


Fig. 3: Rangos de concentración para el parámetro carbono orgánico disuelto en las estaciones Control de las seis pisciculturas monitoreadas.

Tabla 10: Rangos de calidad para el parámetro carbono orgánico utilizados en Suiza para Pisciculturas de flujo abierto en cuerpos de agua fluviales que muestran ya una cierta carga previa.

Rangos de Calidad	Rango calidad (mg C/L)	Límite de cambio Calidad (mg C/L)
Mala	> 8,0	
Insatisfactoria	6,0 - 8,0	7,0
Regular	4,0 - 6,0	5,0
Buena	2,0 - 4,0	3,0
Muy Buena	< 2,0	

Tabla 11: Rangos de calidad para el parámetro carbono orgánico utilizados en Suiza para Pisciculturas de flujo abierto en cuerpos de agua fluviales sin carga previa

Rangos de Calidad	Rango de calidad (mg C/L)	Límite de cambio Calidad (mg C/L)
Mala	> 4,0	
Insatisfactoria	3,0 - 4,0	3,5
Regular	2,0 - 3,0	2,5
Buena	1,0 - 2,0	1,5
Muy Buena	< 1,0	

3.2.4 Estimación de cargas de P, N y C de pisciculturas en comparación con las demás existentes

ANÁLISIS DE LA CUENCA: En un primer paso se realizó un análisis del uso del suelo de las cuencas de cada piscicultura (y de toda el área del estudio) para poder calcular el aporte de nutrientes antes de la piscicultura usando índices de exportación según la literatura (Tabla 12).

Además, se identificaron la ubicación de asentamientos a través de la revisión de mapas de Google Earth y verificaciones en terreno para poder estimar la cantidad de personas que vive en una determinada cuenca o subcuenca.

También se identificaron las principales actividades productivas que podrían causar ingreso de nutrientes y otros impactos sobre recursos acuáticos, especialmente a través de descargas directas.

ESTIMACIÓN DE LAS CARGAS POR USO DE SUELO: El aporte de nutrientes por el uso del suelo se calculó en base de los caudales determinados en este estudio en la estación “control” y los índices de exportación de la literatura (Tabla 12) (carga = caudal x concentración de P, N). De esta manera se calcularon las respectivas cargas de P y N que recibió el receptor antes de las descargas de las pisciculturas.

Tabla 12: Índices de exportación de nutrientes según la literatura (según Woelfl, S., J. Nimptsch, et al. 2013. Evaluación del Estado Ambiental de los Lagos utilizados para actividades de acuicultura en la zona sur austral de Chile (primera etapa) N° 4728-42-12. 824 pág.).

Usos de suelo	N-tot µg/L	P-tot µg/L
Agricultura	314,7	28,7
Bosque nativo	67,3	4,9
Cuerpos de agua	95,6	8,6
Humedales	95,6	8,6
Matorral	180,0	15,1
Nieve	67,8	67,3
Plantacion	225,8	12,0
Praderas	318,6	27,4
Suelo desnudo	67,8	67,3
Urbano	452,0	-

Estas cargas estimadas se compararon con las cargas calculadas para la estación "Control" (receptor) en base de las mediciones realizadas en este estudio con el fin de chequear las mediciones e identificar eventuales incoherencias entre ellos producto de alguna contaminación adicional o de identificar condiciones ambientales diferentes a las esperadas según la literatura.

CÁLCULO DE LAS CARGAS DE LA PISCICULTURAS Y OTRAS FUENTES: Las cargas de las pisciculturas mismas se calcularon en base del caudal del efluente (obtenidos por SMA) y las concentraciones de P total, N total y C orgánico disuelto corregidas por las concentraciones medidas en la estación control. En algunos casos (p.e. Quiman) se calcularon además las cargas de otras fuentes puntuales como la planta de tratamiento de Futrono.

Finalmente, se calculó el aporte de las pisciculturas a la carga total de receptor (en porcentaje de la carga total). Con el fin de facilitar la evaluación de la carga de la piscicultura, se comparó esta carga con la carga contaminante media diaria de un habitante definido por el Decreto N90 de la MinSecGen. Se asumió una carga media diaria por habitante de 1,6 gP/d, 8-10,4 gN/d y 27-40 gC/d (se asumió 40 – 60 g DBO₅/d * habitante y un factor de transformación TOC/DBO₅ de 0,6).

3.3 EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD ACUÍCOLA SOBRE LOS PRINCIPALES RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS

En la evaluación del impacto de la actividad acuícola sobre los recursos acuáticos se estudió solamente el macrozoobentos en los receptores de las descargas. Originalmente se propuso una evaluación de las macrófitas, sin embargo, este grupo no estuvo presente en la mayor parte de los ríos estudiados, razón por la cual no se incluye.

3.3.1 Toma de muestras de macrozoobentos

Selección de la muestra. Cursos de agua influenciados por efluentes de las pisciculturas Los Canelos, Cuinco, Ignao, Iculpe, Pitreño y Quiman, fueron muestreados durante el periodo de estiaje de 2017 (tabla 13) con posterioridad a un reconocimiento de las condiciones de los ríos receptores, tramos a comparar y muestreos exploratorios de la composición taxonómica de los ensambles. Las alteraciones (efectos) en cada río seleccionado, se evaluaron considerando un tramo **CONTROL** (“sin perturbación”) ubicado aguas arriba de la descarga del efluente y comparado con un tramo **IMPACTO** (“con perturbación”), definido como la zona de mezcla sobre 50 metros aguas abajo de la descarga, que considera la distancia desde el efluente y su capacidad de recuperarse alcanzando la condición existente en el tramo control (resiliencia) (Fig. 4).

Tabla 13: Fechas de muestreo del monitoreo biológico correspondiente al macrozoobentos.

Fecha	Piscicultura	Cuerpo receptor (Cuenca Río Bueno)
28.02.2017 11.05.2017	Quiman	Río Quiman
30.03.2017	Pitreño	Río Pitreño
16.03.2017	Iculpe	Río Iculpe
27.02.2017	Ignao	Río Ignao
10.03.2017	Los Canelos	Estero Sin Nombre: Subcuenca río Ralitrán
10.03.2017	Cuinco	Estero Sin Nombre: subcuenca estero Panqueco



Fig. 4: Fechas de muestreo de los cuerpos receptores de efluentes de pisciculturas en los tramos CONTROL e IMPACTO

Sólo en el cuerpo receptor de efluentes de la Piscicultura Pitreño (río Pitreño) se agregó un segundo control (CONTROL 2) aguas arriba del CONTROL 1 debido a los hallazgos de alimento para alevines (pellet) en las muestras preliminares de bentos en el tramo. Sólo para el cuerpo receptor de la Piscicultura Quiman (río Quiman) se levantó información en un tramo IMPACTO 2 considerando una distancia sobre 1000 m del efluente de la piscicultura y eventual dilución de otra descarga existente en el tramo IMPACTO 1, en este caso descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas servidas de la ciudad de Futrono. En la sección Anexos se entrega un registro fotográfico de las condiciones generales de cada tramo en los ríos evaluados.

Toma de muestras. Se tomaron muestras de macrozoobentos en cada tramo basado en la metodología multihábitat para macroinvertebrados bentónicos (Barbour et al., 1999; Elosegui & Sabater, 2009). En los ríos estudiados se reconocieron 8 tipos de hábitat (Fig. 5), desde donde se obtuvo un total de 20 muestras correspondientes al 100% de la cobertura del tramo y en forma proporcional al porcentaje de cobertura de cada uno obtenidos por método de ponderación por consenso (ver Anexos Tipo de hábitat y % cobertura). En la selección de los tramos a comparación, se resguardó en lo posible la similitud de ambientes y el hábitat mínimo reconocido (muestreado) correspondió al 5% de la cobertura total. Se establecieron las longitudes de cada tramo (en metros) dependiendo de las características de cada río, donde se definió un punto de inicio (0 m) de la toma de muestras correspondiente a la parte baja del tramo y otro final de 50 ó 100 m aguas arriba. Se usó imagen en GoogleEarth para establecer las coordenadas (UTM) de inicio y final para cada

tramo. En cada río, el muestreo se realizó primero en el tramo impacto (parte baja del tramo) en dirección a la parte alta (control).

Tabla 14: Clasificación de hábitat y sustrato usada para el muestreo.

Código	Hábitat	Descripción
H-LA	Limo-arena	Sustrato mineral < 0,2cm
H-GG	Grava-guijarros	Sustrato mineral 0,2 – 6cm
H-BB	Bolones y Bloques	Sustrato mineral > 6cm
H-MOPG	Materia Orgánica Particulada Gruesa	Ramas < 1m, hojarasca, raíces,
H-MOPF	Material Orgánica Particulada Fina	M.O. no se distingue formas de origen
H-DLG	Detritus Leñosos Grandes	Troncos >1m
H-VEGT	Partes vivas de vegetación terrestre	Vegetación terrestre, raíces y hojas
H-MACROF	Macrófitas	Vegetación acuática

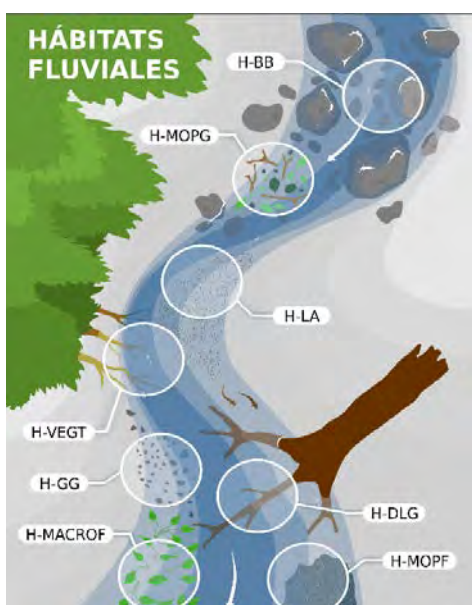


Fig. 5: Tipo de hábitat presentes en los ríos evaluados.

Debido a que cada hábitat representa condiciones particulares, se utilizaron diferentes artes de captura a objeto de obtener la mayor cantidad de taxones presentes en cada tramo y maximizar la eficiencia del muestreo considerando los atributos particulares de cada técnica (Tabla 15). Las muestras obtenidas se colocaron en bolsas de polietileno con cierre hermético y su correspondiente

etiqueta de identificación (sitio, código, fecha, hábitat) y fijadas en alcohol al 96% para el trabajo de limpieza, separación e identificación en el laboratorio (ver Anexo registro fotográfico método en campo y laboratorio).

Tabla 15: Tipo y área de red usada para el muestreo en cada hábitat identificados.

Hábitat	Tipo Red	Base (a) m ²	Altura (b) m ²	Fórmula Área	Área m ²
H-LA	Surber	0.3	0.3	a*b	0.09
H- GG	Surber	0.3	0.3	a*b	0.09
H-BB	Pateo	0.7	0.5	a*b	0.35
H-MOPG	Red D	0.3	0.3	$(a*(b/2)*\pi)/2$	0.07
H-MOPF	Surber	0.3	0.3	a*b	0.09
H-DLG	Pateo	0.7	0.5	a*b	0.35
H-VEGT	Mano*	0.15	0.12	a*b	0.054
H-MACROF	Mano*	0.15	0.12	a*b	0.054

Actividades de campo complementarias. En cada tramo evaluado se realizaron actividades complementarias al muestreo de macrozoobentos con el objeto de contribuir a la interpretación de los resultados

Protocolo de campo. Para levantar la información sobre la identificación del sitio de muestreo y las condiciones generales del río (geología, morfología uso de suelos, entre otros) y las particularidades en cada tramo (condiciones atmosféricas, tipo de río, ancho río, profundidad, entre otros) se usó el protocolo de campo para muestreo de macroinvertebrados (ver Anexo protocolos de campo).

Calidad de hábitat y bosque de ribera: Para conocer las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla los ensambles de macrozoobentos en los ríos estudiados y tener una medida de semejanza cualitativa entre los tramos sujetos a comparación, se usaron los índices de calidad de hábitat fluvial y del bosque de ribera adaptados de Jáimez-Cuellar et al. (2004) (ver Anexo protocolo índices), resultados dependientes principalmente del tipo e intensidad de uso de los recursos naturales (manejo de la cuenca) dado por actividades económicas y/o socio-culturales de la zona (tabla 16).

Tabla 16: Descripción de la condición de los tramos comparados usando índice de hábitat fluvial (IHF), calidad de bosque de ribera (CBR) y porcentaje de similitud entre tramos.

PISCICULTURA														
BOSQUE DE RIBERA (CBR)	CUINCO		LOS CANELOS		ICULPE		IGNAO		QUIMAN			PITREÑO		
DESCRIPCIÓN / TRAMO	CON	IMP	CON	IMP	CON	IMP	CON	IMP	CON	IMP 1	IMP 2	CON 1	CON 2	IMP
<i>Grado de cubierta vegetal</i>	25	25	5	5	25	25	25	25	25	25	10	5	25	25
<i>Estructura de la cubierta vegetal</i>	25	25	10	15	25	25	25	25	25	10	10	0	25	10
<i>Calidad de la cubierta vegetal</i>	25	25	20	25	15	0	20	25	25	25	20	5	25	5
<i>Grado de naturalidad de la cubierta</i>	25	25	10	25	25	5	25	25	15	25	25	5	25	10
Puntuación Índice CALIDAD (CBR)	100	100	45	70	90	55	95	100	90	85	65	15	100	50
	MB	MB	M	I	B	I	MB	MB	B	B	I	P	MB	M
HABITAT FLUVIAL (IHF)														
DESCRIPCIÓN														
<i>Inclusiones rápidos-sedimentos-pozas</i>	10	10	5	5	10	10	10	10	5	5	5	10	10	10
<i>Frecuencia de rápidos</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	10	10	4	8	10	8
<i>Composición del sustrato</i>	15	15	10	15	7	7	10	10	9	9	7	9	7	9
<i>Régimen de velocidad/profundidad</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Porcentaje de sombra en el cauce</i>	7	7	5	5	3	3	3	3	3	3	3	4	10	4
<i>Elementos de heterogeneidad</i>	8	8	2	4	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2
<i>Cobertura de vegetación acuática</i>	0	0	10	5	15	15	0	0	0	0	5	10	5	20
Puntuación Índice CALIDAD (IHF)	48	48	40	42	45	45	33	35	33	33	30	47	48	57
	R	R	M	R	R	R	M	M	B	B	M	R	R	R
% Similitud de hábitat comparados	100*		95*		100*		94*		100*		110*	82**	84**	

CON= Tramo CONTROL; IMP= Tramo IMPACTO.

MB= Muy Bueno; B=Bueno; R=Regular; M=Malo; I=Intermedio; P=Pésimo. Puntuación máxima de ambos índices = 100

Adaptación del índice según Jáimez-Cuellar et al. (2004).

Evaluación de hábitat= *Comparable; **Aceptable

Similitud de tramos a comparar: Para obtener una referencia de similitud de tramos a comparar y con ello reducir el factor de incidencia de esta variable sobre los resultados, se usó el valor obtenido del Índice de hábitat fluvial (IHF) para en cada tramo llevados a porcentajes de similitud de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Similitud de los tramos a comparar} = (\text{IHF Control} / \text{IHF Impacto}) \times 100$$

El valor resultante de la comparación (porcentaje) se ubico en una de las categorías de evaluación del hábitat entregados en la tabla 16, y de acuerdo a los resultados obtenidos, solamente aceptable los tramos CONTROL 2 vs IMPACTO en la piscicultura Pitreño, todos los otros tramos seleccionados en los cuerpos de agua receptores caen en la categoría de comparables (ver Tabla 17).

Tabla 17: Evaluación del hábitat para obtener la relación de similitud entre tramos comparados (CONTROL vs IMPACTO) usando el porcentaje de similitud del índice de hábitat fluvial (%IHF) (modificado de Plafkin et al., 1989 en Hauer & Lamberti, 1996)

% Similitud	Evaluación de hábitat
≥ 90	Comparables
75 - 89	Aceptable
60 - 74	Parcialmente aceptable
≤ 59	No comparables

Registro fotográfico: En cada río y tramo (control e impacto) se tomaron fotografías para registrar la condición general del río y la metodología empleada (Anexo).

Bioseguridad: Con el objeto de contribuir a las medidas sanitarias vigentes, en especial para el control de la diseminación del alga invasora Didymo (*Didymosphenia geminata*) en ríos y lagos del sur de Chile, se utilizó como medida preventiva el protocolo Remover–Lavar–Secar establecido por Sernapesca (<http://didymo.sernapesca.cl/medidas.php>), donde posteriormente al finalizar un muestreo en un río, tanto botas como artes de captura (redes) se les removi6 restos de materiales (arena, fango, ramas, hojas, etc.) para luego ser sumergidos por 3 min en un balde de plástico de 30 L con una solución de detergente (lavalozas) al 5% y posterior secado por 1 hora (Fig. 6).



Fig. 6: Lavado de implementos posterior a la ejecución de muestreo en cada piscicultura.

3.3.2 Análisis de muestras de macrozoobentos

Las muestras obtenidas en campo y correspondientes a un mismo tipo de hábitat se mezclaron (integradas) sobre una bandeja (35x30x5cm) al momento de efectuar la limpieza o separación de los animales, procedimiento que consistió en la separación del material orgánico (hojas, ramas) e inorgánico (limo, arena y guijarros) bajo un chorro de agua suave sobre tamices de 250 μm y 500 μm .

Para aquellos casos en que la muestra se presentaba muy abundante, se procedió a subdividir o fraccionar la muestra previa homogenización en cuatro partes y tomar una fracción (1/4) al azar. Para las muestras que aún eran muy abundantes, se repitió el procedimiento sobre la fracción ya obtenida, correspondiendo la nueva porción a una dieciseisava parte (1/16) de la muestra original. El número total de individuos por hábitat se obtuvo multiplicando el factor de fraccionamiento por el número de individuos contabilizados en la muestra. Las muestras resultantes del fraccionamiento se conservaron en bolsas plásticas en alcohol al 95% y etiquetaron según su origen para el control calidad posterior (ver Anexo. Metodología de campo y laboratorio)

Cada muestra fue analizada en su totalidad usando una lupa estereoscópica y con ayuda de pinzas entomológicas, los individuos fueron tomados y agrupados a nivel de Orden. Los individuos ya separado se colocaron en viales de 10cc con alcohol al 95%, para luego proceder a la identificación taxonómica a nivel de género y/o especies .

3.3.2.1 Evaluación de los cambios en los ensamblajes

Taxonomía y data: Las muestras tomadas en terreno (fijadas en alcohol 96%) y luego de proceder a la limpieza y separación en el laboratorio, se identificaron al nivel taxonómico más bajo posible utilizando colecciones de referencia, claves de especies para el neotrópico, como sur de América del Sur y trabajos científicos específicos para Chile (Pescador & Peters, 1987; Espinelli & Ronderos, 2001; Spangler & Staines, 2002; Kluge & Kaiote, 2003; Nieto 2004; Camousseight, 2006; Valdovinos, 2006; Vera & Camousseight, 2006; Mercado & Elliott, 2006, Domínguez & Fernández, 2009; Fuentealba et al., 2010; Elgueta & Jezek, 2014; Vera et al., 2015; McLellan et al. 2006).

La densidad total ponderada por tramo (ind./m²) de los taxón presentes se obtuvo una vez contabilizados los individuos y multiplicados por el factor de fraccionamiento de la muestra en los casos correspondientes y la estandarización a unidad de superficie de muestreo llevada a 1m², para luego ser multiplicado por el porcentaje correspondiente a la cobertura (proporción) de cada hábitat muestreado. Los datos generados y manejados en una base de datos formato Excel (Anexo Base de datos) fueron analizados usando el software BioDiversity Professional Versión 2 (McAleece et al. 1997).

Métricas

Riqueza de especies (S), como número de taxones registrado en cada tramo sujeto a evaluación.

Abundancia Total (N), como sumatoria total de los individuos existentes en cada tramo expresado en densidad (Individuos/m²).

Diversidad específica (H'), método que combina las variables de riqueza, abundancia y equidad del ensamble, usando índice de Shannon & Wiener (1963):

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_{10} P_i$$

En donde:

H' = Índice de diversidad de Shannon

P_i = n_i / N ; proporción de individuos hallados en la familia i-esima (Densidad ind/m²)

n_i = número de individuos de cada familia (ind./m²)

N = densidad total individuos en el ensamble (ind./m²)

Similitud taxonómica (Sj) presencia-ausencia entre los tramos comparados (CONTROL vs IMPACTO) mediante el índice de similitud de Jaccard (1908) expresado en porcentaje de similitud. 100% en casos de similitud completa e igual a 0%, si los tramos son disimilares. Índice cualitativo.

$$S_j = C / (A + B + C); \quad 0 < S_j < 1$$

En donde:

A = elementos exclusivos de la condición Control.

B = elementos exclusivos de la condición Impacto.

C = elementos comunes a las condiciones Control e Impacto.

Disimilitud del ensamble (BC), se usó el método de agrupación (Clúster) de acuerdo índice de Bray-Curtis (1957) expresado en porcentaje: 100% en casos de disimilitud completa e igual a 0% si los tramos son similares. Índice cuantitativo como una medida de la diferencia entre la abundancia de cada taxón presente (presencia-ausencia) y la abundancia de cada taxón,

$$\text{Índice BC} = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^S |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^S [x_{ij} + x_{ik}]} \right) * 100$$

En donde:

Índice BC = medida de similitud Bray-Curtis entre las muestras j y k

Xij = número de individuos de la especie i en la muestra j

xik = número de individuos de la especie i en la muestra k

S = número de taxones

El índice biótico (IBF) o calidad del agua desde el punto de vista biológico. Si bien en un comienzo se planteo usar el índice Ch-BMWP (Biological Monitoring Working Party) adaptado por Figueroa et al. (2007) que usa las tolerancias de familias presentes (método cualitativo) y que justifica su uso en forma sencilla y rápida, los resultados preliminares mostraron la relevancia que tendría en la evaluación la distribución de las abundancias (ind./m²) de las familias dentro de los ensamble en los tramos comparados. En consecuencia la calidad de agua se evaluó usando el Índice Biótico de Familias de Hilsenhoff (1988), índice que presenta sensibilidad al combinar densidades (distribución dentro del ensamble) y la tolerancia asignada a cada familia a la contaminación de tipo orgánico principalmente. La forma de calcular el índice fue de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{IBF} = 1/ N \sum n_i t_i.$$

En Donde :

N = número total de individuos en la muestra.

ni = número de individuos en una Familia

ti = puntaje de tolerancia de cada Familia.

Los valores de tolerancias de cada familia se obtuvo de acuerdo a la adaptación efectuada por Figueroa et al. 2003 y Figueroa et al. 2007 para dos ríos del sur de Chile (Tabla 18) y su interpretación de acuerdo a rangos y criterios de calidad según tabla 19.

Tabla 18: Valores Tolerancia de familias usadas para el cálculo del índice Biótico de Familias Figueroa et al. 2007).

Orden (o Clase)	Familia	Valor de tolerancia	Orden (o Clase)	Familia	Valor de tolerancia
Plecoptera	Gripopterygiidae	1	Megaloptera	Corydalidae	0
	Notonemouridae	0		Sialidae	4
	Perlidae	1	Lepidoptera	Pyralidae	5
	Diamphipnoidae	0	Platyhelminthes	Turbellaria	4
	Eustheniidae	0	Acari		4
	Autroperlidae	1	Decapoda	Aeglidae	3
Ephemeroptera	Baetidae	4	Coleoptera	Parastacidae	6
	Caenidae	7		Elmidae	4
	Leptophlebiidae	2		Psephenidae	4
	Siphonuridae	7	Diptera	Athericidae	2
	Oligoneuridae	2		Blephariceridae	0
	Ameletopsidae	2		Ceratopogonidae	6
	Coloburiscidae	3		Chironomidae	7
	Oniscigastridae	3		Empididae	6
Odonata	Aeshnidae	3		Ephyridae	6
	Calopterygidae	5		Psychodidae	10
	Gomphidae	1		Simuliidae	6
	Lestidae	9		Syrphidae	10
	Libellulidae	9		Tabanidae	6
	Coenagrionidae	9	Tipulidae	3	
	Cordulidae	5	Amphipoda	Gammaridae	4
	Petaluridae	5	Hyalellidae	8	
Trichoptera	Calamoceratidae	3	Isopoda	Janiriidae	4
	Glossosomatidae	0	Mollusca	Amnicolidae	6
	Helicopsychidae	3		Lymnaeidae	6
	Hydropsychidae	4		Physidae	8
	Hydroptilidae	4		Sphaeriidae	8
	Leptoceridae	4		Chiliniidae	6
	Limnephilidae	2		Oligochaeta	
	Ecnomidae	3	Hirudinea		10
	Helicophidae	6			
	Polycentropodidae	3			
	Philopotamidae	2			
	Hydrobiosidae	0			
	Sericostomatidae	3			

Fuente: Figueroa et al. (2007)

Tabla 19: Rangos de calidad de agua y criterio de evaluación del índice IBF (Figueroa et al. 2007).

CLASE CALIDAD	Ch-IBF	CRITERIO	REPRESENTACIÓN
I	0,00 – 3,75	Muy Bueno	
II	3,76 – 4,63	Bueno	
III	4,64 – 6,12	Regular	
IV	6,13 – 7,25	Malo	
V	7,26 – 10,00	Muy Malo	

3.3.2.2 Evaluación de los cambios observados: Alteración

Métricas cuantitativas: Se usó el concepto de “ALTERACIÓN” para expresar las modificaciones observadas en el tramo sujeto a comparación (tramo IMPACTO). Este concepto es el que contempla la legislación ambiental vigente (Ley 19.300/94 Ley Bases Generales de Medio Ambiente y sus modificaciones) para establecer los impactos de actividades productivas sobre el medio ambiente (ecosistema acuático en este caso), donde en su artículo 2, letra k, define Impacto Ambiental como: “La alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada”. En consecuencia, los resultados son analizados conforme a la comparación de los valores obtenidos de las métricas usadas entre el tramo e interpretados según los criterios y rangos establecidos en tabla 20.

Tabla 20: Métricas, rangos y criterios usados para la evaluación de la alteración comparando tramo IMPACTO vs tramo CONTROL.

CRITERIO /COLOR		NO HAY	MODERADO	ALTO	MUY ALTO
-----------------	--	--------	----------	------	----------

METRICA	DESCRIPCION	RANGOS			
RIQUEZA (S)	Diferencia en % de variación respecto al Control (valor absoluto)	0 – 10,0	10,1 – 30,0	30,1 – 70,0	70,1 – ≥ 100
DENSIDAD (N) (Ind./m ²)	Diferencia en órdenes de magnitud (potencia 10 ⁿ⁺¹) de variación respecto al Control (aumento)	< 1	1	2	≥ 3
DIVERSIDAD (H')	Diferencia en % de variación respecto al Control (valor absoluto)	0 – 10,0	10,1 – 30,0	30,1 – 70,0	70,1 – ≥ 100
JACCARD índice (Sj) (% Similitud)	Valor del índice respecto al Control	100 – 90,1	90,0 – 70,1	70,0 – 30,1	30,0 – 0,0
Bray-Curtis índice (BC) (% Disimilitud)	Valor del índice respecto al Control	0 – 10,0	10,1 – 40	40,1 – 70,0	70,1 – 100

Fuente: Elaboración propia

Índice biótico: La comparación de la condición biológica entre tramos (IMPACTO vs CONTROL) se realizó usando el índice biótico de familia (IBF) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Similitud (\%)} = (\text{IBF CONTROL} / \text{IBF IMPACTO}) \times 100$$

El valor resultante de la comparación (en porcentaje) relativo al tramo CONTROL se interpretó de acuerdo a los rangos y criterios de alteración mostrados en la tabla 21.

Tabla 21: Alteración biológica (condición) entre los tramos comparados (IMPACTO vs CONTROL) usando el porcentaje de similitud del índice biótico de familia (%IBF) (adaptada de Plafkin et al., 1989 en Hauer & Lamberti, 2007)

% Similitud	ALTERACION Biológica
≥ 85	NO HAY
84 - 70	MODERADO
69 - 50	ALTO
< 50	MUY ALTO

3.4 Desarrollo de protocolo para evaluar peticiones de ampliaciones de producción y/o nuevas concesiones asociadas a la piscicultura

3.4.1 Protocolo de decisiones relacionadas con actividades acuícolas

Se diseñó un protocolo para facilitar la toma de decisiones respecto a peticiones de ampliaciones de producción y/o nuevas concesiones en actividades asociadas a la piscicultura. Este se basó en los resultados de este estudio que incluye la recopilación y evaluación de información relevante al tema, las mediciones propias de las descargas por parte de las pisciculturas, los datos del autocontrol de las empresas según decreto MinSeg N° 90 y del impacto de las pisciculturas sobre el medio ambiente y una evaluación de literatura relevante.

El enfoque principal del protocolo fue discutido y consensuado previamente con la contraparte técnica (23. nov 2017, 12. ene 2018) para afinar los aspectos mas importantes y el enfoque del protocolo.

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PECES PERMITIDA/CAPACIDAD DE CARGA

Capacidad de Carga de un área se refiere al potencial de producción máxima de una especie que el ambiente puede sustentar indefinidamente, en relación con el alimento, hábitat, agua (oxígeno) y otras necesidades disponibles en el ambiente.

Al final del protocolo presentado se realiza una estimación de la capacidad de carga en términos de máximo stock cultivable de especies salmonídeas para las subcuencas estudiadas bajo de los términos presentados en el protocolo, que son principalmente nivel de oxigenación, nivel de materia orgánica y trófica y nivel de alteración de macrozoobentos. Para estos parámetros se desarrolló una valorización fijando finalmente límites para la zona de mezcla completa y el efluente considerando la capacidad de dilución de los receptores.

3.4.2 Propuesta de mejoras en las pisciculturas

Para cumplir con este objetivo se evaluaron los antecedentes recopilados sobre el funcionamiento de las pisciculturas - especialmente los datos del autocontrol de los efluentes -, y visitas a terreno. Adicionalmente a la oferta de este consultor, también se realizaron mediciones de la calidad de agua antes y después de los rotafiltros o pileta de sedimentación para obtener datos tentativos sobre la eficiencia de remoción de las diferentes fracciones de P, N y C. En base a la información recopilada, de los datos analizados y evaluados se elaboraron recomendaciones de mejoras en las pisciculturas estudiadas de acuerdo a las experiencias del equipo de estudio. En detalle se realizaron las siguientes actividades:

3.4.2.1 Inspección de pisciculturas - visitas a terreno

Aparte del análisis de la información recopilada sobre las pisciculturas y del muestreo físico/químico/biológico realizado, se concretaron adicionalmente visitas a las pisciculturas en conjunto con la contraparte (Sra. Marcela Osorio) para conocer en terreno el funcionamiento detallado de las diferentes pisciculturas, especialmente el manejo de residuos líquidos y sólidos. Durante estas visitas el equipo de estudio fue recibido por los funcionarios a cargo, con los cuales se recorrieron todas las instalaciones de las pisciculturas recibiendo información detallada sobre el proceso de producción y el funcionamiento de la empresa. Las visitas a las pisciculturas se realizaron en las siguientes fechas:

Piscicultura Quiman:	02.06.2017, 26.06.16
Piscicultura Cuinco:	06.06.2017
Piscicultura Los Canelos:	07.06.2017, 17.10.16
Piscicultura Ignao:	01.06.2017
Piscicultura Iculpe:	08.06.2017
Piscicultura Pitreño:	01.06.2017

3.4.2.2 Análisis de datos del autocontrol y otros datos obtenidos por las pisciculturas

Análisis de datos del autocontrol: Con el fin de verificar la coherencia de los análisis de la calidad de agua del efluente con la carga esperada en base a la producción de las pisciculturas, se recopiló a través de la Superintendencia de Medio Ambiente los datos del monitoreo de calidad de agua (autocontrol) para los años 2013-2017 (en algunos casos solamente 2014, 2015 – 2017). En base de los caudales diarios reportados y las concentraciones de fósforo total y nitrógeno Kjeldahl (o nitrógeno total en algunos casos) se calcularon las respectivas cargas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Carga P/N/C (kg/mes)} = [\text{P/N/C (mg/L)}] * \text{caudal (m}^3\text{/día)} * 30 \text{ días} * \text{factor (corrección unidades)}$$

Donde:

[P/N/C (mg/L)]: concentración de P/N/ en el efluente

La concentración de C en el efluente fue calculada en base del DBO₅ reportado por las pisciculturas y multiplicado por el factor 2/3 según rango reportado para aguas servidas de baja carga (Henze, M. & Comeau, 2008).

Finalmente, los datos fueron evaluados respecto a los límites de detección y en relación con los resultados de este estudio, tanto las concentraciones medidas como las cargas calculadas. De este modo fue posible detectar eventuales incoherencias entre los valores reportados y las cargas calculadas que sirvieron como indicios de posibles problemas 1) con el manejo de residuos líquidos y/o 2) de problemas relacionados con la toma y/o análisis de las muestras.

Balances de C, P y N: Con el fin de realizar balances de C, P y N, se solicitaron informaciones sobre el manejo temporal (diaria) de la producción de salmonidos y la cantidad de alimento utilizado (diario) para cada piscicultura a través de la SMA. Sin embargo, solamente las pisciculturas Cuinco y Quiman entregaron (en forma directa a estos consultores) este tipo de información lo que sirvió para realizar un balance mas robusto sobre la entrada y salida de C, P y N en estas pisciculturas. Para las demás pisciculturas no se obtuvieron informaciones acerca de la cantidad de alimento utilizada por lo cual se calculó un balance menos acertado de C, P y N.

3.4.2.3 Determinación de la eficiencia de tratamiento de contaminantes

Con el fin de obtener una evaluación tentativa sobre el funcionamiento de pisciculturas respecto al tratamiento de sus residuos líquidos (RILES) se evaluó la remoción de los contaminantes C, N y P en las descargas de las diferentes pisciculturas. Para ello se muestrearon adicionalmente a los efuentes los RILES en diferentes puntos (véase descripción detallada abajo) antes de sus descargas a los receptores en cada piscicultura. Finalmente se evaluaron las concentraciones antes y después del tratamiento para obtener conclusiones respecto a la eficiencia de remoción de las distintas fracciones disueltas y totales de C, P y N. Estas evaluaciones se presentan en los respectivos capítulos sobre los resultados de cada piscicultura y en forma resumida en el capítulo sobre la elaboración del protocolo de decisión (4.4).

La metodología de toma de muestras en las diferentes pisciculturas fue la siguiente:

Piscicultura Quimán: Piscicultura que cuenta con todos los muestreos desde diciembre 2016 a julio 2017. Aquí, desde el inicio del muestreo hasta el 03 de mayo, el punto correspondiente a pre tratamiento se obtuvo del canal de salida de la pre piscina de decantación, mientras que el efluente se obtuvo del canal proveniente de la piscina de decantación principal. Durante los monitoreos correspondientes al 06 de junio y al 04 de julio 2017, además de los puntos ya mencionados de pre tratamiento y efluente, se agregó un punto extra, situado antes del ingreso a la pre-piscina, correspondiente a otro pre tratamiento.

Piscicultura Los Canelos: Piscicultura en la que se realizó 6 de un total de 8 monitoreos al sistema de tratamiento, correspondientes a las fechas 31 de enero, 28 de febrero, 05 de abril, 03 de mayo, 06 de junio y 04 de julio 2017. En esta piscicultura, que contaba con dos rotafiltros independientes, el punto de muestreo correspondiente al pre tratamiento varió según el rotafiltro utilizado, independiente de esto, la muestra se obtenía inmediatamente antes de ingresar a este tambor rotatorio. Por otro lado, el punto correspondiente a efluente se obtuvo a la salida del agua residual, antes de que esta ingresara al río.

Piscicultura Cuinco: En esta piscicultura sólo se realizaron 2 monitoreos al sistema de tratamiento de un total de 8 y corresponden a las fechas del 21 de diciembre 2016 y 09 de enero 2017. Las muestras correspondientes a pre tratamiento fueron obtenidas del canal proveniente de los estanques de cultivo, justo antes de ingresar al rotafiltro, mientras que las muestras de efluente se tomaron del canal antes de ingresar al río. Sin embargo, debido a que esta piscicultura cuenta además con una Piscina de Decantación (posterior al rotafiltro), se agregó un punto extra a la salida de esta.

Piscicultura Ignao: Piscicultura en la que se realizó 4 de los 8 muestreos al sistema de tratamiento, en las fechas 20 de diciembre, 10 de enero, 5 junio y 3 de julio 2017. En los primeros dos monitoreos (diciembre y enero), las muestras de pre tratamiento fueron tomadas justo antes de que el agua ingrese al Rotafiltro, mientras que las de efluente se obtuvieron por fuera del terreno correspondiente a la piscicultura, aún en la zona cubierta por geomembrana y justo antes de reingresar al río. Diferente es lo ocurrido con los dos monitoreos posteriores (junio y julio), donde las muestras correspondientes a pre tratamiento fueron obtenidas de dos puntos diferentes del canal (que conduce el agua residual proveniente de las salas de cultivo). La primera muestra fue obtenida antes de que el agua se mezcle con los residuos proveniente de los lodos y la segunda en un punto posterior a la mezcla con residuos de lodos. De manera adicional, se agregó un punto después del sistema de desinfección con radiación UV. Finalmente, al igual que en los primeros dos monitoreos, el efluente se obtuvo fuera de los terrenos de la piscicultura, en la zona de geomembrana, justo antes del reingreso al río.

Piscicultura Iculpe: Esta piscicultura cuenta con los 8 muestreos realizados a los sistemas de tratamiento desde diciembre 2016 a julio 2017. El punto de monitoreo correspondiente a pre tratamiento se ubicó a un lado del puente, antes de ingresar a la Piscina de Decantación (sistema de tratamiento utilizado por esta piscicultura), mientras que el punto efluente se localizó por fuera de la Piscina de Decantación, posterior a la pasarela metálica, en el canal que conducía el efluente al río.

Piscicultura Pitreño: Piscicultura que cuenta con todos los muestreos desde diciembre 2016 a julio 2017, aunque con algunas modificaciones en la metodología de toma de muestras durante el transcurso de las campañas. En los primeros 6 monitoreos, realizados entre diciembre y mayo, la toma de muestras correspondiente a pre tratamiento se ubicó en la zona de unión de los canales, previo al ingreso a la sala de rotafiltros, mientras que la toma correspondiente a efluente, se obtuvo del tubo de salida, antes de que el agua ingrese al río. Para los monitoreos del 05 de junio y 03 de julio 2017, si bien se mantuvo el punto de pre tratamiento y efluente, se agregaron dos puntos adicionales al monitoreo, uno dentro de la sala de rotafiltros (inmediatamente a la salida del filtro rotatorio) y otro posterior al tratamiento con radiación UV.

3.5 ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA

3.5.1 Elaboración cartografía 1:50.000

Bases de datos espaciales: La construcción de cartografía digital consideró el uso de la escala 1:50.000 para el formato vectorial y raster (Olaya 2012). La base de datos alfanumérica fue construida considerando como base cartográfica principal el:

- (1) Catastro de Recursos Vegetacionales de Chile, actualizado al año 2013 (CONAF et al. 2013),
- (2) PROT Regional de Los Ríos, y (3) Coberturas espaciales en formato WMS (World Map Server) del Ministerio de Bienes Nacionales de Chile, que actualmente se encuentran disponibles en el sitio web del Catálogo Nacional de Información Geoespacial IDE-Chile (<http://www.ide.cl/>).

En el caso de ser necesario, la información espacial fue completada por medio del análisis de imágenes satelitales multiespectrales de resolución espacial media a alta (Landsat 8, Aster y WorldView 2), las que permitirán calibrar y/o corregir errores de asignación de usos actuales del suelo existentes en las bases originales.

Base cartográfica y geodésica: Para la proyección cartográfica se utilizó la proyección Universal Transversal de Mercator (U.T.M), en husos 18S y/o 19S según corresponda. Sin embargo, para la construcción de cartas en donde se requiera la representación de la totalidad de la Región de Los Ríos se optó por la extensión del huso 18S (EPSG: 32718). La base geodésica consideró el sistema de referencia SIRGAS-Chile cuyo marco de referencia es ITRF 2000 con Datum Geocéntrico, elipsoide GRS-80 y época de ajuste 2002.0.

Identificación y espacialización del uso actual del suelo: actividades productivas relacionadas con pisciculturas: Se identificaron y mapearon la actual actividad acuícola y otros usos productivos que potencialmente influyen de manera directa o difusa en las cuencas y cursos de agua dulce del área de estudio. Para ello, se realizó un proceso de interpretación de las bases cartográficas digitales en formato 'shape' con apoyo de fotointerpretación sobre imágenes satelitales de alta resolución, con lo cual se construyó cartografía a priori del área de estudio, la cual fue evaluada y corregida posterior a una etapa de control terrestre sobre los usos de suelos y actividades productivas identificadas.

Formatos para la producción y almacenamiento de cartografía digital: La información vectorial fue producida en formato '*shape*', desarrollado por la empresa norteamericana ESRI (<http://www.esri.com/>), y que lo componen a lo menos cuatro archivos esenciales cuyas extensiones son: *shp*, *dbf*, *shx* y *prj*. Siendo este último el archivo que almacena las características geodésicas de las capas o coberturas espaciales elaboradas. La información vectorial fue generada en capas o coberturas espaciales según topología de información (puntos, líneas y polígonos) y fueron almacenadas en disco duro externo o DVD en formato '*shape*' con a lo menos las cuatro extensiones indicadas anteriormente. En el caso de existir generación de información de tipo raster, esta fue construida en formato '*img*', '*jpg*', '*pdf*' y almacenada en disco duro externo o DVD. Toda producción cartográfica fue elaborada, de forma complementaria, en formato '*kmz* y/o *kml*' para su visualización en plataformas de libre acceso como google earth.

Software para el procesamiento de la información geográfica: Para el tratamiento de la información vectorial y los procesos de análisis espacial y geoestadísticos se utilizó el software ArcGis 10.3.1 y los respectivos módulos de Spatial Analyst, 3D Analyst, ArcHydro, Geostatistical Analyst. Para el tratamiento de la información raster se utilizó el software ENVI 5.3, e IDRISI.

3.5.2 Propuesta de áreas de vigilancia

En base de la información recopilada y evaluada, considerando las zonas del impacto real o potencial de las actividades acuícolas, se delimitaron áreas de vigilancia en las cuencas con pisciculturas y se sugirieron parámetros claves a monitorear. Los límites de las áreas de vigilancia y los parámetros a monitorear fueron seleccionados en base a los resultados obtenidos en los objetivos anteriores. Además, se estimó la extensión de la zona de mezcla completa de los contaminantes utilizando (1) ecuaciones de la literatura y (2) tomando como base los resultados sobre las concentraciones de los nutrientes obtenidos en las muestras tomadas en los diferentes puntos (orilla – centro – orilla) en el eje transversal de cada estación río abajo del efluente.

Según Yotsukura (1968)- citado en Aguayo, 2003 – la distancia de mezcla completa se puede estimar para un canal sin disturbios para elementos conservadores (que no sufren transformación) de la siguiente forma:

$$L_m = a U B^2/H$$

donde:

L_m = distancia desde la fuente a la zona donde la descarga se ha mezclado bien lateralmente, m

U = velocidad promedio del río, m/s

B = ancho promedio del río, m

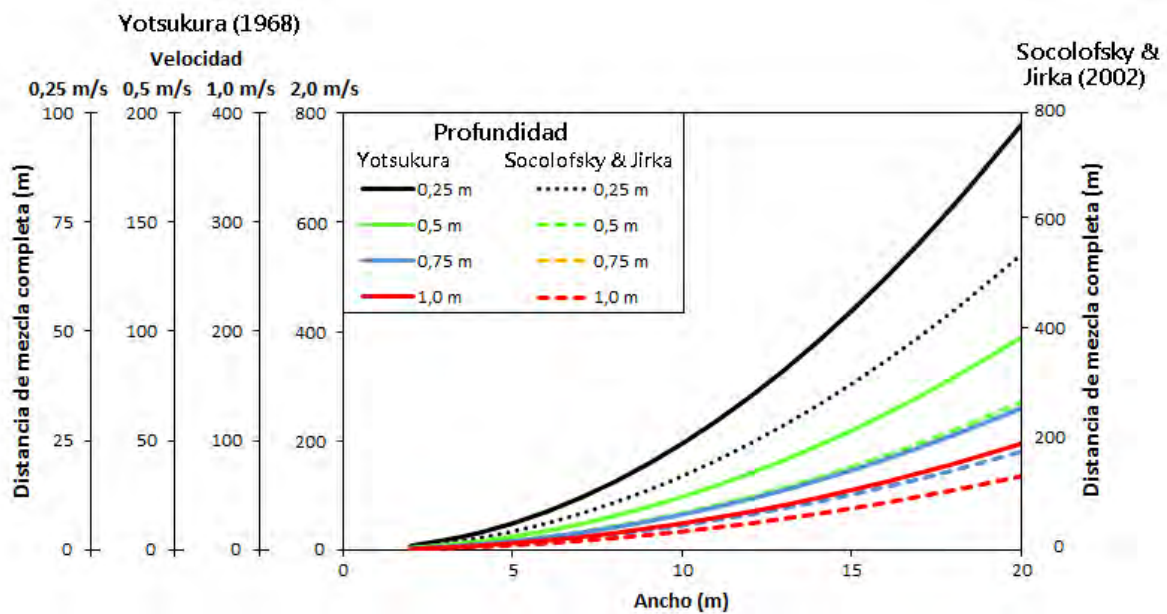
H = profundidad promedio del río, m

$a = 0,24$ para una descarga lateral y $0,12$ para una descarga en medio río

Según ecuaciones de Socolofsky & Jirka (2002) la mezcla transversal lateral completa se puede estimar tentativamente de acuerdo con la siguiente formula:

$$L_m = B^2/3 H$$

El siguiente esquema muestra los resultados de estas ecuaciones para ríos con diferentes anchos (x eje), velocidades (Y eje) y profundidades (curvas de diferentes colores). Se nota que los valores obtenidos de acuerdo con Socolofsky & Jirka corresponden aproximadamente a las curvas de Yotsukura 1968 obtenidas para velocidades de entre 1,0 m/s y 2,0 m/s.



4. RESULTADOS

Se presenta a continuación primero los resultados sobre la recopilación de antecedentes seguidos por los resultados del monitoreo y la evaluación del impacto de cada piscicultura en forma separada y finalmente los resultados acerca del protocolo para tomar las decisiones y la cartografía.

4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS DE INFORMACIÓN

4.1.1 Características generales del área de estudio

La cuenca del río Bueno tiene una superficie de 15,367 km² e incluye cuatro lagos mayores (<http://www.hidroelectricidadsustentable.gob.cl/entendimiento/cuenca/103/cuenca-del-rio-bueno>):

- Lago Maihue (profundidad máxima: 207 m, área: 47,2 km²)
- Lago Ranco (profundidad máxima: 199 m, área: 442,6 km²)
- Lago Puyehue (profundidad máxima: 123 m, área: 165,4 km²)
- Lago Rupanco (profundidad máxima: 270 m, área: 247,5 km²)

Los ríos principales en la cuenca del río Bueno (desde la cordillera y de norte a sur) son:

- Afluente Lago Maihue: R.Pillanlelfu, R.Rupumeica
- Efluente lago Maihue: R. Calcurrupe
- Afluente lago Ranco: R.Caunahue, R.Nilahue
- Efluente lago Ranco: Río Bueno que recibe las aguas del río Pilmaiquén y del río Rahue, desagües de los lagos Puyehue y Rupanco respectivamente de la Región de Los Lagos.

La recopilación de información permitió reunir los datos y características generales del área de estudio. El área de estudio se divide en 5 cuencas hidrográficas mayores, correspondiendo a las

cuencas del lago Maihue, lago Ranco, Estero Traiguen-Río Contra, Río Pilmaiquen y lago Puyehue-río Gol-Gol (Fig.7, Tabla 22). Estas cuencas mayores a su vez presentan en total 39 subcuencas que se detallan a continuación.

- 1) La cuenca del lago Maihue tiene una superficie total de 1563 km² y contiene según la información del PROT 7 subcuencas (Fig.7, Tabla 22). En esta cuenca está ubicado el lago Maihue que tiene una superficie de 47,2 km², una profundidad máxima de 207 m y un tiempo de renovación de aproximadamente 1,3 años (Campos et al 1992, Woelfl et al. 2011a).
- 2) La cuenca del lago Ranco tiene una superficie total de 2482 km² y contiene según la información del PROT 19 subcuencas (Fig.7, Tabla 22). En esta cuenca está ubicado el lago Ranco con una superficie de 442,6 km², una profundidad máxima de 199 m y un tiempo de renovación de aproximadamente 4,8 años (Campos et al 1992, Woelfl et al. 2011b). En este lago también se encuentran centros acuícolas.
- 3) La cuenca del Estero Traiguen- Río Contra tiene una superficie total de 506 km² y contiene según la información del PROT 4 subcuencas (Fig.7, Tabla 22).
- 4) La cuenca del río Pilmaiquen tiene una superficie total de 1397 km² y contiene según la información del PROT 6 subcuencas (Fig.7, Tabla 22).
- 5) La cuenca del lago Puyehue-R.Gol-Gol tiene una superficie total de 1291 km² y contiene según la información del PROT 3 subcuencas (Fig.7, Tabla 22). En esta cuenca está ubicado el lago Puyehue con una superficie de 165,4 km², una profundidad máxima de 123 m y un tiempo de renovación de aproximadamente 3,4 años (Woelfl et al. 2013).

Tabla 22: Características generales del área de estudio

Cuenca	Superficie (km ²)	Número de subcuencas según PROT
Lago Maihue	1563	7
Lago Ranco	2482	19
Estero Traiguen-Rio Contra	506	4
Río Pilmaiquen	1397	6
Lago Puyehue-R.Gol-Gol	1291	3



Fig. 7: Área del estudio

Las características y subdivisiones de subcuencas se encuentran resumidas en la Fig. 8. La Figura 8 presenta una visión sinóptica de la recopilación de ubicación geográfica de las subcuencas definidas por el PROT y en este estudio. Las marcas rojas corresponden a la ubicación geográfica de las subcuencas individuales con su código respectivo. A estas marcas se les asignó un nuevo código al

ya existente propuesto por el PROT (i.e. código FID), esto de acuerdo a su pertenencia a una cuenca hidrográfica específica con el fin de facilitar su ubicación (M = Lago Maihue; R = Lago Ranco; PG = Lago Puyehue-R.Gol-Gol; TC = Río Traiguén-R.Contra; P = Río Pilmaiquen).

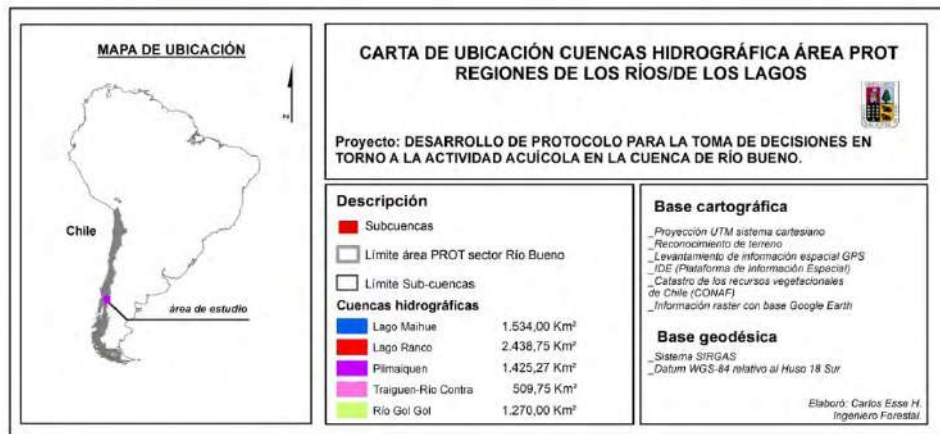
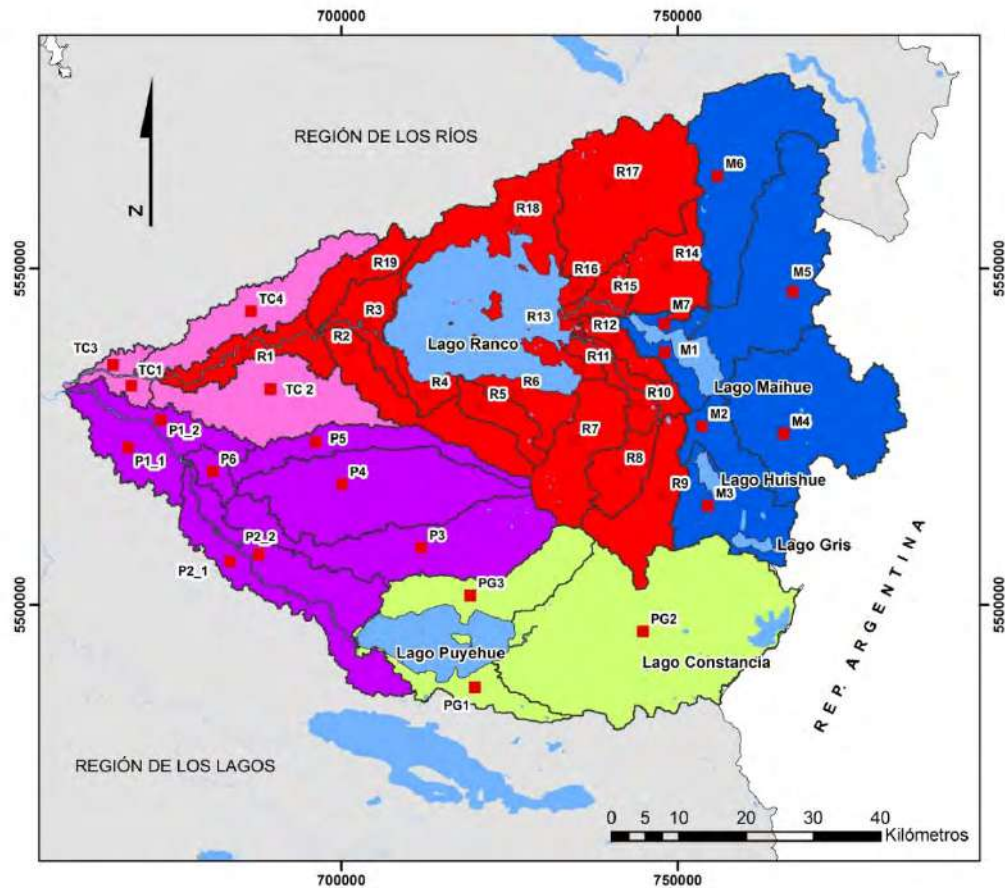


Fig. 8: Subcuencas (según PROT) con códigos nuevos asociados

4.1.2 Red hidrométrica y red hídrica

Las informaciones sobre el comportamiento meteorológico e hidrológico del área del estudio se basan principalmente en los datos originados por la red hidrométrica de la Dirección General de Aguas (DGA). Es por eso que aquí se presenta el emplazamiento de las estaciones de monitoreo de la DGA para la red hidrométrica en la zona de estudio destacando estaciones fluviométricas, de calidad química (de agua) y meteorológicas (Figura 9). Existen varias estaciones vigentes de calidad química de agua en los lagos Ranco (3 estaciones) y Maihue (2 estaciones) y los ríos Nilahue (1 estación) y Bueno (2 estaciones). Actualmente solo existen cuatro estaciones fluviométricas para registrar los caudales de los ríos en el área de estudio: Río Nilahue (Puente), Río Calcurrupe (desembocadura), Río Caunahue (Puente), Río Bueno (cerca de Río Bueno). Solamente existen dos estaciones meteorológicas en el área de estudio (Lago Ranco, Llifén).

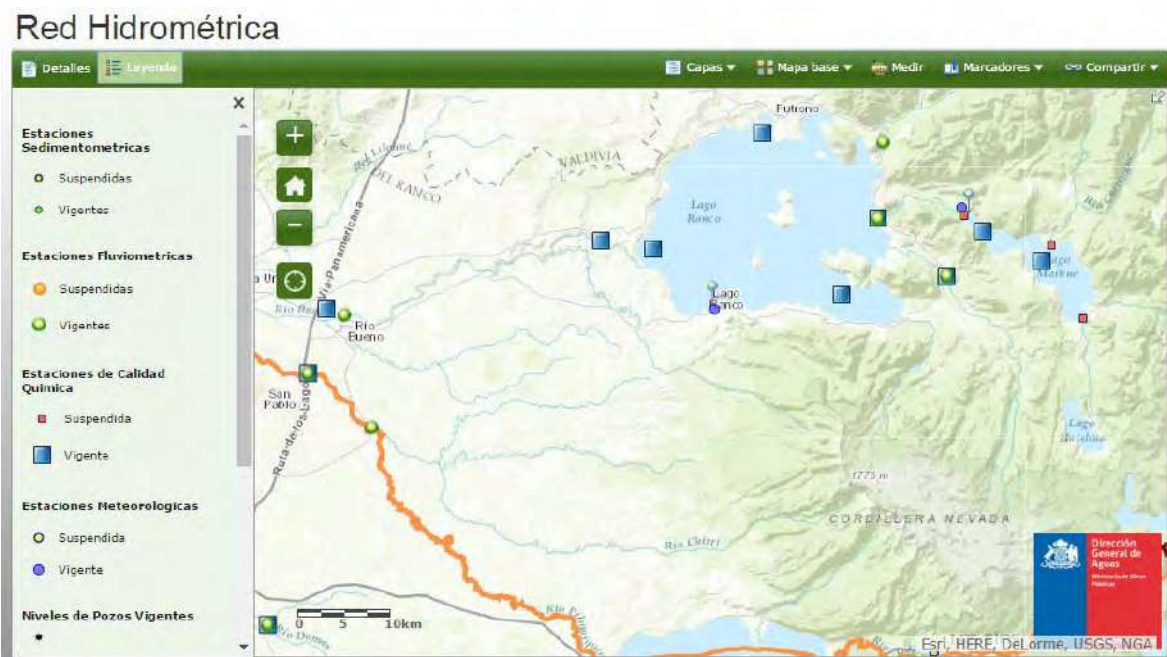


Fig. 9: Red hidrométrica de la DGA

<http://www.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=d508beb3a88f43d28c17a8ec9fac5ef0ca>

En la Figura 10 (Información entregada por GORE) se puede observar el mapa de la red hídrica con los códigos de las subcuencas en relación de la distribución fluvial superficial de la zona de estudio.

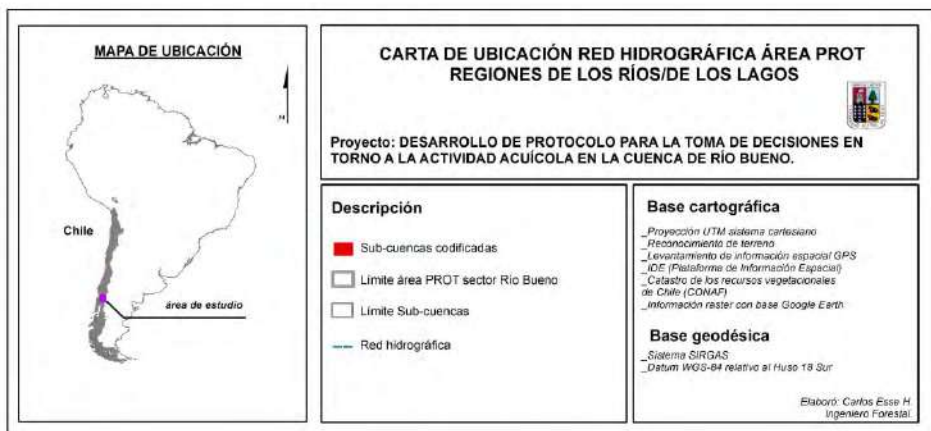
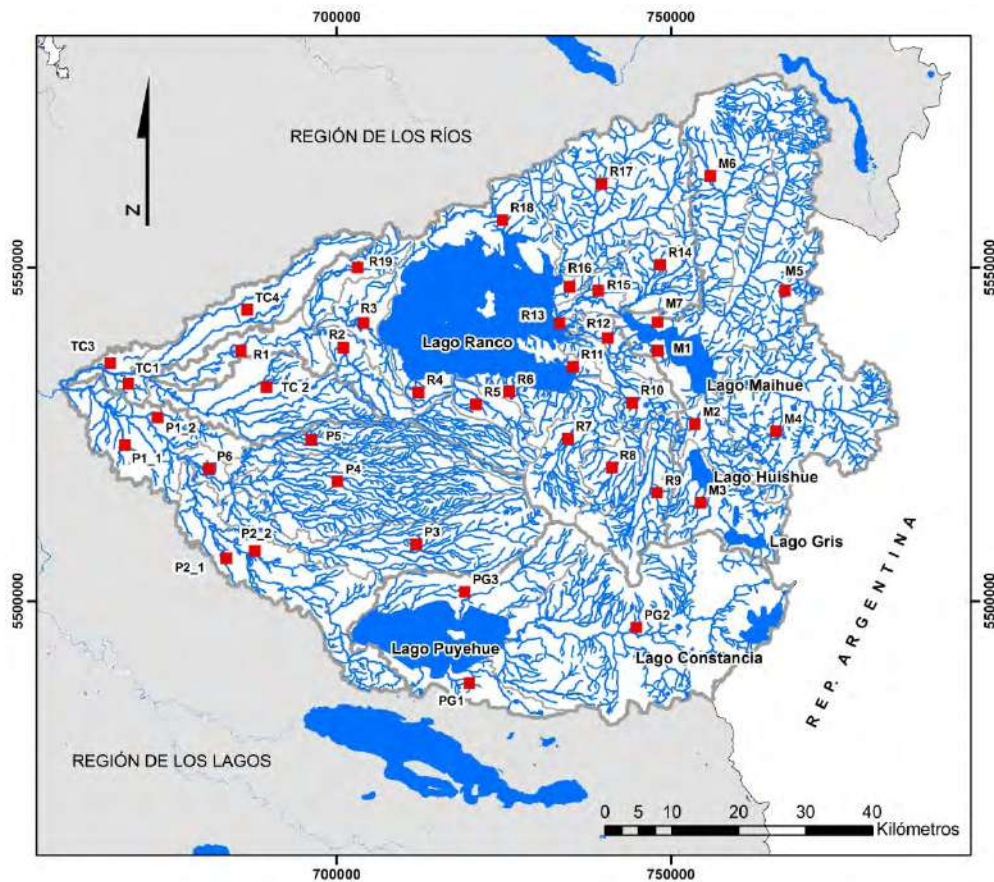


Fig. 10: Red hídrica en las diferentes subcuencas (datos base PROT)

Respecto a la actividad acuícola y su demanda hídrica se obtuvo información recientemente elaborada por parte de la DGA. En la Tabla 23 se presentan los caudales de la demanda hídrica con relación a actividades acuícolas según naturaleza y tipo, divididos por subcuenca de la zona de estudio (datos obtenidos de la DGA 2016). Resaltados en amarillo se observan las subcuencas que se encuentran en el área de estudio y el uso de los caudales informados según naturaleza

(subterránea o superficial) y tipo (consuntivo y no consuntivo). Se registraron tres subcuencas del área de estudio (Afluentes Lago Ranco (ALR); Río Bueno entre Lago Ranco y Río Pilmaiquen (RBLRRP); Río Pilmaiquen (RP)). El uso del agua es principalmente superficial y no consuntivo, solamente una pequeña proporción se utiliza en uso consuntivo. La mayor demanda de agua la presenta la subcuenca ALR con 81,6 m³/s de uso no consuntivo, seguido por RP con 62,1 m³/s de uso no consuntivo y finalmente RBLRRP con 36,4 m³/s de uso no consuntivo. Los usos consuntivos superficiales y consuntivos subterráneos son muy reducidos en relación con los usos no consuntivos superficiales.

Tabla 23: Caudales (m³/s) demanda acuícola por subcuenca, naturaleza y tipo (DGA 2016)

Tabla N° 20. Caudales [m³/s] demanda acuícola por subcuenca, naturaleza y tipo.

Subcuenca	SUBTERRÁNEA		
	CONSUNTIVO	CONSUNTIVO	NO CONSUNTIVO
Afluentes Lago Ranco		1,21	81,6
Costeras entre R. Lingue y R. Valdivia			0,68
Costeras entre R. Valdivia y Río Chaihuin		0,0035	1,74
R. Bueno Bajo			13,0
R. Rahue Bajo			0,4
R. San Pedro (Entre desague L. Panquipulli y Bajo R. Quinchilca)	0,029		69,4
R. Valdivia Bajo		0,0046	6,25
Río Bueno entre Lago Ranco y Río Pilmaiquen	0,0038	0,10	36,4
Río Bueno entre Río Pilmaiquen y Río Rahue			27,8
Río Calle Calle			9,02
Río Chaihuin			3,40
Río Cruces	0,0002		14,3
Río Negro	0,017		0,87
Río Pilmaiquen	0,013	0,18	62,1
Río Rahue hasta antes junta Río Negro	0,45		97,6
Río Valdivia Alto (hasta desague Lago Panguipulli)	0,04	0,32	52,9

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Uso de suelo

Para evaluar eventuales impactos de pisciculturas sobre el ecosistema es muy importante tener información acerca del uso de suelo y la cobertura vegetal, porque de este uso depende principalmente el ingreso de nutrientes P y N en los ríos y esteros como muestran los estudios de balance de nutrientes en la zona (Woelfl et al., 2011a, b). Las figuras 11 y 12 muestran la cobertura vegetal del área de estudio por cuencas y subcuenca. En el Anexo correspondiente se encuentran los respectivos datos por subcuenca. En forma sinóptica se puede observar lo siguiente:

Cuenca Lago Maihue: La cuenca del Lago Maihue presenta una cobertura vegetal predominada por el bosque nativo (80%), y de menor manera por terrenos elevados y pradera-matorrales (ambas con un 7%), seguido por la cobertura de nieve y glaciares (4%).

Cuenca Lago Ranco: La cuenca del Lago Ranco presenta una cobertura vegetal predominada por el bosque nativo (45%), praderas-matorrales (28%) y cuerpos de agua (19%), y de menor manera por la cobertura de afloramientos rocosos (4%) y terrenos agrícolas (2%).

Cuenca Río Traiguen - Río Contra: La cuenca del Río Traiguen - Río Contra presenta una cobertura vegetal predominada por las praderas-matorrales (84%), y en menor proporción por el bosque nativo (10%), terrenos agrícolas (3%) y plantaciones (2%).

Cuenca Río Pilmaiquén: La cuenca del Río Pilmaiquén presenta una cobertura vegetal predominada por las praderas-matorrales (70%), y en menor proporción por el bosque nativo (26%) y las plantaciones (2%).

Cuenca Lago Puyehue - Río Gol-Gol: La cuenca del Lago Puyehue - Río Gol-Gol presenta una cobertura vegetal predominada por el bosque nativo (65%), las praderas-matorrales (14%) y los afloramientos rocosos (10%), y en menor proporción por coberturas de otros terrenos (5%), los terrenos elevados (3%) y los cuerpos de agua (2%).

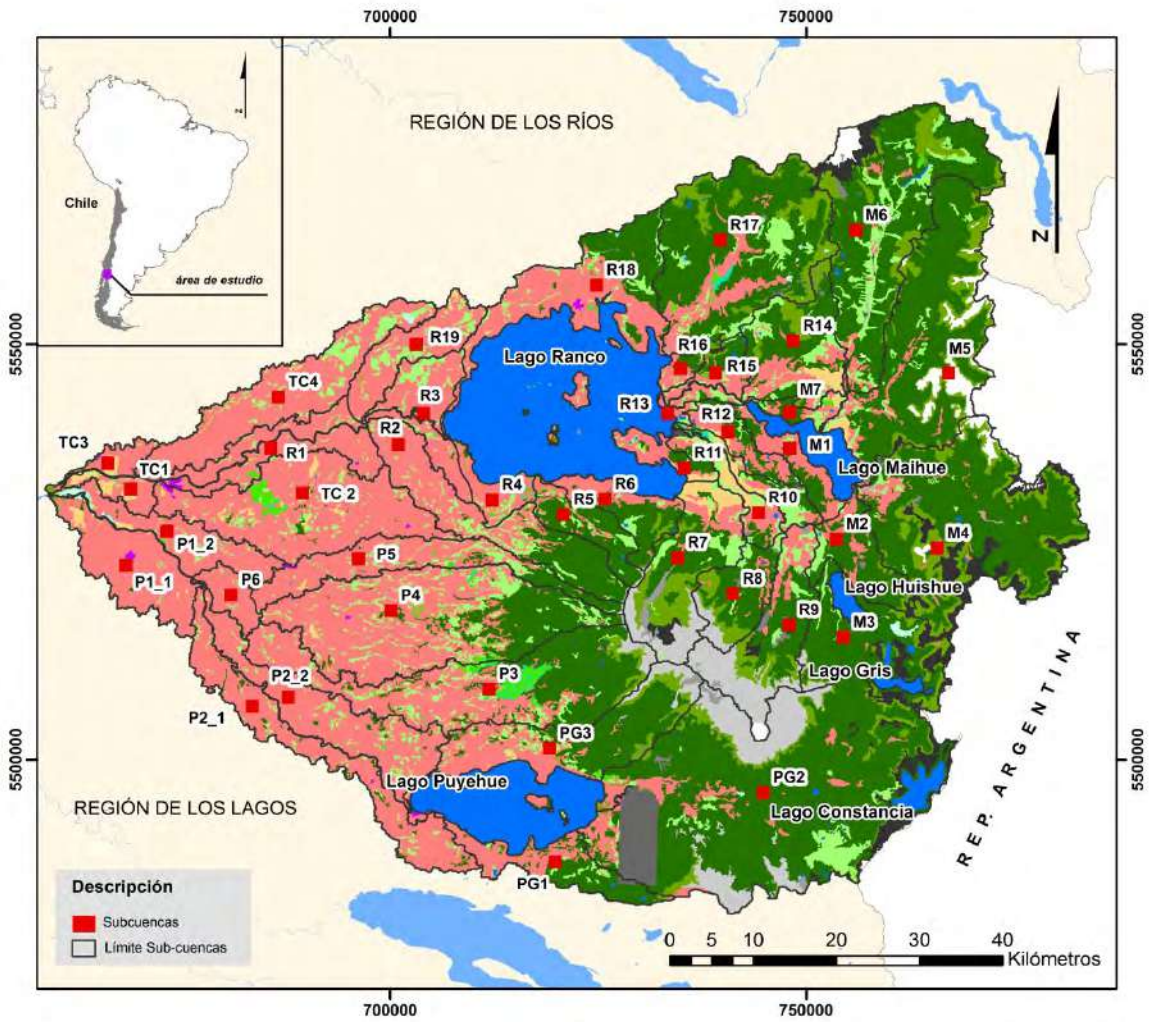


Fig. 11: Cobertura vegetal del área de estudio (elaboración propia)

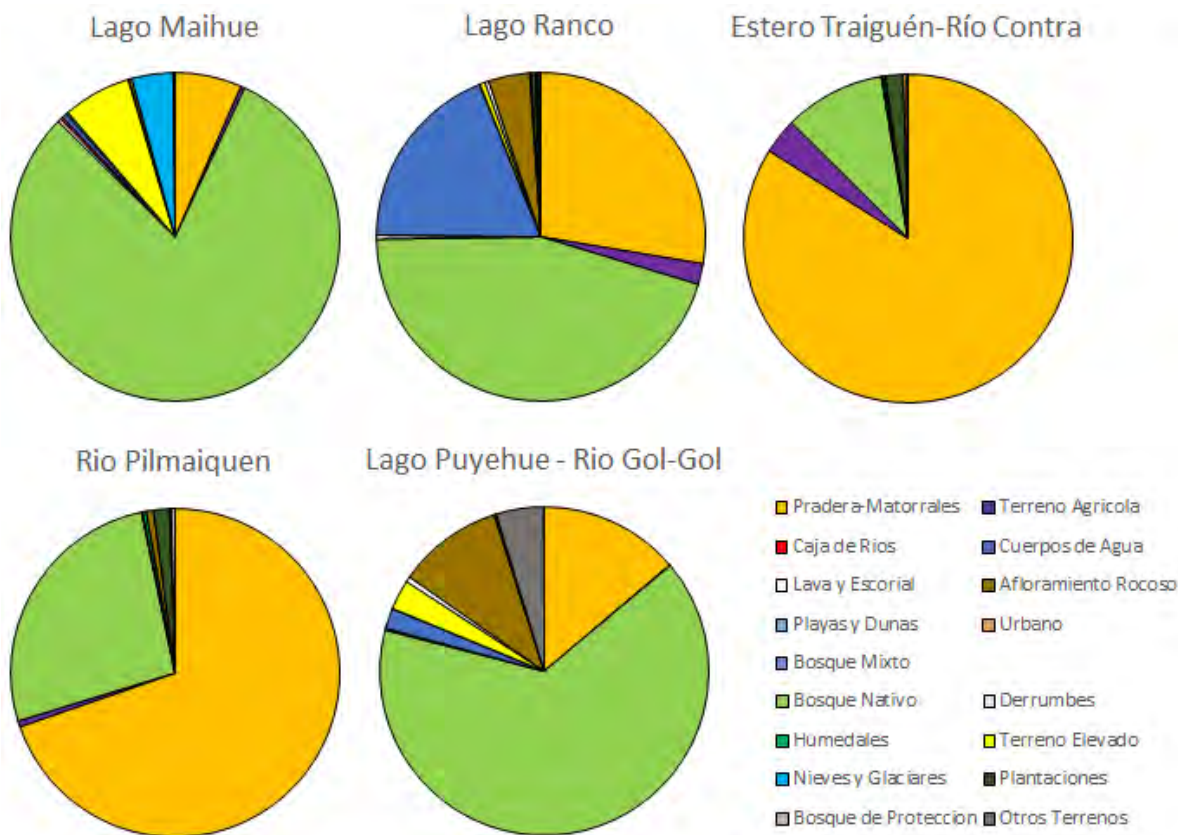


Fig. 12: Uso de suelo/Cobertura vegetal en las cinco subcuencas del área de estudio

4.1.4 Fauna Íctica y bentónica

En 2013 se terminó el proyecto denominado “Actualización del registro de especies ícticas y de la flora y fauna bentónica existente en aguas continentales de Chile” que tuvo como objetivo principal “Recopilar, analizar, clasificar, sistematizar y representar la información bibliográfica disponible en formato digital, papel u otro medio de visualización, sobre los registros de especies ícticas, flora y fauna bentónica existente en aguas continentales de Chile, generando como producto un sistema de administración y visualización de la información recopilada, a través de la generación de una base de datos y un sistema de visualización de los datos recopilados, que sea disponible para usuarios internos y externos de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura”.

Junto con el informe se obtuvo la base de datos georeferenciadas en formato EXCEL con las especies (Fig. 13 y 14). Se nota que según este informe existen registros de peces y fauna zoobentónica solamente en algunos ríos, ubicados principalmente en las cuencas del río Pilmaiquen, Lago Puyehue-Gol Gol y del Lago Maihue (Figs. 13, 14).

Los registros históricos sobre fauna íctica y bentónica datan desde el año 1979 hasta 2012, ubicando los mayores registros en el año 2011, seguidos del año 2005, 2012 y 1998, mientras que el menor número de registros se encuentran en los años 1984, 2002, 2009 y 1979.

Sin embargo, cabe mencionar que existen además varios registros más sobre la fauna íctica y zoobentónica en los informes de las DIAs de varias pisciculturas (véase abajo 4.1 en adelante).

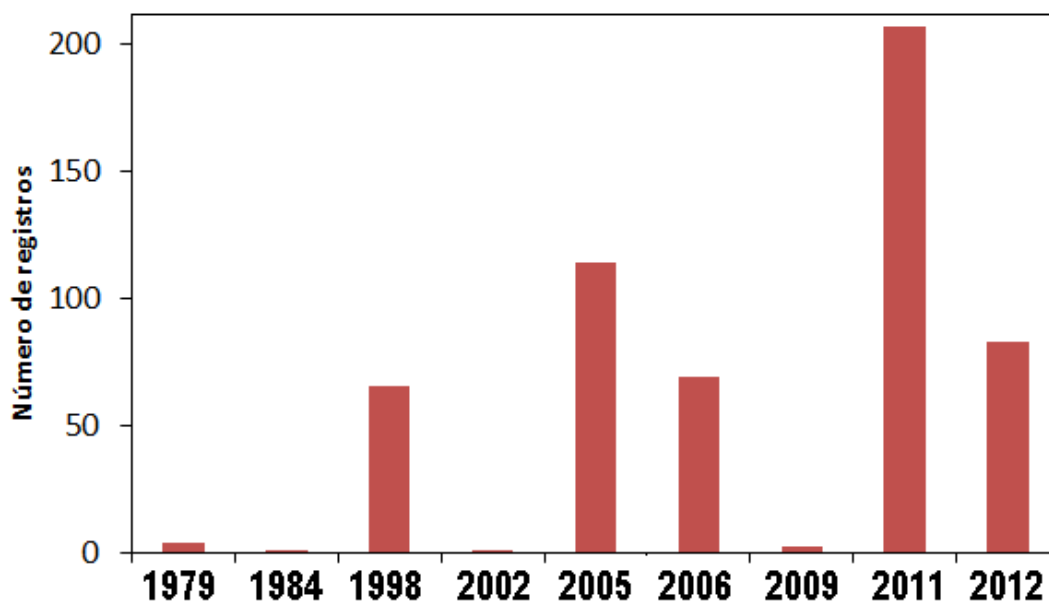


Fig. 13: Registros históricos sobre fauna íctica y bentónica

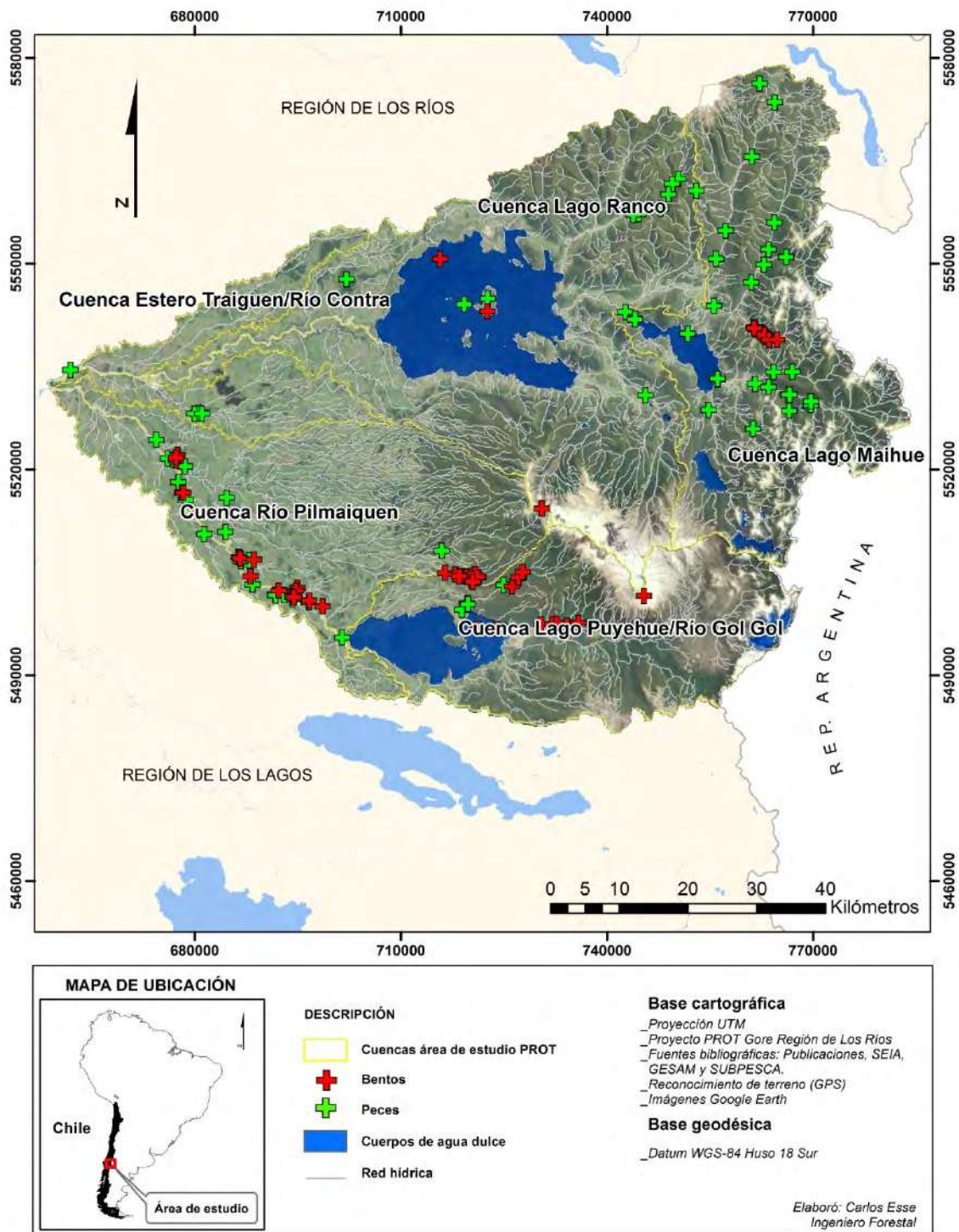


Fig. 14: Ubicación de registros sobre fauna íctica y bentónica (Fuente: elaboración propia)

La ubicación de los registros sobre fauna íctica y bentónica indica que en la cuenca del Lago Maihue se encuentran en mayor proporción los registros sobre fauna íctica, mientras que la cuenca del Lago

Puyehue – Río Gol-Gol se ubican de manera más extensa los registros sobre bentos. La cuenca del Río Pilmaiquen presenta en mayor proporción registros sobre bentos cerca del Lago Puyehue mientras que al acercarse a la cuenca del Río Bueno, aumentan los registros sobre fauna íctica. La cuenca del Lago Ranco es la zona con menos registros sobre fauna íctica y bentónica, sin embargo, existe información de algunos estudios y referencias presentes en las DIAs de pisciculturas ubicadas dentro del área sobre bentos e íctiofauna.

Conclusión: La información sobre la fauna bentónica e íctica en el área de estudio es bastante escasa y solamente existe para algunos ríos con mayor detalle, especialmente en la cuenca del Lago Maihue y el río Pilmaiquén. Sin embargo, la mayor cantidad de centros de pisciculturas se ubican en otras cuencas.

4.1.5 Población rural de las subcuencas

La tabla 24 muestra el detalle de las características específicas de las subcuencas del área de estudio como su nuevo código de identificación, código FID (PROT), superficie, población rural total, población indígena y porcentaje de población indígena. A continuación, se describen las características de las subcuencas individuales correspondientes a cada cuenca hidrográfica en estudio.

1) Cuenca hidrográfica Lago Maihue (subcuencas M1-M7):

Sinopsis: En la cuenca del Lago Maihue se definieron 7 subcuencas donde resaltan las cuencas de mayor tamaño (M4, M5 y M6) entre 613,3 – 728,1 Km². Dentro de estas cuencas de mayor tamaño resalta la cuenca M4 con un 76% de población indígena, pero con una densidad poblacional de 1 ind/Km². Sin embargo, la cuenca con mayor número de población corresponde a la cuenca M5 que mantiene un 37% de población indígena, pero con una mayor densidad poblacional de 3 ind/Km² (Tabla 24).

2) Cuenca hidrográfica Lago Ranco (subcuencas R1-R19):

Sinopsis: En la cuenca del Lago Ranco se definieron 18 subcuencas donde resaltan las cuencas de mayor tamaño (R17, R18, R7, R2, R9 y R14) entre 247,1 – 621,8 Km². La población total sin embargo

se distribuyó de manera diferente observándose la más alta población total en la cuenca R1 siguiéndole las cuencas R18, R2, R19 y R4 con poblaciones mayores a 1000 individuos. La mayor densidad poblacional se observa en las cuencas R13 (41 ind/Km²), R1 (20 ind/ Km²), R4 (20 ind/ Km²), R11 (15 ind/ Km²) y R16 (13 ind/ Km²). La mayor población indígena se observa en las cuencas R2 (600 ind correspondiendo a 35% del total), R4 (382 ind correspondiendo a 30% del total), R17 (373 ind correspondiendo a 56% del total), R6 (367 ind correspondiendo a 42% del total), R11 (335 ind correspondiendo a 38% del total), R1 (280 ind correspondiendo a 12% del total) y R13 (221 ind correspondiendo a 61% del total) (Tabla 24).

3) Cuenca hidrográfica Río Traiguén-R. Contra (subcuencas TC1-TC4):

Sinopsis: En la cuenca del Río Traiguén-R. Contra se definieron 4 subcuencas donde resaltan las cuencas de mayor tamaño (TC2 y TC4) entre 324,2 –453,3 Km². Esto concuerda con los datos obtenidos para la población total habitante donde el mayor valor se detectó en la subcuenca TC4 con 3136 habitantes seguido de la subcuenca TC2 con 2763 habitantes. La mayor densidad poblacional sin embargo se observó en las cuencas TC4 (41 ind/ Km²) y TC3 (20 ind/ Km²). La mayor población indígena se observó en las cuencas TC4 (303 ind correspondiendo a 10% del total) y TC2 (258 ind correspondiendo a 9% del total) (Tabla 24).

4) Cuenca hidrográfica Río Pilmaiquen (subcuencas P1-P6):

Sinopsis: En la cuenca del Río Pilmaiquen se definieron 6 subcuencas donde resaltan las cuencas de mayor tamaño (P4, P3 y P2) entre 560,6 –654,7 Km². Esto concuerda con los datos obtenidos para la población total habitante donde altos valores se detectaron en la subcuenca P4 con 3350 habitantes y en la subcuenca P3 con 2058 habitantes. La subcuenca P5 con 2459 habitantes es de menor tamaño con un área total de 231,9 Km². La mayor densidad poblacional sin embargo se observó en la cuenca P5 (11 ind/ Km²). La mayor población indígena se observó en las cuencas P4 (552 ind correspondiendo a 16% del total) y P3 (466 ind correspondiendo a 23% del total) (Tabla 24).

5) Cuenca hidrográfica Lago Puyehue-R. GOL-GOL (subcuencas PG1-PG3):

Sinopsis: En la cuenca del Lago Puyehue-R. GOL-GOL se definieron 3 subcuencas donde resalta la cuenca de mayor tamaño PG2 con 1421,9 Km². La población total habitante de la cuenca PG3 llegó a valores de 2436 habitantes, mientras que para las otras dos cuencas no se obtuvieron datos de

habitantes. La densidad poblacional en la cuenca PG3 fue de 7 ind/km² y la población indígena se registró en 415 ind correspondiendo a 17% del total (Tabla 24).

Tabla 24: Población rural por subcuenca

Cuenca	Código	Código FID (PROT)	Área Km ²	Población rural total	Población Indígena	% Población indígena
Lago Maihue	M1	42	79,8	156	23	15
	M2	16	143,4	105	73	70
	M3	8	284,8			
	M4	9	728,1	458	349	76
	M5	41	618,1	1567	577	37
	M6	40	613,3			
	M7	43	40,7			
Lago Ranco	R1	5	120,3	2398	280	12
	R2	4	289,4	1716	600	35
	R3	3	155,4	970	43	4
	R4	20	63,4	1254	382	30
	R5	17	110,6	376	107	28
	R6	30	117,5	872	367	42
	R7	29	295,4	639	140	22
	R8	37	147,1	134	33	25
	R9	18	277,7	0	0	0
	R10	14	153,7	718	194	27
	R11	28	57,8	871	335	38
	R12	26	83,2	314	153	49
	R13	15	8,9	365	221	61
	R14	2	247,1	202	15	7
	R15	1	84,4	63	4	6
	R16	27	28,2	374	189	51
	R17	0	621,8	665	373	56
	R18	25	331,1	1752	145	8
	R19	50	149,1	1336	75	6
Río Traiguén-R.Contra	TC1	44	51,9	288	25	9
	TC2	7	453,3	2763	258	9
	TC3	45	44,9	442	23	5
	TC4	6	324,2	3136	303	10
Río Pilmaiquén	P1_1,P1_2	47	378,5			
	P2_1, P2_2	49	560,6			
	P3	12	575,3	2058	466	23
	P4	11	654,7	3350	552	16
	P5	10	231,9	2459	350	14
	P6	19	58,5	581	76	13
Lago Puyehue- R.Gol-Gol	PG1	34	162,1			
	PG2	35	1421,9			
	PG3	13	337,5	2436	415	17

4.1.6 Fuentes de contaminación puntuales (no-piscicultura)

De acuerdo con la información recopilada (posiblemente todavía incompleta) existen pocas fuentes puntuales de contaminación acuática (RILES y otros) junto a otras actividades puntuales que influyen directamente en los ambientes loticos, como p.e. plantas hidroeléctricas en el área de estudio (Fig. 15, Tabla 25). Destacan especialmente las actividades de la industria alimentaria en la cercanía del río Bueno (subcuencas R2 y TC4) y las plantas de tratamiento de diversas municipalidades, ubicadas principalmente en las cuencas del Lago Ranco. Las plantas hidroeléctricas actualmente operando se concentran todas (con una excepción en la subcuenca R17) en la cuenca del Río Pilmaiquen.

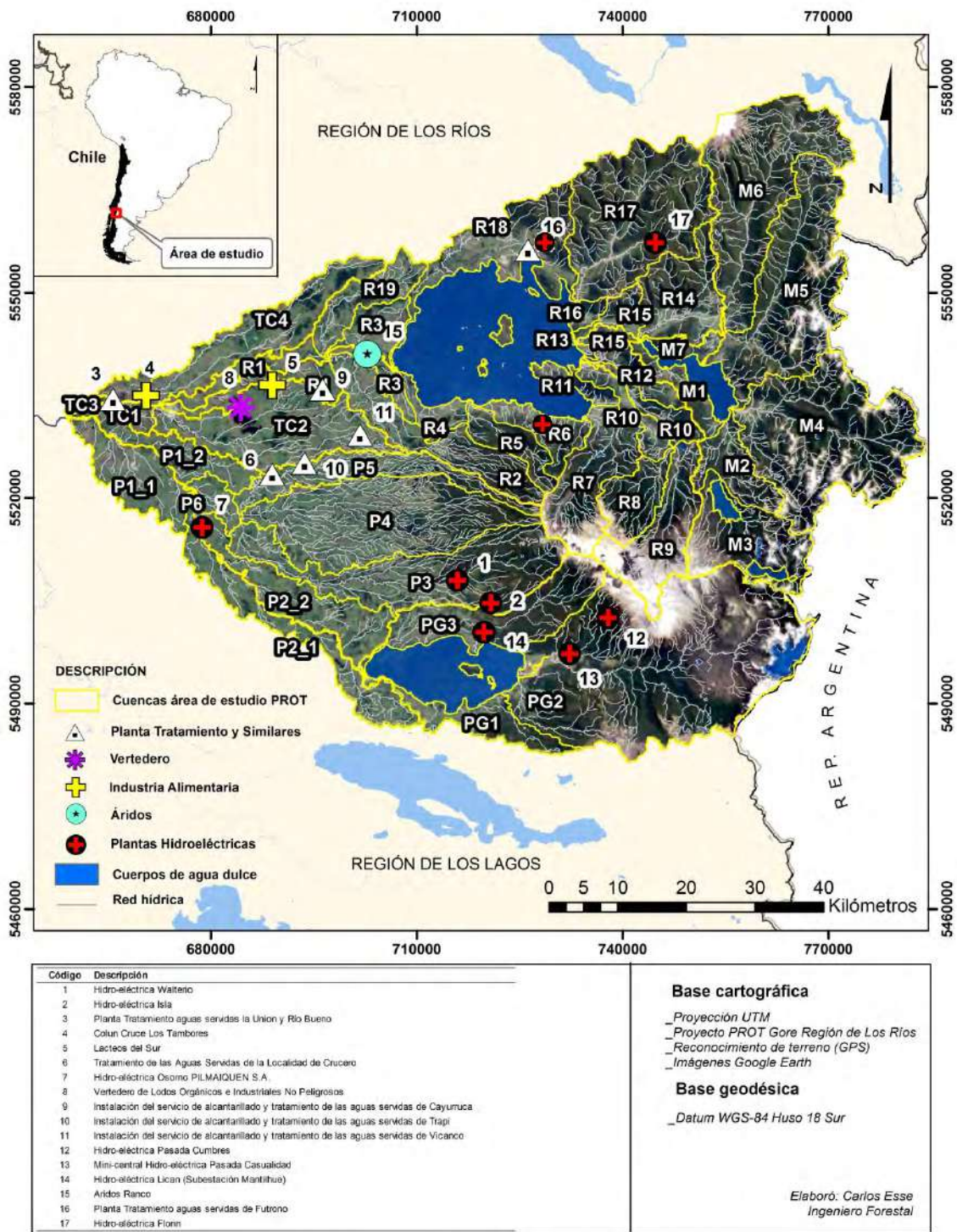


Fig. 15: Fuentes de contaminación por RILES y actividades productivas puntales no-acuícolas en el área de estudio

Tabla 25: Otras fuentes de contaminación y actividades productivas puntuales en el área.

Nombre	Zona	Ubicación UTM E	Ubicación UTM S
Colún Cruce Los Tambores	18 G	670533	5534956
Riles Colún	18 G	664127	5537842
Pre tratamiento Riles La Unión	18 G	662216	5535484
Vertedero particular intercomunal	18 G	658710,85	5536451,9
Lácteos Sur	18 G	688922	5536482
Vertedero de lodos orgánicos e industriales no peligrosos	18 G	684339,65	5533253,83
Quillayes	18 G	712287	5557298
Planta Tratamiento aguas servidas de la Unión y Río Bueno	18 G	665698	5534456
Planta Tratamiento aguas servidas de Futrono	18 G	726424	5556561
Tratamiento de las Aguas Servidas de la localidad de Crucero	18 G	688922,53	5523471,23
Tratamiento de las aguas servidas de Cayurruca	18 G	696252,52	5535857,12
Tratamiento de las aguas servidas de Trapi	18 G	693640,52	5525121,89
Tratamiento de las aguas servidas de Vivanco	18 G	701701	5529227
Hidroeléctrica Walterio	18 G	715880	5508010
Hidroeléctrica Isla	18 G	720769,89	5504690,43
Hidroeléctrica Osorno PILMAIQUEN S.A.	18 G	678713	5515730
Hidroeléctrica Pasada Cumbres	18 G	737860,53	5502578,67
Hidroeléctrica Lican (Subestación Mantilhue)	18 G	719782,06	5500435,02
Minicentral Hidroeléctrica Pasada Casualidad	18 G	732252,76	5497299,42

4.1.7 Conflictos socioambientales

La aprobación e instalación de pisciculturas en el sur de Chile ha sido rechazada por parte de las comunidades de poblaciones indígenas, otras comunidades e incluso por parte de autoridades locales. Incluso el PROT menciona y discute conflictos socioambientales relacionados con las actividades acuícolas que existen y que previsiblemente aumentarían en un escenario futuro (Fig. 16).

Sin embargo, teniendo en cuenta que el porcentaje de población indígena habitante en la zona de estudio fluctúa entre un 4 % - 76 % con un promedio de 25,6 %, se sugiere darle mayor importancia

a la inclusión de la comunidad indígena habitante, en la toma de decisiones de instalación, regularización y ampliación de pisciculturas.

Parte II			
¿Qué conflictos territoriales visualiza usted sobre la Imagen Objetivo al año 2025?			
Conflictos	Ubicación	Actores Involucrados	Impacto
6. Desarrollo de la actividad acuícola.	Isla del Rey, Camino a Niebla, Lago Ranco, Calcurrupe y otras cuencas de la precordillera.	Empresarios asociados al sector turismo. Comunidades que dependen de los recursos hídricos para la actividad agrícola. Comunidades indígenas de zonas aledañas fuentes de agua. <u>Pisciculturas.</u>	Impacto ambiental asociado principalmente a la contaminación de los cuerpos de agua donde estas empresas vierten purines y agroquímicos. Impacto en el valor paisajístico dado que las empresas se encuentran en zonas de alto valor paisajístico acorde a los requerimientos hídricos para su funcionamiento.

Fig. 16: Conflictos territoriales según PROT (Informe Etapa N°7 – Versión 3)

En la Región de los Ríos, esta controversia también ha tenido una importante presencia en los medios de comunicación como se puede observar en la siguiente recopilación sinóptica en la Tabla 26. Algunos ejemplos emblemáticos son los siguientes (véase también ANEXO correspondiente):

- Protesta de comunidades Mapuches por instalación de piscicultura Calcurrupe (fecha: 12.07.2016; fuente: http://www.laizquierdadiario.cl/Comunidades-mapuche-rechaza-piscicultura-en-Rio-Calcurrupe?id_rubrique=1201)
- Indignación por parte de representantes de pueblos indígenas por aprobación de la piscicultura Cocule (24.04.2014; fuente: <http://olca.cl/articulo/nota.php?id=104343>).
- También autoridades regionales han estado expuestos en los medios virtuales (fecha: 13.10.2013): *“El Consejo Regional de Los Ríos rechazó la instalación de una piscicultura en Río Calcurrupe, por afectar a comunidades indígenas y desarrollo turístico del lugar...* (fuente: <http://elfutrono.cl/index.php/noticias-locales/34/8740-consejeros-regionales-de-los-rios-rechazan-instalacion-de-piscicultura-en-futrono>)

Tabla 26: Aparición de conflictos indígenas con pisciculturas en los medios virtuales

Tema	Fecha	Fuente
Mapa conflictos socioambientales en Chile		http://bibliotecadigital.indh.cl/handle/123456789/478
Indígenas se tomaron ruta que une Futrono con Llifén en rechazo a proyecto de piscicultura	18.07.2016	http://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2016/07/18/indigenas-se-tomaron-ruta-que-une-futrono-con-llifen-en-rechazo-a-proyecto-de-piscicultura.shtml
Piscicultura Río Calcurrupe	12.07.2016	http://www.laizquierdadiario.cl/Comunidades-mapuche-rechaza-piscicultura-en-Rio-Calcurrupe?id_rubrique=1201
WWF – rechazo 8 proyectos de piscicultura en la región	1.6.2016	http://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-rios/2016/06/09/ong-ambiental-wwf-mostro-su-rechazo-a-eventual-instalacion-de-8-pisciculturas-en-los-rios.shtml
Comunidades Mapuche marcharon en defensa del río Bueno	27.2.2016	http://www.noticiaslosrios.cl/comunidades-mapuche-marcharon-en-defensa-del-rio-bueno/
Corte de Apelaciones ordena paralizar proyecto “Piscicultura Río Bueno” en La Unión	12.3.2014	http://www.diarioelranco.cl/?p=120855
Región de Los Ríos: Municipios presentarán recurso contra piscicultura en Los Chilcos (Piscicultura Río Bueno)	3.1.2014	http://www.aqua.cl/2014/02/26/region-de-los-rios-municipios-presentaran-recurso-contr-piscicultura-en-los-chilcos/
Chile, 2014: Corte paraliza construcción de piscicultura en los ríos por no respetar consulta indígena	27.2.2014	https://liwenmapu.wordpress.com/2014/03/14/chile-2014-corte-paraliza-construccion-de-piscicultura-en-los-rios-por-no-respetar-consulta-indigena/
La contaminación del Río Bueno, un crimen para la economía local	14.2.2014	http://www.elprovincial.cl/~launion/?p=10519
Indignación con representantes del Gobierno en Los Ríos por aprobar Piscicultura salmonera	24.04.2014	http://olca.cl/articulo/nota.php?id=104343
Mapuches rechazan pisciculturas e hidroeléctricas en Región de Los Ríos	2014	http://www.radiodelmar.cl/2014/11/mapuches-rechazan-pisciculturas-e-hidroelectricas-en-region-de-los-rios/#
Consejeros regionales de Los Ríos rechazan instalación de piscicultura en Futrono	13.10.2013	http://elfutrono.cl/index.php/noticias-locales/34/8740-consejeros-regionales-de-los-rios-rechazan-instalacion-de-piscicultura-en-futrono
Los derechos indígenas y la transgresión de pisciculturas salmoneras en territorio ancestral Mapuche	1.4.2000	http://www.mapuexpress.org/?p=752

4.2 ANTECEDENTES SOBRE LA ACTIVIDAD ACUÍCOLA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Información Mapas PROT: En varias secciones del PROT se considera la actividad industrial de las pisciculturas en tierra, principalmente relacionado con el escenario tendencial, el impacto sobre el territorio, la capacidad de acogida del territorio y el escenario concertado en la región de Los Ríos (Fig. 17). Sin embargo, como se denota en los mapas, la información y/o los escenarios entregados se encuentran a una escala muy grande (1:250.000) para ser regionalmente específicos.

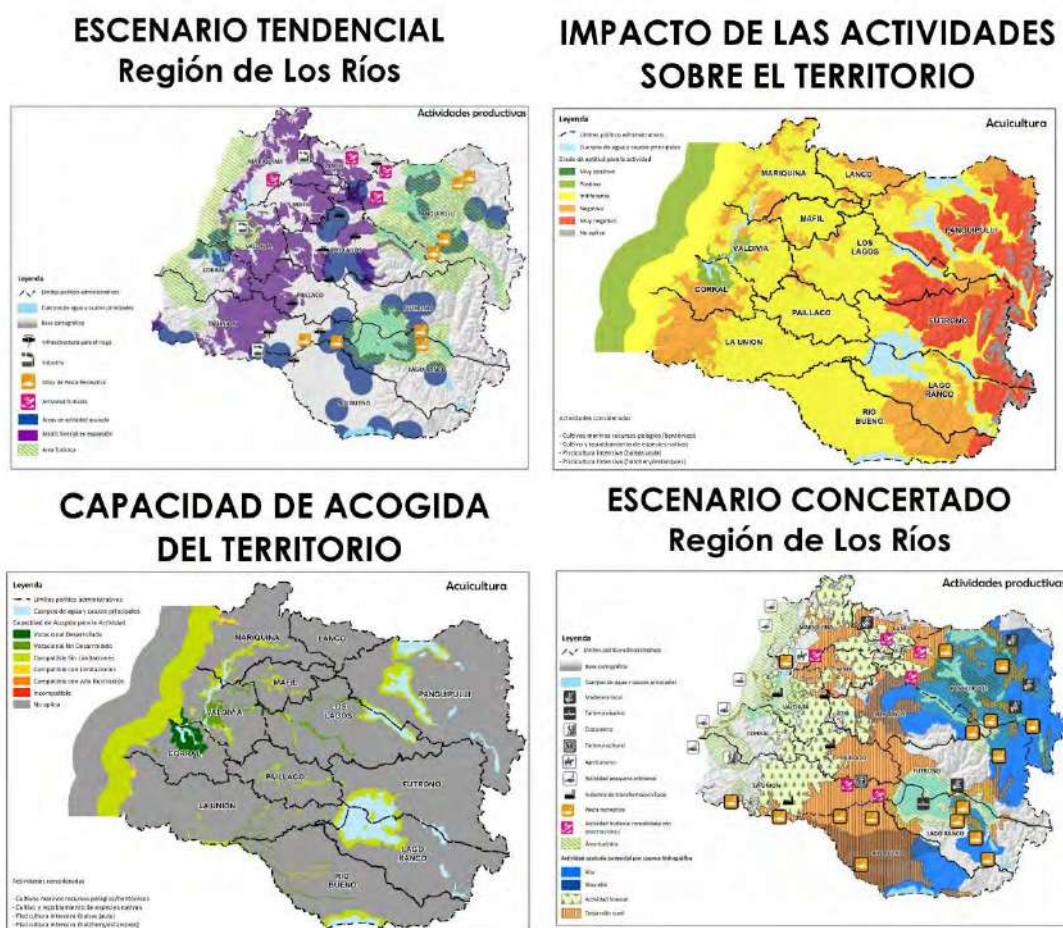


Fig. 17: Información Mapas PROT

Como ejemplo en el mapa “Escenario Tendencial”, donde aparecen indicados los centros acuícolas operando y aprobados, es muy poco específico respecto a la ubicación de las pisciculturas. Sobre el eventual impacto en los recursos acuáticos – una información necesaria para determinar la capacidad de acogida y el escenario concertado – no se presenta por ende algún detalle en el PROT.

Conclusión: La información entregada por el PROT esta realizada con una escala demasiado grande para evaluar el impacto de las pisciculturas sobre su entorno.

Cantidad y ubicación de pisciculturas: La información en relación a las pisciculturas se obtuvo por medio del GORE, el SEA y la SMA. Como se va a detallar más adelante, habían varios errores en esta base de datos, por ejemplo respecto a la ubicación de pisciculturas (p.e. Piscicultura Curilelfú 2, Fig. 19) o la producción de pisciculturas (p.e. Piscicultura Los Ulmos etc.).

En las figuras 18 - 20 se presenta la cantidad total de las pisciculturas existentes, aprobadas y su ubicación. En las tablas 27-30 se presentan de manera resumida las características más relevantes de las pisciculturas existentes, sus respectivos estados operativos (operando y no-operando) y las pisciculturas con RCA aprobadas pero que aun no se encuentran construidas, ordenadas según su ubicación en las cinco cuencas, su estado operativo y la producción autorizada.

La mayor cantidad de pisciculturas existentes (10) y aprobadas (5) se encuentra en la cuenca del Lago Ranco (Fig. 18, Tabla 27). Sin embargo, solamente 8 pisciculturas se encuentran operando. En el resto de las cuencas existen 4 pisciculturas (3 operando, 1 no operando) y 9 pisciculturas aprobadas. En la cuenca "Lago Maihue" no existen actualmente pisciculturas operando ni aprobadas.

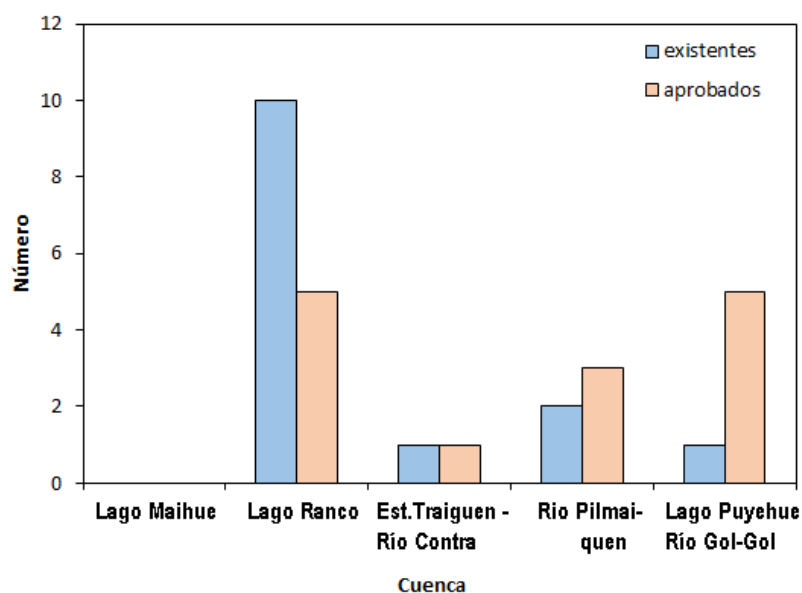


Fig. 18: Pisciculturas existentes y aprobadas o (por construir) en las cinco cuencas del área de estudio

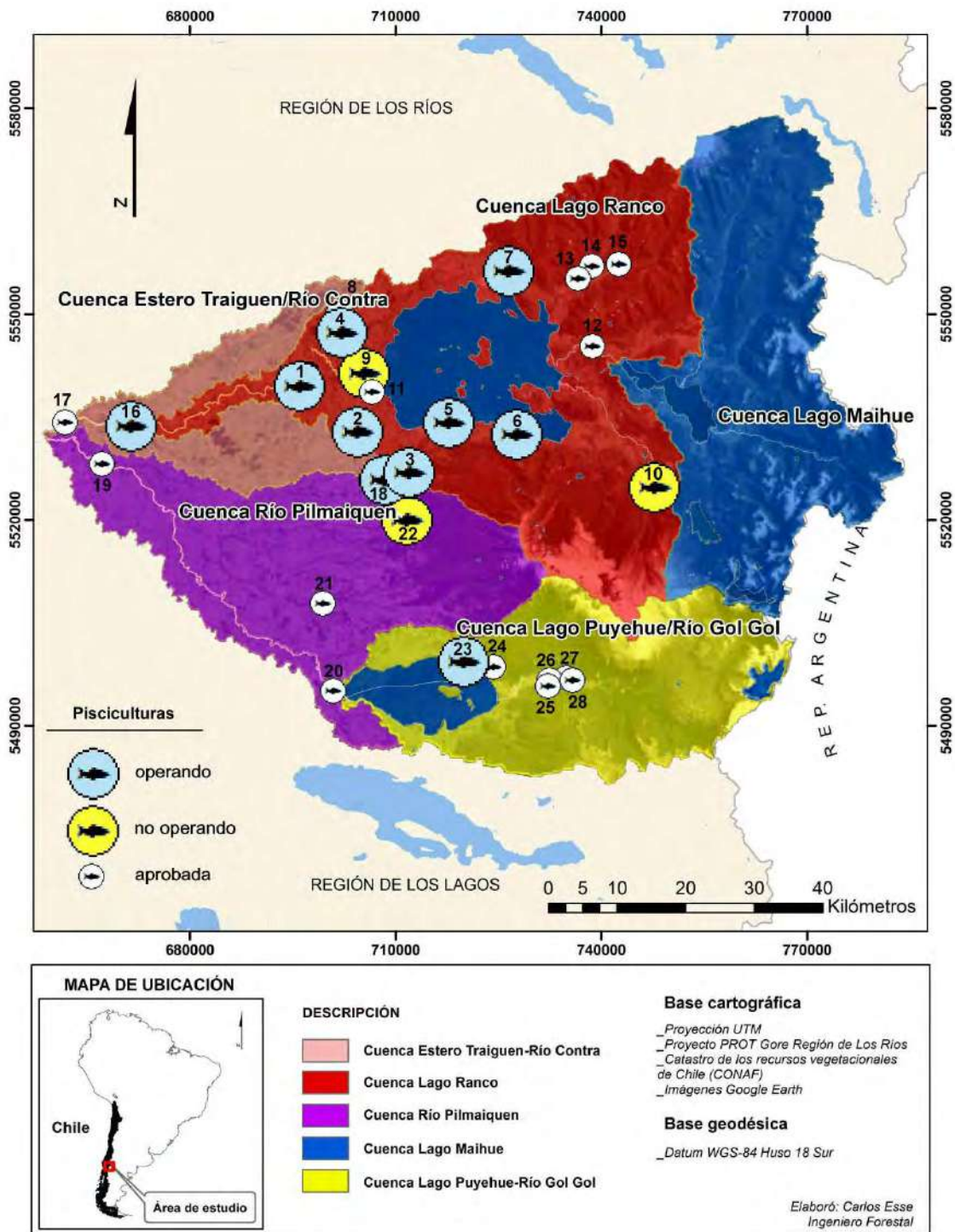


Fig. 19: Ubicación de las Pisciculturas existentes (operando) y aprobadas (solo XIV Región).
Los números se refieren a las pisciculturas según tabla 28.

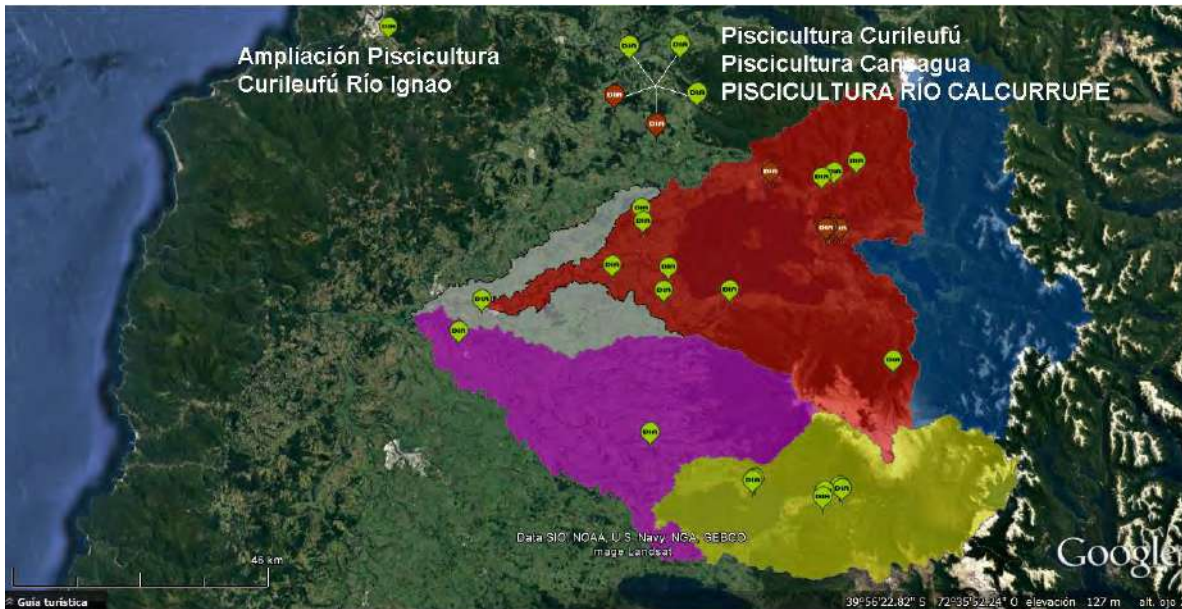


Fig. 20: Ubicación de las Pisciculturas según datos de SEA.

(<http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=Piscicultura&presentacion=DIA®iones=2420135>)

Una parte de las pisciculturas se encuentran ubicadas en la cercanía de los bordes lacustres o descargan en los lagos Ranco y Puyehue (p.e. Quimán, Pitreño, Iculpe, Nilahue, Lican y 8 pisciculturas aprobadas), mientras que el resto de las pisciculturas existentes o aprobadas descargan en ríos que no desembocan a lagos.

Producción: Con respecto a la producción (Tabla 27) la cuenca del Lago Ranco presenta la mayor producción de toneladas anuales de peces, por parte de las pisciculturas que se encuentran operando como también por las aprobadas, con un 52% del total de producción en el área de estudio. Mientras que la cuenca del Río Pilmaiquén es la que presenta la menor producción de toneladas anuales de peces, con un 11% del total de producción en el área de estudio. Cabe destacar que actualmente solamente existe instalada un tercio de la capacidad de producción total (4834 Ton/año), mientras el resto de la producción (aprox. 11.000 Ton/año) todavía no se encuentra operando.

Tabla 27: Producción de peces aprobada en el área del estudio (TON/año)


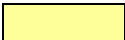

Cuenca	operando	no operando	aprobado	Total
Lago Ranco	2443	464	5571	8578
Estero Traiguen- R.Contra	1409		1980	3389
Rio Pilmaiquen	22		1802	1824
Lago Puyehue Gol-Gol	960		1694	2654
Total	4834	464	11047	16445

La cuenca del Lago Ranco exhibe la mayor cantidad de pisciculturas operando dentro del área de estudio, de las cuales casi la totalidad presenta sistemas de producción de flujo abierto (Tabla 28 - 30). Para varias pisciculturas se desconoce la producción actual, pero según información de SERNAPESCA corresponde a producciones < 100 Ton/año.

Las cuencas Estero Traiguen – Río Contra, Río Pilmaiquen y Lago Puyehue Gol-Gol, sólo presentan una piscicultura operando en sus correspondientes sectores, encontrándose las pisciculturas Los Tambores del titular Salmones Antartica S.A con una producción aprobada de 1.409 Ton/Año, la piscicultura Curileufú del titular Cultivos Acuaticos Manantiales S.A con una producción aprobada de 22 Ton/Año y la piscicultura Lican del titular Piscicultura Lican Ltda. con una producción aprobada de 960 Ton/Año, respectivamente, de las cuales todas cuentan con un sistema de producción de flujo abierto.

Las cuencas de Lago Ranco y Puyehue Gol-Gol, presentan la mayor cantidad de pisciculturas aprobadas pero que no se encuentran operando, con 5 cada una. La cuenca del Lago Puyehue Gol-Gol tiene el mayor número de pisciculturas con sistema de recirculación, sin embargo, estas no se encuentran operando.

Tabla 28: Ubicación de las pisciculturas en el área del estudio

 operando
  no operando
  solo aprobado

N	Nombre Piscicultura	Titular	Zona	UTM E	UTM S	Código	Sub-cuenca
Cuenca Lago Ranco							
1	Piscic. Rio Bueno	Ecosalmon S.A.	18 G	695925.00	5539493.00	140011	R1
2	Piscic. Ignao	Aquagen Chile S.A	18 G	704995.00	5533920.00	103645	R2
3	P. Amplia. Curileufú 2	Soc. Agric. y Gan. Curileufu Ltda	18 G	708371.23	5525726.02	103399	R2
4	Piscic. Cuinco	Piscicultura Lican Ltda.	18 G	702121.00	5547305.00	102566	R3
5	Piscic. Iculpe	Piscicultura Iculpe S.A.	18 G	717715.55	5534127.33	100543	R5
6	Piscic. Pitreño	Salmones Caleta Bay S.A.	18 G	727661.24	5532432.08	101137	R6
7	Piscic. Quiman	Piscicultura Lican Ltda.	18 G	726460.00	5556272.00	100652	R18
8	Piscic. Los Canelos	Inversiones Gramado Ltda.	18 G	701876.00	5550155.00	140003	R19
9	Piscic. Puerto Nuevo	Cultivos Acuáticos Manantiales S.A.	18 G	705401.00	5541369.00	100470	R3
10	Piscic. Nilahue	Piscicultura Nilahue S.A.	18 G	747672,91	5524861,24	102912	R9
11	Piscic. Macó	Salmones de Chile S.A.	18 G	706476.00	5538729.00		R3
12	Piscic. Rio Calcarrupe	Agrícola Sichahue Ltda.	18 G	738716	5545062		R15
13	Piscic. Chaichaguen	Piscicultura Caunahue S.A.	18 G	736094.00	5554329.00		R17
14	Piscic. Caunahue	Gladys Sanchez Parrahuez	18 G	738583	5557012		R17
15	Piscic. Rio Florin	Piscicultura Yadrán S.A.	18 G	742501	5557279		R17
Cuenca Estero Traiguen – Río Contra							
16	Piscic. Los Tambores	Salmones Antártica S.A.	18 G	671499.00	5533645.00	140002	TC1
17	Piscic. Cocule	Inversiones Gramado Ltda.	18 G	661819.00	5534295.00		TC1
Cuenca Rio Pilmaiquen							
18	Piscic. Curileufú	Cultivos Acuáticos Manantiales S.A.	18 G	711984,19	5526874,36	102014	P5
19	Piscic. Pilmaiquen	Marine Harvest Ltda.	18G	667457.34	5528229.17		P1
20	Piscic. Puyehue	Servicios Acuícolas Breeding Waters	18 G	700874	5495077		P2
21	Piscic. Rio Chirre	Piscicultura Rio Chirre Ltda.	18 G	701905.00	5508479.00		P3
22	Piscic. Cancagua	Piscicultura 2R Ltda.	18 G	711445.00	5520115.00	102705	P4
Cuenca Lago Puyehue Gol-Gol							
23	Piscic. Lican	Piscicultura Lican Ltda.	18 G	719935.00	5499283.00	102382	PG3
24	Piscic. Taique	Marine Harvest Chile S.A.	18 G	723718,6	5498145,53		PG3
25	Piscic. El Gol-Gol	Sonia Elena Vergara Giovanini	18 G	732193.00	5495755.00		PG2
26	Piscic. Los Manantiales	Sonia Elena Vergara Giovanini	18 G	732408	5496677		PG2
27	Piscic. Las Bandurrias	Gustavo Kuster Zbinden	18 G	735489.00	5497697.00		PG2
28	Piscic. Los Ulmos	Sonia Elena Vergara Giovanini	18G	735822.00	5497200.00		PG2

Tabla 29: Caracterización general de las pisciculturas en el área del estudio.

Información faltante o incierta

N	Nombre Piscicultura	RCA (año)	Inicio actividades	Vida útil (años)	Sistema de Producción	Producción aprobado (TON/año)
Cuenca Lago Ranco						
1	Piscic. Rio Bueno	2014	no	50	Flujo abierto	1400
2	Piscic. Ignao	2003, 2007	2007	Indefinido	Flujo ab. y Recirc.	168
3	P. Amplia. Curileulfu 2	2002, 2003	2002	Indefinido	Flujo abierto	160
4	Piscic. Cuinco	2013	1997	50	Flujo abierto	80
5	Piscic. Iculpe	2000, 2015	1989	30	Flujo abierto	250
6	Piscic. Pitreño	sin RCA	años 80	Indefinido	Flujo abierto	< 100 ?
7	Piscic. Quiman	2014	1991	Indefinido	Flujo abierto	200
8	Piscic. Los Canelos	2009, 2014	?	30	Flujo abierto	135
9	Piscic. Puerto Nuevo	sin RCA	años 80	Indefinido	Flujo abierto	< 100 ?
10	Piscic. Nilahue	2013	2001	30	Flujo abierto?	464
11	Piscic. Macó	2013	no	50	Flujo abierto	4596
12	Piscic. Rio Calcurrupe	2012	no	Indefinido	Flujo Abierto	280
13	Piscic. Chaichaguen	2005	no	30	Flujo abierto	120
14	Piscic. Caunahue	2005	no		Flujo abierto	400
15	Piscic. Rio Florin	2002	?	20	Flujo Abierto	175
Cuenca Estero Traiguen – Río Contra						
16	Piscic. Los Tambores	2008, 2012	2008?	Indefinido	Flujo abierto	1409
17	Piscic. Cocule	2014	no	25	Flujo abierto	1980
Cuenca Rio Pilmaiquen						
18	Piscic. Curileufú	con RCA	?	Indefinido	Flujo abierto	22
19	Piscic. Pilmaiquen	2003	no	Indefinido	Flujo abierto?	540
20	Piscic. Puyehue	2013	no	Indefinido	Flujo abierto	650
21	Piscic. Rio Chirre	2011	no	Indefinido	Flujo abierto	612
22	Piscic. Cancagua	con RCA	?	Indefinido	Flujo abierto	22
Cuenca Lago Puyehue Gol-Gol						
23	Piscic. Lican	2012, 2013	2011	Indefinido	Flujo abierto	960
24	Piscic. Taique	2013	2006?	?	?	?
25	Piscic. El Gol-Gol	2010	no	Indefinido	Recirculacion	669
26	Piscic. Los Manantiales	2009	no	Indefinido	Recirculacion	320
27	Piscic. Las Bandurrias	2010	no	Indefinido	Recirculacion	335
28	Piscic. Los Ulmos	2010	no	Indefinido	Recirculacion	320

Tabla 30: Información acerca de uso de agua, descarga y tipo de tratamiento

Información faltante o incierta

N	Nombre Piscicultura	Volumen captación agua (L/s)	Volumen efluente (L/s)	Receptor descarga	Tratamiento efluente
Cuenca Lago Ranco					
1	Piscic. Rio Bueno	2000	2000	Bueno	Rotafiltro
2	Piscic. Ignao	900	900	Ignao	Rotafiltro
3	P. Amplia. Curileufú 2	800	800	Ignao	Decantador
4	Piscic. Cuinco	102	102	Est. sin nombre	Rotafiltro, Decantador
5	Piscic. Iculpe	1550	1550	Iculpe	Decantación, Rotafiltro (2016)
6	Piscic. Pitreño	?	?	Pitreño	Rotafiltro, UV
7	Piscic. Quiman	500	500	Quiman	Rotafiltro?
8	Piscic. Los Canelos	353	353	Est.Pichiralitran	Rotafiltro, Decantador
9	Piscic. Puerto Nuevo	?	?	Bueno	Decantador
10	Piscic. Nilahue	1900	1900	Nilahue	Reactor y Laguna decantadora
11	Piscic. Macó	4800	4800	Bueno	Rotafiltro
12	Piscic. Rio Calcurrupe	1900	1900	Calcurrupe	Rotafiltro
13	Piscic. Chaichaguen	550	550	Chaichaguen	Decantador gravitacional
14	Piscic. Caunahue	?	?	Caunahue	?
15	Piscic. Rio Florin	1000	1000	Florin	Decantador gravitacional
Cuenca Esterao Traiguen – Río Contra					
16	Piscic. Los Tambores	3000	3000	Bueno	Rotafiltro
17	Piscic. Cocule	3000	3000	Bueno	Rotafiltro
Cuenca Rio Pilmaiquen					
18	Piscic. Curileufú	120	120	Curileufu	Decantador,
19	Piscic. Pilmaiquen	2000	2000	Pilmaiquen	Rotafiltro
20	Piscic. Puyehue	2000	2000	Pilmaiquen	Rotafiltros + UV
21	Piscic. Rio Chirre	1200	1200	Chirre	Rotafiltro
22	Piscic. Cancagua	10	10	Afl. R.Canahue	Rotafiltro, Decantador
Cuenca Lago Puyehue Gol-Gol					
23	Piscic. Lican	490	490	Lago Puyehue	Rotafiltro
24	Piscic. Taique	?	?	Lago Puyehue	?
25	Piscic. El Gol-Gol	100	100	El Gol-Gol	Rotafiltro
26	Piscic. Los Manantiales	40	40	El Gol-Gol	Rotafiltro + UV
27	Piscic. Las Bandurrias	40	40	Estero el Cenizo	Rotafiltro
28	Piscic. Los Ulmos	40	40	Estero el Cenizo	Rotafiltro

4.2.1 Pisciculturas en la cuenca del lago Ranco

Piscicultura Río Bueno (operando)

Descripción general: La piscicultura Río Bueno del titular Eco Salmon S.A, con Código de Centro N° 103399, se encuentra emplazada en la ribera norte del río Bueno, en el sector Fundo Los Chilcos, Comuna de La Unión, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos (Huso 18 695925.00 E, 5539493.00 S UTM Datum) (RCA_Pisc._Rio_Bueno 2014, pág. 3), tendrá una vida útil de 50 años y una inversión estimada de US\$ 4.500.000 (RCA 2014). La piscicultura se encuentra en operación desde mayo del 2015, y se abastece de derechos de aprovechamiento no consuntivos de aguas superficiales y corrientes (2000 L/s), captados desde el Río Bueno. Es de flujo abierto, y considera una producción anual de 1400 toneladas del grupo de especies salmónidas, considerando ovas, alevines y smolt. El proyecto incorpora la construcción de 2 galpones de incubación dotados de 96 bateas verticales de incubación de 3,6 m de largo, 0,4 m de ancho y 0,35 m de alto; un galpón de primera alimentación compuesto por 24 estanques de 6 m de diámetro y 1,4 m de alto; un patio de alevinaje compuesto de 30 estanques de 12 m de diámetro y 1,6 m* de alto con un volumen útil de 300 m³ cada uno. La densidad de cultivo considerada será de aproximadamente 35 a 50 kg/m³, con ello se espera mantener un equilibrio en cuanto a cantidad y peso porcentual de cada individuo en los estanques de cultivo (RCA_Pisc._Rio_Bueno 2014, pág. 5 y 6).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se utilizan 7 filtros rotatorios en paralelo, marca Hydrotech, (modelo HDF- 1607- 2S). Cada unidad filtrante posee la capacidad para tratar 571 L/s con una malla filtrante de 90 micras. El lodo es acopiado en un estanque hermético de 100 m³ de capacidad, adyacente al área de los filtros rotatorios. Los efluentes generados por el proyecto son retornados al cauce del Río Bueno a un volumen de 2000 L/s (RCA_Pisc._Rio_Bueno 2014, pág. 5).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de la mortalidad del cultivo, el proyecto dispone de un sistema de ensilaje consistente en un triturador de 350 L de capacidad, con una bomba manual de adición de ácido fórmico y un estanque acumulador de 3,5 m³ de capacidad, el cual se encuentra instalado sobre un radier con pretilas para contención de derrames equivalentes al volumen del estanque y el triturador (3,85 m³) (RCA_Pisc._Rio_Bueno 2014, pág. 5).

Otros: Existen estudios de línea base sobre fauna íctica, fauna bentónica, flora y vegetación ripariana.

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta información sobre fiscalizaciones.



Fig. 21: Piscicultura Río Bueno (Foto: 17.6.2016)

Piscicultura Ignao (operando)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Ignao se encuentra a la ribera derecha de Río Ignao, en el predio perteneciente al fundo Huacamalal, comuna de Lago Ranco, provincia del Ranco, Región de los Ríos (Huso 18 704995.00 E, 5533920.00 S UTM Datum) (DIA_Ensilaje_Piscicultura_Ignao 2011, pág. 9). La piscicultura Ignao, propiedad del titular LandCatch Chile S.A. con Código de Centro N° 103645, tiene una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 29.000, según RCA del año 2012, la cual contempla una modificación en el manejo de mortalidades aprobado en la RCA del año 2007, reemplazando el almacenamiento en Bins por un sistema de tratamiento mediante un Sistema de Ensilaje (trituration de la mortalidad con adición de ácido fórmico) (DIA_Ensilaje_Piscicultura_Ignao 2011, pág. 7 y 10).

Historial y descripción general del centro de cultivo: La piscicultura se encuentra en operación desde el año 2007, y se abastece de derechos de aprovechamiento no consuntivos de aguas superficiales y corrientes, de ejercicio permanente y continuo, eventual y discontinuo de 900 L/s, captados desde el río Ignao. La piscicultura cuenta con un sistema de recirculación de las aguas en donde el agua proveniente de los estanques de cultivo, previa filtración mecánica con un filtro rotatorio, es tratada en un sistema de filtro biológico de baja carga, seguido de ello, ocurrirá una desgasificación removiendo el dióxido de carbono, luego de oxigenar e inyectar ozono el agua es

devuelta por gravedad hacia los estanques de cultivo. La producción anual es de 168 toneladas del grupo de especies salmónidas, desde la etapa de incubación de ovas hasta la producción de Smolts. (DIA_HUACAMALAL 2006, pág. 5, 6 y 8)

El proceso de incubación se desarrolla en una sala que cuenta con 50 bateas de 3,6 x 0,5 m. La sala posee dos canales paralelos de desagüe, los cuales evacuan en forma independiente. Las aguas pueden ser evacuadas al río o bien ser derivadas hasta un estanque de recirculación. La etapa de alevinaje y smolt, se llevará a cabo en 38 estanques exteriores de fibra de vidrio de 10 m de diámetro por 1.5 m de altura, con capacidad útil de 80 m³ cada uno (DIA_HUACAMALAL 2006, pág. 9).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se utilizan dos filtros rotatorios paralelos de 90 micras con una capacidad de 500 L/s cada uno. Los lodos generados en este sistema de tratamiento serán retirados y dispuestos en un vertedero autorizado. Los efluentes del proyecto son retornados al cauce del Río Ignao a un volumen de 900 L/s (DIA_HUACAMALAL 2006, pág. 9 y 18).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de la mortalidad del cultivo, la piscicultura cuenta con un sistema de ensilaje, el cual se sitúa sobre una losa de cemento o radier de hormigón de una dimensión de 12 m² de superficie, con petril perimétrico de contención de derrames de 6 m³, sobre la cual se encuentran los equipos para la trituración de mortalidades, dosificación de ácido fórmico, y acopio de ensilado de 500 L. (RCA_Ensilaje_Ignao 2012, pág. 2 y 3).

Fiscalizaciones: La piscicultura presenta información sobre 24 fiscalizaciones, y no presenta sanciones.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto. Sin embargo, hacen referencia en la DIA del año 2011: El proyecto no considera la extracción, explotación, alteración de fauna nativa. (DIA_Ensilaje_Piscicultura_Ignao 2011, pág. 11)



Fig. 22: Piscicultura Ignao (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Pt. Nuevo (no operando)

Observación: Esta piscicultura no aparece en los registros de SEA Chile, tanto en la Región de los Ríos como en la Región de los Lagos, pero si presenta informes de fiscalización ambiental en el sistema nacional de información de fiscalización ambiental (SNIFA).

Descripción general del centro de cultivo: Su producción exacta no se pudo averiguar. Según estimaciones de SERNAPESCA la producción es < 100 TON/año.

Tratamiento de RILES: Esta piscicultura descarga sus RILES en el río Bueno.

Fiscalizaciones: La piscicultura presenta información sobre 30 fiscalizaciones, pero no presenta sanciones. Según SNIFA no descargó RILES al río Bueno durante 2013 – 2015. En SNIFA no existe información acerca del centro.



Fig. 23: Piscicultura Pt. Nuevo (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Iculpe (operando)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Iculpe (titular Piscicultura Iculpe S.A. con Código de Centro N° 100543) se encuentra al interior de un predio de 1,52 hectáreas en el sector Ilihue, a orillas del Río Iculpe a 5 km de la ciudad de Lago Ranco, Provincia del Ranco, Región de los Ríos (Huso 18 717715.55 E, 5556272.00 S UTM Datum). (RCA_091_2015_Centro_de_Cultivos_Iculpe, pág. 3). La piscicultura Iculpe tiene una vida útil de 30 años y una inversión de US\$ 500.000, según RCA del año 2015, la cual contempla el aumento de producción en términos de biomasa desde 78 toneladas anuales hasta 250 toneladas máximas anuales de smolt de salmónidos y la regularización de la incorporación de un sistema UV, un sistema de ensilaje y su disposición, un sistema diluidor de sal y la impermeabilización de uno de los decantadores del sistema de tratamiento de RILES. (RCA_091_2015_Centro_de_Cultivos_Iculpe, pág. 2 y 3).

Historial y descripción general del centro de cultivo: La piscicultura se encuentra en operación desde el año 1989, y se abastece de derechos de aprovechamiento no consuntivos de aguas superficiales y corrientes, de ejercicio permanente y continuo de 150 L/s y otro de carácter eventual y uso no consuntivo de 1000 L/s, provenientes del Río Iculpe y de 400 L/s de uso no consuntivos

proveniente del Lago Ranco. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 250 toneladas de smolt de salmónidos dividido en 3 ciclos anuales, desde la etapa de incubación de ovas hasta ejemplares de 150 g dependiendo de la especie, con un plan de producción que estima la entrega de 325 ton/año de alimento. (DIA_Completa 2015, pág. 11 y 13, RCA_091_2015_Centro_de_Cultivos_Iculpe, pág. 4). El proceso de incubación y alevinaje se desarrolla en una sala que cuenta con un sistema de ingreso de agua, la cual es previamente tratada mediante la aplicación de UV, con un flujo de 34 L/s para 73 estanques. Para la etapa de smolt, se llevará a cabo en 48 estanques de fibra de vidrio de 250 m³. La densidad de cultivo será de 36 kg/m³ aproximadamente. (DIA_Completa 2015, pág. 13).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se utiliza un sistema de decantación autorizado para el tratamiento de las aguas utilizadas en el proceso productivo el que consiste en 4 piscinas decantadoras, 3 de ellas de 250 m² de superficie basal y 1,4 m de profundidad, la cuarta piscina presenta una superficie de 3.185 m², sin embargo, en la actualidad sólo esta última está en funcionamiento. Este sistema está impermeabilizado con geomembrana de HDPE (polietileno de alta densidad) lisa de 1,5 mm de espesor, el cual tiene una eficiencia que permite retener más de los 90% sólidos suspendidos. Los efluentes del proyecto derivada del proceso productivo son retornados al cauce del Río Iculpe a un volumen de 1500 L/s. (DIA_Completa 2015, pág. 17, RCA_091_2015_Centro_de_Cultivos_Iculpe, pág. 8).

Tratamiento mortalidades: La piscicultura cuenta con un sistema de ensilaje de uso exclusivo para la piscicultura, contando con sistemas de molienda, homogenización de la mezcla y dosificación de ácido fórmico con una capacidad máxima de almacenamiento de 3.000 Lt.

Fiscalizaciones (SNIFA): Esta piscicultura presenta 27 fiscalizaciones de autocontrol desde enero del 2013 hasta febrero del 2015, y no presenta sanciones asociadas.



Fig. 24: Piscicultura Iculpe (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Los Manantiales Curileufú 2 (operando)

Observación: Actualmente no está operando según visita Stefan Woelfl (05 de Septiembre 2016), sin embargo se informó que en los próximos 6 meses comenzará a operar.

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Curileufú se encuentra emplazada en el Fundo Curileufú, la cual se ubica en un sector rural denominado Bramadero, Comuna de Río Bueno, Provincia del Ranco, Región de los Ríos (Huso 18 708371.23 E, 5525726.02 S UTM Datum). (DIA 4690 DOC 2128541206 (Ampliación) 2001, pág. 5). La piscicultura Curileufú, propiedad del titular Sociedad Agrícola y Ganadera Curileufú Ltda, con Código de Centro N° 103399, tiene una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 400.000, según RCA del año 2003, la cual contempla la ampliación del centro de cultivo autorizado por resolución de Subsecretaría de Pesca N°1123 de 1997, para ello se contempla la construcción de piscinas, salas de incubación, oficinas, bodegas, áreas verdes, estacionamientos, vialidad interna y el sistema de tratamiento y disposición final de residuos líquidos y sólidos. Sin embargo, esta piscicultura cuenta con un proyecto de modificación del manejo de mortalidades con sistema de ensilaje del año 2012, que se encuentra desistida (RCA 4690_2003_6_17_RE Descripción Proyecto 2001, pág. 1 y 2)

La piscicultura se encuentra en operación desde el año 2003, y se abastece de derechos de aprovechamiento no consuntivos de aguas superficiales y corrientes, de ejercicio permanente y continuo de 800 L/s, captados desde el río Ignao. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 160 toneladas de salmonídeos, centrándose en las producciones de ovas, alevines, smolts, juveniles, adultos y reproductores, contando 6 etapas a desarrollar en el ciclo productivo (DIA 4690 DOC 2128541206 (Ampliación) 2001, pág. 7 y 11, RCA 4690_2003_6_17_RE Descripción Proyecto 2001, pág. 2).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se utiliza un decantador gravitacional de forma regular de 40 m de largo, 15 m de ancho y 2 m de profundidad, cuya función es retener sólidos del efluente del proceso productivo de la piscicultura, y un decantador gravitacional de forma irregular con la finalidad de aprovechar la geomorfología del sector, la cual posee una dimensión de 185 m de largo, 13,3 m de ancho y 1,8 m de profundidad, cuya función será apoyar la retención de sólidos (al menos 85% de retención), recuperación de pH, oxígeno y amonio originales en el efluente del proceso productivo de la piscicultura. El efluente del proyecto proveniente desde las piscinas de decantación es retornado al cauce del Río Ignao a un volumen de 800 L/s (RCA 4690_2003_6_17_RE Descripción Proyecto 2001, pág. 3 y 4).

Tratamiento mortalidades: Se realiza diariamente mediante métodos manuales y su destino dependiendo de su volumen son vertederos autorizados o incineración en caldera cuando los volúmenes son inferiores a tres kg/día. En algunos casos y dependiendo del volumen y de la causa de muerte se podrán utilizar como abono agrícola, previo proceso de ensilado. (DIA 4690 DOC 2128541206 (Ampliación) 2001, pág. 8)

Fiscalizaciones: Esta piscicultura presenta 35 fiscalizaciones de autocontrol y no presenta sanciones asociadas.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna en el lugar del proyecto realizados. Sin embargo, hacen referencia en la DIA del año 2001 al estudio realizado por el Servicio de Limnología del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile, en ríos pre cordilleranos, de características similares pertenecientes a la hoya hidrográfica del Lago Ranco, citado en la piscicultura Iculpe (DIA_4690_DOC_2128541206 (Ampliación) 2001, pág. 6)



Fig. 25: Piscicultura Los Manantiales Curileufú 2 (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

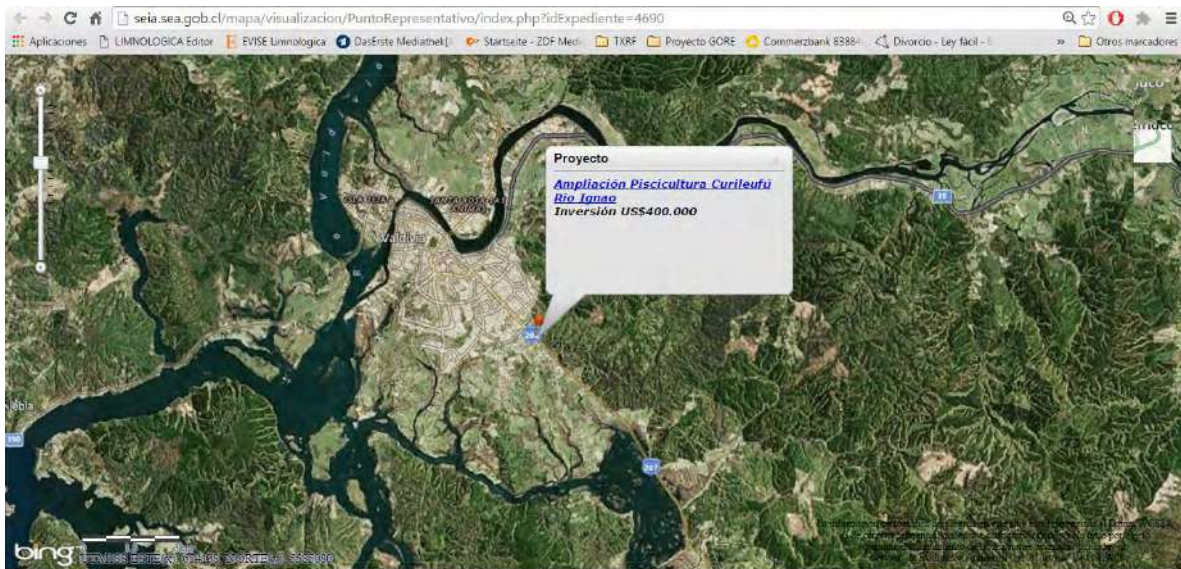


Fig. 26: Ubicación errónea de la piscicultura Ampliación Curileufú según SEA.

Piscicultura Pitreño (Caleta Bay) (operando)

Observación: Esta piscicultura no aparece en los registros de SEA Chile, tanto en la Región de los Ríos como en la Región de los Lagos, pero si presenta informes de fiscalización ambiental en el sistema nacional de información de fiscalización ambiental (SNIFA).

Descripción general del centro de cultivo: Sobre esta piscicultura no existen informaciones detalladas, porque carece de una declaración de impacto ambiental, no aparece en los registros de SEA Chile.

Según información de SERNAPESCA esta piscicultura existe hace por lo menos 15 años o más. Su producción exacta no se pudo averiguar. Según estimaciones de SERNAPESCA la producción es < 100 TON/año.

Tratamiento de RILES: Esta piscicultura descarga sus RILES en el río Pitreño, a unos 200 m del lago Ranco. En el pasado existía solamente una pileta de decantación para disminuir las cargas de los RILES. Desde hace algunos años cuenta con rotafiltras según información entregada por SERNAPESCA.

Fiscalizaciones: La piscicultura presenta 33 fiscalizaciones sobre autocontrol y no presenta sanciones.



Fig. 27: Piscicultura Pitreño (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Nilahue (existente)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Nilahue se encuentra emplazada en el lado sur del río Nilahue, en un predio particular, ubicado en un sector denominado Riñinahue - Los Venados a 25 km de Riñinahue y a 55 km de la ciudad de Lago Ranco, Comuna de Lago Ranco, (Huso 18 747672.91 E, 5524861.24 S UTM Datum) (DIA_3357_DOC_2128540772 2001, pág. 2). La piscicultura Nilahue, propiedad del titular Piscicultura Nilahue S.A, con Código de Centro N° 102912, tiene una vida útil de 30 años y una inversión estimada de US\$ 300.000, según resolución de calificación ambiental del año 2001, la cual consiste en la producción del grupo salmonídeos mediante el cultivo y engorda a partir de distintos estados desarrollo. Sin embargo, esta piscicultura cuenta con un proyecto de modificación del manejo de mortalidades con sistema de ensilaje del año 2012, que se encuentra desistida (DIA_3357_DOC_2128540768 2000, pág. 5 y 11). La piscicultura se abastece de derechos de agua para uso no consuntivo, permanentes y continuos por un caudal de 1900 L/s captados desde el Río Nilahue. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 464 toneladas del grupo de especies salmónidas, considerando para ello dos ciclos anuales, teniendo 6 etapas a desarrollar en el ciclo productivo que va desde la incubación, la cual tiene un periodo variable que va desde 30 a 60 días. Una etapa de alevinaje la cual durará

entre 50 y 70 días periodo en el cual los alevines alcanzan un peso entre 15 y 20 gramos. Una etapa de juveniles con un periodo de aproximadamente 2 a 3 meses que consistirá en la engorda de salmones hasta alcanzar el estado de Smolt con aproximadamente 55- 95 gramos. Una etapa de Smoltificación, en donde los peces estarán preparados fisiológicamente para ser trasladados al mar. Una etapa de engorda de reproductores en donde se mantendrán los reproductores con el propósito de utilizarlos desde 1 a 4 desoves por temporada. Y finalmente la etapa de desove y fecundación (DIA_3357_DOC_2128540768 2000, pág. 6, DIA_3357_DOC_2128540772 2001, pág. 2). La infraestructura que consiste básicamente en estanques tipo piscinas circulares de materiales sintéticos las que se emplazan sobrepuestas en el terreno, con un total de 160 estanques circulares de 7,5 m de diámetro y 60 estanques circulares de 3,75 m de diámetro, además de infraestructura de apoyo como bodegas para almacenar alimentos, materiales y viviendas para la administración (DIA_3357_DOC_2128540772 2001, pág. 2).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se considera un decantador gravitacional que retiene al menos el 85% de los sólidos en suspensión producidos por el proceso productivo. Además, se aprovechará la geomorfología del terreno para hacer una laguna de forma irregular, de 5190 m² de superficie, (Largo promedio 115 m, ancho promedio 45 m y profundidad media de 2 m), esta se ubicará al concluir un canal receptor de las aguas utilizadas en las piscinas y que por sus características actuará como zona de pre-decantación, con lo que se pretende mejorar aún más todos los tiempos estimados para la adecuada decantación requerida. Los efluentes generados por el proyecto son retornados al cauce del Río Nilahue a un volumen de 1900 L/s (DIA_3357_DOC_2128540768 2000, pág. 10).

Tratamiento mortalidades: Se realiza diariamente mediante métodos manuales, su destino es el vertedero municipal, y neutralizados con cal viva o creolina, para ello se cuenta con la autorización municipal correspondiente. En algunos casos y dependiendo del volumen y de la causa de muerte se podrán utilizar como abono agrícola, previo proceso de ensilado (DIA_3357_DOC_2128540768 2000, pág. 9).

Fiscalizaciones: Esta piscicultura presenta 24 fiscalizaciones de autocontrol desde abril del 2013 hasta junio del 2015, sin embargo, solo presenta valores desde abril a junio del 2013, mientras que los demás autocontroles informan que no se descargaron riles a través del punto de control durante el período evaluado. Esta piscicultura no presenta sanciones asociadas.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna en el lugar del proyecto realizados. Sin embargo, hacen referencia en la DIA del año 2014 al estudio realizado por el Servicio de Limnología del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile, en ríos pre cordilleranos, de características similares pertenecientes a la hoya hidrográfica del Lago Ranco, citado en la piscicultura Iculpe (DIA_3357_DOC_2128540768 2000, pág. 138)



Fig. 28: Piscicultura Nilahue (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Quimán (operando)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Quiman se encuentra localizada al Este de la ciudad de Futrono, en la ribera oriental del Río Quiman, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos (Huso 18 726460.00 E, 5556272.00 S UTM Datum). El proyecto se emplaza al interior de un predio de 1,7 hectáreas, propiedad del titular Piscicultura Lican Ltda., tendrá una vida útil de 20 años y una inversión estimada de US\$ 500.000, según RCA (resolución de calificación ambiental) del año 2014. Esta cuenta con una autorización de acuicultura obtenida por Resolución de Subsecretaría de Pesca N° 1221, de fecha 09 de noviembre de 1988, e inscrita en el Registro Nacional de Acuicultura con Folio N° 2296, y Código de Centro N° 100652. (RCA Quiman 2014, pág. 3, archivo “PQuiman Descripción del Proyecto 2013”, pág. 1)

La piscicultura se encuentra en operación desde el año 1991, y se abastece de dos derechos de aprovechamiento de aguas no consuntivos de 200 y 300 L/s cada uno, captados desde el río Quiman. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de máximo 200 toneladas del grupo de especies salmónidas, desde la etapa de incubación de ovas hasta ejemplares de 50 g y mantención de reproductores, con un plan de producción que estima la entrega de 120 ton/año de alimento (RCA Quiman 2014, pág. 2). Actualmente se produce como máximo 80 ton/año.

Para realizar el proceso de incubación se considera un galpón de 30 x 30 m que alberga 7 atriles con 6 bateas (3.600x300x 200 mm) cada uno, en cada batea se disponen 7 canastillos. Para la etapa de alevinaje se utilizan 10 estanques de fibra de vidrio de 4x4 m y 25 m³ de capacidad, y estanques circulares de 5 y 6 m de diámetro de 25 y 35 m³ respectivamente. Para la etapa de smolt, se utilizan 6 estanques australianos metálicos de 100 m³ de capacidad (RCA Quiman 2014, pág. 4).

Tratamiento de RILES: El proyecto de la piscicultura indica para el sistema de tratamiento del efluente se utiliza un rotafiltro marca Hydrotech HDF2007-2S o similar, con una capacidad de filtrado de 600 L/s a 90 micras estimados para una carga de sólidos suspendidos totales 15 mg/L. Los efluentes del proyecto son retornados al cauce del río Quiman a un volumen de 500 L/s (RCA Quiman 2014, pág. 5, archivo “PQuiman Descripción del Proyecto 2013”, pág. 20). *Sin embargo, actualmente el sistema de tratamiento es mediante piscina de decantación.*

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de la mortalidad del cultivo, la piscicultura cuenta con un sistema de ensilaje para la mortalidad de uso exclusivo para la piscicultura. Éste cuenta con un estanque de almacenamiento (silo) de 5 m³ de capacidad, estanque (sellado), para prevenir derrames y emanaciones de olor. Adicionalmente, el equipo cuenta con estanque triturador de 0,7 m³ de capacidad, una bomba moledora de 1,5 HP de potencia, bomba dosificadora de ácido fórmico y una capacidad de procesamiento de 650 Kg/hora (RCA Quiman 2014, pág. 5).

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta fiscalización.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: La caracterización íctica en el área de influencia del proyecto en el río Quimán y en general en la cuenca del lago Ranco, se realizó por medio de la pesca eléctrica en este caso se indicó, que en el río Quimán la especie íctica más abundante presente fue la Trucha café (*Salmo trutta*) río abajo (restitución) y entre bocatoma y descarga, en cambio en la zona río arriba (bocatoma) la especie más abundante fue la Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Es importante destacar la presencia de especies nativas como Puye (*Galaxias platei*) y Peladillas

(*Aplochiton zebra*) en zonas cercanas a la descarga. Sin embargo, lo más probable que los cardúmenes se muevan río abajo hacia el lago. La fauna bentónica encontrada en el río Quimán correspondió principalmente a insectos con larvas acuáticas. Los más abundantes fueron los insectos del orden Díptera: *Chironomidae* y *Epheróptera: Leptophlebiidae*, característicos de zonas de ríos con muy fuerte escorrentía y oxigenados. Observándose en el sector entre bocatoma y descarga y río arriba (bocatoma) la mayor diversidad. También se observó algunos crustáceos de la familia *Aeglidae* comunes en estos ríos. Los anélidos (*Tubifex sp.*) se encontraron con abundancias importantes de hasta de 268 individuos/m² en la zona media (entre bocatoma y descarga) y río abajo (restitución). (Evaluacion_Limnologica_Rio_Quiman__Piscicultura_Quiman 2013).



Fig. 29: Imagen satelital de la Piscicultura Quiman (Fecha: 27.9.2013)

Piscicultura Los Canelos (operando)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Los Canelos se localiza en el sector Santa Rosa en un predio de 5,96 hectáreas, contiguo al estero denominado “Pichiralitrán”, aproximadamente a 14 Km del camino que conduce hasta la localidad de Puerto Nuevo, comuna de Paillaco, provincia de Valdivia, Región de Los Ríos (Huso 18 701876.00 E, 5550155.00 S UTM Datum). (Resolución de Calificación Ambiental (RCA)_Ensilaje_Los_Canelos 2014, pág. 2). La piscicultura Los Canelos, propiedad del titular Inversiones Gramado Ltda., con Código de Centro N° 140003, tendrá una vida útil de 30 años y una inversión estimada de US\$ 25.000, según resolución de calificación

ambiental del año 2014, la cual contempla una modificación en el manejo de mortalidades aprobado en la RCA del año 2009, a través de un sistema de ensilaje (trituration de la mortalidad con adición de ácido fórmico). (Resolución de Calificación Ambiental (RCA)_Ensilaje_Los_Canelos 2014, pág. 2). La piscicultura se encuentra en operación desde el año 2009, y se abastece de derechos de aprovechamiento de agua desde tres vertientes (sin nombres) y desde el estero Pichiralitrán por 353 L/s. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 135 toneladas de salmónidos, para las etapas de incubación, alevinaje, juveniles, smoltificación y reproducción. (DIA_PISCICULTURA_LOS_CANELOS 2009, pág. 10, RCA.Proy._Piscicultura_Los_Canelos 2009, pág. 3).

El proceso de incubación se desarrolla en una sala para ovas verdes de 193,1 m², la cual contendrá en la instalación de 20 atriles cada uno con 60 Zoug Jar (unidad de incubación); otra sala de incubación para ovas ojo de 421,43 m², la cual contará con 192 bateas instaladas; una sala de alevinaje con 100 estanques de 3,2 m de diámetro, y un sector patio de smoltificación y reproductores con 10 estanques de 10 m de diámetro (DIA_PISCICULTURA_LOS_CANELOS 2009, pág. 7, RCA.Proy._Piscicultura_Los_Canelos 2009, pág. 4).

Tratamiento de RILES: La piscicultura cuenta con un decantador gravitacional y un filtro rotatorio de 90 µm. El objetivo será retener a lo menos el 85% de los sólidos en suspensión. El lodo acumulado en el filtro es removido a una cámara de acumulación. Los efluentes del proyecto son retornados al estero Pichiralitrán a un volumen de 353 L/s. (RCA.Proy._Piscicultura_Los_Canelos 2009, pág. 4 y 5)

Tratamiento mortalidades: La piscicultura cuenta con un sistema de ensilaje, con una superficie aproximada de 16 m², en donde, la mortalidad proveniente del centro de cultivo es pesada y registrada. Luego es incorporada al triturador con una capacidad de 970 L, con pretil con capacidad de 1.730 litros (2,4 x 2,4 x 0,3 metros). Finalizado el proceso de trituración, donde la mortalidad queda reducida a una "pasta homogénea", se incorpora ácido fórmico (Formicid) para reducir el pH < 4. Para después traspasar la mortalidad ensilada al estanque de almacenamiento o "silo" de 3 m³, con pretil de contención de 3,375 m³ (3 x 2,5 x 0,45 metros) (Resolución de Calificación Ambiental (RCA)_Ensilaje_Los_Canelos 2014, pág. 3).

Fiscalización (SNIFA): Esta piscicultura presenta 1 fiscalización de autocontrol en enero del 2015, en donde se informa que no se descargó riles a través del efluente durante el período evaluado y que además no presenta sanciones asociadas.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto. Sin embargo, hacen referencia en la DIA del año 2013: El proyecto no considera la intervención de fauna nativa, suelo recursos hídricos ni fauna del sector. (DIA_Ensilaje_Final 2013, pág. 33)



Fig. 30: Piscicultura Los Canelos (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Cuinco (operando)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Cuinco se encuentra en el sector de Cuinco-Alto en un predio de 10 hectáreas de superficie, de las cuales 0,67 hectáreas corresponden a las construcciones e infraestructura, al interior del fundo Santa Rosa ubicada en la Hijuera N°7 ROL 540-181 comuna de La Unión, Región de los Ríos (Huso 18 702121.00 E, 5547305.00 S UTM Datum) (RCA_Pisc._Cuinco 2013, pág. 3). La piscicultura Cuinco, propiedad del titular Piscicultura Lican Ltda., tendrá una vida útil de 50 años y una inversión estimada de US\$ 100.000, según resolución de calificación ambiental del año 2013, la cual consiste en la regularización de una piscicultura ya construida (1997 al 2002) dedicada a la producción de salmónidos (ovas y alevines), y su sistema de ensilaje los cuales no fueron evaluados por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Esta cuenta con una autorización de acuicultura obtenida por Resolución de Subsecretaría de Pesca N°

175/1997, e inscrita en el Registro Nacional de Acuicultura con Folio N° 6904, y Código de Centro N° 102566. (RCA_Pisc._Cuinco 2013, pág. 2, Descripcion_del_proyecto 2012, pág. 33).

La piscicultura se encuentra en operación desde el año 1997, y se abastece de 41 derechos de aprovechamiento de aguas superficiales no consuntivos de ejercicio permanente y continuo sobre diversas vertientes existentes dentro del predio donde se encuentra construida la piscicultura, por un caudal total de 102,2 L/s. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 80 toneladas de salmónidos, iniciando con el desove de reproductores, siguiendo con la fase de incubación y alevinaje, hasta un peso aproximado de 15 a 30 gr, para finalmente, y una vez alcanzado el peso requerido los peces son trasladados hasta su destino final (centros de engorda en estuarios o mar) (RCA_Pisc._Cuinco 2013, pág. 3, 4 y 6). La piscicultura cuenta con una sala de incubación compuesta por 124 bateas horizontales de fibra de vidrio de 3,6 m de largo. Una sala de alevinaje, compuesta por 48 estanques circulares de fibra de vidrio de 3,6 m de diámetro y 1,2 m de altura y una batería exterior de 4 estanques de fibra de vidrio de 5 m de diámetro y 1,2 m de altura más 4 estanques de fibra de vidrio de 5 m de diámetro y 1,6 m de altura. Cuenta además con sistemas de desinfección ultravioleta (UV) para el afluente de las salas de incubación y alevinaje. (RCA_Pisc._Cuinco 2013, pág. 3).

Tratamiento de RILES: Se utiliza un filtro rotatorio marca Oceanic, modelo FR 160-85 (instalado desde 2004), con malla filtrante de 75 micras, con un 90 % de retención de sólidos y una capacidad de tratamiento entre 400 a 510 L/s. El efluente ya tratado será conducido a un estanque de decantación impermeabilizado con una capa de PVC, para luego ser descargado al Estero Sin Nombre a un volumen de 102 L/s (RCA_Pisc._Cuinco 2013, pág. 7).

Tratamiento mortalidades: El proyecto dispone de un tratamiento de mortalidad mediante ensilaje, el cual consiste en la transformación de la mortalidad mediante una molienda y adición de ácido fórmico, para mantener el pH 4 en una mezcla homogénea. Éste cuenta con un tanque de trituración de 0,7 m³ y un silo de 2 m³ para el acopio del ensilado (RCA_Pisc._Cuinco 2013, pág. 8).

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta fiscalizaciones asociadas por parte de la SNIFA.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto.



Fig. 31: Piscicultura Cuinco (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Maco (solo aprobada)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Maco se encontrará emplazada en un predio de 3,52 hectáreas de superficie en la ribera derecha del río Bueno al interior del Fundo Puerto Nuevo, sector Puerto Nuevo a 2,5 Km del poblado, Comuna de La Unión, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos (Huso 18 706476.00 E, 5538729.00 S UTM Datum) (RCA_Piscicultura_Maco, pág. 3). La piscicultura Maco, propiedad del titular Salmones de Chile S.A, tendrá una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 10.000.000, según resolución de calificación ambiental del año 2013, la cual consiste en la construcción y operación de una nueva piscicultura de salmónidos (RCA_Piscicultura_Maco, pág. 3, DIA_Piscicultura_Maco__VF_, pág. 8). La piscicultura se abastece de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales no consuntivo de ejercicio permanente y continuo sobre el río Bueno, por un caudal de 4850 L/s, otorgado mediante Res. DGA N° 25, de fecha 17 de mayo de 2011. La captación del derecho será en forma mecánica, y será desinfectada mediante filtros ultravioletas previo al ingreso a las unidades de cultivo. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 4596,5 toneladas del grupo de especies salmónidas. El proceso productivo se iniciará con la recepción de ova ojo, sigue con la fase de incubación, alevinaje y smoltificación. (RCA_Piscicultura_Maco, pág. 3 y 5)

Para alcanzar la producción esperada se implementarán 722 bateas de incubación compuestas por 8 canastillos cada una, en una sala independiente de 900 m² de superficie, aislada térmicamente, construida con radier de hormigón armado, estructura de muros en base a perfilera metálica con revestimiento exterior tipo Hunter Douglas. El agua que se utilizará en esta sección recibirá un tratamiento de desinfección ultravioleta (70.000 microwatts/cm² s). Mientras que para la etapa de alevinaje y smoltificación se proyecta la construcción de 42 estanques circulares de 10 m de diámetro y 3,5 m de altura, con un volumen total de 275 m³ cada uno. Ambas áreas productivas contarán con barrearas sanitarias (pediluvios y/o maniluvios) y acceso restringido. (RCA_Piscicultura_Maco, pág. 4)

Tratamiento de RILES: Se utilizará un sistema de 12 filtros rotatorios con paneles filtrantes de 90 micras marca Hydrotech, modelo HDF-2007-2S, los cuales poseen una eficiencia del 85% en la remoción de sólidos en suspensión, nitrógeno y fósforo desde el RIL tratado. 10 de estas unidades serán capaces de tratar el 100% del efluente generado, en tanto que las dos unidades restantes serán destinadas a respaldo ante fallas o mantenimiento de las unidades de funcionamiento normal. Los efluentes generados por el proyecto son retornados al cauce del Rio Bueno a un volumen de 4,8 m³/s (RCA_Piscicultura_Maco, pág. 7, DIA_Piscicultura_Maco__VF_, pág. 17).

Tratamiento mortalidades: El proyecto dispondrá de un tratamiento mediante ensilaje, en donde una vez retirada la mortalidad desde los estanques y trasladada a la planta de ensilaje, será ingresada al tanque de trituración donde será molida obteniendo una pasta o pulpa, a la que se le adiciona ácido fórmico al 85% (25 L de ácido fórmico por tonelada de mortalidad). Posteriormente el producto será almacenado en uno de los silos de 8,5 m³ y homogenizada periódicamente mediante recirculación. (RCA_Piscicultura_Maco, pág. 5)

Fiscalizaciones: Esta piscicultura presenta 1 fiscalización en mayo del 2014, en el cual se realizó una inspección y recorrido de la zona del futuro emplazamiento. No presenta sanciones asociadas.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto. Sin embargo, hacen referencia en el Anexo 16. Antecedentes PAS 94 corregidos y PAS 95 de la DIA del año 2013 que: Para el muestreo de fauna íctica se identificarán las especies presentes en el área de influencia del proyecto, contemplando que la distribución de cada población podría presentar variaciones debido a efecto de la estacionalidad. Considerando un cronograma de actividades que antes de comenzar la construcción se hará la primera campaña de seguimiento limnológico. Posteriormente, se considera realizar

caracterización semestral durante la construcción y operación del primer año. La zona de estudio para el componente fauna acuática se sitúa en la cuenca del río Bueno, aproximadamente 600 m aguas debajo de su nacimiento (desembocadura del Lago Ranco). Para identificar las especies que potencialmente se extraerán se utiliza la información disponible en el Sistema de Evaluación Ambiental, de proyectos cercanos (EIA Central Hidroeléctrica Maqueo y DIA Eléctrica Río Isla S.A.). Se detalla el estado de conservación en Chile para la protección de especies de peces en el área del proyecto de ambientes lacustre y ríos: *Aplochiton taeniatus* (Nativa), *Trichomycterus arelatus* (Nativa), *Galaxias platei* (Nativa), *Oncorhynchus mykiss* (Introducida), *Salmo trutta* (Introducida), *Aplochiton zebra* (Nativa), *Oncorhynchus kisutch* (Introducida), *Percichthys trucha* (Nativa), *Percilia gillissi* (Nativa). (Anexo_16._Antecedentes_PAS_94__corregidos__y_PAS_95 2013)

Piscicultura Chaichaguen (solo aprobada)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Chaichaguen se encuentra emplazada en terrenos ubicados en la orilla izquierda del estero Chaichaguen en un predio particular, ubicado a 20 km. Al noreste de la ciudad de Futrono, Comuna de Futrono, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos. (Huso 18 736094.00 E, 5554329.00 S UTM Datum) (DIA_6263_DOC_2130559698, pág. 5).

La piscicultura Chaichaguen, propiedad del titular Piscicultura Caunahue S.A, tendrá una vida útil de 30 años y una inversión estimada de US\$ 230.000, según resolución de calificación ambiental del año 2005, la cual consiste en la construcción y operación de una piscicultura destinada a la producción de salmones mediante el desove, incubación y crianza de alevines. Contemplando la instalación de incubadoras, estaques de alevinaje, piletas para alevinaje, oficina, casas habitacionales, bodegas, baños, áreas verdes, estacionamientos, vialidad interna y el sistema de tratamiento y disposición final para efluentes líquidos (DIA_6263_DOC_2130559698, pág. 6). La piscicultura se abastece de derechos de agua para uso no consuntivo, permanentes y continuos por un caudal de 550 L/s captados desde el estero Chaichaguen. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 120 toneladas del grupo de especies salmónidas, considerando para ello dos ciclos anuales. El proceso productivo va desde el desove y fecundación, una etapa de incubación la cual puede variar de 40 a 70 días dependiendo de la temperatura y especie, y finalmente la etapa de alevinaje la cual durará entre 65 y 120 días periodo en el cual los alevines alcanzan peso entre 5 y 9 gramos dependiendo de la temperatura, especie y objeto de

comercialización (DIA_6263_DOC_2130559698, pág. 6 y 8). Para alcanzar la producción esperada se implementarán como incubadoras un total de 600 estanques rectangulares de 3.6 x 0.3 x 0.25 m., para alevinaje se implementarán 336 estanques circulares de 2.5 m de diámetro y 240 estanques circulares de 4.4 m de diámetro. Esta infraestructura instalará gradualmente en un período de dos años, es importante señalar que los estanques son de tipo piscinas circulares las cuales son emplazadas sobre la superficie y no serán enterradas, por lo que no existirá mayor detrimento del suelo (DIA_6263_DOC_2130559700, pág. 11).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento de las aguas utilizadas por la piscicultura y aprovechando las condiciones geomorfológicas del terreno se construirá una laguna decantadora de 5.500 m² de superficie, (Largo 200 m.; ancho promedio 25 m y profundidad media de 1.5 m), esta se ubicará al concluir un canal receptor de las aguas utilizadas en las piscinas. Este decantador presenta una superficie sobredimensionada en relación con la superficie mínima requerida para permitir una adecuada decantación de los lodos. En la laguna se utilizarán además plantas helófitas con la finalidad de fijar nitrógeno y fósforo soluble. Los efluentes generados por el proyecto son retornados al cauce del estero Chaichaguen a un volumen de 550 L/s (DIA_6263_DOC_2130559700, pág. 11 y 13).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de las mortalidades en los diferentes estados de desarrollo, se realizará diariamente mediante métodos manuales, su destino será como depósitos intermedios en estanques herméticamente cerrados de 200 litros de capacidad, y neutralizados con cal viva o creolina, para ser finalmente dispuestos en vertederos autorizados (DIA_6263_DOC_2130559700, pág. 10 y 127).

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta fiscalizaciones por parte de la SNIFA.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto. Sin embargo, hacen referencia en la DIA del año 2003 al estudio realizado por el Servicio de Limnología del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile, en ríos pre cordilleranos, de características similares pertenecientes a la hoya hidrográfica del Lago Ranco, citado en la piscicultura Iculpe (DIA_6263_DOC_2130559700 2003, pág. 6 y 7)

Piscicultura Río Calcurrupe (solo aprobado)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Río Calcurrupe se encuentra emplazada al interior del Fundo “Sichahue”, en la ribera norte del río Calcurrupe, ubicado en el sector “Sichahue”, en la Comuna de Futrono, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos. (Huso 18 738716.00 E, 5545062.00 S UTM Datum). (DIA_piscicultura_ rio_Calcurrupe_completa 2011, pág. 3). La piscicultura Río Calcurrupe, propiedad del titular Piscicultura Agrícola Sichahue Ltda., tendrá una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 2.500.000, según resolución de calificación ambiental del año 2012, la cual consiste en la instalación de una piscicultura, compuesta por los estanques de fibra de vidrio y galpones de la piscicultura, bodega de materiales, alimento, químicos, plásticos, combustibles, adicionalmente las casas y casino del personal (525_DOC120612 2012, pág. 3). La piscicultura se abastece de dos derechos de aprovechamiento de aguas, de carácter continuo, no consuntivo, sobre las aguas corrientes y superficiales del río Calcurrupe, por un caudal total de 2300 L/s. Al respecto se indica que el caudal de diseño de la piscicultura alcanza los 1900 L/s. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 280 toneladas del grupo de especies salmónidas, con un proceso productivo que va desde una etapa de incubación, una etapa de alevinaje y una etapa de smoltificación. (525_DOC120612 2012, pág. 3, DIA_piscicultura_rio_Calcurrupe_completa 2011, pág. 41). La piscicultura cuenta con una sala de incubación con 120 bateas de 0,4 x 3,6 m. Una sala de alevinaje con 20 estanques (20 m³) de 1,5 m de altura y un diámetro de 5 m y un patio de smoltificación con 26 estanques (200 m³) de 2 m de altura y un diámetro de 12 m. El tipo de estanque a utilizar corresponde al tipo circular, con desagüe central y control de nivel de tipo exterior telescópico, construidos en fibra de vidrio (PRFV). (DIA_piscicultura_rio_Calcurrupe_completa 2011, pág. 12).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se contempla la instalación de 4 equipos de microfiltro de tambor rotatorio marca Ambitec, modelo 1 5bmf30 BK2, o similar, el que dentro de sus características principales considera una malla de 60 micras, una capacidad filtrante de 0,5 metros cúbicos por segundo a una concentración de sólidos suspendidos de 25 ppm, o similar. Los efluentes generados por el proyecto serán retornados al cauce del río Calcurrupe a un volumen de 1900 L/s. (DIA_piscicultura_rio_Calcurrupe_completa 2011, pág. 12 y 14).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de las mortalidades se utilizará un sistema de ensilaje de mortalidad in situ, con el fin de preservar proteínas por medio de la inhibición del desarrollo de

microorganismos al crear un ambiente acidificado (pH< 4,5). La mortalidad será almacenada en un estanque acumulador o "Silo" de 5 m³. (DIA_piscicultura_rio_Calcurrupe_completa 2011, pág. 18)

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta información sobre fiscalizaciones en la página de SNIFA.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto. Sin embargo, hacen referencia en el anexo Pesca de Investigación de la DIA del año 2011 que: Se realizara una caracterización biopesquera del Río Calcurrupe, orientada a su fauna íctica nativa y de importancia para la pesca recreativa y determinación de sus variaciones en el tiempo producto de la operación de una piscicultura. El área de investigación o estudio corresponde a un tramo de 320 metros, sobre el río Calcurrupe, la que cuenta con tres estaciones de muestreo, uno se ubicará previo a la Bocatoma de la piscicultura a 50 m aproximadamente río arriba de ésta, otro entre la bocatoma y el punto de descarga y el último a 100 metros aguas abajo del punto de descarga. (Pesca_de_Investigacion 2011)

Piscicultura Caunahue (solo aprobada)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Caunahue se encuentra a la ribera derecha del río Caunahue, a 20km de la ciudad de Futrono en la Comuna de Futrono, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos. (Huso 18 738583.00 E, 5557012.00 S UTM Datum). (6262_2005_9_22_RE 2003, pág. 7). La piscicultura Caunahue, propiedad del titular Piscicultura Caunahue S.A., tendrá una vida útil de 30 años y una inversión estimada de US\$ 250.000, según resolución de calificación ambiental del año 2003, la cual consiste en la construcción y operación de una piscicultura destinada a la producción de salmones mediante el desove, incubación y crianza de alevines y smolts. (6262_2005_9_22_RE 2003, pág. 8). La piscicultura se abastece de derecho de aprovechamiento no consuntivo, de ejercicio permanente y continuo, sobre las aguas superficiales y corrientes del río Caunahue, por un caudal total de 1900 L/s. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 400 toneladas del grupo de especies salmónidas, con un proceso productivo que operará con dos ciclos productivos anuales correspondientes al período de producción de ovas nacionales – época invernal – y período de internación de ovas desde el hemisferio norte – época estival con etapas de incubación, alevinaje, juveniles (pre-smolt) y smolt, (6262_2005_9_22_RE 2003, pág. 10 y 11). La piscicultura, contempla la instalación de 150 estanques de alevinaje de 4,4

m de diámetro y 1 m de alto, y 300 piletas de smoltificación de 8,8 m de diámetro y 1 m de alto. (6262_2005_9_22_RE 2003, pág. 8).

Tratamiento de RILES: Para el tratamiento del efluente se tiene un sistema de decantación consistente en una laguna de 4500 m² de superficie, con 1,5 m de profundidad y 428 m de largo por 106 m de ancho. En la laguna se utilizarán además plantas helófitas con la finalidad de fijar nitrógeno y fósforo soluble. El Titular indica que la laguna será capaz de abatir el 85% de los sólidos sedimentables. El efluente de la piscicultura será en cascada de manera de recuperar los niveles de oxígeno. Los efluentes generados por el proyecto son retornados al cauce del río Caunahue a un volumen de 1900 L/s. (6262_2005_9_22_RE 2003, pág. 9).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de las mortalidades los residuos generados serán dispuestos en tarros plásticos cerrados de 200 litros temporalmente, y neutralizados con cal viva o creolina. (6262_2005_9_22_RE 2003, pág. 12).

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta fiscalizaciones asociadas por parte de la SNIFA.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto. Sin embargo hacen referencia en la DIA del año 2001 que: Los residuos líquidos son tratados de manera de no alterar significativamente las características del efluente, no afectando así a otros organismos nativos, presentes en el efluente y en la cuenca del estero Cancagua en los cuales no se tienen antecedentes, a la fecha, respecto a la presencia de especies ya sea peces o anfibios, que se encuentren en alguna de las categorías de conservación (peligro de extinción, vulnerables, e insuficientemente conocidas). (DIA_3688_DOC_2130187879 2001, pág. 22)

Piscicultura Río Florin (solo aprobado)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Río Florin se encuentra dentro de un predio particular de 7,5 hectáreas, que se ubica aproximadamente a 20 kilómetros al Este de la ciudad de Futrono, y dentro de la microcuenca del río Florín, en la Comuna de Futrono, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos (Huso 18 742501.00 E, 5557279.00 S UTM Datum) (DIA_5466_DOC_2130187859 2002, pág. 6). La piscicultura Río Florin, propiedad del titular Piscicultura Yadrán S.A., tiene una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 1.500.000, según RCA del año 2003, la cual consiste en la instalación y posterior operación de una piscicultura

para la producción de Ovas, Alevines y Smolt., a partir reproductores. Para ello contempló la construcción de bateas, estanques, salas de incubación, oficina, bodega e instalaciones para servicios higiénicos. (DIA_5466_DOC_2128541044 2003, pág. 2). La piscicultura se abastece de derecho de aprovechamiento no consuntivo, de ejercicio permanente y continuo, sobre las aguas superficiales y corrientes del río Florin, por un caudal total de 2000 L/s, de los cuales se utilizarán 1000 L/s. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 175 toneladas del grupo de especies salmónidas, con un proceso productivo que incluye una etapa de incubación, alevinaje, juveniles (pre-smolt), smolt, selección de reproductores y desove y fecundación (DIA_5466_DOC_2128541044 2003, pág. 2, DIA_5466_DOC_2130187859 2002, pág. 8, 9, 10 y 11).

La piscicultura, contempla la instalación de 110 estanques de incubación cuyas medidas corresponden a 3,6*0,4*0,24 m, 40 estanques de primera alimentación de 1,2 m de alto x 2 m de ancho x 2 m de largo, 45 estanques de alevinaje de 1,2 m de alto x 3 m de diámetro y 40 estanques de smoltificación de 1,2 m de alto x 8 m de diámetro. Complementariamente se contemplan sistemas de alimentación automática de peces (DIA_5466_DOC_2128541044 2003, pág. 4).

Tratamiento de RILES: Para el tratamiento del efluente se tiene un sistema de decantación consistente en una laguna de proporción 3:1 y 1 metro de profundidad, y con una superficie de 1.500 m² lo cual permitirá retener al menos el 85% de los sólidos producidos por el establecimiento. La regulación de amonio se efectuará mediante la incorporación de bacterias amoniocales y nitrificantes, Para la regulación del oxígeno del agua, se dispondrá cascadas aguas arriba y aguas abajo del sistema de decantación. Para la regulación de pH se dispondrá la adición de oxígeno mediante un sistema de cascadas y si esto no permite alcanzar los niveles permitidos se usará elementos que emplean plantas de tratamiento de agua potable (DIA_5466_DOC_2128541044 2003, pág. 3).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de las mortalidades se realizará diariamente y en dos jornadas, el retiro de las ovas y ejemplares muertos. Los residuos generados serán dispuestos en estanques herméticamente cerrados, y neutralizados con cal viva o creolina. El destino será la disposición en vertedero autorizado. En algunos casos y dependiendo del volumen de la mortalidad y de la causa de muerte de los peces se podrán utilizar como abono agrícola, previo proceso de ensilado (elaboración de compost). (DIA_5466_DOC_2128541044 2003, pág. 5, DIA_5466_DOC_2130187859 2002, pág. 12)

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta fiscalizaciones por parte de la SNIFA. En 2008 una comisión de CONAMA constató la no implementación del proyecto.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto.

4.2.2 Pisciculturas en la cuenca Estero Traiquen-Río Contra

Piscicultura Los Tambores (operando)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Los Tambores se encuentra localizada en la ribera norte del río Bueno, aproximadamente 600 metros aguas arriba del puente de la ruta 5 Sur que cruza el río Bueno en la comuna de la Unión, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos (Huso 18 671499.00 E, 5533645.00 S UTM Datum) (RCA Los Tambores 2012, pág. 2). La piscicultura Los Tambores, propiedad del titular Salmones Antártica S.A. con Código de Centro N° 140002, tendrá una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 1.000.000, según resolución de calificación ambiental del año 2012, la cual contempla el aumento de producción en términos de biomasa, y de un sistema de ensilaje para el manejo de mortalidad con respecto a la RCA original del año 2008. (DIA Mejoramiento y ampliación de producción Piscicultura Los Tambores 2011, pág. 11, RCA Los Tambores 2012, pág. 2). La piscicultura se encuentra en operación desde el año 2008, y se abastece de derechos de aprovechamiento no consuntivos de aguas superficiales y corrientes, de ejercicio permanente y continuo de 3000 L/s, captados desde el río Bueno. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 1409 toneladas del grupo de especies salmónidas. El inicio del proceso comienza con el ingreso de los alevines a la piscicultura con un peso promedio de 8 a 12 g., cumpliendo además, todo el ciclo productivo (hasta la smoltificación), alcanzando así un peso promedio que oscila entre los 45 y 100 g., para los salmones y 80 a 130 g, para las truchas, en un solo tipo de unidades de cultivo. Los estanques de alevinaje, presmoltificación y smoltificación corresponden a 50 estanques de 230 m³ sin diferenciación del material, forma y capacidad de las unidades de cultivo, para cada una de las etapas nombradas anteriormente. Cada uno de ellos son de PRFV circular de 10 m diámetro y 3 m de profundidad (DIA Mejoramiento y ampliación de producción Piscicultura Los Tambores 2011, pág. 14).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se utilizan cinco filtros rotatorios modelo FTR-17 (marca Oceanic) con una capacidad de filtrado de 650 L/s cada uno a 90 micras. Los lodos generados por los rotafiltros son dirigidos a una cámara de acumulación donde son llevados a través de una bomba sumergible hacia dos estanques de fibra de vidrio con capacidad de 45 y 15 m³ respectivamente. Los efluentes del proyecto son retornados al cauce del Río Bueno a un volumen de 3000 L/s. (DIA Mejoramiento y ampliación de producción Piscicultura Los Tambores 2011, pág. 13, Informe Consolidado DOC120119-006, pág. 10}}

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de la mortalidad del cultivo, los individuos son sometidos a un proceso de molienda y homogenización con ácido fórmico para producir la neutralización de la misma. Es por ello, que la mezcla se mantiene con un pH menor o igual a 4,0. El retiro del silo se realiza una vez que sea llenado. La piscicultura cuenta con una estructura de concreto (Hormigón) preparada para soportar los dos equipos principales del sistema de ensilaje (silo de acopio y estanque picador) además de una válvula antiderrame en caso de probables escurrimientos de líquidos (ácidos y/o molienda de mortalidad), Sus dimensiones serán de: 5,0 m x 3 m x 0,1 m (largo x ancho x espesor) y con un pretil de 0,6m. (DIA Mejoramiento y ampliación de producción Piscicultura Los Tambores 2011, pág. 18 y 19).

Fiscalizaciones: Esta piscicultura presenta 32 fiscalizaciones, y no presenta sanciones asociadas por parte de SNIFA.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto.



Fig. 32: Piscicultura los Tambores (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Cocule (solo aprobado)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Cocule se encuentra emplazada en la ribera sur del río Bueno, en un predio de 4,5 hectáreas de superficie al interior del Fundo Doña Gema en el Sector Cocule, Comuna de Río Bueno, Provincia del Ranco, XIV Región de Los Ríos (Huso 18 661819.00 E, 5534295.00 S UTM Datum) (RCA_Pisc._Cocule 2014, pág. 3). La piscicultura Cocule, propiedad del titular Inversiones Gramado Ltda., tendrá una vida útil de 25 años y una inversión estimada de US\$ 8.000.000, según resolución de calificación ambiental del año 2015 (RCA_Pisc._Cocule 2014, pág. 3). La piscicultura se abastece de derechos de aprovechamiento no consuntivos, de aguas superficiales y corrientes, del río Bueno por un total de 2.500 L/s, otorgados mediante Resolución DGA N° 744, de fecha 22 de julio de 2012. Adicionalmente mantiene en trámite una solicitud de derecho no consuntivo por 2 m³/s adicionales, totalizando 4.500 L/s. De lo anterior, es necesario indicar que la piscicultura está diseñada para un caudal de 3.000 L/s, y que el caudal excedente no será utilizado en el proceso productivo. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 120 toneladas del grupo de especies salmónidas, considerando para ello dos ciclos anuales. El proceso productivo va desde el desove y fecundación, una etapa de

incubación la cual puede variar de 40 a 70 días dependiendo de la temperatura y especie, y finalmente la una etapa de alevinaje la cual durará entre 65 y 120 días periodo en el cual los alevines alcanzan peso entre 5 y 9 gramos dependiendo de la temperatura, especie y objeto de comercialización. Se contempla un plan de producción que estima la entrega de 1416 ton/año de alimento (RCA_Pisc._Cocule 2014, pág. 3, 5 y 7). La construcción de la piscicultura incorpora la construcción de 2 galpones de incubación dotados de 180 bateas verticales de incubación de 3,6 m de largo, 0,4 m de ancho y 0,25 m de alto; un galpón de primera alimentación compuesto por 24 estanques de 6 m de diámetro y 1,4 m de alto; un patio de alevinaje compuesto de 60 estanques de 3 m de diámetro y 1,5 m de alto. Adicionalmente, se incluyen instalaciones para desarrollar actividades de incubación, alevinaje, pre-smoltificación, smoltificación y reproductores de peces, como otras instalaciones para actividades de apoyo (RCA_Pisc._Cocule 2014, pág. 5).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente el proyecto contempla una batería de 8 filtros rotatorios, marca Hydrotech, (modelo HDF- 2007- 2S) previo a la descarga al río Bueno. Seis (6) de estos equipos funcionarán permanentemente y dos (2) se mantendrá como respaldo en caso de falla o mantenimiento de los equipos. Cada unidad filtrante posee la capacidad para tratar 490 L/s con una malla filtrante de 90 micras, suficiente para tratar el caudal evacuado por la piscicultura correspondiente a 3.000 L/s (RCA_Pisc._Cocule 2014, pág. 5).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de la mortalidad del cultivo, el proyecto considera la construcción y habilitación de un sistema de ensilaje consistente en un triturador de 1 m³ de capacidad, con un sistema de bombeo complementario adaptado para el manejo de ácido fórmico y un estanque acumulador o silo de 15 m³ de capacidad, el cual se instalará sobre un radier de cemento con pretilas para contención de derrames equivalentes al volumen del estanque y el triturador (RCA_Pisc._Cocule 2014, pág. 5).

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta fiscalizaciones por parte de la SNIFA.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: La caracterización íctica en el área de influencia del proyecto en el río Bueno sector Cocule, se realizó mediante monitoreos en 3 secciones del río (Bocatoma, entre Bocatoma y descarga y bajo la descarga). La evaluación de peces se realizó con redes de enmalle de 3, 4 y ½ pulgada de abertura entre nudos. También se utilizó un bolinche de 500 µm de abertura de malla para capturar fauna íctica pequeña. En este monitoreo se observaron especies nativas como Puyes (*Galaxias maculatus*), Perca (*Percichthys trucha*), Pejerrey (*Bracsilichthys australis*), Pocha (*Cheirodon australe*), Bagre (*Trichomycterus aerolatus*), Carmelita

(*Percilia gillisi*), Lamprea (*Geotria australis*), Puye Grande (*Galaxias Platei*) y Peladilla (*Aplochiton zebra*). Dentro de las especies exóticas observadas se encontraron Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), Salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*), Salmón del Atlántico (*Salmo salar*), Trucha Café (*Salmo trutta fario*). La evaluación realizada en la pesca de investigación indicó, que en el río Bueno la especie íctica más abundante presente fue *Galaxias maculatus* (Puye) río arriba (A) y bajo la descarga (B) y río medio (M).

Para la caracterización de la fauna bentónica se realizó una prospección con una red de palitos (técnica cualitativa) con el fin de registrar la oferta alimentaria de los peces que habitan el río y además inferir sobre la calidad del agua por la presencia de algunas familias de insectos indicadores. La fauna bentónica encontrada en el río Bueno correspondió principalmente a insectos con larvas acuáticas y crustáceos decápodos. Los más abundantes fueron los insectos de los órdenes *Ephemeroptera* y *Plecoptera* (familias: *Beatidae* y *Leptophlebiidae* y *Diptera: Chironomidae*), característicos de zonas de ríos muy oxigenados. Siendo los sectores de bocatoma y entre bocatoma y descarga con la mayor diversidad observada. También se observó una gran abundancia de crustáceos de la familia *Aeglidae*, comunes en estos ríos.

(10.13_Informe_Ictiologico__flora_y_fauna 2013, pág. 18 a 28)

4.2.3 Pisciculturas en la cuenca Río Pilmaiquen

Piscicultura Cancagua (operando)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Cancagua se encuentra emplazada en un predio de 2,9 hectáreas al interior del Fundo Porvenir, en el sector Vivanco camino vecinal Los Maitenes a 25 kilómetros al Sur de la ciudad de Lago Ranco, comuna de Río Bueno, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos (Huso 18 711445.00 E, 5520115.00 S UTM Datum). (RCA 2013, pág. 3).

La piscicultura Cancagua, propiedad del titular Piscicultura 2R Ltda., con Código de Centro N° 102705, tendrá una vida útil de 20 años y una inversión estimada de US\$ 306.123, según resolución de calificación ambiental del año 2013, la cual consiste en la regularización del proyecto “Solicitud de Piscicultura en Estero Sin Nombre Afluente del Estero Cancagua (20110001)” el cual fue presentado al sistema de Evaluación Ambiental por don Rolf Werner Ruff en febrero del año 2001 y calificado favorablemente mediante la Resolución 209 del 28 de enero del año 2002 con el objetivo de introducir mejoras al proceso productivo, aumentar producción y regularizar titularidad (RCA 2013, pág. 3, 2a2_Descripcion_proyecto 2012, pág. 12). La piscicultura se encuentra en operación desde el año 2006, y se abastece de derechos de aprovechamiento no consuntivos y consuntivos, sobre las aguas superficiales y corrientes de dos cauces de ejercicio permanente discontinuo y eventual discontinuo por un caudal de 10 L/s y de ejercicio permanente y continuo, por un caudal de 20 L/s desde el estero Cancagua, además de un ejercicio permanente y continuo, por un caudal de 10 L/s del Estero sin nombre. La piscicultura es de flujo abierto pero también cuenta con un sistema de recirculación de las aguas en donde se considerará que el agua proveniente de los estanques de cultivo, previa filtración mecánica con un filtro rotatorio, será tratada en un sistema de aireación para restablecer las condiciones de oxigenación y recomponer la relación de gases en el agua, seguido de ello, ocurrirá una desgasificación removiendo el dióxido de carbono, luego de oxigenar por un sistema de baja presión (LHO) y desinfectada con set de 8 lámparas UV es devuelta por gravedad hacia los estanques de cultivo. La producción anual es de 45 toneladas del grupo de especies salmónidas, desde las etapas de incubación de ovas hasta alevines, contando dos períodos anuales de producción. (Anexo_4_Derechos_de_agua 2012, pág. 1, RCA 2013, pág. 3 y 4, 2a2_Descripcion_proyecto 2012, pág. 6 y 13)

Para realizar el proceso de incubación se considera 60 bateas horizontales de fibra de vidrio con capacidad efectiva de $0,3 \text{ m}^3$, cuyas dimensiones para cada una son de 3,6 m de largo, 0,42 m de ancho y una profundidad de 0,25 m, con siete canastillos cada una. La capacidad de las bateas es de 7.000 ovas cada una. La superficie de construcción total corresponde a $144,78 \text{ m}^2$ para la sala de incubación. La sala de primera alimentación está constituida por 9 estanques circulares de 2,5 m de diámetro y 1 m de alto con una superficie total de 92 m^2 , mientras que para la etapa de alevinaje se cuenta con 1 estanque circular de $1,8 \times 2,13 \text{ m}$, 2 estanques circulares de $5,1 \times 1,3 \text{ m}$, 10 estanques circulares de $1,35 \times 3,13 \text{ m}$ y 24 estanques rectangulares de $3,2 \times 3,2 \times 1,34 \text{ m}$. (RCA 2013, pág. 4)

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se considera un filtro rotatorio con malla de 80 micras con una capacidad de hidráulica de 160 L/s. Además, se considera dos lagunas de decantación de una capacidad volumétrica de $328,3 \text{ m}^3$ lo que permite un tiempo de residencia de las aguas de 9,12 horas y una tercera laguna de menor dimensión para los lodos del retrolavado. La descarga del efluente será continua, con frecuencia de 24 horas al día, en el Estero sin Nombre a un volumen de 10 L/s (Informe consolidado de la evaluación de impacto ambiental (ICE) 2012, pág. 13).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de las mortalidades el proyecto dispone la construcción y habilitación de un sistema de ensilaje consistente en un triturador de 700 L y un estanque acumulador de 5 m^3 , el cual se encuentra en un radier con pretiles para contención de derrames equivalentes al volumen del estanque y el triturador ($5,7 \text{ m}^3$), de dimensiones $5500 \times 3000 \times 770 \text{ mm}$. El ensilaje será retirado por un servicio autorizado para fines de producción de subproductos como aceite y harina de pescado (RCA 2013, pág. 5).

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta información sobre fiscalizaciones por parte de la SNIFA.



Fig. 33: Piscicultura Cancagua (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Curileufú (operando)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Curileufú se encuentra emplazada en el Fundo Curileufú, la cual se ubica en un sector rural denominado Bramadero, Comuna de Río Bueno, Provincia del Ranco, Región de los Ríos (Huso 18 708371.23 E, 5525726.02 S UTM Datum). (DIA_4736_DOC_2128541166 2002, pág. 2). La piscicultura Curileufú, propiedad del titular Sociedad Agrícola y Ganadera Curileufú Ltda., tendrá una vida útil de 30 años y una inversión estimada de US\$ 200.000, según resolución de calificación ambiental del año 2002, la cual contempla la construcción y operación de las instalaciones necesarias para producir alevines de salmónidos a partir de ovas, del grupo genérico salmónidos. (DIA_4736_DOC_2128541166 2002, pág. 2). La piscicultura se abastece de derechos de aprovechamiento del tipo consuntivos de aguas superficiales y corrientes, de ejercicio permanente y continuo de 20 L/s, a lo que se suma una solicitud de derechos de aprovechamiento de aguas de uso no consuntivo, permanente y continuo por un caudal de 100 L/s, captados desde el río curileufú. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 22 toneladas de salmonídeos, centrándose en la mantención de reproductores, desove, fecundación, incubación y alevinaje de estas especies. (DIA_4736_DOC_2128541164 (Descripción

del Proyecto) 2001, pág. 7 y 44). Para el proceso de incubación se utilizan 282 incubadoras o bateas de 0.27 m³. Para la etapa de alevinaje se utilizan 180 estanques circulares de 2,5 m³ y 42 estanques de 3 m³ de diámetro y 8 estanques rectangulares para mantención de reproductores de 54 m³. (DIA_4736_DOC_2128541164 (Descripción del Proyecto) 2001, pág. 10).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se utilizarán 3 decantadores gravitacionales, el primero de una superficie de 88 m² y un volumen de 352 m³, éste funcionará además como un reactor de cloro de manera de tratar en él los efluentes eliminando así cualquier patógeno atribuible al centro. El segundo y el tercero presentan una superficie de 90 m² cada uno, y su función será mejorar los tiempos necesarios para eliminar el cloro de manera que el efluente cumpla con condiciones de calidad similares al agua potable. El efluente del proyecto proveniente desde las piscinas de decantación es retornado al Estero sin Nombre a un volumen de 120 L/s (DIA_4736_DOC_2128541164 (Descripción del Proyecto) 2001, pág. 33).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de las mortalidades en los diferentes estados de desarrollo se realizará diariamente mediante métodos manuales, su destino dependiendo de su volumen serán vertederos autorizados o incineración en caldera cuando los volúmenes sean inferiores a tres kg/día. En algunos casos y dependiendo del volumen y de la causa de muerte se podrán utilizar como abono agrícola, previo proceso de ensilado. (DIA_4736_DOC_2128541164 (Descripción del Proyecto) 2001, pág. 9).

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna en el lugar del proyecto realizados por ellos mismos. Sin embargo hacen referencia en la DIA del año 2001 al estudio realizado por el Servicio de Limnología del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile, en ríos pre cordilleranos, de características similares pertenecientes a la hoya hidrográfica del Lago Ranco, citado en la piscicultura Iculpe (DIA_4736_DOC_2128541164 (Descripción del Proyecto) 2001, pág. 6 y 7).



Fig. 34: Piscicultura Curileufú (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Río Chirre (solo aprobado)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Río Chirre se encuentra emplazada al interior de un predio que se localiza a 15 Kilómetros al Norte de la ciudad de Entrelagos y su acceso se realiza a través del camino público Interlagos, a 1,5 kilómetros del puente sobre el río Chirre en la Comuna de Río Bueno, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos, (Huso 18 701905.00 E, 5508479.00 S UTM Datum) (RCA_043_Piscicultura_Rio_Chirre 2011, pág. 2). La piscicultura Río Chirre, propiedad del titular Piscicultura Río Chirre Ltda., tendrá una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 1.200.000, según resolución de calificación ambiental del año 2011, la cual consiste en la instalación de una piscicultura para el manejo de reproductores, la incubación de ovas hasta alevines de 1,5 gramos y smoltificación de peces con 100 gramos de peso. (RCA_043_Piscicultura_Rio_Chirre 2011, pág. 2). La piscicultura se abastece de aguas superficiales y corrientes para cultivo a través de un Derecho de Agua No Consuntivo, otorgado mediante Resolución DGA 450/06, por un caudal de 1200 L/s captados desde el Río Chirre. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 612,75 toneladas del grupo de especies salmónidas, con un proceso productivo que va desde una etapa de incubación, una etapa de alevinaje y una etapa de smoltificación (RCA_043_Piscicultura_Rio_Chirre 2011, pág. 2). La

piscicultura cuenta con una sala de incubación de ova verde la cual consiste en un galpón aislado de 8 m de ancho y de 21.6 m de largo (172.8 m²), que constará de 78 rack de incubación de 28 incubadoras individuales (Zoug jar) cada una. La dimensión de cada rack es de 4 metros de largo por 50 cm de ancho y 1.7 m de altura. La unidad de incubación de ova ojo y alevinaje consiste en un galpón aislado de 28.5 m de ancho y de 30.83 m de largo (878.8 m²), que contará de 89 estanques de 2.2 m largo x 2.2 m de ancho y 0.7 m de altura. Ambas unidades cuentan con una antesala de ingreso de personal, sala de desove, sala de fertilización y desinfección de ovas, y sala de manejo. Las paredes, pisos y cielos interiores son de un material que permite el adecuado lavado y desinfección. La sala de incubación de ova verde Previa evacuación del agua de la sala, existirá una cámara de concreto (0.8 x 0.8 x 0.6 m) con sistema de doble rejilla perforada de 1 mm en su interior para evitar de igual forma escape de individuos desde esta unidad (RCA_043_Piscicultura_Rio_Chirre 2011, pág. 2 y 3).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente implementará 3 Rotofiltros Hydrotech HDF20072S, cada uno con una capacidad de filtrado de 600 L/s a 90 micras (1.800 L/s), lo que permitirá mantener 1 rotafiltro de respaldo. Los lodos provenientes de los sistemas de rotofiltrado serán dispuestos en bins plásticos aislados, de 1.000 litros de capacidad, con tapa para prevenir olores y cualquier tipo de escurrimiento o rebalse producto de lluvias y que serán retirados por la empresa Rilesur. Los efluentes generados por el proyecto son retornados al cauce del río Chirre a un volumen de 1200 L/s (RCA_043_Piscicultura_Rio_Chirre 2011, pág. 4).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de las mortalidades el proyecto considera un sistema de ensilaje a través de la molienda y posterior acidificación, transformándola en una mezcla homogénea con un pH <4 que será inocuo y sin olor, la que posteriormente será almacenada en un estanque acumulador o "Silo" y que finalmente será retirada herméticamente por una empresa autorizada. Los equipos que componen el sistema de ensilaje son: una bomba moledora y picador triturador, estanque de acopio, tuberías de conexión, bombas de ácido, automatización para la dosificación de ácido y pretil de contención (RCA_043_Piscicultura_Rio_Chirre 2011, pág. 3, Informe consolidado de la evaluación de impacto ambiental (ICE), pág. 6)

Fiscalizaciones: La piscicultura Río Chirre no presenta fiscalizaciones de autocontrol y no presenta sanciones asociadas.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto. Sin embargo, hacen referencia en el Informe

consolidado de la evaluación de impacto ambiental (ICE) de la DIA del año 2010 que: El estudio de evaluación de la fauna íctica del Río Chirre, realizado por el Laboratorio de Ecología Acuática de la Universidad Austral de Chile (2006), encontró que Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es la única especie íctica presente, con una abundancia total de 0,014 ind/m², con una talla promedio de 12,46 cm. Además, Trucha Arcoíris se encuentra presente en todos los ríos afluentes al lago Puyehue (Soto, et. al. 2001), en donde la abundancia en los otros ríos es mayor a 0,08 ind/m². Por otro lado, Soto & Arismendi (2001) sugieren que el Río Lican es el más atractivo para la pesca deportiva de especies salmonídeos (*Oncorhynchus kisutch*, *Salmo salar*, *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta fario* y *Oncorhynchus tshawytscha*), con abundancias de 0,179 ind/m², muy superior al Río Chirre". (Informe consolidado de la evaluación de impacto ambiental (ICE) 2010, pág. 17).

Piscicultura Puyehue (solo aprobado)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Puyehue se encuentra emplazada en un terreno privado de 5,5 Há de superficie, cerca de la localidad de Entre Lagos, Comuna Río Bueno, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos. (Huso 18 700844.00 E, 5495044.00 S UTM Datum). (DIA_Piscicultura_Puyehue_1812_12 2012, pág. 8). La piscicultura Puyehue, propiedad del titular Servicios Acuícolas Breeding Waters, tendrá una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 3.000.000, según resolución de calificación ambiental del año 2013, la cual consiste en la implementación y operación de un centro de cultivo de salmónidos (DIA_Piscicultura_Puyehue_1812_12 2012, pág. 4). La piscicultura se abastece de dos derechos de aprovechamiento de aguas, de carácter continuo, no consuntivo, sobre las aguas corrientes y superficiales del río Pilmaiquén, por un caudal total de 2000 L/s. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 650 toneladas del grupo de especies salmónidas, con un proceso productivo que va desde la etapa de alevinaje (30 gramos) hasta smolt (120 gramos). (RCA_Puyehue 2013, pág. 2). La piscicultura considera la utilización de 24 estanques de fibra de vidrio como estructuras de cultivo. Cada estanque tiene 12 metros de diámetro y 1,6 metros de altura, con una capacidad de 170 m³. Serán del tipo australiano, en fibra de vidrio, transportados e instalados por el proveedor (DIA_Piscicultura_Puyehue_1812_12 2012, pág. 14).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se implementarán 4 rotafiltros (90 micras) dispuestos en paralelo, cada uno con una capacidad de filtrado de 600 l/s, estimados para una carga de sólidos suspendidos totales (SST) de 15 mg/l. La capacidad de filtrado será continua, y por diseño, no será posible evacuar aguas efluentes del proceso de producción por un lugar distinto de los rotafiltros. Los efluentes generados por el proyecto serán retornados al cauce del Río Pilmaiquén a un volumen de 2000 L/s (RCA_Puyehue 2013, pág. 7, DIA_Piscicultura_Puyehue_1812_12 2012, pág. 23).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de las mortalidades se instalará un Silo de Mortalidad de uso exclusivo del Proyecto. Éste contará con un estanque de almacenamiento (acopio) de 10 m³ de capacidad, estanco, que evita cualquier escurrimiento. El estanque triturador tendrá una capacidad de 0,7 m³, con una bomba de 3.1 HP y una capacidad de procesamiento de 650 kg/h (RCA_Puyehue 2013, pág. 7).

Fiscalizaciones: La piscicultura Puyehue no presenta fiscalizaciones de autocontrol y no presenta sanciones asociadas.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: La caracterización íctica en el área de influencia del proyecto en el río Pilmaiquén y en general en la cuenca del lago Puyehue se realizó mediante pesca eléctrica. La evaluación realizada indicó, que en el río Pilmaiquén la especie íctica más abundante presente fue la Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) río abajo (restitución) y río medio (entre bocatoma y descarga), en cambio en la zona río arriba (bocatoma) la especie más abundante fue el Puye (*Galaxias maculatus*). Es importante destacar la presencia de especies nativas como Puyes (*Galaxias magulatus* y *Galaxias platei*) en zonas más cercanas al nacimiento del río. Sin embargo, lo más probable es que los cardúmenes se muevan río abajo. La fauna bentónica encontrada en el río Pilmaiquén correspondió principalmente a insectos con larvas acuáticas. Los más abundantes fueron los insectos del orden plecópetera (familias: *Perlidae* y *Diptera: Chironomidae*), característicos de zonas de ríos muy correntosos. Se observó algunos crustáceos de la familia *Aeglidae* y *Parastacidae*, comunes en estos ríos. Los moluscos *Basomatophora (Chilina sp.)* se encontraron con abundancias importantes de hasta de 5 individuos/m² en la parte inicial del río. (15._Evaluacion_Limnologica_Puyehue 2012).

Observación: Esta piscicultura cuenta con discrepancias de información con respecto a su ubicación, teniendo una ficha de proyecto de nombre Puyehue 0, al Sur-Este de la localidad Folilco según SEA, al Noroeste de la localidad de Entre Lagos según GORE y en el sector de Gol Gol según DIA. De igual manera otro proyecto de nombre Puyehue. presenta las mismas discrepancias en donde se encuentra ubicado al Noroeste de la localidad de Entre Lagos según SEA y DIA y en el sector de Gol Gol según GORE. Otro dato a mencionar es que el proyecto Piscicultura Puyehue 0, se encuentra en estado rechazado según SEA, pero presenta resolución de calificación ambiental el año 2007. Los proyectos se encuentran bajo el mismo nombre pero con estados de aprobación distintos y con DIA distintas. El Proyecto Piscicultura Puyehue solo se encuentra en el SEA por medio de la opción Interregional, por lo que la búsqueda por Región (De los Ríos o Los Lagos) no permite encontrarla, dificultando el acceso a la información.

Piscicultura Pilmaiquen (solo aprobado)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Pilmaiquén se encontrará emplazada en un predio ubicado en la ribera norponiente del río Pilmaiquen, Comuna de Río Bueno, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos. (Huso 18 667457.34 E, 5528229.17 S UTM Datum) (DIA_5765_DOC_2128541052 2003, pág. 3). La piscicultura Pilmaiquén, propiedad del titular Marine Harvest S.A, tendrá una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 2.500.000, según resolución de calificación ambiental del año 2003, la cual consiste en la construcción y operación de una piscicultura de salmónidos, que incluye todos los servicios e instalaciones anexas necesarias para su funcionamiento. (DIA_5765_DOC_2128541050, pág. 111, 147 y 148). La piscicultura se abastece de derecho de aprovechamiento no consuntivo de aguas superficiales y corrientes, de ejercicio permanente y continuo por un caudal de 2.000 L/s sobre el río Pilmaiquen, según lo indica Resolución D.G.A. N° 752 de fecha Santiago 13 de Agosto de 2002. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 540 toneladas del grupo de especies salmónidas. El proceso productivo va desde una etapa de incubación la cual corresponde al manejo de la ova desde que ésta llega a la Piscicultura. Una etapa de alevinaje la cual comprende entre el periodo de la primera alimentación, después de la eclosión, hasta un tamaño arbitrario en que el pez es considerado pre-smolt y una etapa de alevinaje pre-smoltificación la cual corresponde a una ampliación de la fase previa, en la cual sólo se registrarán cambios en el tamaño de los calibres de alimento y en el volumen de alimento que será utilizado. (DIA_5765_DOC_2128541052 2003, pág. 2,

DIA_5765_DOC_2128541050, pág. 138). Para alcanzar la producción esperada se implementarán 144 bandejas y 1008 canastillos de incubación. Cada bandeja sostiene típicamente 7 canastillos, y cada canastillo permite la administración de números variables de ovas, todo esto en una sala de incubación de 30 x 10 m. Para la etapa de alevinaje se prevé la instalación y operación de 60 estanques circulares de 8 m de diámetro y de una altura máxima de 1,8 m. Los estanques podrán ser de fibra de vidrio, acero ondulado para montajes, u otro material disponible en el mercado. (DIA_5765_DOC_2128541052 2003, pág. 4, DIA_5765_DOC_2128541050, pág. 125).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se utilizará un set de 4 filtros rotatorios, con una malla de 90 micras para la retención de sólidos. Las aguas de lavado de los filtros serán conducidas a un decantador de flujo ascendente para retener las partículas cuyo tamaño sea mayor a 90 micras. Los lodos del decantador serán tratados mediante un sistema mecánico para eliminar el exceso de agua. Los efluentes generados por el proyecto son retornados al cauce del río Pilmaiquen a un volumen de 2000 L/s. (DIA_5765_DOC_2128541052 2003, pág. 2 y 12).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de las mortalidades en el cultivo, diariamente se retirará los ejemplares de ovas y peces de los estanques y bandejas. Esta mortalidad se depositará en recipientes especiales mantenidos en pasillos laterales de unidades de cultivo, con dosificación de desinfectantes, para diariamente ser dispuesta en bins (permanentemente tapado). Dos veces por semana se dispondrán los bins, vía transporte terrestre, en empresa reductora debidamente autorizada. (DIA_5765_DOC_2128541052 2003, pág. 6).

Observación: Esta piscicultura cuenta con discrepancias de información, teniendo una ficha de proyecto de nombre Pilmaiquén y con ubicación según GORE, SEA y DIA del año 2002 al noroeste de la ciudad de San Pablo, y según SNIFA al este de la ciudad de San Pablo, con titular Marine Harvest S.A y una producción anual de 540 toneladas del grupo de especies salmónidas. Esta piscicultura también cuenta con una RCA del año 2008, bajo el nombre de Piscicultura Pilmaiquén ubicada según SNIFA, SEA y DIA del año 2007 al este de la ciudad de San Pablo, con titular Ana Patricia Hott Zwanzger y una producción anual de 935,71 toneladas (calculado bajo la cantidad de Kilogramos de biomasa por ciclo (187.142), con una producción que contempla el cultivo de 5 ciclos durante el año) del grupo de especies salmónidas (DIA_Piscicultura_Pilmaiquen 2007, pág. 15).

También se encuentra una piscicultura con RCA del año 2009, bajo el nombre de Piscicultura Río Pilmaiquén ubicada según SEA, SNIFA y DIA del año 2008 al noreste de la ciudad de San Pablo a 2 kilómetros de la carretera 5 Sur, bajo la región de los Lagos, con titular Francisco Guillermo Aubel Mohr y una producción anual de 800 toneladas del grupo de especies salmónidas.

4.2.4 Piscicultura en la cuenca lago Puyehue río Gol-Gol

Observación: Las Pisciculturas el Gol-Gol, Manantiales, Bandurrias y Los Ulmos, se encontrarían según delimitación Google Maps (actualización 05.09.2016)), dentro del parque nacional Puyehue.

Piscicultura Lican (operando)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Lican, se ubica al interior del fundo Lican en una superficie de 0,6 hectáreas, en la ribera norte del Lago Puyehue, en la Comuna de Río Bueno, Provincia del Ranco, Región de Los Ríos (Huso 18 719935.00 E, 5520115.00 S UTM Datum) (RCA_Lican 2013, pág. 3). La piscicultura Lican, propiedad del titular Piscicultura Lican Ltda., con Código de Centro N° 102382, tendrá una vida útil de 50 años y una inversión estimada de US\$ 500.000, según resolución de calificación ambiental del año 2013, la cual consiste en modificar la infraestructura existente, aumentando la capacidad productiva. Esta piscicultura cuenta además con dos resoluciones de calificación ambiental favorables en febrero y agosto del año 2012 (RCA_Lican 2013, pág. 3). La piscicultura se encuentra en operación desde el año 1999, y se abastece de derechos de aprovechamiento de agua no consuntivo de uso permanente y continuo, constituido por 100 L/s captadas desde el Lago Puyehue (Res. DGA N° 119/2000). Adicionalmente, se encuentra en trámite la constitución de derecho de agua no consuntivo de uso permanente y continuo sobre 390 L/s, captada también desde las aguas del Lago Puyehue. Totalizando 490 L/s disponibles para el proceso productivo. La piscicultura es de flujo abierto, y considera una producción anual de 120 toneladas del grupo de especies salmónidas, desde la etapa de incubación con la recepción de ovas en estado de ojo hasta la producción de alevines (DIA MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN PISCICULTURA LICAN 2012, pág. 8 y 40, RCA_Lican 2013, pág. 3). Para los procesos de producción se considera una sala de incubación y primera alimentación, con 120 bateas de 0,2 x 3,6 m, 36

estanques de 7 m³ cada uno y una sala de alevinaje con 6 estanques de 50 m³ cada uno y 6 estanques de 150 m³, con toda la red hidráulica correspondiente. El tipo de estanque utilizado en la piscicultura corresponde al tipo circular, con desagüe central y control de nivel de tipo exterior telescópico, construidos en fibra de vidrio (PRFV) (DIA MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN PISCICULTURA LICAN 2012, pág. 16).

Tratamiento de RILES: Para el sistema de tratamiento del efluente se consideran dos filtros rotatorios marca Hydrotech, modelo 2007, con una capacidad filtrante de 525 L/s a una concentración de 10 mg/L de Sólidos Suspendidos y una malla filtrante de 60 micras. El efluente tratado será devuelto al lago, tomando la precaución de generar en su trayecto, condiciones hidráulicas que le permitan recuperar el nivel de oxígeno que tenía al ingreso a un volumen de 490 L/s (RCA_Lican 2013, pág. 4, DIA MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN PISCICULTURA LICAN 2012, pág. 17).

Tratamiento mortalidades: Para el manejo de las mortalidades el proyecto dispone de un sistema de ensilaje que está compuesto por un gran pretil con capacidad de contención de derrame del volumen máximo de acopio, con dimensiones de 10 x 5,3 m a base de hormigón antideslizante. Además de un estanque de acero inoxidable con una capacidad de 1000 kg, un dosificador de ácido y un silo o estanque de acopio de mortalidad de polietileno de alta densidad con una capacidad de 15 m³ (DIA MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN PISCICULTURA LICAN 2012, pág. 18 y 21).

Fiscalización: Esta Piscicultura presenta 16 fiscalizaciones de autocontrol desde febrero del 2013 hasta mayo del 2015, en dónde se observan en 14 de las 16 fiscalizaciones valores excedidos respecto al límite del caudal autorizado, a excepción de los meses de febrero y mayo del 2015 en donde no se descargó riles a través del punto de control durante el período evaluado. Además, presenta una sanción asociada de fecha 15 de Diciembre de 2011, por la no operación de filtros UV y una evidente sobrecarga del sistema, falta de mantención del filtro rotatorio y una descarga no declarada ni autorizada a 25 metros del lago.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto. Sin embargo, hacen referencia en la DIA del año 2012: El proyecto, debido a su naturaleza, en ninguna de sus etapas intervendrá, extraerá, alterará o explotará flora o fauna silvestre. (DIA MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN PISCICULTURA LICAN 2012, pág. 51).



Fig. 35: Piscicultura Lican (Lago Puyehue)(Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.9.2013)

Piscicultura Taique (no operando)

Observación: Esta piscicultura no aparece en los registros de SEA Chile, tanto en la Región de los Ríos como en la Región de los Lagos, pero si presenta informes de fiscalización ambiental en el sistema nacional de información de fiscalización ambiental (SNIFA). Según SISS cumple en el período junio – diciembre 2006 el decreto MinSegPres N°90/2001.

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Taique pertenece al titular Marine Harvest Chile S.A. y su punto de descarga del efluente es en el Lago Puyehue. (Huso 18 723718.6 E, 5498145.53 S UTM Datum).

Fiscalizaciones: La piscicultura Taique presenta 8 fiscalizaciones de autocontrol desde febrero del 2013 hasta diciembre del 2013, y no presenta sanciones asociadas. Todos los informes de fiscalización indican que no se descargó riles a través del punto de control del efluente durante el período evaluado.

Piscicultura Los Ulmos (solo aprobado)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Los Ulmos se encuentra en el terreno particular denominado Fundo Gol-Gol en el sector de Puyehue, comuna de Río Bueno, provincia de Ranco, Región de Los Ríos. (Huso 18 735822.00 E, 5497200.00 S UTM Datum). (RCA_Piscicultura_Los_Ulmos 2010, pág. 3). La piscicultura Los Ulmos, propiedad del titular Sonia Elena Vergara Giovanini, tendrá una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 4.000.000, según resolución de calificación ambiental del año 2010, la cual consiste en la instalación de una piscicultura de salmónidos utilizando el sistema de cultivo denominado “recirculación y bio-filtración de aguas”. (RCA_Piscicultura_Los_Ulmos 2010, pág. 2 y 10). La piscicultura se abastece de derechos de aprovechamiento de agua de 40 L/s, captados del Estero Cenizo, para lo cual el proyecto no contempla una modificación del cauce, dado que utilizará el sistema de alimentación de aguas simple para captar las aguas en forma mecánica, a través de bombeo y llevarlas al estanque de distribución (estanque cabecera). La piscicultura cuenta con un sistema de recirculación de las aguas en donde se considerará que el agua proveniente de los estanques de cultivo, consistiendo en una recirculación de > 98,5 % de las aguas previa filtración mecánica con un filtro rotatorio el cual removerá por lo menos 85% de los sólidos. Posteriormente ocurrirá una desgasificación removiendo el dióxido de carbono, luego el agua se oxigena y será tratada en un sistema de filtro biológico de baja carga, seguido a esto se desinfectará el agua a través de filtros UV y sistemas de desfosforización y desnitrificación para finalmente devolver el agua a los estanques de cultivo. La producción anual es de 320 toneladas del grupo de especies salmónidas, considerando 5 ciclos productivos en forma desfasada durante el año, en la cual se realizará el proceso de producción de smolt, iniciando con la incubación de ovas nacionales o importadas en la piscicultura, para luego continuar con el alevinaje y smoltificación. Los juveniles de estos salmonídeos serán finalmente trasladados a otros centros de cultivo. (RCA_Piscicultura_Los_Ulmos 2010, pág. 2, 3, 5 y 6). Para alcanzar la producción esperada se contempla la instalación de 80 incubadoras, 25 estanques circulares de alevinaje y 10 estanques de smoltificación, además la construcción de una casa/oficina/bodega, y servicios higiénicos para el personal. La sala de incubación tendrá una dimensión aproximada de 150 m², la sala de alevinaje tendrá una dimensión aproximada de 875 m² y el patio de smoltificación tendrá una dimensión aproximada de 2500 m². (RCA_Piscicultura_Los_Ulmos 2010, pág. 2 y 3).

Tratamiento de RILES: Todas las aguas del sistema de recirculación pasarán por un sistema de filtros rotatorios para remover los sólidos en suspensión del efluente de las tres áreas de cultivo, el cual removerá por lo menos 85% de los sólidos. Debido a que se trata de una piscicultura que recirculará 98.5% de las aguas, serán descargados 1.5% de las aguas. Por lo tanto, el sistema contempla la instalación de filtración mecánica para tratar la totalidad (100%) de las aguas y posteriormente, los 1.5% (40 litros por segundo) son descargadas y se considera un total de 2667 L/s que deben ser tratados con cada vuelta de aguas por el sistema. Los 2667 L/s del sistema de recirculación de la piscicultura contarán con un total de 6 filtros con estas características operando, más uno de respaldo que permitirá la mantención de cualquier otro filtro sin afectar el tratamiento de la totalidad de las aguas. Es decir que se implementará un total de 7 filtros.

Tratamiento mortalidades: La mortalidad generada por el centro es retirada diariamente, posteriormente son depositadas en estanques herméticos (se detalla en sección 4 de la DIA), los cuales son retirados y trasladados con una frecuencia que evite acumulación al centro de reciclado autorizado. El destino de las mortalidades será producción de harinas y aceites de pescado.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto.

Piscicultura Las Bandurrias (solo aprobado)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Las Bandurrias se encuentra en el terreno particular denominado Fundo Gol-Gol en el sector de Puyehue, comuna de Río Bueno, provincia del Ranco, Región de Los Ríos (Huso 18 735489.00 E, 5497697.00 S UTM Datum). (RCA_N_0037 2010, pág. 2). La piscicultura Las Bandurrias, propiedad del titular Gustavo Kuster Zbinden, tendrá una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 4.000.000, según resolución de calificación ambiental del año 2010, la cual consiste en la instalación de una piscicultura de salmónidos utilizando el sistema de cultivo denominado “recirculación y bio-filtración de aguas”. (RCA_N_0037 2010, pág. 2). La piscicultura se abastece de derechos de aprovechamiento de agua de 40 L/s, captados del Estero El Salto, para lo cual el proyecto no contempla una modificación del cauce, dado que utilizará el sistema de alimentación de aguas simple para captar las aguas en forma mecánica, a través de bombeo y llevarlas al estanque de distribución (estanque cabecera). La piscicultura

cuenta con un sistema de recirculación de las aguas en donde se considerará que el agua proveniente de los estanques de cultivo, consistiendo en una recirculación de > 98,5 % de las aguas previa filtración mecánica con un filtro rotatorio el cual removerá por lo menos 85% de los sólidos. Posteriormente ocurrirá una desgasificación removiendo el dióxido de carbono, luego el agua se oxigena y será tratada en un sistema de filtro biológico de baja carga, seguido a esto se desinfectará el agua a través de filtros UV y sistemas de desfosforización y denitrificación para finalmente devolver el agua a los estanques de cultivo. La producción anual es de 320 toneladas del grupo de especies salmónidas, considerando 5 ciclos productivos en forma desfasada durante el año, en la cual se realizará el proceso de producción de smolt, iniciando con la incubación de ovas nacionales o importadas en la piscicultura, para luego continuar con el alevinaje y smoltificación. Los juveniles de estos salmonídeos serán finalmente trasladados a otros centros de cultivo. (RCA_N_0037 2010, pág. 2, 3 y 5). Para alcanzar la producción esperada se contempla la instalación de 80 incubadoras, 25 estanques circulares de alevinaje y 10 estanques de smoltificación, además la construcción de una casa/oficina/bodega, y servicios higiénicos para el personal. La sala de incubación tendrá una dimensión aproximada de 150 m², la sala de alevinaje tendrá una dimensión aproximada de 875 m² y el patio de smoltificación tendrá una dimensión aproximada de 2500 m². (RCA_N_0037 2010, pág. 3)

Tratamiento de RILES: Todas las aguas del sistema de recirculación pasarán por un sistema de filtros rotatorios (Marca Hydrotech modelo 2007), con una malla de 90 micras para para remover los sólidos en suspensión del efluente de las tres áreas de cultivo, el cual removerá por lo menos 85% de los sólidos. Debido a que se trata de una piscicultura que recirculará 98.5% de las aguas, serán descargado 1.5% de las aguas. Por lo tanto, el sistema contempla la instalación de filtración mecánica para tratar la totalidad (100%) de las aguas y posteriormente, los 1.5% (40 litros por segundo) son descargadas y se considera un total de 2667 L/s que deben ser tratados con cada vuelta de aguas por el sistema. Los 2667 L/s del sistema de recirculación de la piscicultura contarán con un total de 6 filtros con estas características operando, más uno de respaldo que permitirá la mantención de cualquier otro filtro sin afectar el tratamiento de la totalidad de las aguas. Es decir que se implementará un total de 7 filtros. (RCA_N_0037 2010, pág. 4)

Tratamiento mortalidades: La mortalidad generada por el centro es retirada diariamente, posteriormente son depositadas en estanques herméticos, los cuales son retirados y trasladados

con una frecuencia que evite acumulación al centro de reciclado autorizado. El destino de las mortalidades será producción de harinas y aceites de pescado. (RCA_N_0037 2010, pág. 8).

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta fiscalizaciones por parte de la SNIFA.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto.

Piscicultura El Gol-Gol (solo aprobado)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura El Gol-Gol se encuentra en el terreno particular denominado Fundo El Retiro en el sector de Puyehue, comuna de Río Bueno, provincia de Ranco, Región de Los Ríos. (Huso 18 732193.00 E, 5495755.00 S UTM Datum). (Res.006_Pisc._Gol-Gol 2010, pág. 2). La piscicultura El Gol-Gol, propiedad del titular Sonia Elena Vergara Giovanini, tendrá una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 8.000.000, según resolución de calificación ambiental del año 2010, la cual consiste en la instalación de una piscicultura para realizar el proceso de producción de salmónidos, de ovas hasta traslado de juveniles a otros centros de cultivo de empresas productoras de la industria utilizando el sistema de cultivo denominado “recirculación y bio-filtración de aguas”. (Res.006_Pisc._Gol-Gol 2010, pág. 2). La piscicultura se abastece de derechos de aprovechamiento de agua de 100 L/s, captados del río Gol-Gol, para lo cual el proyecto no contempla una modificación del cauce, dado que utilizará el sistema de alimentación de aguas simple para captar las aguas en forma mecánica, a través de bombeo y llevarlas al estanque de distribución (estanque cabecera). La piscicultura cuenta con un sistema de recirculación de las aguas en donde se considerará que el agua proveniente de los estanques de cultivo, consistiendo en una recirculación de > 98,5 % de las aguas previa filtración mecánica con un filtro rotatorio. Posteriormente ocurrirá una desgasificación removiendo el dióxido de carbono, luego el agua se oxigena y será tratada en un sistema de filtro biológico de baja carga, seguido a esto se desinfectará el agua a través de filtros UV y sistemas de desfosforización y desnitrificación para finalmente devolver el agua a los estanques de cultivo. La producción anual es de 699 toneladas del grupo de especies salmónidas, considerando 5 ciclos productivos en forma desfasada durante el año y además la mantención de reproductores, en la cual se realizará el proceso de producción de smolt, iniciando con la incubación de ovas nacionales o importadas en la piscicultura, para luego continuar con el alevinaje y smoltificación. Los juveniles de estos salmonídeos serán finalmente trasladados a

otros centros de cultivo. (Res.006_Pisc._Gol-Gol 2010, pág. 4, 7, 9 y 10). Para alcanzar la producción el proyecto contará con sala de incubación, sala de alevinaje, patio de smolt/juveniles y área de mantenimiento de reproductores. Dentro de las salas se contempla la instalación de 160 incubadoras, 41 estanques circulares de alevinaje y 42 estanques de smoltificación, además de la construcción de una casa/oficina/bodega, y servicios higiénicos para el personal. (Res.006_Pisc._Gol-Gol 2010, pág. 5 y 6).

Tratamiento de RILES: Todas las aguas del sistema de recirculación pasarán por un sistema de filtros rotatorios (Marca Hydrotech modelo 2007, con una malla de 90 micras para remover los sólidos en suspensión del efluente de las tres áreas de cultivo, el cual removerá por lo menos 85% de los sólidos. Debido a que se trata de una piscicultura que recirculará 98.5% de las aguas, serán descargado 1.5% de las aguas. Por lo tanto, el sistema contempla la instalación de filtración mecánica para tratar la totalidad (100%) de las aguas y posteriormente, los 1.5% (100 litros por segundo) son descargadas y se considera un total de 6667 L/s que deben ser tratados con cada vuelta de aguas por el sistema. Los 6667 L/s del sistema de recirculación de la piscicultura contarán con un total de 14 filtros con estas características operando, más uno de respaldo que permitirá la mantención de cualquier otro filtro sin afectar el tratamiento de la totalidad de las aguas. Es decir que se implementará un total de 15 filtros. Los efluentes generados por el proyecto son retornados al cauce del río Gol-Gol a un volumen de 100 L/s. (Res.006_Pisc._Gol-Gol 2010, pág. 7 y 8).

Tratamiento mortalidades: La mortalidad generada por el centro es retirada diariamente, posteriormente son depositadas en estanques herméticos, los cuales son retirados y trasladados con una frecuencia que evite acumulación al centro de reciclado autorizado. El destino de las mortalidades será producción de harinas y aceites de pescado. (Res.006_Pisc._Gol-Gol 2010, pág. 12).

Fiscalizaciones: La piscicultura no presenta fiscalizaciones por parte de la SNIFA.

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto.

Piscicultura Los Manantiales (solo aprobado)

Descripción general del centro de cultivo: La piscicultura Los Manantiales se encuentra en el terreno particular denominado Fundo El Retiro Lote 2 en el sector de Puyehue, comuna de Río Bueno, provincia de Ranco, Región de Los Ríos (Huso 18 732408.00 E, 5496677.00 S UTM Datum). (Res_Los_Manantiales 2009, pág. 3). La piscicultura Los Manantiales, propiedad del titular Sonia Elena Vergara Giovanini, tendrá una vida útil indefinida y una inversión estimada de US\$ 4.000.000, según resolución de calificación ambiental del año 2009, la cual consiste en la instalación de una piscicultura para realizar el proceso de producción de smolts, utilizando el sistema de cultivo denominado “recirculación y bio-filtración de aguas” (Res_Los_Manantiales 2009, pág. 2). La piscicultura se abastece de derechos de aprovechamiento de agua de 40 L/s, captados de la Vertiente Sin Nombre, para lo cual el proyecto no contempla una modificación del cauce, dado que utilizará el sistema de alimentación de aguas simple para captar las aguas en forma mecánica, a través de bombeo y llevarlas al estanque de distribución (estanque cabecera). La piscicultura cuenta con un sistema de recirculación de las aguas en donde se considerará que el agua proveniente de los estanques de cultivo, consistiendo en una recirculación de > 98,5 % de las aguas previa filtración mecánica con un filtro rotatorio. Posteriormente ocurrirá una desgasificación removiendo el dióxido de carbono, luego el agua se oxigena y será tratada en un sistema de filtro biológico de baja carga, seguido a esto se desinfectará el agua a través de filtros UV y sistemas de desfosforización y denitrificación para finalmente devolver el agua a los estanques de cultivo. La producción anual es de 335 toneladas del grupo de especies salmónidas, considerando 5 ciclos productivos en forma desfasada durante el año, en la cual se realizará el proceso de producción de smolt, iniciando con la incubación de ovas nacionales o importadas en la piscicultura, para luego continuar con el alevinaje y smoltificación. Los juveniles de estos salmonídeos serán finalmente trasladados a otros centros de cultivo (Res_Los_Manantiales 2009, pág. 2, 3, 4 y 5). Para alcanzar la producción el proyecto contará con sala de incubación, sala de alevinaje y patio de smolt/juveniles. Dentro de las salas se contempla la instalación de 80 incubadoras, 17 estanques circulares de alevinaje (3,2 x 1 m), 8 estanques de alevinaje (5,0 x 1,6 m) y 10 estanques de smoltificación (11 x 2,6 m), además de la construcción de una casa/oficina/bodega, y servicios higiénicos para el personal (Res_Los_Manantiales 2009, pág. 2).

Tratamiento de RILES: Todas las aguas del sistema de recirculación pasarán por un sistema de filtros rotatorios (Marca Hydrotech modelo 2007, con una malla de 90 micras para para remover los sólidos en suspensión del efluente de las tres áreas de cultivo, el cual removerá por lo menos 85% de los sólidos. Debido a que se trata de una piscicultura que recirculará 98.5% de las aguas, serán descargado 1.5% de las aguas. Por lo tanto, el sistema contempla la instalación de filtración mecánica para tratar la totalidad (100%) de las aguas y posteriormente, los 1.5% (40 litros por segundo) son descargadas y se considera un total de 2667 L/s que deben ser tratados con cada vuelta de aguas por el sistema. Los 2667 L/s del sistema de recirculación de la piscicultura contarán con un total de 6 filtros con estas características operando, más uno de respaldo que permitirá la mantención de cualquier otro filtro sin afectar el tratamiento de la totalidad de las aguas. Es decir que se implementará un total de 7 filtros. Los efluentes generados por el proyecto son retornados a la vertiente Sin Nombre a un volumen de 40 L/s. (Res_Los_Manantales 2009, pág. 5).

Tratamiento mortalidades: La mortalidad generada por el centro es retirada diariamente, posteriormente son depositadas en estanques herméticos, los cuales son retirados y trasladados con una frecuencia que evite acumulación al centro de reciclado autorizado. El destino de las mortalidades será producción de harinas y aceites de pescado (Res_Los_Manantales 2009, pág. 10).

Antecedentes sobre zoobentos o ictiofauna: No hay estudios de caracterización de zoobentos e ictiofauna realizados en el lugar del proyecto.

4.3 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE PISCICULTURAS EN LA CUENCA DEL RIO BUENO

Para visualizar de la mejor forma la evaluación del impacto de las actividades acuícolas en cada subcuenca se presenta a continuación - de acuerdo con la contraparte - los siguientes resultados en forma separada para cada piscicultura y sus respectivas cuencas hidrográficas:

- Monitoreo de la calidad físico/química del agua
- Monitoreo de los recursos hidrobiológicos y evaluación del impacto de RILES sobre ellos
- Análisis de la cuenca, en especial sobre población, actividades humanas, uso de suelo y aporte de N y P
- comparación de las respectivas cargas y eficiencia de remoción de tratamiento de piscicultura

4.3.1 Resultados Piscicultura Quiman

El monitoreo realizado en la piscicultura Quiman abarcó en general 5 estaciones y a partir de mayo 2017 seis 6 estaciones por la incorporación de la estación 5 río abajo (Fig. 36). No hubo mayores complicaciones del trabajo en terreno de las campañas realizadas, sin embargo, el fuerte caudal presente y el ancho del río (10 – 11 m aprox.), dificultó el paso a la estación planta de tratamiento ubicada frente al río (Fig. 35). Altos caudales impidieron medición en varias ocasiones.

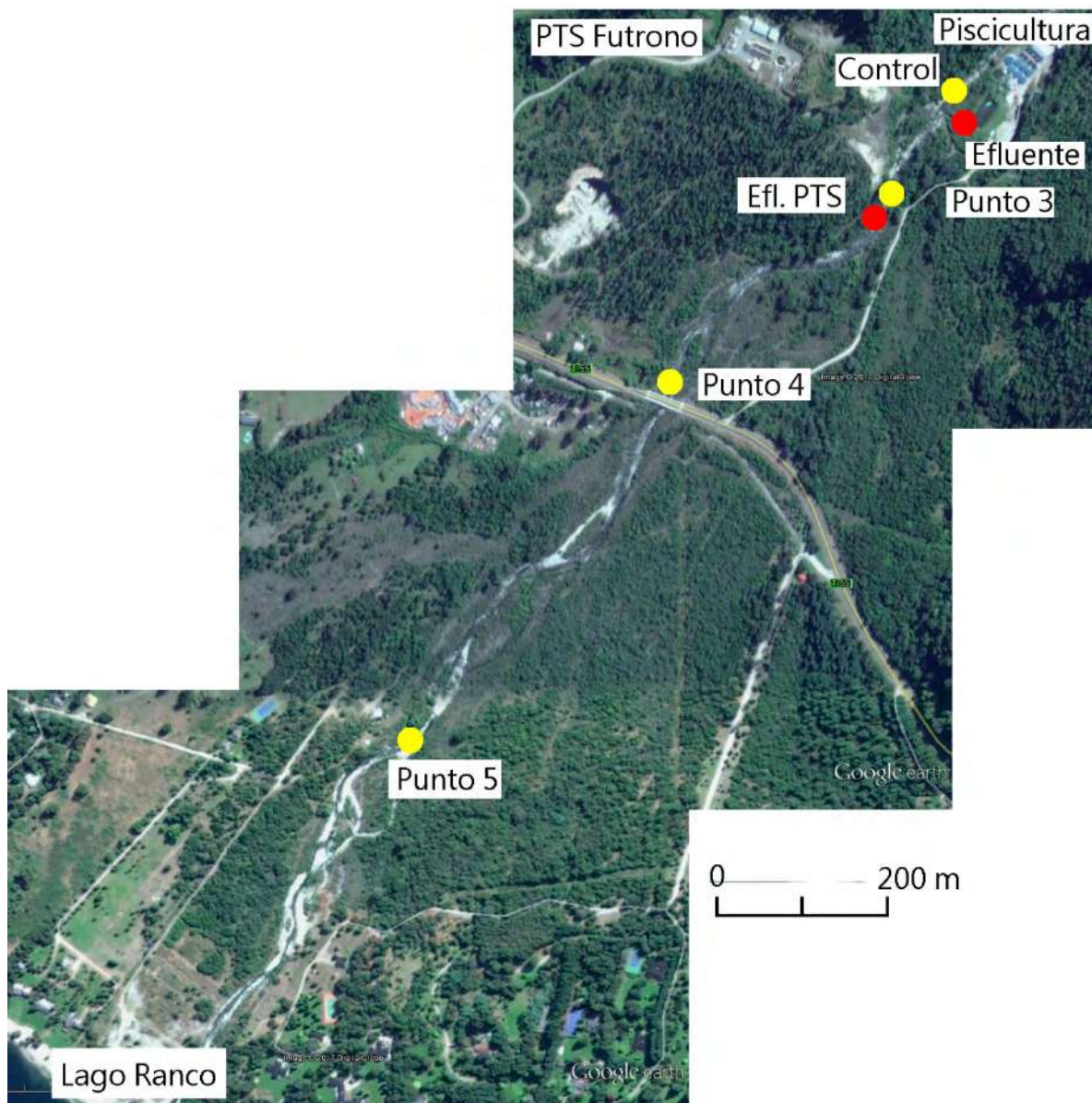


Fig. 36: Ubicación de las estaciones monitoreadas en piscicultura Quiman (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.01.2011)

4.3.1.1 Monitoreo de calidad de agua

En las figuras 37 a 45 se presentan los resultados sobre los factores físicos y químicos de la piscicultura Quiman, el río Quiman y la planta de tratamiento Futrono. Se incluyó también los resultados de los muestreos preliminares realizados durante abril y junio de 2016.

Caudal: El caudal del efluente varía entre $\sim 20.000 \text{ m}^3/\text{d}$ y $\sim 74.000 \text{ m}^3/\text{d}$ con un promedio de $\sim 42.000 \text{ m}^3/\text{d}$. El caudal del río Quiman no se pudo determinar durante invierno porque el río fue

intransitable. Durante las demás épocas el caudal del río Quiman varía entre $\sim 4.100 \text{ m}^3/\text{d}$ y $\sim 406.000 \text{ m}^3/\text{d}$. Durante invierno el caudal estuvo aún más elevado. Más informaciones sobre este parámetro y el factor de dilución se presentan en el punto 4.3.1.4 (Estimaciones de las cargas).

Temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, turbidez y DQO: Los parámetros temperatura ($6,2 - 14 \text{ }^\circ\text{C}$), conductividad eléctrica ($32 - 68,3 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto ($9,7 - 12,6 \text{ mg}/\text{L}$), pH ($6,1 - 8,1$), turbidez ($< 2 \text{ NTU}$) y DQO ($< 4 \text{ mg}/\text{L}$) fluctúan en un rango similar para la estación control y efluente en cada muestreo. Sin embargo, en los monitoreos del 14 de noviembre 2016 y 31 de enero 2017, el DQO del efluente fue casi el doble ($7,5$ y $7,6 \text{ mg}/\text{L}$, respectivamente) de la estación control, mientras que el monitoreo del 03 de mayo el DQO del efluente fue 7 veces mayor ($50,1 \text{ mg}/\text{L}$) a lo observado en la estación control.

Respecto a las estaciones monitoreadas río abajo (puntos 3, 4 y 5), los parámetros temperatura ($6,3 - 16,1 \text{ }^\circ\text{C}$), conductividad eléctrica ($31,7 - 78,6 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto ($9,8 - 12,6 \text{ mg}/\text{L}$), pH ($6,2 - 8,3$), turbidez ($< 2 \text{ NTU}$) y DQO ($< 4 \text{ mg}/\text{L}$), tampoco varían mucho respecto a las estaciones control y efluente, a pesar de recibir las descargas de la planta de tratamiento de Futrono, que se caracterizó generalmente por valores diferentes y elevados, especialmente temperatura ($13 - 19 \text{ }^\circ\text{C}$), turbidez ($3,8 - 46,7 \text{ NTU}$), conductividad eléctrica ($468 - 842 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$) y DQO ($26 - 56,5 \text{ mg}/\text{L}$). Sin embargo, debido a su relativo bajo caudal (estimativo: $< 20 \text{ L}/\text{s}$), no se observó un aumento notable de estos parámetros río abajo (punto 4 y 5).

Nitrógeno y fósforo (Fig. 37 y 38): Las concentraciones de N y P fueron en términos generales, más bajas en el sitio control y las estaciones río abajo del efluente puntos 3, 4 y 5. Mientras que las mayores concentraciones se registraron en el efluente de la piscicultura en el cual N y P aumentaron alrededor de 5-8 veces en relación a la estación control.

Las concentraciones de N total fluctuaron en la estación control entre $37-183 \text{ }\mu\text{gN}/\text{L}$, encontrándose las más altas en las fechas con lluvia (06 de junio 2017, 14 de noviembre 2016). Dentro de las fracciones de nitrógeno dominó el nitrógeno orgánico (disuelto y particular) el cual aportó aproximadamente entre un 70-90% al N total.

Las concentraciones de nitrógeno en el efluente fueron en promedio ~ 6 veces mayor en comparación con la estación control y los valores varían entre 150 y $933 \text{ }\mu\text{gN}/\text{L}$. Aproximadamente 30-50 % del N total corresponden a la fracción inorgánica, especialmente el amonio (poco nitrato),

el resto corresponde a N orgánico. Las mayores concentraciones de nitrógeno fueron medidas durante el 14 de noviembre del 2016 (778 $\mu\text{gN/L}$) y el 03 de mayo del 2017 (933 $\mu\text{gN/L}$).

Río abajo de la descarga de la piscicultura (puntos 3, 4 y 5) las concentraciones de nitrógeno – con excepción del monitoreo 05 de abril del 2017 – se mantuvieron en el mismo rango que en el efluente (52-494 $\mu\text{gN/L}$), con los valores más bajos presentes en el punto 3. Sin embargo, se observó una leve nitrificación con un aumento relativo de nitrato y una pequeña disminución de amonio en este tramo.

Entre el punto 3 y punto 4 del tramo del río, se presenta la descarga de la planta de tratamiento de Futrono con altas concentraciones de N total (3800 – 54700 $\mu\text{gN/L}$), causada por altas concentraciones de amonio (hasta 50% de N total) en la mayoría de los muestreos, a excepción de los monitoreos del 05 de abril, 03 y 11 de mayo del 2017 en donde las altas concentraciones son causadas por altos valores de N orgánico. Todavía no está claro cuál es el caudal real de la descarga de la planta (se estiman < 20 L/s) y si éste puede alterar significativamente la concentración de N en el río en comparación a la descarga del efluente de la piscicultura.

Las concentraciones de fósforo en la estación control se encontraron en seis ocasiones bajo los 10 $\mu\text{g P/L}$ (21.12.16, 28.02.17, 03.05.2017, 11.05.2017, 06.06.2017 y 04.07.2017) y las más elevadas durante la época de lluvias (22,6 – 34,8 $\mu\text{gP/L}$). Con respecto al efluente, las concentraciones de P fueron 3x - ~25-30x veces mayor en comparación a la estación control, pero sin sobrepasar valores de 193 $\mu\text{g P/L}$ (= 0,193 mg P/L). Río abajo, para los puntos 3, 4 y 5 las concentraciones de P siguieron elevadas por un factor 3x- 8x (13 - 84 $\mu\text{g P/L}$) en comparación a la estación control.

Respecto a la fracción disuelta de P, ésta fluctuó entre ~ 30-80% de P total, lo que probablemente se debe a la retención del material particulado en la piscina de sedimentación (véase 4.3.1.4). Cabe mencionar que la concentración de P en el efluente de la planta de tratamiento de Futrono fue muy superior (454 - 2479 $\mu\text{g P/L}$) en comparación a las concentraciones presentes en el efluente de la piscicultura, sin embargo, las cargas de ambos efluentes fueron bastante similares (véase 4.3.1.4).

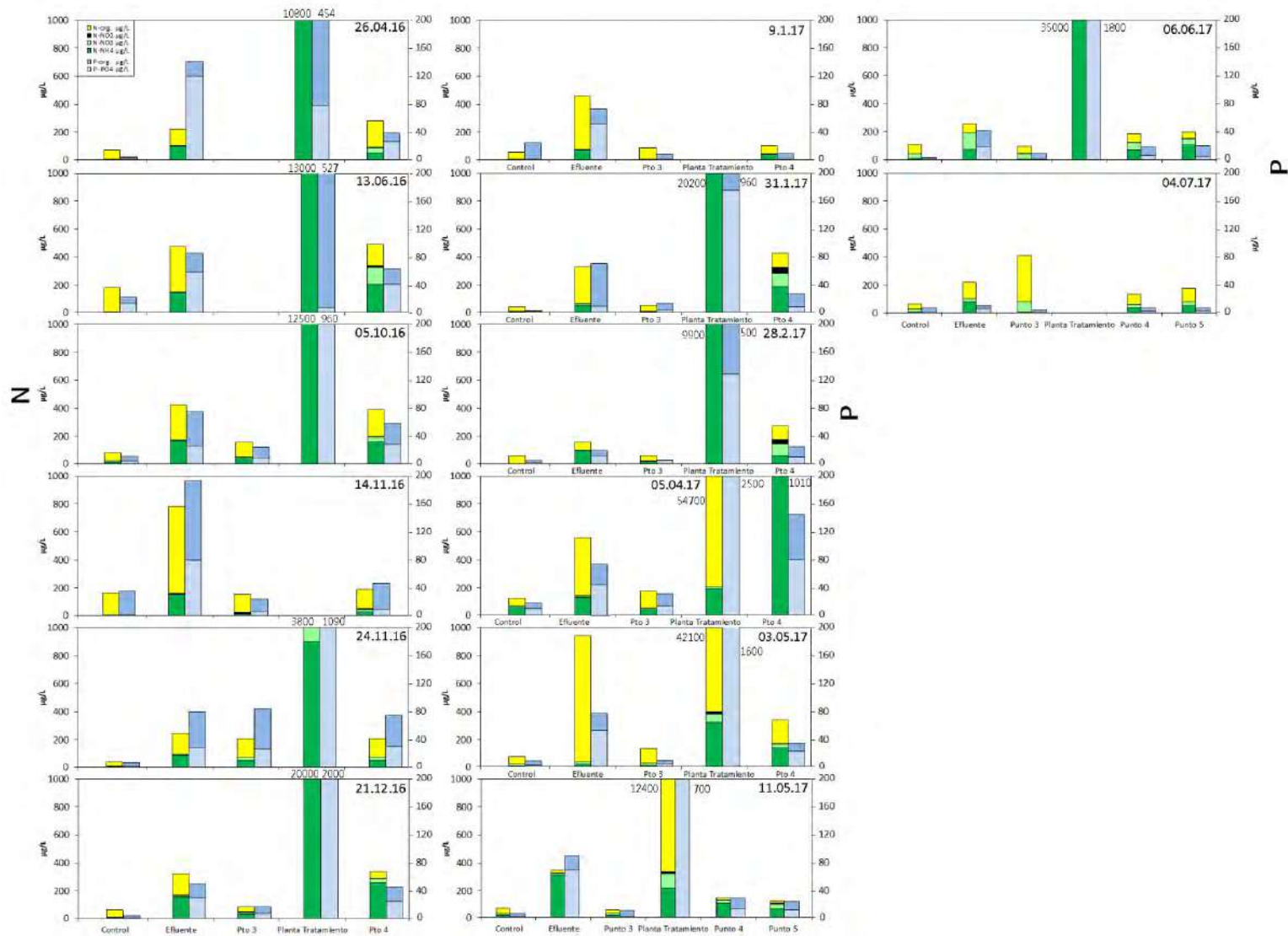


Fig. 37: Fracciones de nitrógeno y fósforo en diferentes estaciones Piscicultura Quiman

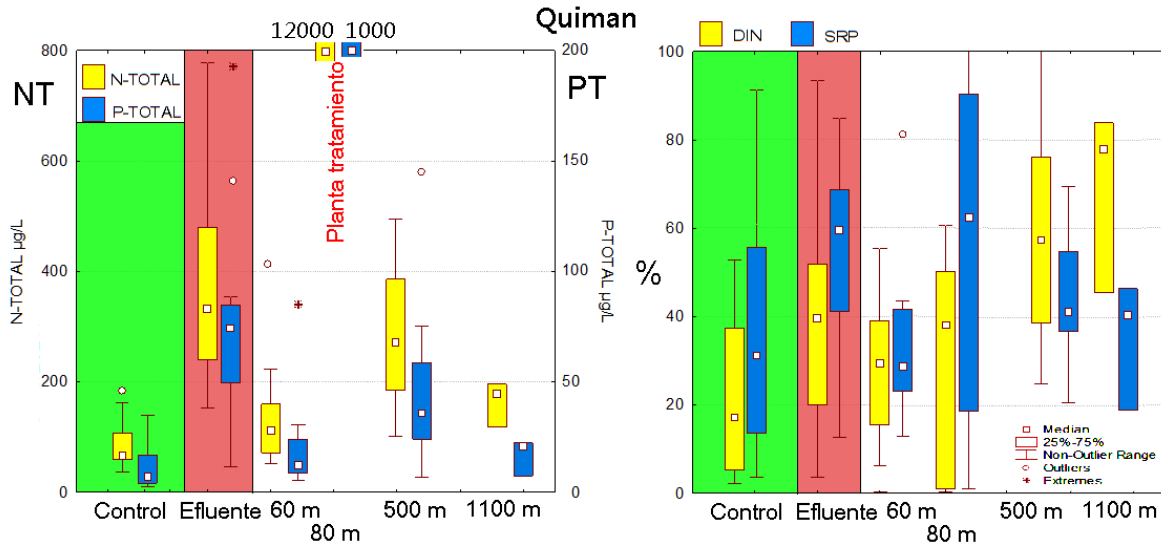


Fig. 38: Box Plot de diferentes fracciones de N y P en diferentes estaciones Piscicultura Quiman (izquierdo: valores absolutos, derecho: porcentaje de las fracciones disueltos).

Evaluación niveles tróficos

La evaluación trófica muestra que el río Quiman antes de la descarga es oligo-mesotrófico cambiando a niveles mesotróficos (P) y eutróficos en el punto 4. En el punto 5 (1220 m debajo de la descarga) recupera tanto para N como para P un nivel trófico, mostrando para P el mismo nivel de la estación “control”, pero un nivel inferior de calidad (mesotrófico) para N. Esto es debido al ingreso de la descarga de la planta de tratamiento de Futrono y parte del efluente de la piscicultura Quiman vía bypass debajo del punto 3. Se concluye que el río Quiman todavía no logra autopurificarse completamente 1220 m debajo de la descarga de la piscicultura Quiman.

Tabla 31: Evaluación trófica de diferentes estaciones de monitoreo, piscicultura Quiman.

Trofia	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Oligotrófico	< 75	< 10
Oligo -mesotrófico	75 - 150	10 - 25
Mesotrófico	150 - 300	25 - 60
Eutrófico	> 300	> 60

Estación	NT (µg/L)	PT (µg/L)
	Promedio ± Dev.est.	Promedio ± Dev.est.
Control N=14	83 ± 44	13 ± 11
Punto 3 N=12	38 ± 101	20 ± 22
Punto 4 N=14	320 ± 231	44 ± 35
Punto 5 N=3	164 ± 41	17 ± 8

Carbono orgánico disuelto (Fig. 39-41): En general se observa un aumento leve de COD en el efluente de la piscicultura respecto a la estación control. El mayor ingreso de carbono sin embargo se observa en la estación planta de tratamiento de Futrono, pero con un caudal significativamente menor al de la piscicultura. En las estaciones Punto 3 y Punto 4 los valores de carbono se ven levemente elevados por sobre la estación control, indicando que el tramo del río y la capacidad de dilución del caudal en general son suficientes para disminuir el ingreso de carbono orgánico antes de desaguar en el lago Rancho. Las concentraciones de COD fluctuaron en la estación control entre 0,5- 2,5 mg C/L, observando valores elevados el 14 de noviembre y el 05 de abril, probablemente debido al arrastre de materia orgánica de la cuenca alta probablemente por un evento de lluvia durante esta ocasión. En la estación efluente los valores de COD fluctuaron entre 0,6-12,5 mg C/L, observando los valores más altos durante el muestreo del 03 de Mayo. Río abajo en la estación Punto 3 los valores de COD variaron entre 0,8-4,2 mg C/L. Las concentraciones de COD fluctuaron en la estación planta de tratamiento entre 5,9-36,4 mg C/L. En su mayoría de los muestreos la fracción orgánica dominó el carbono total disuelto de la estación planta de tratamiento (a excepción del 03 y 11 de Mayo). Río abajo en la estación Punto 4 los valores de COD variaron entre 0,8-3,1 mg C/L. Mientras que la estación Punto 5, monitoreada desde el 11 de Mayo hasta el 04 de Julio, presentó valores de COD entre 1,0-2,2 mg C/L. Se observa claramente un aumento de COD de la estación efluente con respecto a la estación control. En las estaciones posteriores (Punto 3 y Punto 4) la concentración media de COD disminuye, pero no alcanza a bajar a concentraciones de la estación control siendo incluso elevadas por la influencia del aporte de la planta de tratamiento de aguas servidas de Futrono, sin embargo, en la estación Punto 5, si se puede observar una disminución en la concentración de COD llegando incluso a valores más bajos que la misma estación control en los monitoreos del 06 de Junio y 04 de Julio.

De acuerdo con los cálculos realizados para determinar el área de influencia del efluente de la piscicultura con relación a la concentración de carbono orgánico disuelto del cuerpo de agua fluvial receptor se observa que el efluente aumenta en promedio un 144% la concentración de COD. El mayor aporte de COD sin embargo proviene de la planta de

tratamiento de aguas servidas de Futrono, aumentando a un 1149% de COD, pero con un aporte relativo bajo por el bajo caudal del efluente de la planta de tratamiento de aguas servidas Futrono. No obstante, río abajo en los puntos 3 y 4 la concentración de COD remanente de las fuentes puntuales (efluente piscicultura y planta de tratamiento) disminuyen a un 45% y 34% respectivamente, llegando a valores de -11% en el punto 5 próximo al Lago Ranco (Fig. 40). Esto significa que el Río Quiman presenta una combinación de dilución y biodegradación (autodepuración) extendiendo el área de influencia río abajo del punto 4. Cabe mencionar la diferencia entre los volúmenes descargados de las fuentes puntuales de emisión siendo el volumen de descarga de la planta de tratamiento aguas servidas de Futrono considerablemente menor que el de la piscicultura Quimán.

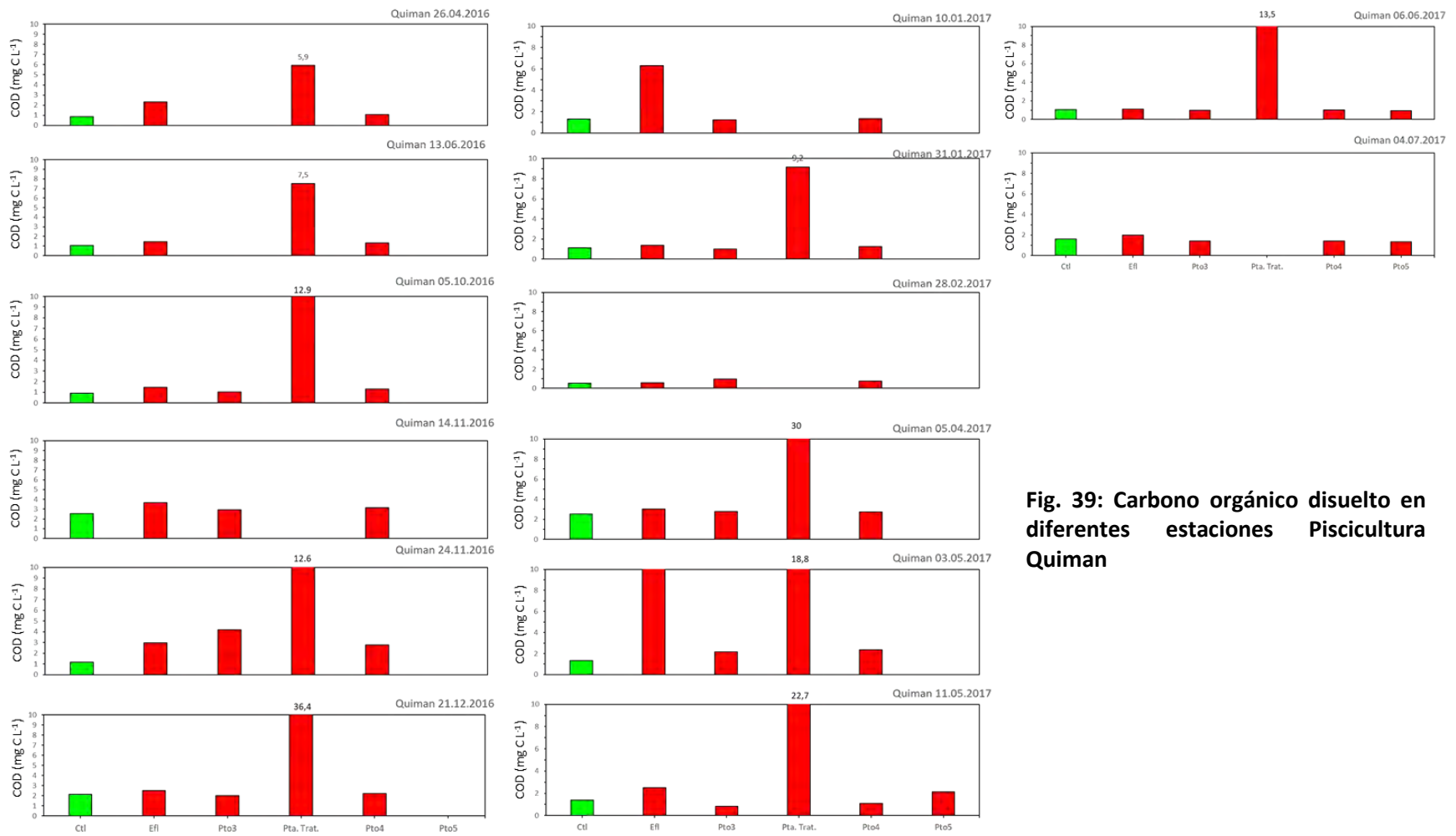


Fig. 39: Carbono orgánico disuelto en diferentes estaciones Piscicultura Quiman

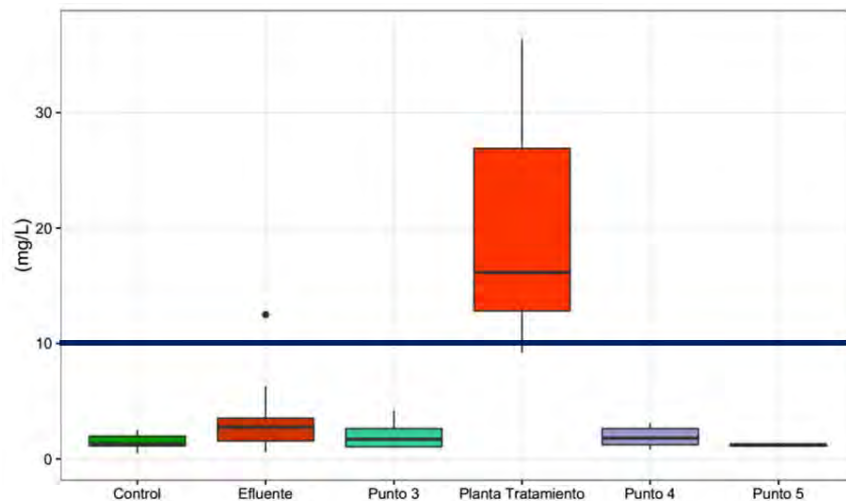


Fig. 40: Concentración de carbono orgánico disuelto (mg C L^{-1}) promedio en las diferentes estaciones de la piscicultura Quiman (Boxplots de COD indicando mediana, error estándar y valores extremos de los diez muestreos realizados).

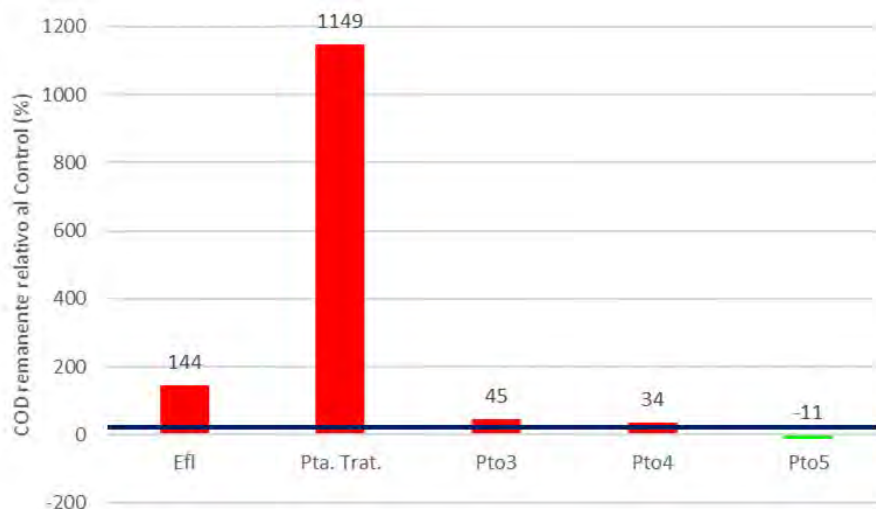


Fig. 41: Porcentaje de la concentración de carbono orgánico disuelto (% mg C/L) promedio remanente en las diferentes estaciones de la piscicultura Quiman con respecto al cuerpo de agua fluvial receptor.

Materia orgánica (Fig. 42 - 45): Los resultados obtenidos en el río Quiman, nos muestran un predominio de DOM refractario en las estaciones control, punto 3 y efluente, mientras que las estaciones planta de tratamiento, punto 4 y punto 5 el predominio es de los componentes de origen proteico. La estación control presenta las mayores proporciones de material refractario siendo conformado por más de un 62% del total de la reserva de DOM, además de presentar algunas de las mayores intensidades de fluorescencia (FMax) de estos componentes, a excepción eso sí, de la

estación pta. tratamiento. En la estación efluente se observa un aumento en la fluorescencia del material de origen proteico alcanzando proporciones de un 45% en la conformación del DOM total sirviendo como buen trazador del aporte orgánico proveniente del efluente de la piscicultura. En la estación punto 3, las intensidades de fluorescencia tanto del material proteico como del refractario disminuyen levemente, sin embargo, los valores de los componentes lábiles (de origen proteico) aún son superiores a la estación control. La estación planta de tratamiento, presenta las mayores intensidades de fluorescencia tanto de los componentes refractarios como de los componentes proteicos, conformándose principalmente de materia orgánica lábil aportando más de un 70% a la reserva total de DOM. En la estación punto 4, el DOM proteico aumenta en comparación a la estación punto 3 alcanzando proporciones de un 53% en la conformación del DOM total, presentando en algunos monitoreos intensidades de fluorescencia mayores que en la estación efluente, por lo que la estación pta. tratamiento tendría incidencia directa en el aumento de la fluorescencia de los componentes de origen proteico, de igual manera que en la estación punto 5 que a pesar de constar con 3 monitoreos, su composición e intensidades de fluorescencia por parte de los componentes lábiles fueron mayores que la fracción húmica. Al agrupar las estaciones mediante sus intensidades de fluorescencia (Proteico y Húmico) se puede observar que la pta. tratamiento queda separada del conglomerado de las demás estaciones debido a las altas intensidades que presenta, mientras que las estaciones control y punto 3 se agrupan en un sector del conglomerado al presentar las menores intensidades de fluorescencia dentro de la cuenca, a su vez las estaciones efluente y punto 4 quedan en otro sector con intensidades de fluorescencia similares pero mayores que las otras estaciones agrupadas, quedando la estación punto 5 entre ambos sectores con valores mayores a lo observado en la estación control, indicando que la capacidad de dilución y autodepuración del cuerpo de agua fluvial receptor, no son suficientes para diluir y/o autodepurar el aporte materia orgánica de la piscicultura y planta de tratamiento.

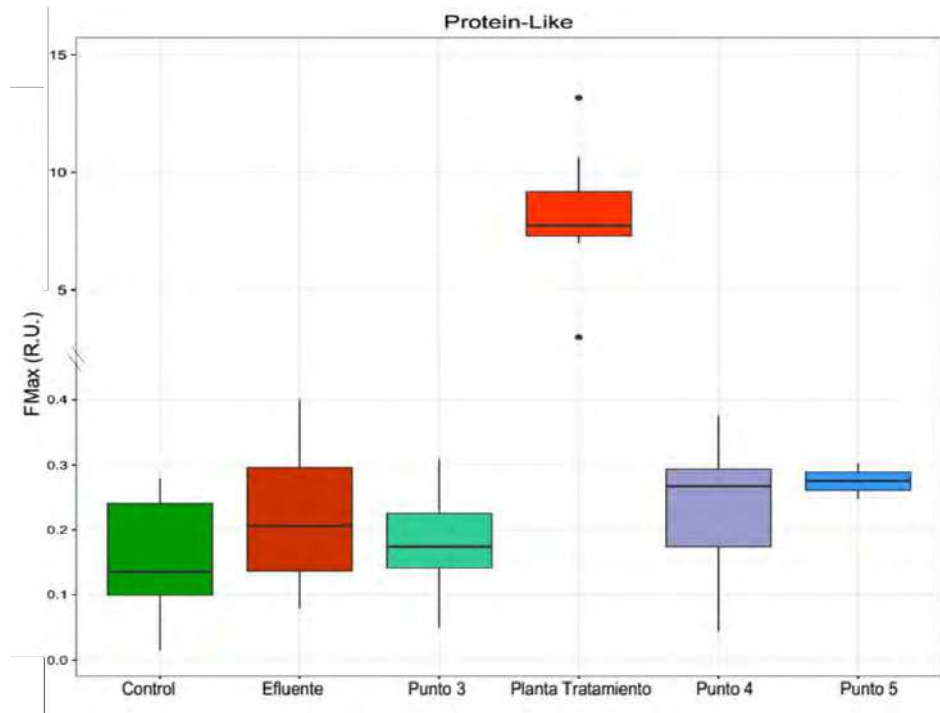


Fig. 42: Variación espacial de DOM proteico en las distintas estaciones de la piscicultura Quiman

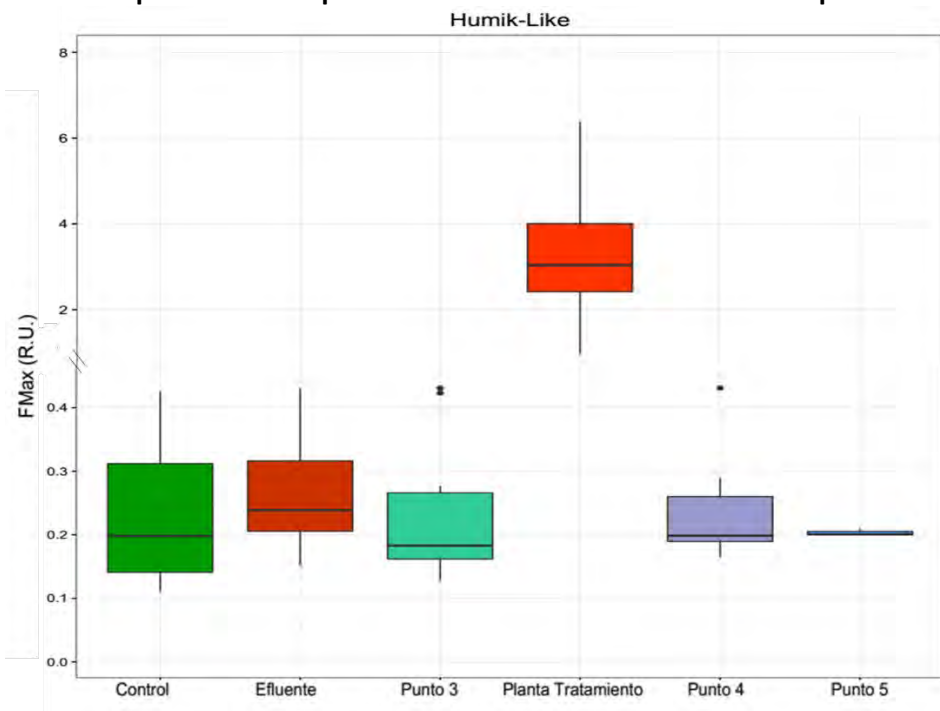


Fig. 43: Variación espacial de DOM refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Quiman

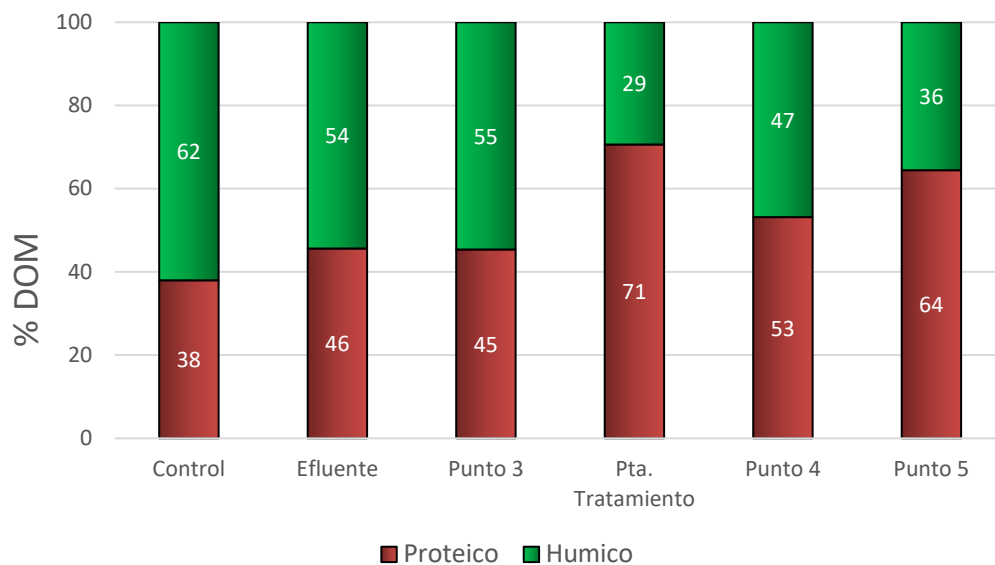


Fig. 44: Aporte porcentual de DOM labil v/s refractario promedio en las distintas estaciones de la piscicultura Quiman

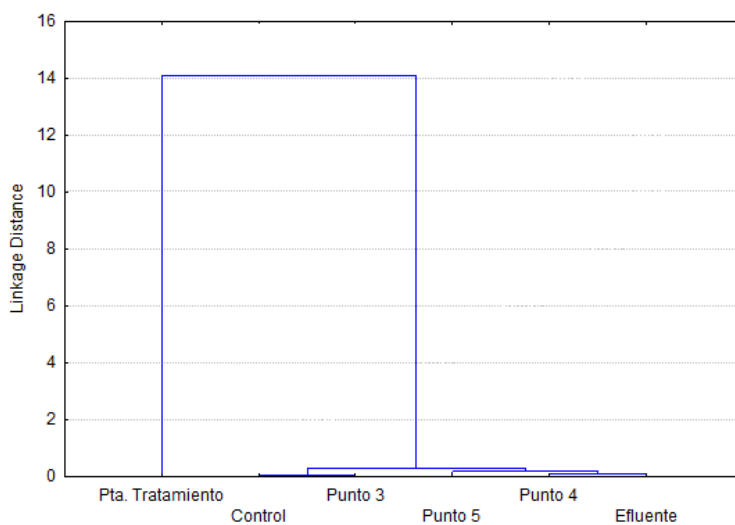


Fig. 45: Diagrama de árbol (ward method) demostrando diferencias y similitudes de DOM labil v/s refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Quiman

Tabla 32: Rangos (promedio anual) de calidad de aguas referentes a COD en la Piscicultura Quiman.

Piscicultura QUIMAN	Escala de calidad	Concentración promedio \pm desv. est. de COD (mg C/L)
Control	Muy Buena	1.4 \pm 0.6
Efluente	Regular	3.1 \pm 3.0
Pto. 4	Buena	1.9 \pm 1.0

Se concluye según los tres criterios de calidad de aguas propuestos relativas al carbono orgánico disuelto:

1. Las concentraciones en general no sobrepasan los valores límite de concentración (max. 10 mg C/L, solamente en una ocasión se detectó valores >10mg C/L).
2. Con relación a los rangos de calidad, el efluente de la piscicultura en conjunto con la planta de tratamiento de futrono cambia un nivel de calidad después de la mezcla completa.
3. El componente tipo triptófano de la materia orgánica disuelta (DOM proteico) permite una trazabilidad efectiva del efluente de la piscicultura.

4.3.1.2 Monitoreo de macrozoobentos

Área de estudio: El río Quiman con características rítrónicas se ubica en la ribera norte del lago Ranco, en una ladera originada de cordones cordilleranos asociados al volcán Choshuenco. El recurso hídrico usado en el proceso productivo proviene del río Quiman, afluente del Lago Ranco. En la parte baja del río el efluente de la piscicultura (RIL) es descargado a unos 1500 m de distancia antes de su desembocadura en el lago Ranco.

Se accede en forma expedita al río desde un camino que conduce a la piscicultura usando senderos adyacentes a las instalaciones.

El lecho del río se presenta con sustrato de diferentes tamaños predominando Bloque y bolones y se desarrolla en un sector de pendientes entre 10 a 15%.

Caracterización de tramos comparados: Con el objeto de establecer alteraciones (efectos) en el río, se utilizó la metodología de muestreo multihábitat para macroinvertebrados bentónicos, efectuándose un primer muestreo en el mes de febrero de 2017 en un tramo CONTROL y otro IMPACTO 1. Ambos tramos presentaron una similar fisonomía dado por su ancho medio (25m), tipo de sustrato (bolones y bloques), pendiente (>5) y caudales. De acuerdo al índice de similitud usado para comparar los tramos basado en la condición de hábitat fluvial (índice IHF), ambos tramos son comparables. En el tramo impacto el río Quiman en su ribera derecha, recibe el efluente de la planta de tratamiento de la ciudad de Futrono. Aguas arriba del tramo control (50m) se encuentra un dique artificial construido con gaviones rellenos con bolones que capta agua para la piscicultura (Fig.46).

En un segundo muestreo, realizado en el mes de mayo de 2017, se agregó otro tramo IMPACTO 2 a una mayor distancia del efluente y a unos 200m de la desembocadura al lago Rango, considerando la capacidad de recuperación del río sometido a los efectos de dos efluentes (Piscicultura y Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de la ciudad de Futrono). El índice de calidad de hábitat fluvial (IHF) fue menor al tramo CONTROL y calificado como Malo, independientemente son comparables de acuerdo con el índice de similitud empleado. La vegetación de ribera de este tramo también se modifica y la pendiente es menor que los otros tramos.

Dos tipos de hábitat fueron identificados en los tres tramos: bloques-bolones (H-BB) y guijarros-grava (H-GG), desde los cuales de forma proporcional se levantó la información (Tabla 33) y no se observaron abrevaderos de animales (vacunos) en ellos.



Fig. 46: Piscicultura Quiman. Ubicación de los tramos Control e Impacto en el río Quiman.

Tabla 33: Tramos comparados en el Río Quiman, porcentaje hábitat (%) y numero de muestras (Nº) en cada: H-BB= Sustrato mineral > 6cm (Bolones-Bloques); H-GG= Sustrato mineral 0,2 – 6cm (Grava-Guijarros)

Tramo	Descripción	Fecha 1	Fecha 2	Inicio Tramo UTM	Fin Tramo UTM	H-BB	H-GG
CONTROL	Tramo control a 320-420m aguas arriba del efluente	28-02-2017	11-05-2017	5556428S 726694E	5556346S 726637E	80% Nº=16	20% Nº=4
IMPACTO 1	Tramo impacto a 50-150m aguas abajo del efluente	28-02-2017	11-05-2017	5556047S 726271E	5556133S 726317E	80% Nº= 16	20% Nº= 4
IMPACTO 2	Tramo impacto a 1200-1300m aguas abajo del efluente		11-05-2017	5555083S 725435E	5555160S 725499E	80 Nº= 16	20% Nº= 4

Taxones y métricas en tramos sujetos a comparación: Para el río Quiman se levantó información del ensamble de macroinvertebrados bentónicos en una longitud de 2 km, donde se registraron un total de 85 taxones distribuidos dependiendo de las condiciones de los tramos estudiados (Tabla 34). Las métricas utilizadas para comparar las alteraciones en un tramo del río aguas abajo del efluente (Tabla 35), mostró para el primer muestreo un aumento de 38 a 59 taxones equivalente al 55% de incrementos, registrándose 27 taxones compartidos y 11 presentes sólo en el tramo control; entre ellos, los que poseen altos requerimientos de calidad de agua y reconocidas como pertenecientes a grupos indicadores de buena calidad de agua, por ejemplo: *Diamphipnopsis samali*; *Senzilloides panguipulli* (Plecoptera); *Meridialaris chiloeense*, *Massarttelopsis irarrazavali* (Ephemeroptera) y *Monocosmoecus sp.* (Trichoptera).

La abundancia registrada (ind./m²) aumentó en un 143%, donde Diptera: Chironomidae (Othoclaadiinae: *Cricotopus sp.*, *Rheocricotopus sp.*); Diptera: Empididae (*Chelifera sp.*) y Oligochaeta: Lumbriculidae son los grupos que más aportan en este incremento.

El Índice Biótico de Familias (IBF) aplicado para definir calidad de agua, muestra un cambio de Buena a Mala calidad, variación determinada por la aparición y aumento en densidad de taxones de familias reconocidas por su mayor tolerancia a materia orgánica en el río, por ejemplo: Lumbriculidae, Tubificidae, Hyallellidae, Elmidae, Empididae, Chironomidae y Athericidae. Por otro

lado, las diferencias antes señaladas no se reflejan al estimar la diversidad específica (índice de Shannon H') entre los ensambles de macrozoobentos el cual varió sólo en un 1,1%, reflejando que la distribución de las abundancias relativas de los nuevos taxones presentes en el tramo impacto, se realiza de forma proporcional y similar a lo encontrado en el tramo control.

Para el segundo muestreo, se registró sólo un taxón más en el tramo IMPACTO 1 respecto al CONTROL (35 y 34 respectivamente), donde comparten 22 taxones y 12 exclusivos del control, que incluyen también aquellos indicadores de buena calidad de agua, por ejemplo, *Klapopteryx* sp., *Udamocercia* sp. (Plecoptera); *Meridialaris chiloeense* (Ephemeroptera); *Parasericostoma ovale* (Trichoptera). Independiente de encontrar sólo un taxón más de diferencia entre estos tramos, la similitud entre los ensambles considerando presencia ausencia de taxones entre los tramos (índice de Jaccard (S_j); donde 0 mínimo y 1 máxima similitud, se observó que ésta alcanza sólo a 0.47. Por su parte el tramo IMPACTO 2 mostró un aumento en la riqueza (S) de 15 taxones equivalentes al 44% y el ensamble se presenta más diferente respecto al tramo control ($S_j = 0.35$).

Los valores en densidad en los tramos IMPACTO 1 e IMPACTO 2 mostraron un incremento del 3243% y 417% respectivamente, donde los grupos Naididae, Lumbriculidae, Elmidae, Chironomidae, Dugesiidae y Hyallellidae responden positivamente a las nuevas condiciones aguas abajo del efluente. De igual manera, responden el grupo de los Andesiops (Ephemeroptera: Baetidae) y *Luchoelmis* (Coleoptera: Elmidae).

La diversidad específica disminuye de manera importante en IMPACTO 1 ($H' = 0.21$) mostrando para aquellos taxones que se presentaban en bajas densidades en el control y señaladas como indicadores de contaminación orgánicas, responden aumentando sus densidades poblacionales aguas abajo, como es el caso del grupo de los oligochaetos (Naididae y Limbriculidae). Para el tramo IMPACTO 2, a diferencia de lo registrado en IMPACTO 1, la diversidad es mayor ($H' = 0.72$) mostrando una tendencia de aproximación al valor encontrado en el tramo CONTROL ($H' = 0.84$). Los dos tramos aguas abajo del efluente son disímiles con el CONTROL (BC = 76,8 IMPACTO 1; BC = 86,2 IMPACTO 2).

La calidad de agua (índice IBF) que considera los elementos biológicos (fauna de macrozoobentos) fue determinada como Buena para el tramo CONTROL; en IMPACTO 1 cambia a Malo en el primer muestreo y de Muy Malo a Malo para IMPACTO 1 e IMPACTO 2 respectivamente en el segundo muestreo. De la misma manera la estimación de la similitud (%) de los ensambles en ambos tramos impacto y para ambas fechas muestra una alteración ALTA (Tabla 36)

Tabla 34: Composición taxonómica del macrozoobentos por tramo registrados en el río Quiman

PHYLUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO 1	CONTROL	IMPACTO 1	IMPACTO 2		
					28-02-2017	28-02-2017	11-5-2017	11-5-2017	11-5-2017		
ANNELIDA	OLIGOCHAETA	HAPLOTAXIDA	LUMBRICULIDAE	Lumbriculus Sp1	X	X	X	X	X		
				Lumbriculus Sp2	X	X	X	X	X		
				Lumbriculus Sp3		X	X		X		
				Lumbriculus Sp4		X		X	X		
				Lumbriculus Sp5			X		X		
			NAIDIDAE	Naididae Ind.	X	X	X	X	X		
	TUBIFICIDAE	Tubificidae		X	X	X	X				
HIRUDINEA	GLOSSIPHONIIFORMES	GLOSSIPHONIIDAE	Hirudinea		X		X	X			
ARTHROPODA	CRUSTACEA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	Hyalella		X		X	X		
	ELLIPURA	COLLEMBOLA	COLLEMBOLA	Collembola		X			X		
	HYDRACHNOIDEA	ACARI	HYDRACHNIDAE	Acari Ind.	X						
				Hydrachnidae Forma A			X				
				Hydrachnidae Forma B					X		
			HYGROBATIDAE	Hygrobates Forma A	X	X					
				Hygrobates Forma B					X		
			OXIDAE	Fontipoda	X						
			SPERCHONTIDAE	Acari 2		X			X		
			UROPODIDAE	Uropodidae Ind.		X					
			INSECTA	PLECOPTERA	AUSTROPERLIDAE	Klapopteryx	X	X	X		
						DIAMPHIPNOIDAE	Diamphipnopsis samali	X			
	GRIPOPTERYGIDAE	Antarctoperla michaelsoni				X	X	X	X	X	
		Limnoperla jaffueli				X	X				
		Senzilloides panguipulli			X						
	NOTONEMOURIDAE	Neofulla				X					
		Udamocercia				X	X				
		Neonemura							X		
	EPHEMEROPTERA	BAETIDAE			Andesiops Sp1				X	X	
					Andesiops Sp2	X	X	X	X	X	
					Andesiops Sp3	X	X	X	X	X	
					Andesiops Sp4				X		
					LEPTOPHLEBIIDAE	Massarttelopsis irrazavali	X		X	X	
Meridialaris chiloeense			X			X					
Meridialaris diguillina			X	X		X	X	X			
Meridialaris laminata							X	X			
Penaphlebia chilensis						X					
TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	Cailloma	X	X	X	X	X				
		Monocosmoecus	X			X	X				

CONTINUACION TABLA 34

PHYLUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO 1	CONTROL	IMPACTO 1	IMPACTO 2	
					28-02-2017	28-02-2017	11-5-2017	11-5-2017	11-5-2017	
		DIPTERA	HYDROPSYCHIDAE	Neotopsyche			X	X		
			LIMNEPHILIDAE	Parasericostoma ovale	X	X	X			
			SERICOSTOMATIDAE	Smicridea annulicornis	X	X	X	X	X	
			ATHERICIDAE	Dasyomma	X	X	X	X	X	
			BLEPHARICERIDAE	Edwardsina		X				
			CERATOPOGONIDAE	Bezzia	X	X			X	
				Culicoides	X	X				
			CHIRONOMIDAE	Orthocladiinae Forma A			X			
				Orthocladiinae Forma C	X		X	X	X	
				Rheotanytarsus		X		X	X	
				Limaya longitarsus	X	X	X	X	X	
				Cricotopus	X	X	X	X	X	
				Orthocladiinae Forma B	X					
				Orthocladiinae Forma D		X			X	
				Orthocladiinae Forma E		X		X		
				Orthocladiinae Forma G					X	
				Rheocricotopus	X	X		X	X	
				Podonomus setosus	X	X	X			
			Pentaneura Forma A	X	X			X		
			Pentaneura Forma B	X	X					
			EMPIDIDAE	Chelifera		X	X	X	X	
			PSYCHODIDAE	Peripsychoda		X		X		
			SIMULIIDAE	Gigantodax	X	X	X	X	X	
				Simulium		X				
			TABANIDAE	Tabanidae Sp1	X	X				
				Tabanidae Sp2		X	X	X	X	
			TIPULIDAE	Tipulidae Forma A		X	X			
				Tipulidae Forma B		X				
				Tipulidae Forma C		X	X		X	
			COLEOPTERA	ELMIDAE	Austrolimnius					X
					Hydora		X			X
					Luchoelmis cekalovici	X	X			X
					Luchoelmis Forma A		X		X	
					Luchoelmis Forma B					X

CONTINUACION TABLA 34

PHYLUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO 1	CONTROL	IMPACTO 1	IMPACTO 2		
					28-02-2017	28-02-2017	11-5-2017	11-5-2017	11-5-2017		
				Macrelmis	X	X	X	X			
				Microcylloepus	X						
				Stethelmis		X					
			HYDROPHILIDAE	Adulto ind.			X				
				Hydrophilidae Forma A			X			X	
				Hydrophilidae Forma B	X		X				
			PSEPHENIDAE	Tychepephus			X			X	
			SCIRTIDAE	Scirtidae Forma A	X						
			ODONATA	GOMPHIDAE	Gomphidae			X			
			MOLLUSCA	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	CHILINIDAE	Chilina gibbosa		X		X
PLANORBIDAE	Biomphalaria					X					
MESOGASTROPODA	AMNICOLIDAE	Littoridina			X	X	X	X	X		
NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	Nematoda Ind.		X			X		
PLATYHELMINTHES	TURBELLARIA	TRICLADIDA	DUGESIIDAE	Dugesia		X	X	X	X		

Cambio en la estructura del ensamble: Estos resultados muestran un cambio en la estructura de los ensambles de los tramos comparados respecto a un control siendo diferentes en un 86% (análisis de disimilitud Bray-Curtis), del mismo modo la composición de los taxones se diferencia del control en un 53% y 65% para IMPACTO 1 e IMPACTO 2 respectivamente (índice de Jaccard).

La distribución en porcentaje de abundancia de los grupos que conforman el ensamble de macrozoobentos del río Quiman para el tramo CONTROL en el primer muestreo (mes de febrero), está conformada por Ephemeroptera (37%), Naididae (31%), Trichoptera (16%), Diptera (6%), Coleoptera (5%), Plecoptera (4%) y los grupos Gastropoda, Acari y Oligochaeta (Lumbriculidae) representados con valores menores al 0,5%. Comparativamente en el tramo IMPACTO 1 se evidencian dos modificaciones; la primera referida a los grupos registrados como más abundantes: Naididae (37%), Diptera (31%), Lumbriculidae (20%), Nematoda (3%) desplazando a Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera y Coleoptera con valores de abundancia que no superan el 1,5%, y una segunda modificación, con la aparición de nuevos grupos: Odonata, Amphipoda, Nematoda, Tubificidae, Collembola e Hirudinea.

En el muestreo efectuado en el mes de mayo (segundo muestreo) se observó un patrón similar de modificación de la estructura de las abundancias del ensamble. Para el tramo CONTROL, Ephemeroptera (60%), Naididae (15%), Trichoptera (9%), Diptera (5%), Coleoptera (3%), Plecoptera (3%) y Oligochaeta (3%) y los grupos Gastropoda, Tricladia (Dugesia), Acari y Tubificidae con menos de 0.5% de abundancia. No se registró presencia de los grupos Odonata, Amphipoda, Nematoda e Hirudinea.

En el tramo IMPACTO 1 se observa claramente la modificación del ensamble, lugar donde el grupo de los Naididae es abundante con el 94% y al contrario aquellos grupos más abundantes en el CONTROL, estos no superan el 1% de las abundancias, con excepción de Diptera y Oligochaeta que alcanzan al 2%. En este tramo a diferencia del tramo Control, se registró Hirudinea (0.1%) y Amphipoda (0.4%).

En el tramo IMPACTO 2 también se observó una alteración en las abundancias respecto al CONTROL, manteniéndose el grupo de los Naididae como el más abundante (65%), luego los Dípteros (11%), Lumbriculidae (8%) y Tricladia (7%). Grupos característicos de buena calidad de agua como Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera, no alcanzan densidades como las encontradas en el tramo control, con 3,2; 1,1 y 0,2 por ciento respectivamente.

Taxones indicadores de alteración: La caracterización de los ensambles de macrozoobentos para los tramos estudiados (densidad, presencia ausencia y tolerancia), permite plantear el siguiente listado de taxones como indicadores de calidad biológica para el río Quiman (Tabla 35):

Tabla 35: Taxones indicadores de calidad en los tramos estudiados en el río Quiman

Tramo	Calidad IBF	Especies representativas
CONTROL	Buena	<i>Klapopteryx sp.</i> ; <i>Diamphipnopsis samali</i> , <i>Limnoperla jaffueli</i> , <i>Senzilloides panguipulli</i> , <i>Microcyloepus sp.</i> , Scirtidae y Oxidae.
IMPACTO 1	Mala	<i>Peripsychoda sp.</i> , <i>Stethelmis sp.</i> , <i>Tycheapsephus sp.</i> , Lumbriculidae, Naididae, <i>Hyaella sp.</i> , <i>Uropodidae Ind.</i>
IMPACTO 2	Mala	<i>Neonemura sp.</i> , <i>Austrolimnius sp.</i> , <i>Luchoelmis sp.</i> , Tipulidae, Nematoda, <i>Hygrobates sp.</i> , <i>Chilina gibbosa</i> , <i>Dugesia sp.</i> , <i>Biomphalaria sp.</i> .

Conclusiones

La calidad de agua utilizando métricas que asocian riqueza, densidad y su respuesta a las condiciones de hábitat (tolerancias/intolerancia a contaminación) mostraron “Buena calidad” en el CONTROL y “Mala calidad” en el muestreo efectuado en el mes de febrero y una disminución en la calidad de Buena en el CONTROL a Muy Mala en IMPACTO 1 y Mala en IMPACTO 2 durante el muestreo realizado en el mes de mayo.

Los ensambles en ambos sitios aguas abajo del efluente, en cuanto a presencia/ausencia de taxones y las diferencias de las distribuciones de las densidades de estos, difieren del sitio CONTROL.

Se concluye que el río Quiman presenta alteración ALTA en la calidad de agua desde el punto de vista biológico (ensambles de macrozoobentos) en los tramos IMPACTO 1 e IMPACTO 2 comparados un tramo CONTROL ubicado aguas arriba del efluente de Piscicultura Quiman.

Tabla 36: Resumen de métricas que comparan los tramos control e impacto en el río Quiman .
***Valor de índices comparado con CONTROL del 11-05-2017. Nivel de la alteración:**

Nivel de la alteración:

NO HAY	MODERADO	ALTO	MUY ALTO
--------	----------	------	----------

	Tramo	CONTROL	IMPACTO 1	CONTROL	IMPACTO 1	IMPACTO 2
METRICA		Febrero 2017		Mayo 2017		
RIQUEZA (S)		38	59	34	35	49
DENSIDAD (Ind./m²)		870	2116	365	12203	1888
DIVERSIDAD (H')		0,90	0,91	0,84	0,21	0,72
JACCARD índice (Sj)					0,47*	0,35*
Bray-Curtis (% Disimilitud)					76,8*	86,2*
IBF (Indice de calidad)		4,47 Bueno	6,82 Malo	4,36 Bueno	7,81 Muy Malo	7,17 Malo
% Similitud IBF (Alteración)			ALTO		ALTO	ALTO

4.3.1.3 Análisis de la cuenca

1) USO DE SUELO

La cuenca del río Quiman tiene una superficie total de 4283 ha y una superficie río abajo de la descarga de la piscicultura Quiman de 238 ha (Tabla 37). El uso de suelo de la cuenca del río Quiman, que esta dominada principalmente por bosque nativo adulto denso (81%), seguido por renoval semidenso (6,5%), praderas perennes (5,8%) y otros (< 2%) (Tabla 37, Fig 47).

Tabla 37: Uso de suelo en la cuenca del río Quiman

Uso de suelo	Total (ha)	%	Antes	Después
			Piscicultura (ha)	Piscicultura (ha)
Bosque Nativo Adulto Denso	3466,50	80,9	3466,18	0,33
Bosque Nativo Adulto Semidenso	53,20	1,2	53,20	
Derrumbes Sin Vegetacion	0,02	0,0	0,02	
Lago-Laguna-Embalse-Tranque	8,07	0,2	4,91	3,15
Matorral Arborescen. Semidenso	11,39	0,3	5,35	6,04
Matorral Arborescente Abierto	70,18	1,6	34,46	35,73
Matorral Semidenso	22,06	0,5	22,06	
Plantacion	11,10	0,3	3,54	7,56
Praderas Perennes	246,50	5,8	133,34	113,16
Renoval Abierto	29,31	0,7		29,31
Renoval Denso	276,78	6,5	276,78	
Renoval Semidenso	88,21	2,1	45,73	42,48
Total (ha)	4283,32	100	4045,57	237,76

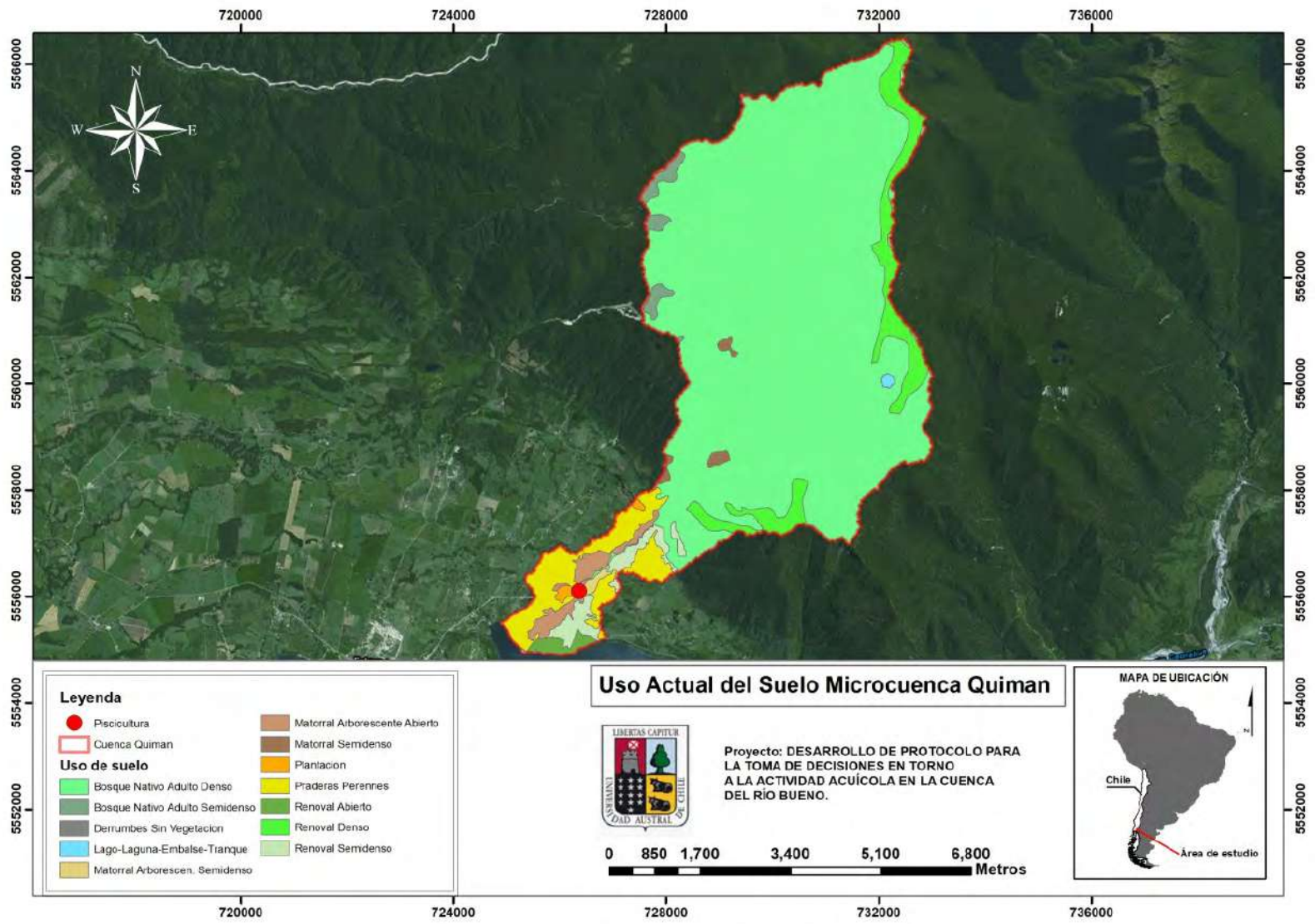


Fig. 47: Uso actual del suelo en la cuenca del río Quiman

2) POBLACIÓN

En la cuenca del río Quiman existen aproximadamente 91 casas, que están ubicadas principalmente en el área de la desembocadura del río y encima de la planta de tratamiento de aguas servidas de Futrono (8 casas). Se estima la población permanente menor a 200-300 personas, número que durante el verano aumentaría por el turismo. Casi todas las casas se ubican río abajo de las descargas de la piscicultura Quiman y la planta de tratamiento de Futrono (Fig. 50).

3) ACTIVIDADES HUMANAS Y FUENTES PUNTUALES DE CONTAMINACIÓN

Dentro de la cuenca se encuentran – aparte de la piscicultura – como fuente de contaminación puntual fiscalizada a través del decreto MINSEG N°90 solamente la planta de tratamiento de Futrono. Otra actividad productiva puntual consiste en una planta hidroeléctrica (potencia instalada 2 MW) ubicada aproximadamente 2,1 – 3,2 km encima de la piscicultura, y - de menor importancia - un aserradero ubicado río abajo de la piscicultura (Fig. 50).

Planta de tratamiento Futrono:

De acuerdo con la RCA 2006 correspondiente a la construcción de la planta de tratamiento, esta se proyectó para atender en el año 2016 a 4.618 habitantes. En octubre 2017 ESSAL entregó a calificación un proyecto sobre la “Ampliación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Futrono” que consiste – entre otras modificaciones –en aumentar el caudal del efluente desde 8,79 L/s a 15,41 L/s atendiendo 5175 habitantes en 2017 (caudal: 10,01 L/s).



Imagen 1 Vista aérea PTAS Futrono

Fig. 48: Imagen 1 Vista aérea PTSA Futrono (Fuente: DIA “Ampliación de Planta de Aguas Servidas Futrono”, pág. 10)

Planta hidroeléctrica:

La potencia instalada es de 2 kW utilizando un caudal de 0,9 m³/s. La bocatoma está ubicada aproximadamente 4,6 km río arriba de la piscicultura Quiman. El agua es extraída del río desde un tranque de acumulación de agua a través de una línea de tubería y restituida al río en un punto aproximadamente 2,1 km encima de la piscicultura Quiman (Fig. 50).



Fig. 49: Bocatoma de la planta hidroeléctrica en el río Quiman

La instalación de la bocatoma y la obra de restitución del agua sin duda significa un cambio estructural importante en el río, a lo cual hay que sumar la disminución del caudal en el tramo entre la bocatoma y la restitución de agua al río Quiman.



Fig. 50: Areas de asentamiento y actividades humanas en la cuenca río Quiman

4.3.1.4 Estimación de las cargas

En este capítulo se evalúa la carga de la piscicultura en comparación con las demás cargas, estimadas principalmente en base a los datos sobre la calidad de agua en la estación “control” y otras cargas identificadas en el tramo del río (TABLA 35, FIG. 50). Los resultados presentados aquí solamente se deben interpretar como tentativos, porque 1) el muestreo consistió solamente en muestras puntuales y no integradas durante más tiempo (p.e. 24 h), 2) en varias ocasiones en otoño e invierno no se pudo realizar mediciones de caudal en el río y 3) no se tuvo acceso al caudal de la PTS Futrono. Como consecuencia, es posible que el aporte de la PTS este subestimado (eventualmente por 15-30 %) y quizás también el del río.

APORTE DE NUTRIENTES POR USO DE SUELO: En base del uso de suelo, aplicando los índices de exportación, se puede calcular la concentración de NT y PT esperada en la estación control para compararlas con las concentraciones medidas. Como muestra la siguiente tabla, las concentraciones medidas en la estación control en el río Quiman fueron muy similares a las esperadas. Este resultado puede ser interpretado de tal forma que:

- 1) no haya otro aporte adicional de N y P río arriba de la piscicultura y que
- 2) los índices de exportación de la literatura se ajustan muy bien a los valores medidos en terreno.

	N-tot µg/L	P-tot µg/L
Concentración esperada	77,4	5,8 – 10,6
Concentración medida	83,1	11,1

Según nuestras estimaciones y considerando las limitaciones del estudio el aporte del uso de suelo a la carga total del río Quiman fue aproximadamente 36% y 35% para PT (2,2 kg P/d) y NT (17,1 kg/d), y casi el doble (68%) para DOC (276 kg/d).

CARGA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO FUTRONO: Según la RCA 2006 el caudal medio del efluente es de 8,79 L/s y el caudal máximo es de 20,36 L/s (proyectado para el año 2016: 10,01 L/s). En 2017 ESSAL presentó un proyecto para ampliar y duplicar sus descargas. Respecto a la carga de la PTS, este consultor no disponía de los datos de autocontrol, pero sí de datos obtenidos durante este estudio, aunque representan solamente muestras individuales tomadas durante el muestreo. En base de un caudal de 8,79 L/s (= 769 m³/d) y de las concentraciones medidas, se calculó como promedio de carga diaria 0,9 kgP/d,

16,4 kg N/d y 12,5 kg DOC/d. Esta carga correspondió en promedio aproximadamente a 15% del P, 33% del N y 3% del C total del río Quiman.

CARGA DE LA PISCICULTURA QUIMAN (TABLA 38, FIG. 51): El factor de dilución del efluente fue en promedio $\sim 7,3x$ ($\pm 5,0$) con grandes variaciones como muestran los valores mínimos (1,9x) y máximo (21,4x) durante junio 2016 y julio 2017, lo que se refleja en el aporte significativo de la piscicultura en la carga total del receptor. La carga de la piscicultura se calculó en base de los caudales medidos por la empresa y las concentraciones de P, N y C en el efluente corregidas por las concentraciones medidas en la estación “control” (efluente – piscicultura). El aporte de la piscicultura a la carga total del río Quiman fue aproximadamente 47% para PT (2,9 kg/d), 28% para NT (13,7 kg/d), y 21% para DOC (83,9 kg/d). La carga anual de la piscicultura fue aproximadamente de 1,05 ton P/a, 5,0 ton N/a y 30,6 ton C/a. Cabe mencionar que la carga media diaria de la piscicultura Quiman corresponde a la carga media diaria de aprox. 1300-1700 habitantes para N, 1800 habitantes para P y aprox. 2100-3500 habitantes para C.

Tabla 38: Cargas diarias y anuales, estimadas para el río Quiman (estación control), efluente total, aporte de actividad piscicultura y planta de tratamiento Futrono (PTS).

		Río Quiman (1)	Efluente - piscicultura (2)	Piscicultura (3)	PTS (4)	Suma (1+2+4)
PT	Promedio kg/d	2,2 ± 2,7	3,0 ± 2,0	2,9 ± 1,7	0,9 ± 0,6	6,1
	min-max	0,2 – 10,5	0,2 – 8,3	0,8 – 6,8	0,3 -1,9	
	kg/año	815	1088	1052	333	2236
	%	36	49	47	15	100
NT	Promedio kg/d	17,1 ± 6,5	15,7 ± 4,7	13,7 ± 9,5	16,4 ± 10,4	49,2
	min-max	3,6 – 48,6	4,4 – 39,3	3,0 -36,3	2,9 – 42,1	
	Total kg/año	6241	5745	5010	5973	17960
	%	35	32	28	33	100
DOC	promedio kg/d	275,6 ± 238	119,1 ± 130	83,9 ± 130	12,5 ± 8,8	407,1
	min-max	42,9 -762	22,0 - 527	0,7 - 471	4,6 -28	
	Total/año	100577	43465	30639	4564	148606
	%	68	29	21	3	100

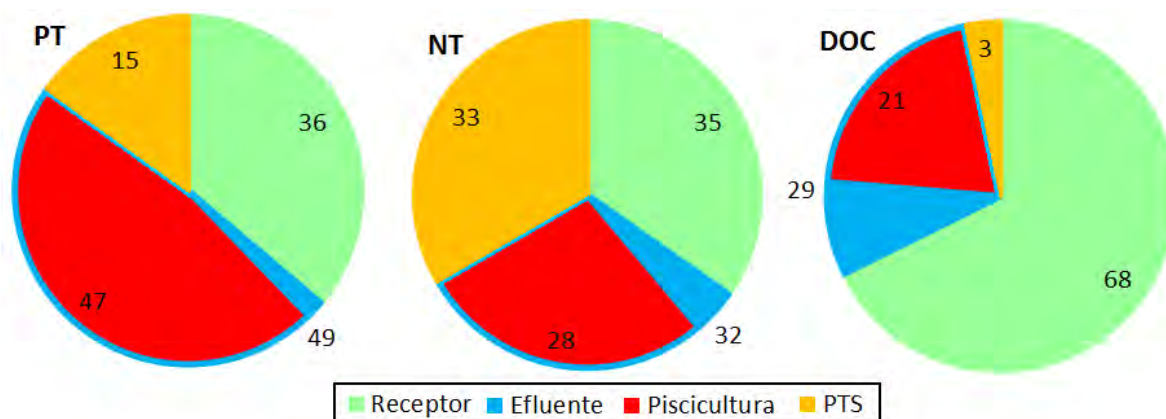


Fig. 51: Porcentaje de cargas anuales (365 días) de P, N y C proveniente de diferentes fuentes en la cuenca del río Quiman.

4.3.1.5 Estimación del balance de P,N y C para la piscicultura Quiman

La piscicultura Quiman facilitó datos diarios sobre la biomasa de peces presentes en la piscicultura y la cantidad de alimento utilizados para 2016 y 2017 (Fig.52). Se nota que había varios ciclos de producción durante el año 2016 y 2017 con una biomasa máxima de casi 70.000 kg y 700 kg de alimento utilizado por día. La cantidad de alimento utilizado varía entre 0,5 hasta 4% de la biomasa de peces. Durante febrero 2017 y a partir de junio 2017 no había producción de peces. En base a estos datos se realizó una estimación del balance, teniendo en consideración la limitación de este estudio en cuanto a la falta de muestras integradas durante 24 h para obtener una muestra mas representativa.

Durante el monitoreo de este estudio (26.4.2016 – 3.7.2017), se utilizó en total 130 toneladas de alimento para producir 126 toneladas de peces, lo que corresponde a un factor de conversión de 1,03 (kg alimento/kg peces producidos) (Tabla 36). En base al caudal del efluente y las mediciones de P, N y C se calculó para este mismo intervalo una carga de ~1,1 Ton de P, 5,4 Ton de N y 29,3 Ton de C (Tabla 39). Si se considera un contenido de ~1,3 – 1,8 % de P, ~8% de N y 55% de C en el alimento (este valor por cierto puede variar), aproximadamente 48% a 67% de P, 52% de N y 41 % de C se encontró en el efluente de la piscicultura. Los valores de P y N estan en el rango de los desechos esperados según la literatura, mientras la cantidad de carbono encontrado correspondió a casi al doble de lo esperado, indicando en general una pobre retención de los desechos por parte del tratamiento de los RILES.

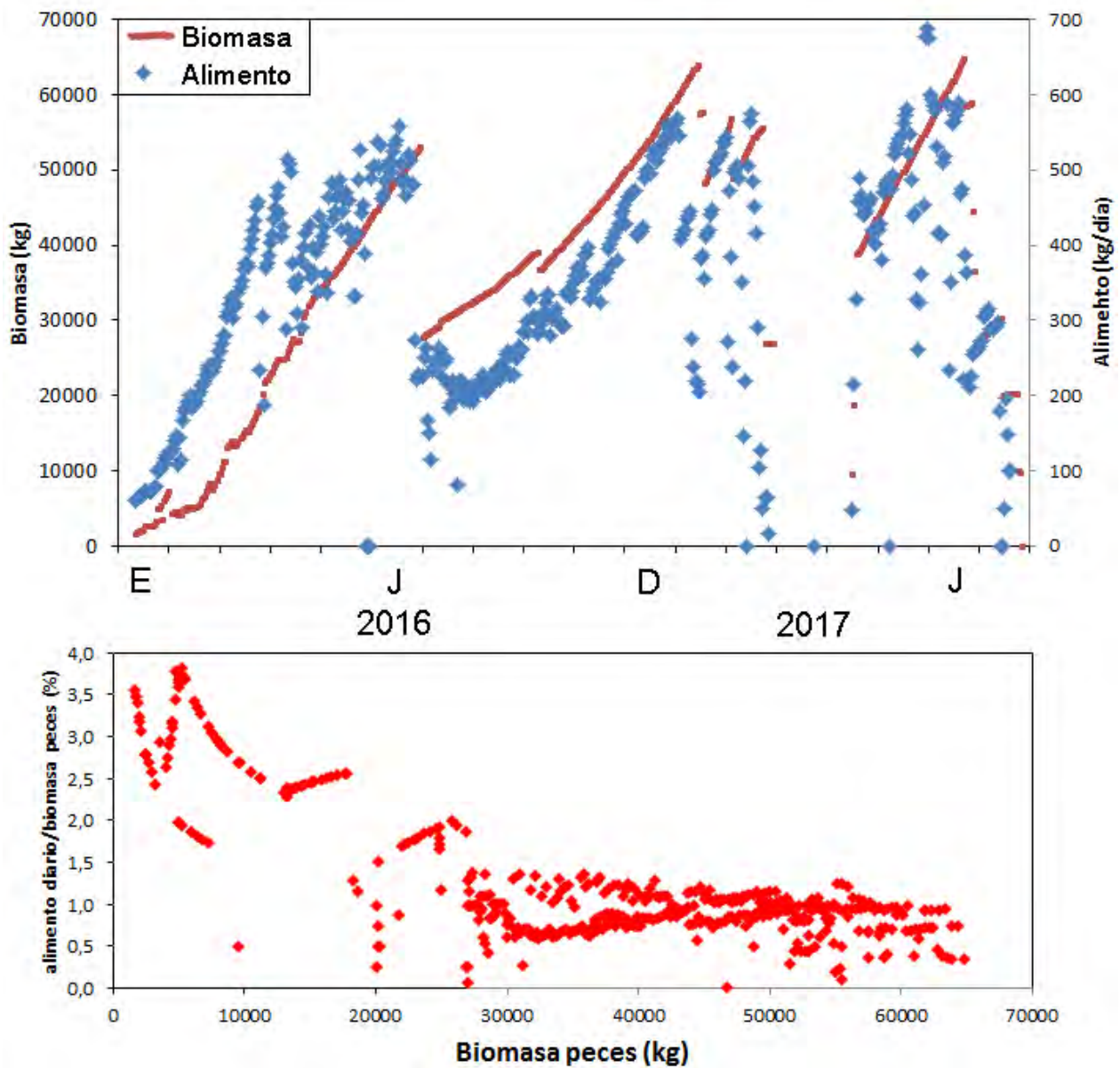


Fig. 52:arriba: Biomasa y alimento utilizado por día en la piscicultura Quiman durante 2016/2017. Abajo: relación biomasa de peces y alimento utilizado por día (expresado en % de biomasa de peces) relación (en % de biomasa de peces) entre alimento utilizado y biomasa de peces

Tabla 39: Balance de P, N y C para la piscicultura Quiman (26.4. 2016 – 6.6.2017).

Literatura:, Aguayo 2003, Schneider et al. 2005; Wang 2012, *com. C. Leal

	Ton/412 d	Valores Literatura
Alimento	130	
Producción	126	
Factor conversión	1,03	
contenido P*: 1,15 – 1,8%	1,5 – 2,35	1,15 - 1,8%
contenido N (Ton) 8 %	10,4	7,2 – 8%
contenido C (Ton) 55 %	71,7	55%
<hr/>		
Desechos P (Ton)	1,1	
= % contenido alimento	48 - 75	70%(69-84%) no asimilado
Desechos N (Ton)	5,7	
= % contenido alimento	52	62-65% no asimilado
Desechos C (Ton)	30,6	
= % contenido alimento	42	22% no asimilado

4.3.1.6 Evaluación del tratamiento de RILES

La piscicultura Quimán realiza el tratamiento de aguas residuales mediante piscinas de sedimentación, en este caso dos. La primera piscina de sedimentación es relativamente pequeña y sirve para acumular partículas de mayor tamaño debido a su flujo concéntrico estas se acumulan en el centro. Debido a que esta piscina presenta un by-pass directo al río Quimán solamente se tomaron muestras desde la piscina de mayor tamaño. De acuerdo a sus dimensiones esta piscina tiene un tiempo de residencia teórico aproximado de 30 minutos que es relativamente corto para el caudal de efluente a tratar. Las concentraciones de DIN, N-Total, PO₄, P-Total y DOC en muestras antes de ingresar a la piscina (PT) y después de salir (EFL) se muestran en la fig. 52. La relación entre PT y EFL se muestra en la fig. 53.

Mal rendimiento del sistema de tratamiento para P-total y P- soluble, observándose en solo dos casos una disminución de las concentraciones en los efluentes, asociados a P-Total. Presencia de un dato extremadamente alto en pre tratamiento del mes de febrero, podría estar asociado a problemas en la toma de muestras.

Similar situación sucede con el nitrógeno, donde la gran mayoría de los datos muestran un aumento de las concentraciones del pre tratamiento por sobre el efluente, lo que se traduce en un mal funcionamiento de la piscina de decantación para DIN y N-total.

Tanto para nitrógeno como para fosforo, las mayores concentraciones se observaron en el pre tratamiento del mes de febrero, con datos inusualmente altos para los parámetros P-soluble y DIN.

El carbono presenta el mejor escenario en cuanto al funcionamiento de su sistema de tratamiento, donde la mayoría de los datos muestran una disminución y/o mantención del DOC principalmente y C total. Del total de monitoreos, dos datos mostraron un aumento de la concentración en los efluentes, es decir tras el paso por la piscina de sedimentación, correspondiente a los meses de marzo y mayo.

Cabe mencionar que estos resultados son preliminares debido a que para una evaluación robusta de la eficiencia de remoción se deben realizar más muestreos y ajustar la metodología de la toma de muestra, y especialmente tomar muestras integradas durante por lo menos 24 h considerando fluctuaciones de la carga durante el día debido al manejo de la piscicultura (p.e. tiempos de alimentación etc.).

Se concluye que el tratamiento de las aguas residuales de la piscicultura Quiman no es efectiva para nitrógeno, fósforo (disuelto & total) y carbono orgánico disuelto (DOC) donde en casi todos los casos los valores aumentan después del tratamiento. Para el carbono total (TC), sin embargo, se observa una mejor efectividad del sistema de tratamiento donde la mayoría de los datos obtenidos muestran menores concentraciones de TC después del sistema de tratamiento.

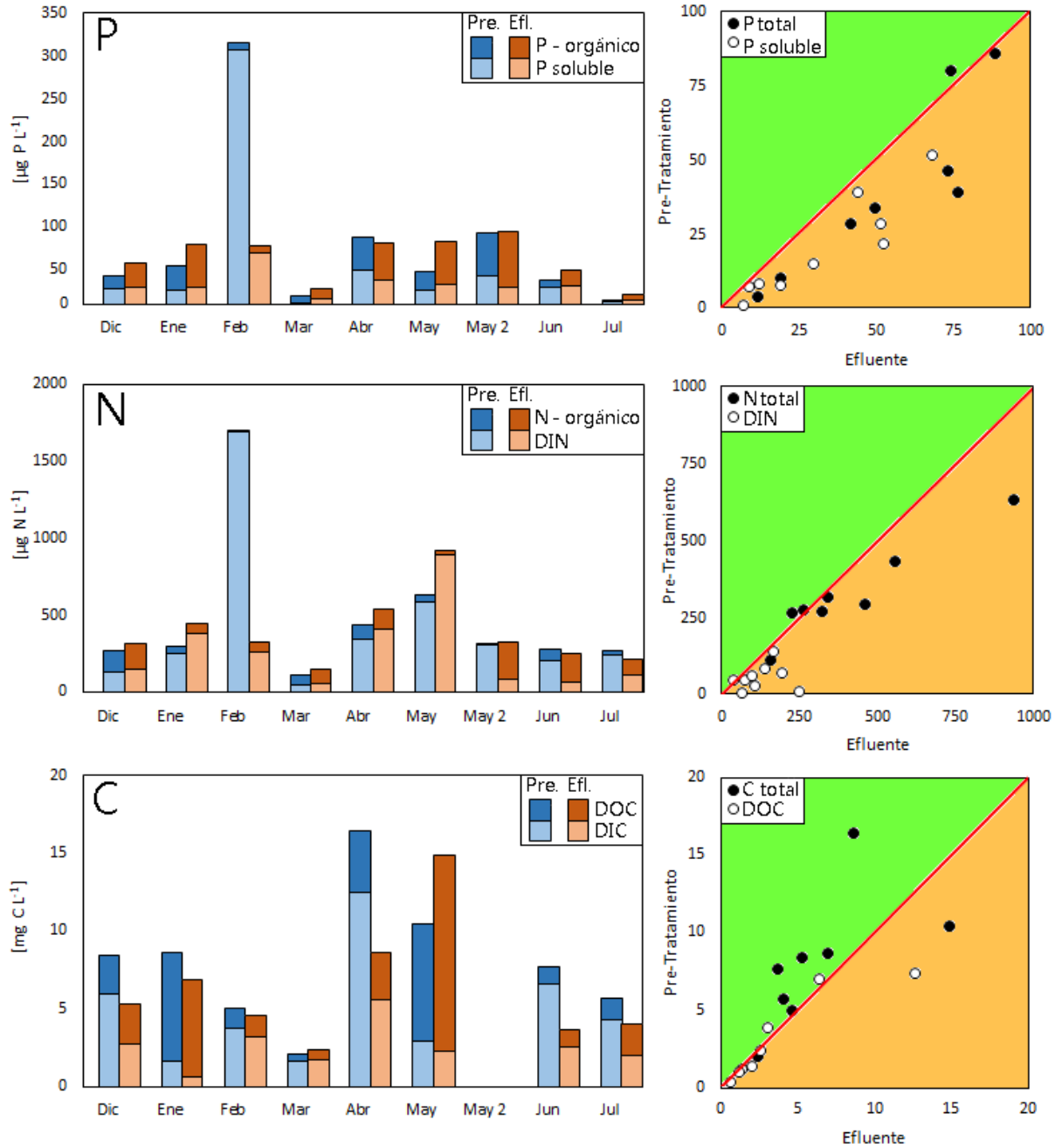


Fig. 53: Concentración de P, N y C antes y después de pretratamiento (izquierdo) y evaluación de eficiencia de retención (derecha): verde: buena retención; naranja: mala retención

4.3.1.7 Evaluación de los datos de autocontrol

Se analizaron los datos sobre la calidad del efluente de la piscicultura desde 2015 (Fig. 54, Tabla 40), en comparación con los datos obtenidos en este estudio. Para cada mes se reportaron dos valores, correspondientes a una muestra integrada durante 24 h y una muestra puntual, que mostraron muchas veces diferencias de hasta 2-10x veces entre ellos. En la base de datos - entregada por la SMA - desafortunadamente no está indicado a cuál de las dos muestras (integrada y puntual) corresponde cada valor, por lo cual se decidió usar el promedio de ambos valores para calcular las cargas (Fig. 54, Tabla 40). En este sentido hay que considerar que los valores eventualmente están sobreestimados en caso de que los valores puntuales sean más altos que los valores integrados durante 24 h.

Como se puede apreciar en la Fig. 54, para P total solo se reportaron valores menores a 1 mgP/L que corresponde al límite de detección, mientras los valores de N total fluctuaron entre 0,020 mgN/L (= L.D.) y 1,216 mg N/L (2015-2017), con un promedio de $0,229 \pm 0,321$ mg N/L. Estos valores son muy por debajo de la norma (10 mgN/L) y también son más bajos (factor 1,7x) que los valores obtenidos en este estudio.

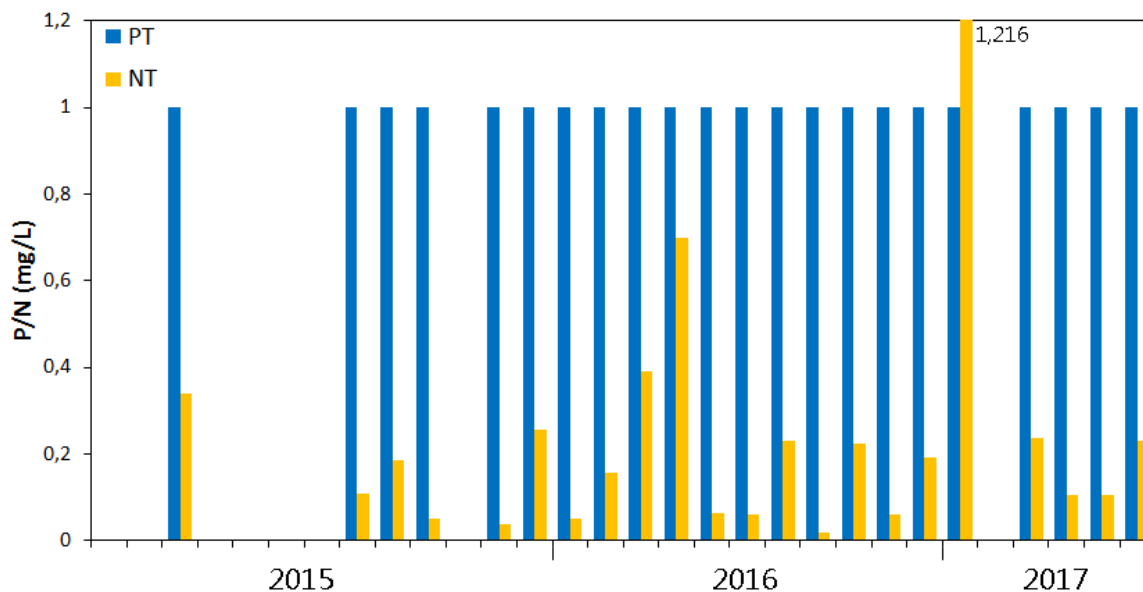


Fig. 54: Concentraciones de PT y NT obtenido en el programa de autocontrol del efluente de la piscicultura Quiman (Datos: SMA)

Tabla 40: Resumen sobre los datos del autocontrol del efluente de la piscicultura Quiman (26.4.2016 – 1.6.2017).

L.D.: Límite de detección

	PT	NT	DBO5
	Concentración (mg/L)		
promedio	1,000	0,229	2,821
SD	0,000	0,321	0,987
min	1,000	0,020	1,375
max	1,000	1,216	4,821
L.D.	1	0,020	?
	Carga (kg/365 días)		
Autocontrol	14781	3190	27244*
Este estudio	1049	5691	43432

*La carga de C fue calculada en base del DBO5 multiplicado por el factor 2/3 .

Se concluye lo siguiente:

El límite de detección para P total es demasiado alto (1,0 mgP/L) para detectar este parámetro en los RILES de la piscicultura Quiman. Los valores de N total y DBO5 estan en el rango esperado siendo incluso mas bajo que los valores reportados en este estudio (por 36-42%). Se consideran correctos. Se recomienda usar métodos analíticos con un L.D. mas bajo para P total (< 0,050 mgP/)

4.3.2 Resultados Piscicultura Los Canelos

El monitoreo realizado en la piscicultura Los Canelos abarcó 5 estaciones (Fig. 55), de las cuales se agregó la estación control acumulador debido a que la piscicultura no solo ocupa el agua procedente del arroyo al cual descarga el efluente, sino que también se abastece de aguas provenientes de pozos subterráneos y vertientes aledañas, adjuntando todas estas en un contenedor que luego deriva el agua a los diferentes estanques. El trabajo en terreno no presentó mayores complicaciones en las campañas realizadas hasta ahora, sin embargo, en la campaña del 13.10.2016, el arroyo “control” en donde se descargan las aguas residuales río abajo, se observa una fuerte entrada de carga orgánica debido a la presencia de ganado bovino en el sector, por lo que se decidió monitorear las aguas presentes en la estación control acumulador. Además, las estaciones punto 3 y punto 4, se encontraban en sectores de sedimentos fangosos, por lo que la remoción y resuspensión de este material, dificultaba la toma de muestras. El 24 de noviembre no hubo toma de muestras en el sitio control porque no había agua en el acumulador, debido a la no producción de peces.

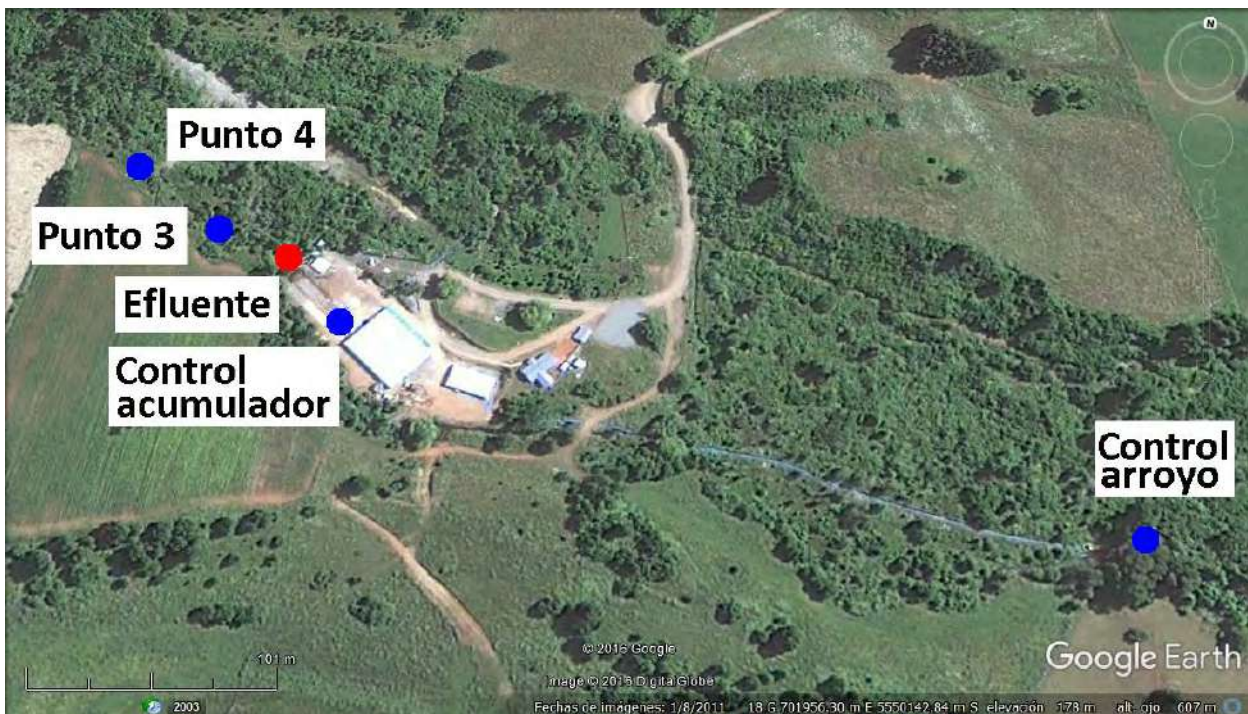


Fig. 55: Ubicación de las estaciones monitoreadas en piscicultura Los Canelos (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.01.2011)

4.3.2.1 Monitoreo de calidad de agua

En las figuras 56 y 60 se presentan los resultados sobre los factores físicos y químicos de la piscicultura Los Canelos.

Caudal: El caudal del efluente fluctuó entre $\sim 3.400 \text{ m}^3/\text{d}$ y $\sim 7.300 \text{ m}^3/\text{d}$ con un promedio de $\sim 4.800 \text{ m}^3/\text{d}$. El caudal del receptor varía entre $\sim 2.000 \text{ m}^3/\text{d}$ y $\sim 15.600 \text{ m}^3/\text{d}$. Mas informaciones sobre este parámetro y el factor de dilución se presentan en el punto 4.3.2.4 (Estimaciones de las cargas).

Temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, turbidez y DQO: Los parámetros temperatura ($9,4 - 16,4 \text{ }^\circ\text{C}$), conductividad eléctrica ($76,2 - 121,8 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto ($8,8 - 11,4 \text{ mg}/\text{L}$), pH ($6,2 - 8,2$), turbidez ($0,42 - 3,31 \text{ NTU}$) exceptuando el monitoreo del 28 de febrero del 2017, por remoción de tierra y construcción, y DQO ($< 4 \text{ mg}/\text{L}$, en su mayoría) fluctúan en un rango similar en todas las estaciones (control acumulador, control, efluente, Punto 3 y 4), sin embargo en relación a la conductividad eléctrica se pudo observar un leve aumento en el efluente ($117,5 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$) respecto a las demás estaciones. No hay diferencias marcadas entre primavera, verano u otoño, aunque las mayores conductividades se observaron desde el monitoreo del 09 de enero hasta el 06 de junio del 2017, además la conductividad eléctrica muestra valores más elevados en la estación control acumulador que en el arroyo receptor, que a su vez también presenta altos valores, reflejando la influencia de ganadería/agricultura en esta área.

Nitrógeno y fósforo (Fig. 56 y 57): Los altos valores de nitrógeno ($306,7 - 1982 \text{ } \mu\text{g N}/\text{L}$) en las estaciones control son notorios, debido a la actividad intensiva de ganadería en la zona. Predomina – a excepción del 04 de julio del 2017, con altos valores de amonio - el nitrato ($\sim 85\%$ de N total) como la fracción más importante dentro del N total. Luego, las concentraciones de nitrógeno aumentan levemente en el efluente de la piscicultura en algunos monitoreos, sin embargo, también se observó en los monitoreos del 21 de diciembre del 2016, 31 de enero, 28 de febrero, 06 de junio y el 04 de julio del 2017 una disminución del N total en el efluente en comparación con el control. Las estaciones punto 3 y punto 4, que se encuentran río abajo de la descarga presentan valores totales de nitrógeno como también las fracciones orgánicas e inorgánicas, relativamente constantes a lo largo de los monitoreos, siendo generalmente valores muy altos ($451 - 1313 \text{ } \mu\text{g N}/\text{L}$).

Respecto al fósforo, se pudo observar una tendencia similar respecto al nitrógeno. Las concentraciones de P son marcadamente altas en las estaciones controles ($59,3 - 296,9 \text{ } \mu\text{gP}/\text{L}$). Luego los valores aumentan en el efluente (entre $1,5x - 6x$ veces respecto al control) y se mantuvieron después río abajo en este mismo

nivel. Este aumento de fósforo en el efluente fue causado por la fracción disuelta de P, que predominó de manera considerable en el efluente y río abajo con valores de 70-90% del P total. La fracción particulada fue retenida en su mayoría por el rotafiltro utilizado en la piscicultura.

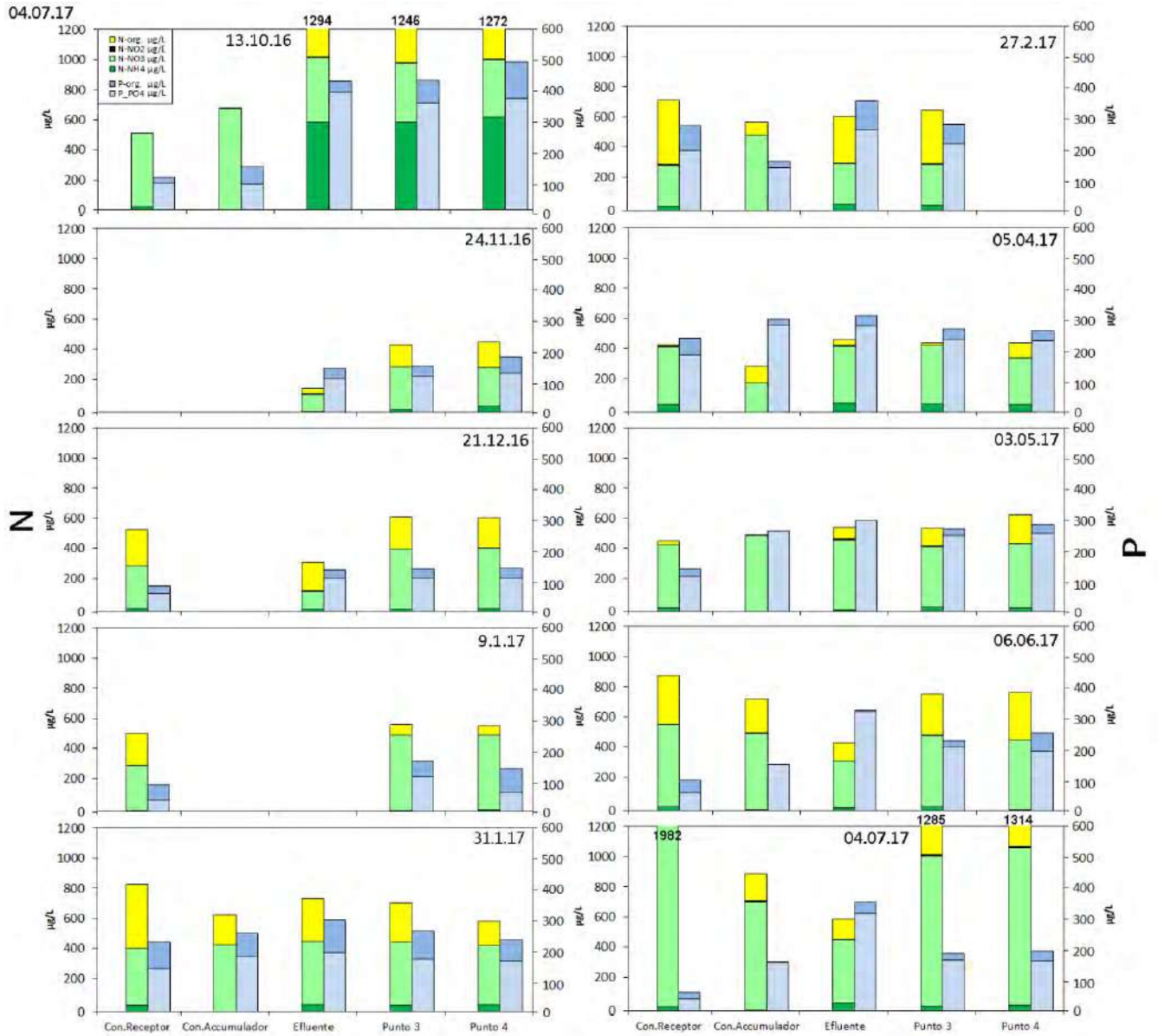


Fig. 56: Fracciones de nitrógeno y fósforo en diferentes estaciones Piscicultura Los Canelos

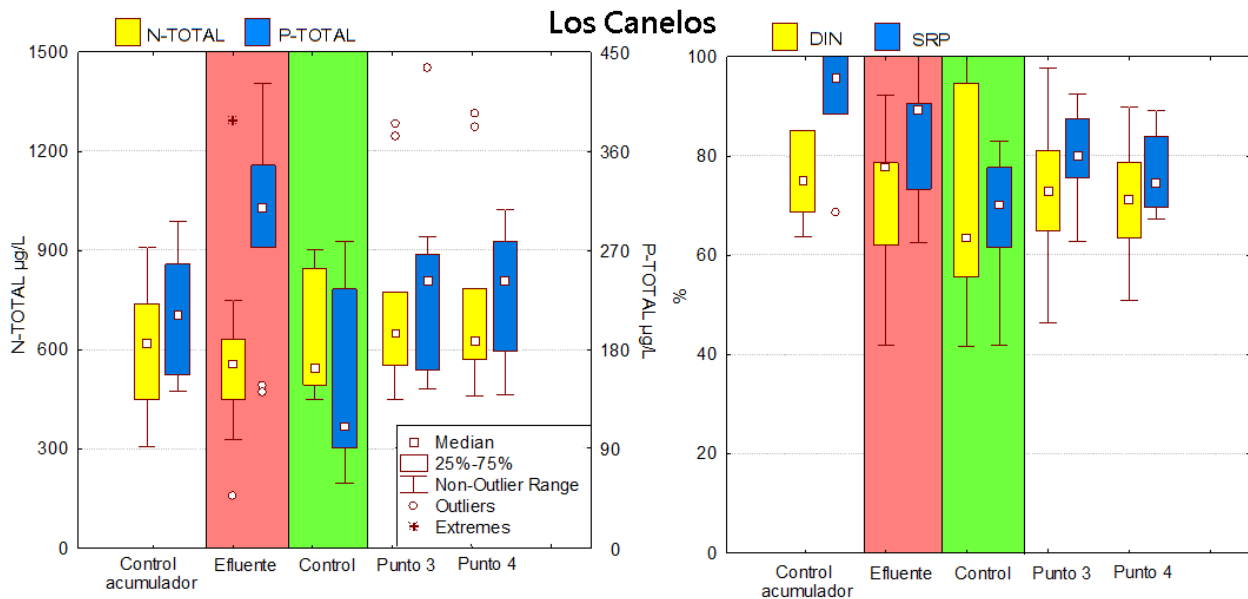


Fig. 57: Box Plot de diferentes fracciones de N y P en diferentes estaciones Piscicultura Los Canelos. (izquierdo: valores absolutos, derecho: porcentaje de las fracciones disueltos).

Evaluación niveles tróficos

La evaluación trófica muestra que el receptor de la descarga de la piscicultura Los Canelos ya es eutrófico con altos niveles de N y P. Después del ingreso del efluente no cambia el nivel trófico río abajo. Sin embargo, hay que mencionar que las distancias de los puntos 3 y 4 no son altas (< 200 m), por lo cual no se descartaría que el arroyo podría mejorar su nivel trófico en una distancia mayor. Por otro lado, la muy alta carga de N y P del arroyo mismo deja suponer que la cuenca esta muy eutrófica por el manejo humano (fertilizantes, ganadería etc.) y no lograría alcanzar niveles tróficos mejores (mesotrófico, oligotrófico) aún cuando no haya una descarga de la piscicultura Los Canelos, que aporta principalmente P.

Tabla 41: Evaluación trófica de diferentes estaciones de monitoreo, piscicultura Los Canelos.

Trofia	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Oligotrófico	< 75	< 10
Oligo -mesotrófico	75 - 150	10 - 25
Mesotrófico	150 - 300	25 - 60
Eutrófico	> 300	> 60

Estación	NT (µg/L)	PT (µg/L)
	Promedio ± Dev.est.	Promedio ± Dev.est.
Control N=9	772 ± 480	147 ± 80
Punto 3 N=10	740 ± 300	240 ± 90
Punto 4 N=10	740 ± 310	250 ± 100

Carbono orgánico disuelto (Fig. 58-60) : En general se observa un aumento de COD en el efluente con respecto al agua que ingresa a la piscicultura (control acumulador). En las estaciones Punto 3 y Punto 4 los valores de carbono se ven elevados por sobre la estación control acumulador y efluente, pero por debajo de la concentración de COD de la estación control (cuerpo de agua fluvial receptor del efluente) debido a la concentración precedente en el arroyo. Las concentraciones de COD fluctuaron en la estación control entre 0,7-3,0 mg C/L. En la estación efluente los valores de COD fluctuaron entre 0,2-2,0 mg C/L. Se observa una tendencia a menores concentraciones de COD durante temporada estival. En la estación Punto 3 los valores de COD variaron entre 0,6 – 1,9 mg C/L. En la estación Punto 4 los valores de COD fueron 0,5 – 1,9 mg C/L. Debido a que esta piscicultura alimenta sus estanques de diversas vertientes/pozos (control acumulador), el valor de COD en el cuerpo fluvial receptor antes de la descarga de la piscicultura (control) se encuentra elevado respecto al control acumulador. Esto también se ve reflejado en las estaciones de muestreo de la descarga y posteriores. Sin embargo, se observa claramente un aumento de COD del control acumulador (que alimenta los estanques) con respecto al efluente. En las estaciones posteriores (Punto 3 y Punto 4) sigue aumentando la concentración de COD. En el caso de las estaciones punto 3 y punto 4 el aumento de COD está influenciado por una parte de la concentración proveniente de la estación efluente y por la concentración de COD proveniente del cuerpo de agua fluvial procedente de la estación control.

De acuerdo con los cálculos realizados para determinar el área de influencia del efluente de la piscicultura en relación con la concentración de carbono orgánico disuelto del cuerpo de agua fluvial receptor se observa que el efluente disminuye en promedio un 56% la concentración de COD del río receptor. Esto debido a que esta piscicultura se alimenta de una mezcla de aguas de distinto origen de acuerdo con el manejo propio y las necesidades de la piscicultura. Si se realiza un cálculo de aporte porcentual de COD originada por la operación de la piscicultura se observa que el agua del control acumulador presenta un 82% menos COD que el río receptor. No obstante, río abajo en los puntos 3 y 4 la concentración de COD remanente del efluente de la piscicultura es de -32% y -33% (Fig. 60). Esto significa que el Río receptor presenta una carga propia y que el aporte de la piscicultura en vez de aumentar la concentración de COD la diluye.

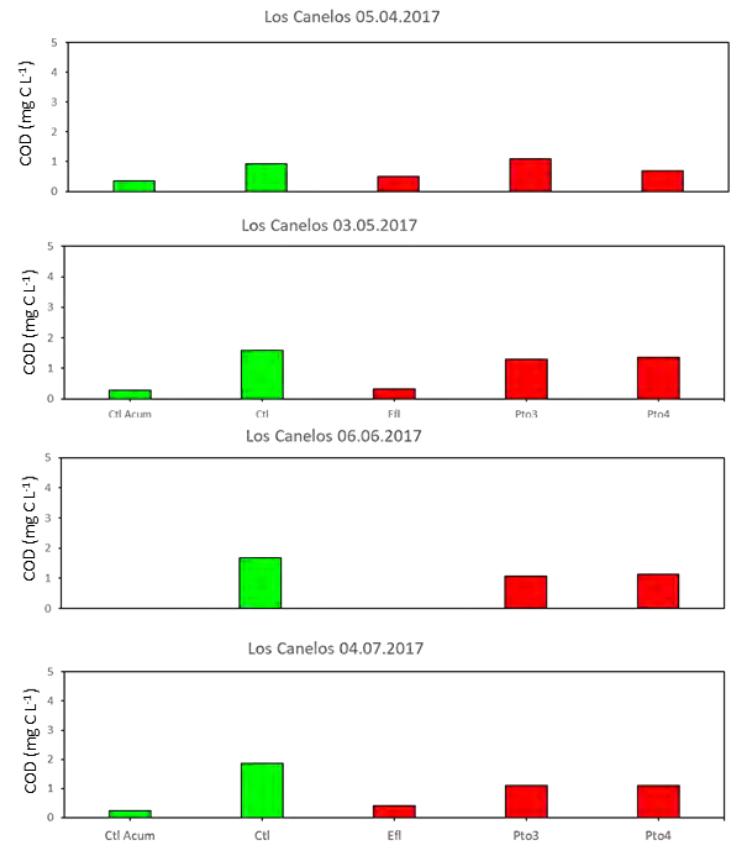
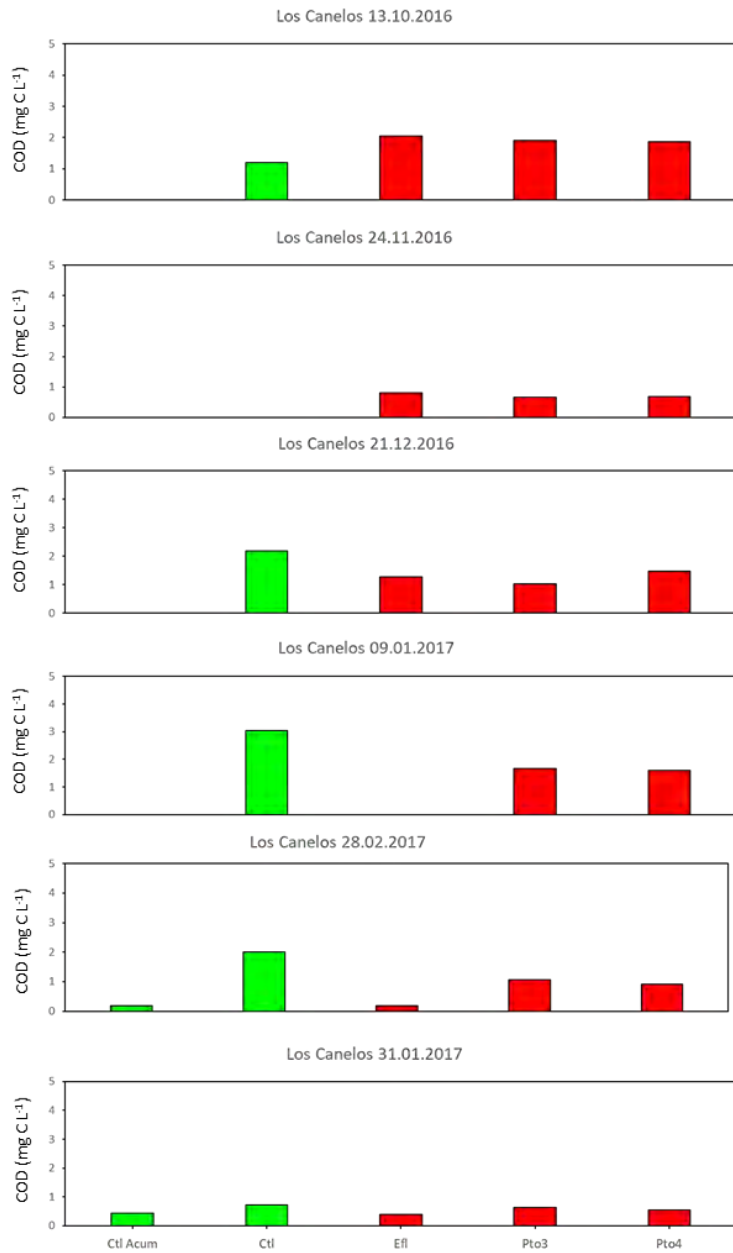


Fig. 58: Carbono orgánico disuelto en diferentes estaciones Piscicultura Los Canelos

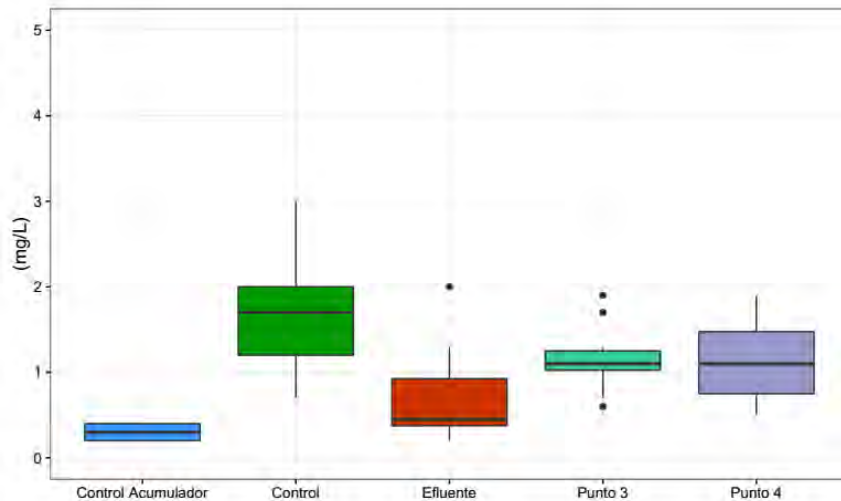


Fig. 59: Concentración de carbono orgánico disuelto (mg C/L) promedio en las diferentes estaciones de la piscicultura Los Canelos (Boxplots de COD indicando mediana, error estándar y valores extremos de los diez muestreos realizados).

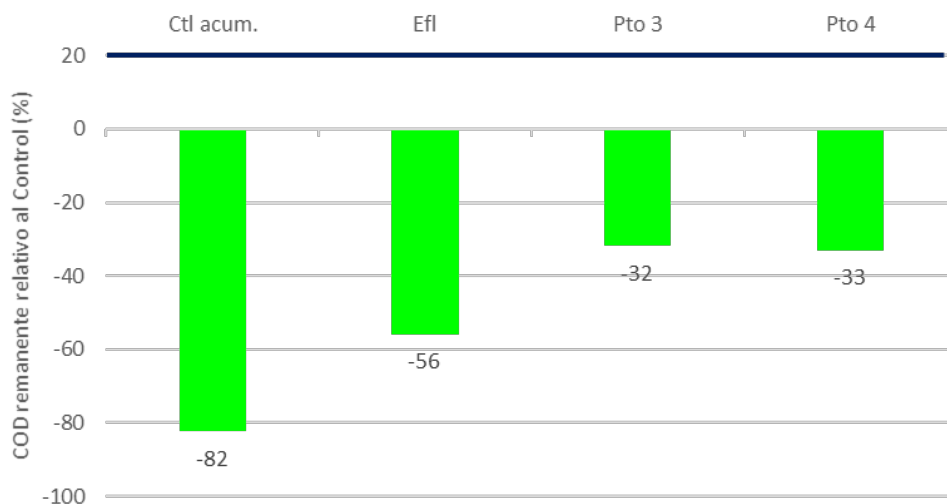


Fig. 60: Porcentaje de la concentración de carbono orgánico disuelto (% mg C/L) promedio remanente en las diferentes estaciones de la piscicultura Los Canelos con respecto al cuerpo de agua fluvial receptor.

Materia orgánica disuelta (Fig. 61-64)

Los resultados obtenidos nos muestran que la estación control acumulador, lugar donde se juntan las tres fuentes de agua que utiliza la piscicultura, se presentan las intensidades de fluorescencia más bajas de todas las estaciones tanto a nivel refractario como proteico, sin embargo, la reserva de DOM lábil es un poco mayor. La estación control presenta un predominio de DOM refractario siendo conformado por un 69% del total de la reserva de DOM, además de presentar algunas de las mayores intensidades

de fluorescencia (FMax) de estos componentes. La estación efluente, lugar de la descarga de las aguas residuales proveniente de la piscicultura, produce la mayor entrada de DOM proteico al flujo de agua, aportando más de un 74% a la conformación total de la reserva de DOM, además de presentar las mayores intensidades de fluorescencia (FMax) de esta fracción. Las estaciones punto 3 y punto 4, se comportan de manera similar, alcanzando proporciones entre un 45 a un 46% de DOM proteico y 54 a un 55% de DOM húmico, en donde el material refractario no presenta intensidades tan altas como en la estación control, pero si mayores a lo observado en la estación efluente. Al agrupar las estaciones mediante sus intensidades de fluorescencia (Proteico y Húmico) se puede observar que la estación control difiere en su conformación con respecto a las demás estaciones, debido a las altas intensidades de fluorescencia de los componentes húmicos, de igual manera que la estación control acumulador, sin embargo, esta presenta mayor variación en el DOM proteico. Las estaciones punto 3 y punto 4 se agrupan en un sector, influenciadas eso si, por las descargas de la estación efluente. Los valores de fluorescencia del material orgánico lábil en estas estaciones son bastante superiores a lo encontrado en la estación control, por lo que es posible utilizar a los componentes proteicos de DOM como trazadores del aporte orgánico proveniente del efluente de la piscicultura.

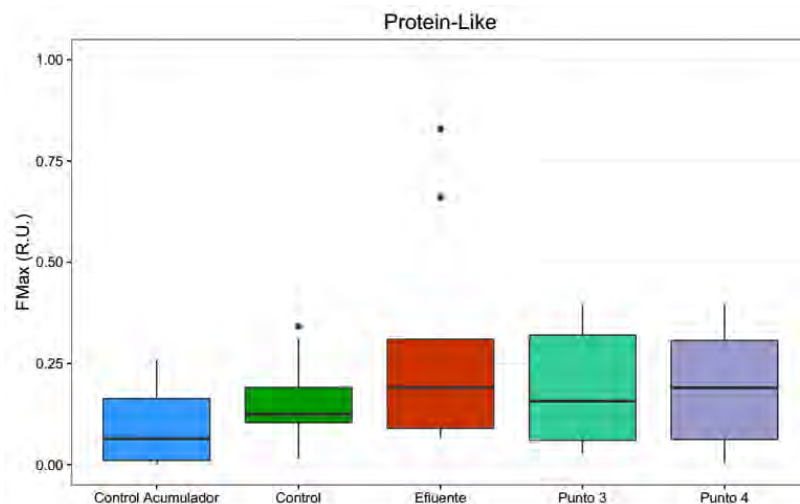


Fig. 61: Variación espacial de DOM proteico en las distintas estaciones de la piscicultura Los Canelos

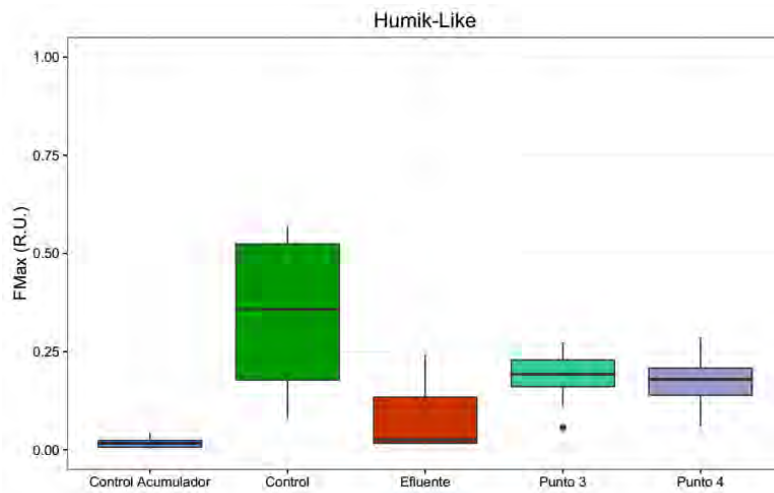


Fig. 62: Variación espacial de DOM refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Los Canelos

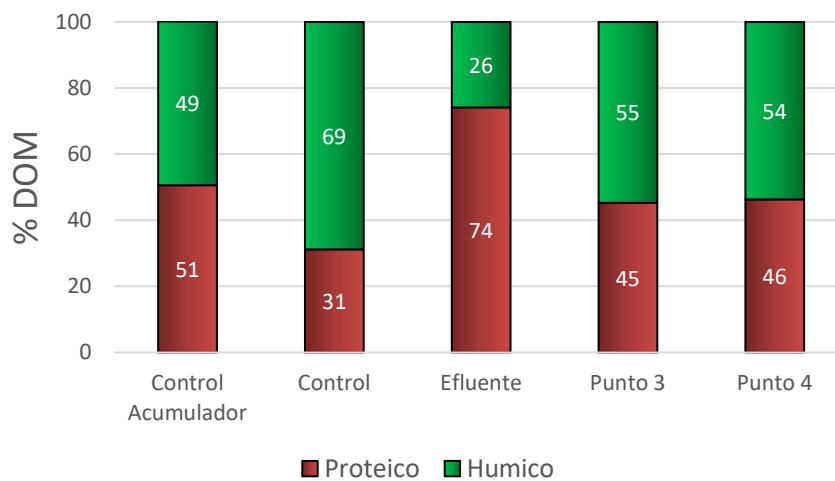


Fig. 63: Aporte porcentual de DOM labil v/s refractario promedio en las distintas estaciones de la piscicultura Los Canelos

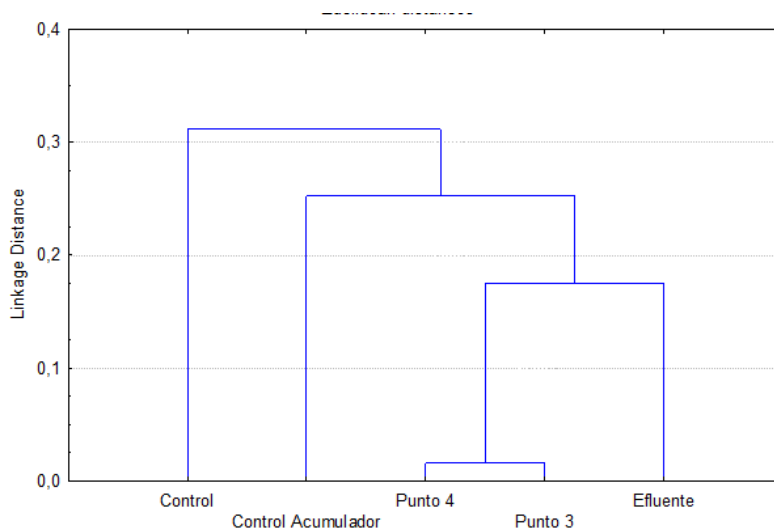


Fig. 64: Diagrama de árbol (ward method) demostrando diferencias y similitudes de DOM labil v/s refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Los Canelos

Tabla 42: Rangos (promedio anual) de calidad de aguas referentes a COD en la Piscicultura Los Canelos.

Piscicultura LOS CANELOS	Escala de calidad	Concentración promedio \pm dev. est. de COD (mg C/L)
Control	Buena	1.7 \pm 0.7
Efluente	Muy Buena	0.7 \pm 0.6
Pto. 3	Buena	1.2 \pm 0.4

Se concluye según los tres criterios de calidad de aguas propuestos relativas al carbono orgánico disuelto:

1. Las concentraciones no sobre pasan los valores límite de concentración (max. 10 mg C/L).
2. Con relación a los rangos de calidad, el efluente de la piscicultura no cambia el nivel de calidad (buena) después de la mezcla completa.
3. El componente tipo triptófano de la materia orgánica disuelta permite una trazabilidad efectiva del efluente de la piscicultura.

4.3.2.2 Monitoreo de macrozoobentos

Área de estudio: La piscicultura Los Canelos se ubica en la zona del Valle central (depresión intermedia) de la Región de los Ríos y el recurso agua utilizado para el proceso productivo es obtenido desde vertientes originadas en laderas de un cerro adyacente con pendiente moderada y de baja altitud. Los Riles de la piscicultura son descargadas al estero Sin Nombre, que pasa a un costado de ésta y que también se origina de vertientes de zonas más altas del área. Desde la descarga de la piscicultura hacia abajo, el estero Sin Nombre aumenta su caudal debido a la confluencia de vertientes y prosigue su desarrollo sobre una topografía levemente ondulada con uso agrícola y ganadero. En su recorrido presentar fragmentos de bosque de ribera tipo Hualve. El estero es tributario de la subcuenca del Río Ralitrán y este a su vez, de la cuenca del río Bueno

Caracterización de tramos comparados: Las alteraciones (impactos) del componente biológico en el Estero Sin Nombre se evaluaron sobre un tramo de 50 m de longitud para un tramo CONTROL y de 100m para un tramo IMPACTO, usando la metodología multihábitat para macroinvertebrados bentónicos en un muestreo realizado el 10 de marzo de 2017 (Fig.65) en

los hábitats diferenciados proporcionalmente a sus porcentajes de cobertura en cada uno (Tabla 43).

El tramo CONTROL se caracterizó por presentar una profundidad media de 0,4m con un sustrato duro a esa profundidad y una capa de sedimento fino (limo) de 0,2m de espesor aproximadamente en 2/3 de su longitud. Su ancho medio no supera los 0,5m y con importante presencia de macrófitas. Presenta un bosque de ribera degradado con especies exóticas. En la porción final del tramo, en su ribera derecha, un cerco de malla a 2m del cauce separa un área de suelo descubierto usado para acopio de distintos materiales propios de la piscicultura y un edificio de bodega.

El tramo IMPACTO se ubicó uno 20m aguas abajo del punto de descarga del efluente y se caracterizó por tener un lecho plano y homogéneo con predominio de arena-grava, una profundidad media de 0,3m y un ancho de 4m, con presencia escasa de micrófitas y un bosque de ribera tipo Hualve degradado con claros. A diferencia del CONTROL, se observó la presencia de sitios de abrevaderos de animales (vacunos).

Debido a las diferencias descritas para los tramos seleccionados se determinaron tipos distintos de hábitat, sin embargo y conforme a la descripción efectuada usando el índice de calidad de hábitat (IHF) para el desarrollo de los ensambles de macrozoobentos, se obtuvo un índice de similitud “comparable” para los tramos.



Fig. 65: Piscicultura Los Canelos. Ubicación de los tramos CONTROL e IMPACTO en el Estero Sin Nombre.

Tabla 43: Tramos comparados en el estero Sin Nombre, porcentaje hábitat (%) y número de muestras (Nº) en cada uno:

H-MOPF= Materia Orgánica Particulada Fina (M.O. no se distingue formas de origen); H-MOPG= Ramas < 1m, hojarasca, raíces (Materia Orgánica Particulada Gruesa); H-GG= Sustrato mineral 0,2 – 6cm (Grava-Guijarros); H-LA= Sustrato mineral < 0,2cm limo arena (Limo Arena); H-VEGT= Vegetación terrestre, raíces y hojas (Partes vivas de vegetación terrestre). Fecha de muestreo 10 de marzo de 2017.

Tramo	Inicio Tramo UTM	Fin Tramo UTM	H-MOPF	H-GG	H-LA	H-MACROF	H-MOPG	H-VEGT
CONTROL *	5550105S 701862E	5550109S 701913E	35% Nº=7	15% Nº=3	--	30% Nº=6	-	20% Nº=4
IMPACTO *	5550257S 701675E	5550200S 701751E	-	30% Nº=6	50% Nº=10	--	10% Nº=2	10% Nº=2

* Longitud de tramo: CONTROL =100 a 150m aguas arriba del efluente ; MPACTO= 20 a 130m aguas abajo del efluente.

Taxones y métricas en los tramos sujetos a comparación: Se determinó para el tramo IMPACTO disminución de la riqueza de especies (S) y diversidad específica (H'), un incremento de la densidad total (ind./m²), baja porcentaje de similitud (Sj) y alto porcentaje disimilitud (Bray-Curtis), definiéndose la alteración como moderada desde el punto de vista biológico. En los tramos estudiados se registró un total de 77 taxones (Tabla 44); de estos, 29 fueron compartidos, 33 taxones fueron exclusivos del tramo CONTROL y 15 exclusivos para el tramo IMPACTO.

En el tramo IMPACTO disminuyen los taxones en un 29% (62 a 44) y se incrementa la densidad total (ind./m²) en 18% (Tabla 46).

Las mayores disminuciones en densidad coinciden con grupos reconocidos como sensibles a contaminación (principalmente de tipo orgánico): Trichoptera, Plecoptera y Ephemeroptera con 87, 50 y 30 por ciento de decrecimiento respectivamente. No se encontraron en el tramo IMPACTO los Trichópteros: *Austrocentrus sp.* (Helicophidae), *Genero X* (Hydrobiosidae), *Parasericostoma ovale* y *Myotrichia murina* (Sericostomatidae); los Plecópteros *Klapopteryx armillata* (Austroperlidae), *Kemnyella sp.* (Perlidae); y los Hephemerópteros: *Andesiops Sp3* (Baetidae), *Ferrodies sp.* y *Meridialaris chiloeense* (Leptophlebiidae). También se observó una importante disminución de la densidad de Dípteros, alcanzando al 82% respecto al tramo CONTROL, variación asociado a la ausencia de 13 taxones de un total de 24 y en específico, la disminución del 90% de Chironomidos: *Paratanytarsus sp.* (Chironomini), *Corynoneura sp.* (Orthoclaadiinae), *Pentaneura sp.* (Tanypodinae). Al contrario, el grupo de los oligoquetos: *Lumbriculus Sp1* (Lumbriculidae) y *Tubifex* (Tubificidae), respondieron positivamente con el aumento de sus densidades y sumándose al registro dos nuevos taxones, *Lumbriculus Sp7* e Hirudinea.

El Índice Biótico de Familias (IBF) aplicado para definir calidad de agua, muestreo un cambio de Mala (6,35) a Muy Mala calidad (7,67). El alto número de taxones, en su mayoría de moderados a alta preferencia por materia orgánica, la sustitución de taxones, las variaciones en densidades de aquellas taxas que pertenecen a grupos sensibles a contaminación orgánica (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera) y preferencia de hábitat, determinarían estos resultados. Por otro lado, el cambio de categoría de calidad de agua también es reflejo de la disminución de la diversidad específica (H') de 0.94 (CONTROL) a 0.69 (IMPACTO). Los valores obtenidos del índice biótico (IBF) (independiente de la calidad obtenida), clasifican la alteración desde un punto de vista biológico para el tramo IMPACTO como moderado.

La similitud de los ensambles comparados alcanzó al 38% (índice de Jaccard S_j) y una disimilitud (Bray-Curtis) del 86%.

Tabla 44: Composición taxonómica del macrozoobentos por tramo en el Estero Sin Nombre, Piscicultura Los Canelos

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO
ANNELIDA	HAPLOTAXIDA	OLIGOCHAETA	NAIDIDAE	Nais	X	X
			LUMBRICULIDAE	Lumbriculus Sp1	X	X
				Lumbriculus Sp5	X	X
				Lumbriculus Sp6	X	-
				Lumbriculus Sp7	-	X
	TUBIFICIDAE	Tubifex	X	X		
	HIRUDINEA	HIRUDINEA	HIRUDINEA	Hirudinea	-	X
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	AUSTROPERLIDAE	Klapopteryx armillata	X	-
			GRIPOPTERYGIDAE	Antarctoperla michaelsoni	X	X
				Limnoperla Jaffueli	-	X
		PERLIDAE	Kemnyella	X	-	
		EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	Andesiops Sp2	X	X
				Andesiops Sp3	X	-
				Andesiops Sp4	-	X
				Beatidae Sp1	-	X
			LEPTOPHLEBIIDAE	Ferodes	X	-
				Massarttelopsis	X	X
				Meridialaris chiloeense	X	-
				Meridialaris Sp2	X	X
				Meridialaris sp5	-	X
		TRICHOPTERA	HELICOPHIDAE	Austrocentrus sp	X	-
			HYDROBIOSIDAE	Genero X	X	-
			HYDROPSYCHIDAE	Smicridea annulicornis	X	-
			LEPTOCERIDAE	Brachycetodes	X	X
			LIMNEPHILIDAE	Monocosmoecus	X	X
Austrocosmoecus	X			X		
SERICOSTOMATIDAE	Parasericostoma ovale	X	-			

CONTINUACION TABLA 44

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO
				Myotrichia murina	X	-
	DIPTERA		ATHERICIDAE	Dasyomma	X	-
			CERATOPOGONIDAE	Bezzia	X	-
				Culicoides	X	-
			CERATOPOGONIDAE	Forcipomya sp	-	X
			CHIRONOMIDAE	Paratanytarsus	X	X
				Chironomini	X	-
				Chironomini sp2	X	-
				Orthoclaadiinae	X	X
				Orthoclaadiinae C	X	X
				Orthoclaadiinae D	X	X
				Corynoneura sp	X	X
				Rheocricotopus	X	X
				Podonominae sp	-	X
				Pentaneura	X	X
				Pentaneura Sp2	X	-
				Pentaneura Forma B	X	X
				Tanypodinae Sp3	X	-
			DIXIDAE	Nothodixa sp	X	X
			EMPIDIDAE	Chelfera sp	X	-
			SIMULIIDAE	Gigantodax	X	X
			TABANIDAE	Tabanidae Sp3	X	-
				Tabanidae Forma A	X	-
			TIPULIDAE	Tipulidae Sp1	X	-
				Tipulidae Sp8	X	-
		COLEOPTERA	DITISCIDAE	Ditiscidae sp	-	X
			ELMIDAE	Austrolimnus	X	-
			PSEPHENIDAE	Ectopria	X	-
			SCIRTIDAE	Cyphon Sp2	-	X
		ODONATA	AESHNIDAE	Aeshnidae Forma B	X	-

CONTINUACION TABLA 44

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO
		MECOPTERA	NANNOCHORISTIDAE	Nannochorista sp	-	X
		MEGALOPTERA	SIALIDAE	Sialis sp	X	-
	CRUSTACEA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	Hyaella	X	X
		DECAPODA	AEGLIDAE	Aegla	X	-
		ISOPODA	JANIRIDAE	Heterias	X	X
	HYDRACHNOIDEA	ACARI	HYGROBATIDAE	Hygrobates	X	X
			HYGROBATIDAE	Hygrobates Sp3	-	X
			LIMNESIDAE	Acari Ind.C	X	-
			SPERCHONTIDAE	Acari Forma X	-	X
				Acari Sp1	-	X
	ELLIPURA	COLLEMBOLA	COLLEMBOLA	Collembola	X	X
CNIDARIA	CNIDARIA	CNIDARIA	HYDRIDAE	Hydra	X	-
MOLLUSCA	BIVALVIA	PALEOHETERODONTA	SPHAERIDAE	Piscidium	X	X
	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	LIMNAEIDAE	Lymnaea	X	-
			CHILINIDAE	Chilina gibbosa	X	X
				Chilina Forma A	X	-
NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	Nematoda Ind,	X	X
PLATYHELMINTHES	TURBELLARIA	TRICLADIA	DUGESSIDAE	Dugesia	X	X
	PLATYHELMINTHES	PLATYHELMINTHES	PLATYHELMINTHES	Platyhelminthes ind.	-	X
	TEMNOCEPHALA	TEMNOCEPHALA	TEMNOCEPHALIDAE	Temnocephala sp	X	-

Cambio en la estructura del ensamble:

La distribución en porcentaje de las abundancias de los grupos encontrados en el Tramo Control está conformada por Diptera (59%), Amphipoda (13%), Oligochaeta: Naididae (11%); Nematoda (5%), Ephemeroptera: Betidae (3%), Isopoda: Janiridae y Trichoptera (2%), Plecoptera y Temnocephalidae (1%). Los restantes grupos encontrados están representados con abundancias no superiores al 0.5%.

En el tramo impacto los grupos dominantes fueron, Oligochaeta: Tubifex (60%) y Lumbriculidae (22%). Con menos representación, Diptera (9%), Amphipoda (3%), Naididae y Ephemeroptera (2%), y los restantes grupos encontrados representados con porcentajes no superiores al 0.5%.

Taxones indicadores de alteración:

La caracterización de los ensambles de macrozoobentos para los tramos estudiados (densidad, presencia ausencia y tolerancia), permite plantear el siguiente listado de taxones como indicadores de calidad biológica para el Estero Sin Nombre:

Tabla 45: Taxones indicadores de calidad en los tramos estudiados en el Estero Sin Nombre.

Tramo	Calidad IBF	Taxones representativos
CONTROL	Mala	<i>Pentaneura sp., Corynoneura sp., Bezzia sp., Culicoides sp., Nothodixa sp., Gigantodax sp., Hyaella sp., Chironomini sp., Austrolimnus sp., Sialis sp., Heterias sp., Chilina gibbosa, Naididae, Dugesia sp.</i>
IMPACTO	Muy Mala	Tubifex, Lumbriculidae, Hirudinea, Podonominae sp., Orthocladiinae C y D

Conclusiones

Se determinó para el tramo IMPACTO decrecimiento de la riqueza de especies (alteración moderado), un incremento de la densidad total (nivel de alteración Alto). Disminución de la diversidad específica (nivel de alteración Alto) y el ensamble en el tramo impacto es de baja similitud (nivel de alteración Alto) y alto porcentaje de disimilitud (nivel de alteración Muy Alto) respecto al tramo CONTROL.

La calidad de agua usando el índice biótico de familias (IBF), identifica un cambio de Mala en el CONTROL a Muy Mala calidad en el tramo IMPACTO (nivel de alteración Moderado), donde los Díptera y Amphipoda fueron los grupos dominantes en el tramo control y sustituidos por Oligochaetos (Tubifex, Lumbriculidae) e Hirudinea en el tramo impacto

El efluente de la Piscicultura Los Canelos, contribuye al cambio del ensamble de macrozoobentos del Estero Sin Nombre, donde se determinó la sustitución de los grupos dominantes en el tramo control (Díptera y Amphipoda) por Oligochaeta e Hirudinea en el tramo impacto.

La interpretación de los resultados debe tener en consideración las condiciones particulares de manejo del área y del tipo de hábitat presentes en los tramos comparados

Se concluye que el Estero Sin Nombre presenta alteración MODERADA en la calidad de agua desde el punto de vista biológico (ensambles de macrozoobentos) en un tramo IMPACTO comparados con un tramo CONTROL ubicado aguas arriba de la descarga de los RILEs de la piscicultura Los Canelos.

Tabla 46: Resumen de métricas que comparan los tramos IMPACTO vs CONTROL en el Estero Sin Nombre receptor de efluentes de la Piscicultura Los Canelos. *Valor obtenido al comparar ambos tramos.

Nivel de la alteración: NO HAY MODERADO ALTO MUY ALTO

	Tramo	CONTROL	IMPACTO
METRICA		Marzo 2017	
RIQUEZA (S)		62	44
DENSIDAD (Ind./m²)		60496	71299
DIVERSIDAD (H')		0.94	0.69
JACCARD índice (Sj)		37.7*	
Bray-Curtis (% Disimilitud)		85.8*	
IBF (Calidad de agua)		6.35	7.67
Criterio Calidad de agua		Malo	Muy Malo
% Similitud IBF (Alteración)			Moderado

4.3.2.3 Análisis de la cuenca

1) USO DE SUELO

La definición de la microcuenca Los Canelos es difícil existiendo varias opciones para delimitarla. Aquí se presenta una opción que incluye gran parte de la cuenca del arroyo receptor antes de la piscicultura y la cuenca de las vertientes con una superficie total de 208 ha (Fig 66; Tabla 47). La microcuenca de Los Canelos está dominada principalmente por praderas perennes (87%) y renovales semidenso (13%).

Tabla 47: Uso de suelo en la microcuenca Los Canelos

Uso de suelo	Total (ha)	%
Praderas Perennes	181,01	86,8
Renoval Semidenso	27,49	13,2
Total (ha)	208,5	100

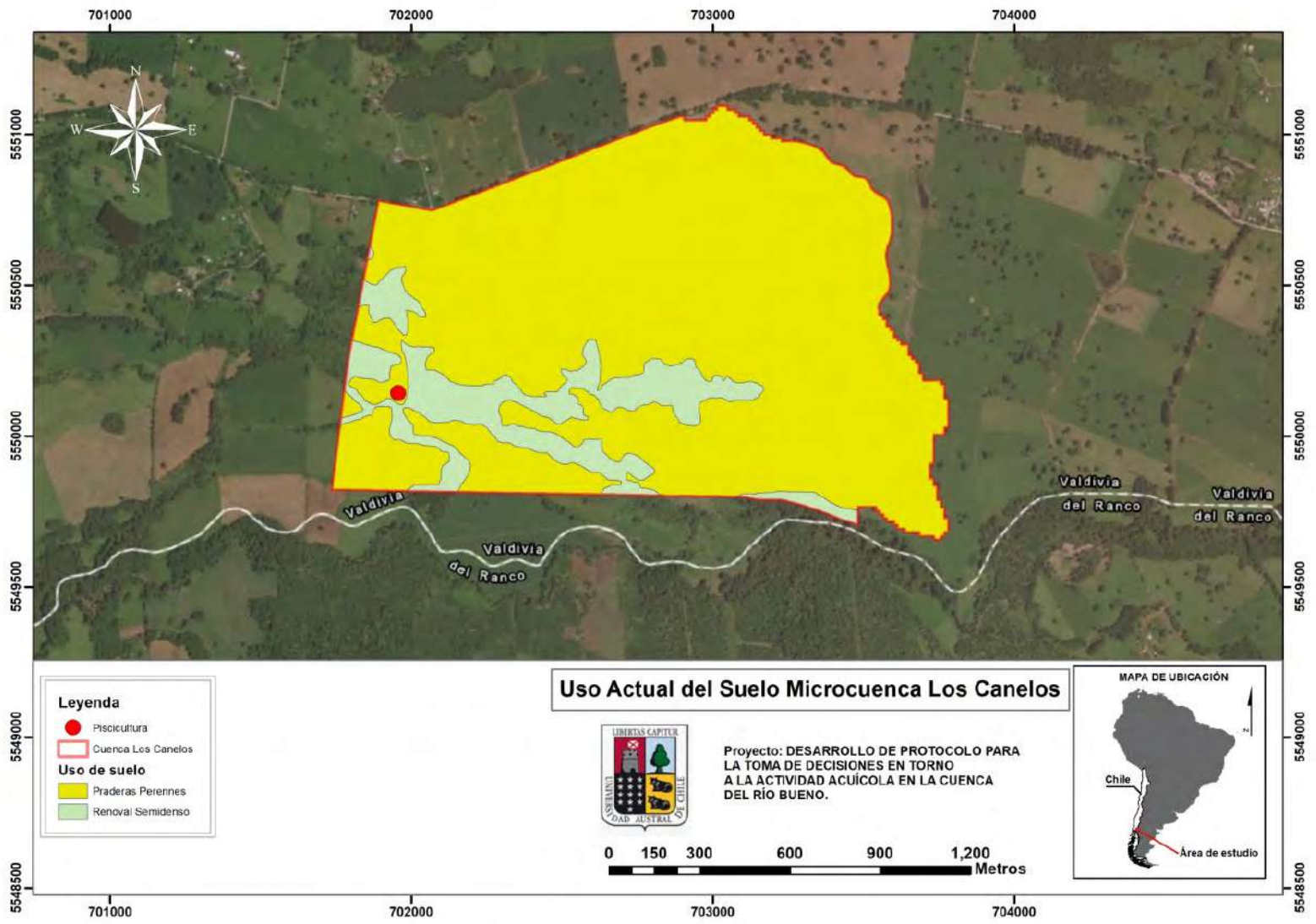


Fig. 66: Uso actual del suelo en la microcuenca Los Canelos

2) POBLACIÓN Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CUENCA

En la subcuenca de la piscicultura Los Canelos existen aproximadamente 11 casas. Se estima la población permanente a menor a 40 personas. Aparte de la actividad agro - ganadera y de la producción acuícola no hay otras actividades en esta subcuenca (Fig. 67).

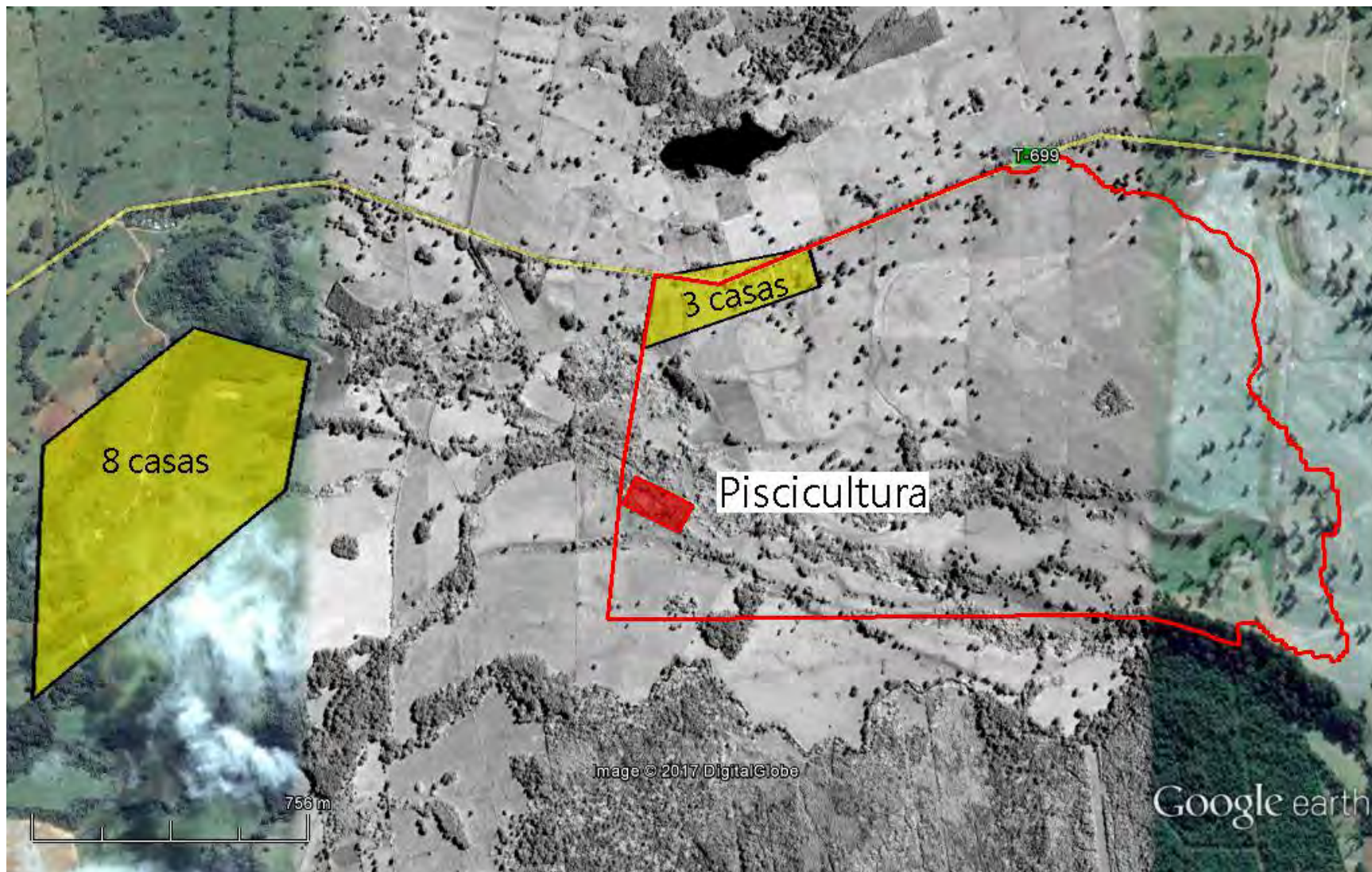


Fig. 67: Areas de asentamiento y actividades humanas en la microcuenca Los Canelos

4.3.2.4 Estimación de las cargas

La piscicultura Los Canelos se abastece de agua de varias vertientes y adicionalmente de agua subterránea, que se mezclan en un estanque acumulador. Luego se descarga el efluente en un receptor (arroyo) con otra calidad de agua de aquella que abastece la piscicultura. La estimación de las cargas provenientes de la actividad piscícola se dificultó por el hecho que se disponía de datos acerca de la calidad del agua que abastece la piscicultura (“control acumulador”) solamente a partir del mes de enero 2017. Los respectivos cálculos de las cargas se realizaron finalmente solamente para el período marzo – julio 2017 (126 días), esto debido a que no hubo producción durante el mes de febrero 2017.

El factor de dilución del efluente en el receptor fue en promedio solamente 2,4x ($\pm 1,1x$) con un mínimo de 1,4 y un máximo de 3,6x. Es decir, el efluente solamente fue poco diluido por el receptor.

La piscicultura Los Canelos fue la única piscicultura que mostró una ausencia de carga en relación con el río receptor del efluente. Solamente se encontró un aporte de fósforo con un aporte de 18% a la carga total del receptor (73 kg en 126 días). Por su parte la carga de C orgánico disuelto por parte de la piscicultura fue de un 2% correspondiendo a 45 kg en 126 días. Esto es debido al hecho que las concentraciones de N fueron mayores en el agua entrante (acumulador) que en el efluente mismo. Sin embargo, estos resultados son solamente preliminares por falta de más datos del agua del acumulador.

Cabe mencionar que la carga media diaria de la piscicultura Los Canelos corresponde a la carga media diaria de aprox. 360 habitantes para P y solo a 9-15 habitantes para C. Para N no había carga. (ver tabla 48, fig. 68).

Tabla 48: Cargas diarias y durante el monitoreo, estimadas para el receptor (estación control), efluente total y aporte de la actividad piscicultura.

		Receptor (1)	Acumulador (2)	Efluente (3)	Piscicultura (4)	Suma (1+3)
PT	Promedio kg/d	1,7 ± 1,6	1,0 ± 0,52	1,6 ± 0,64	0,6 ± 0,6	3,3
	min-max	0,3 – 4,3	0,48 – 1,75	1,08 – 2,6	0,6 -1,4	
	kg/126d	209	130	203	73	412
	%	51	32	49	18	100
NT	Promedio kg/d	8,3 ± 6,98	2,8 ± 1,04	2,7 ± 1,1	-0,06 ± 0,9	11,0
	min-max	2,98 – 19,1	1,8 - 4,3	1,5 -4,6	-1,1 – 1,0	
	Total kg/126d	1043	353	345	-8	1388
	%	75	25	25	-1	100
DOC	promedio kg/d	15,3 ± 10,2	1,39 ± 0,8	1,5 ± 1,1	0,4 ± 0,4	16,7
	min-max	5,5 -31	0,9 – 2,1	0 – 3,0	0 -0,9	
	Total/126d	1924	175	185	45	2108
	%	91	8	9	2	100

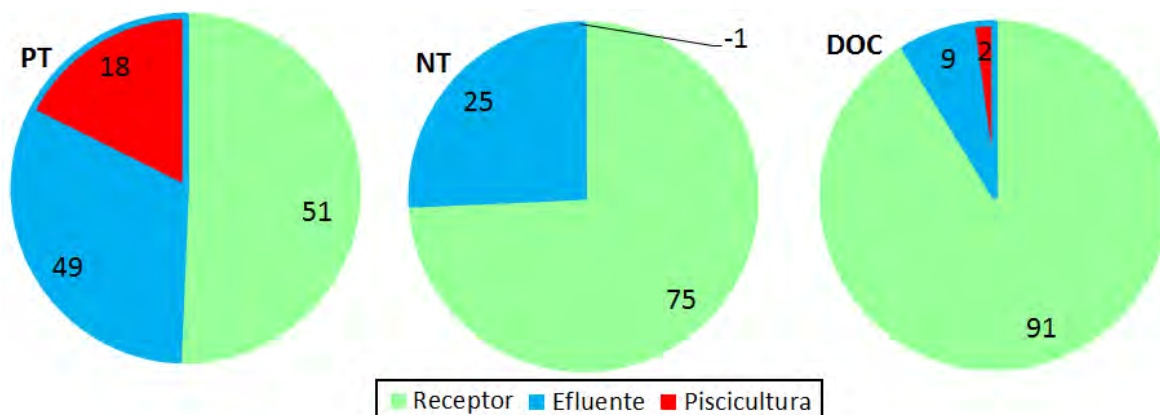


Fig. 68: Porcentaje de cargas estimadas para 126 días (28.2.16 – 04.07.17) de P, N y C de la piscicultura Los Canelos en relación con la carga actual del receptor en la estación “control” y el efluente en comparación con el aporte de la actividad piscicultura.

4.3.2.5 Evaluación del tratamiento de RILES

La piscicultura Los Canelos realiza el tratamiento de aguas residuales mediante sistema de rotafiltro. De acuerdo con sus dimensiones este rotafiltro al parecer tiene un tamaño y abertura de malla adecuados para el caudal de efluente a tratar. Se realizaron mediciones en seis ocasiones. Las concentraciones de DIN, N-Total, PO₄, P-Total y DOC en muestras antes de ingresar al rotafiltro (PT) y después de salir (EFL) se muestran en la fig. 69. La relación entre PT y EFL se muestra en la fig. 69.

Mal rendimiento del sistema de tratamiento para P-total, P- soluble, DIN, N-total y DOC, observándose solo en casos aislados una disminución de las concentraciones en los efluentes, asociados a N-Total. El carbono total (TC) presenta el mejor escenario en cuanto al funcionamiento de su sistema de tratamiento, donde la mitad de los datos muestran una disminución de las concentraciones.

Cabe mencionar que estos resultados son preliminares debido a que para una evaluación robusta de la eficiencia de remoción se deben realizar más muestreos y ajustar la metodología de la toma de muestra, y especialmente tomar muestras integradas durante por lo menos 24 h considerando fluctuaciones de la carga durante el día debido al manejo de la piscicultura (p.e. tiempos de alimentación etc.).

Se concluye que el tratamiento de las aguas residuales de la piscicultura Los Canelos no es efectiva para nitrógeno, fósforo (disuelto & total) y carbono orgánico disuelto (DOC) donde en casi todos los casos los valores aumentan después del tratamiento. Para el carbono total (TC), sin embargo, se observa una mejor efectividad del sistema de tratamiento donde la mitad de los datos obtenidos muestran menores concentraciones de TC después del sistema de tratamiento.

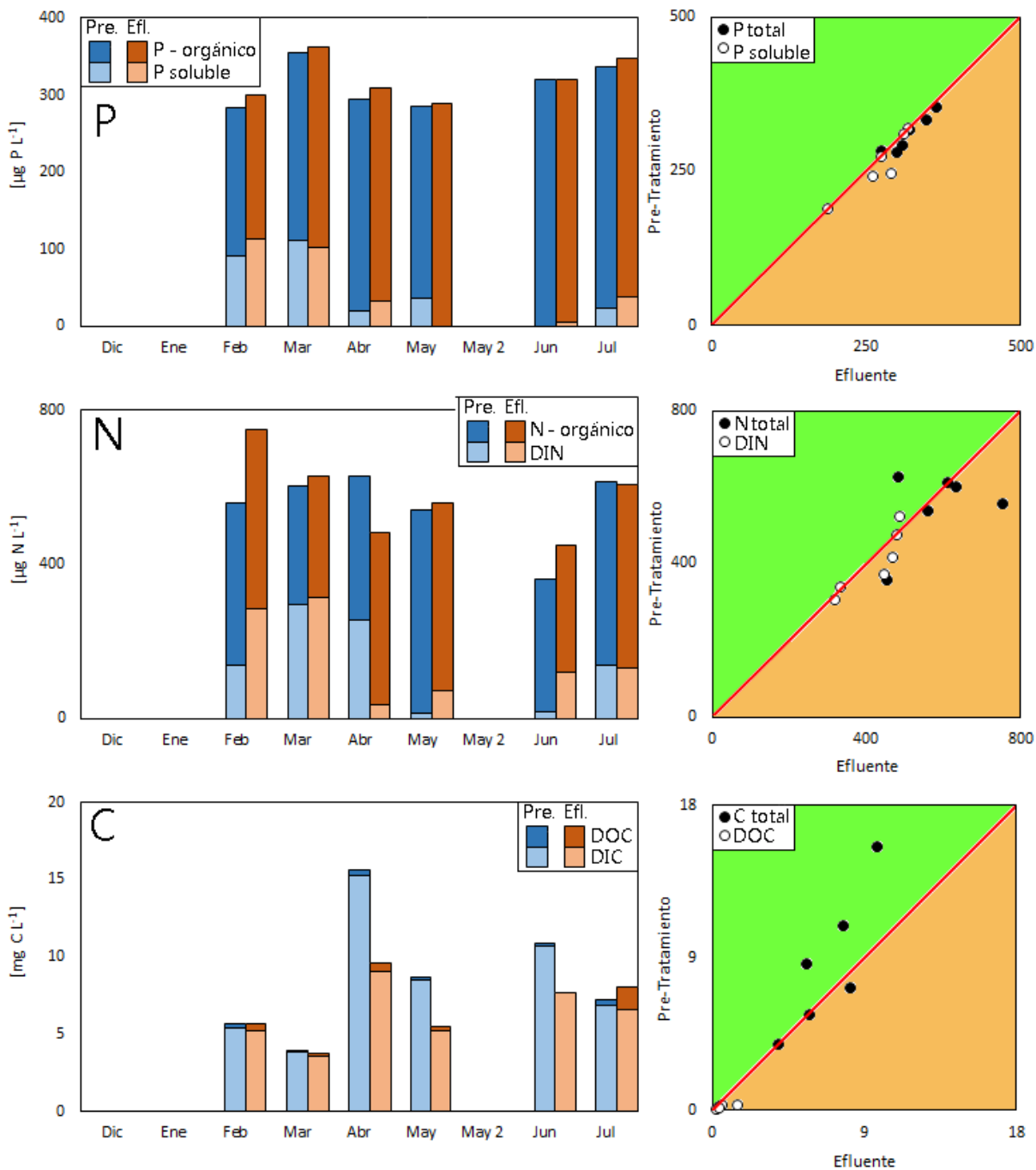


Fig. 69: Concentración de P, N y C antes y después de pretratamiento (izquierdo) y evaluación de eficiencia de retención (derecha): verde: buena retención; naranja: mala retención

4.3.2.6 Evaluación de los datos de autocontrol

Se analizaron los datos sobre la calidad del efluente de la piscicultura desde 2015 (Fig. 70, Tabla 49), en comparación con los datos obtenidos en este estudio. Para cada mes se reportó un valor para P, N y DBO5. Como se puede apreciar en la figura 70, se nota una gran variación de los valores, tanto para P como para N. Claramente se puede observar que los valores para ambos parámetros – para N mas que para P - disminuyeron considerablemente a partir de octubre 2016. La explicación mas probable para este cambio tan notable es que se mejoró la calidad de los análisis (cambiando el laboratorio encargado o el método utilizado). A partir de esta fecha los valores de N Kjeldahl fueron similares a los valores medidos en este estudio. Por el contrario, todos los valores de P fueron reportados como $< 0,6$ mg P/L lo que corresponde al límite de detección para este parámetro. Las respectivas cargas calculadas (período: 1.10.16 – 1.7.17) de los datos del autocontrol fueron para N en el rango de los resultados obtenidos en este estudio, mientras las cargas de P fueron 2x y las de C 3x mayores. Sin embargo, si se considera para el cálculo de las cargas solamente el percentil 50, entonces las respectivas cargas de P y C si fueron mas o menos en el rango obtenido en este estudio. Cabe mencionar (y exigir) que en el caso de P es posible realizar análisis con un rango mucho mas bajo ($< 0,020$ mg/L), mientras para el DBO5 valores mas bajos de $2,0$ mg/L no son considerados muy confiables y por lo tanto este límite de detección es aceptable.

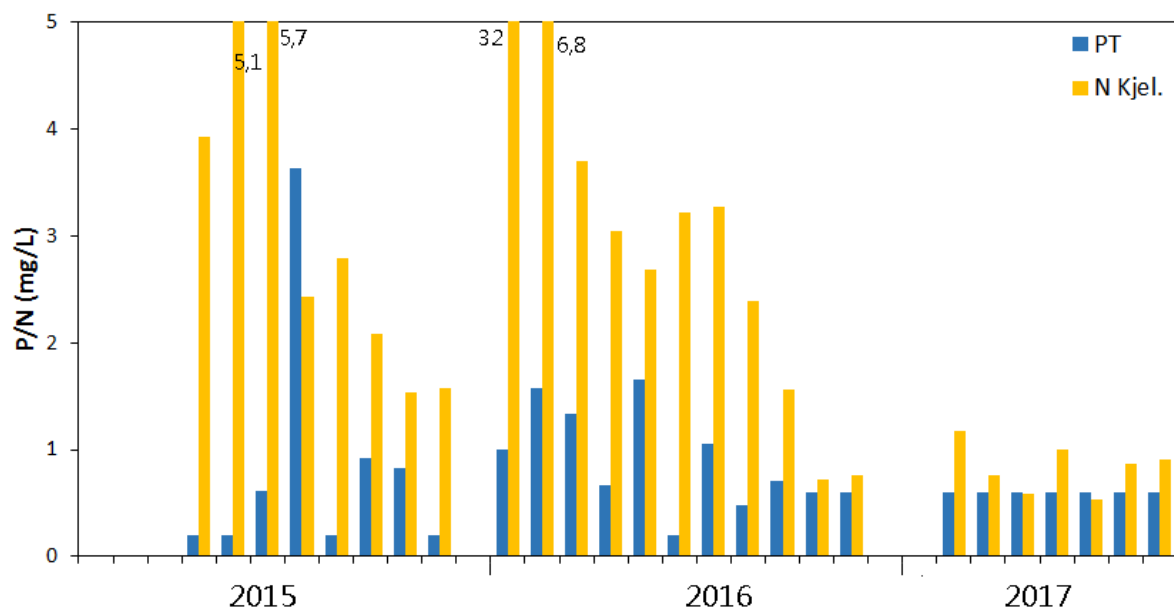


Fig. 70: Concentraciones de PT y N Kjeldahl obtenido en el programa de autocontrol del efluente de la piscicultura Los Canelos (Datos: SMA)

Tabla 49: Resumen sobre los datos del autocontrol del efluente de la piscicultura Los Canelos (01.10.2016 – 1.7.2017). L.D.: Límite de detección

	PT	N _{kjel.}	DBO5
	Concentración (mg/L)		
promedio	0,600	0,799	2,07
SD	0,000	0,210	0,20
min	0,600	0,528	2,00
max	0,600	1,170	2,56
L.D.	0,600	?	2
	Carga (181 días)		
Autocontrol	745	997	1700*
Este estudio	317	661	646

*La carga de C fue calculada en base del DBO5 multiplicado por el factor 2/3 .

Para el período octubre 2016 en adelante se concluye lo siguiente:

El límite de detección para P total es con 0,6 mgP/L demasiado alto para analizar adecuadamente este parámetro en los RILES de la piscicultura Los Canelos. Los valores de N total y DBO5 estan en el rango esperado siendo incluso aprox. 20% mas bajo que los valores reportados en este estudio. Se consideran correctos. Se recomienda usar métodos analíticos con un L.D. mas bajo para P total (< 0,100 mgP/)

4.3.3 Resultados Piscicultura Cuinco

El monitoreo realizado en la piscicultura Cuinco abarcó entre 4 y 6 estaciones (Fig. 71). Se agregó la estación control acumulador debido a que la piscicultura no ocupa el agua procedente del arroyo al cual descarga el efluente, sino que se abastece de aguas provenientes de distintas vertientes aledañas, adjuntando todas estas en un contenedor que luego deriva las aguas a los diferentes estanques. A partir de diciembre 2016 se eliminó la estación Punto 3 (común acuerdo con la contraparte técnica) y se agregó la estación Pre tratamiento.

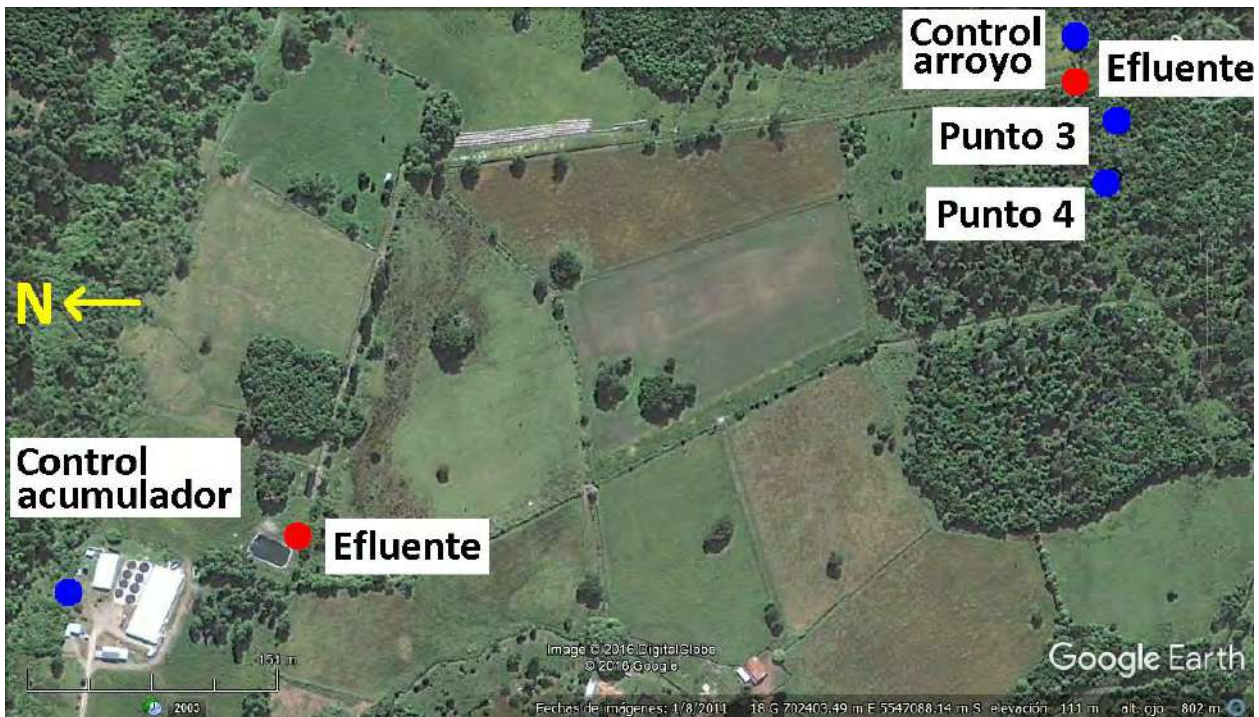


Fig. 71: Ubicación de las estaciones monitoreadas en piscicultura Cuinco (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.01.2011)

4.3.3.1 Monitoreo de calidad de agua

En las figuras 72 - 77 se presentan los resultados sobre los factores físicos y químicos de la piscicultura Cuinco.

Caudal: El caudal del efluente varía entre $\sim 620 \text{ m}^3/\text{d}$ y $\sim 8.600 \text{ m}^3/\text{d}$ con un promedio de $\sim 4.500 \text{ m}^3/\text{d}$ durante la producción de peces. El caudal del receptor fluctuó entre $\sim 5.000 \text{ m}^3/\text{d}$ y $\sim 14.000 \text{ m}^3/\text{d}$. Más informaciones sobre este parámetro y el factor de dilución se presentan en el punto 4.3.3.4 (Estimaciones de la cargas).

Temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, turbidez y DQO: Los parámetros temperatura ($9,8 - 16,8 \text{ }^\circ\text{C}$), conductividad eléctrica ($84,3 - 133,3 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno ($6,9 - 10,4 \text{ mg}/\text{L}$), pH ($6,2 - 7,9$), turbidez ($0,63 - 4,41 \text{ NTU}$) y DQO ($< 4 \text{ mg}/\text{L}$). A partir del monitoreo del 21 de diciembre de 2016, los valores de DQO aumentaron, manteniéndose eso sí, la tendencia de valores más altos en el control que en el efluente, a pesar de esto, los valores fluctuaron en un rango similar en todas las estaciones monitoreadas, generalmente con los valores más bajos en la estación control.

No hay diferencias marcadas entre primavera, verano u otoño, incluyendo el efluente. La conductividad eléctrica como indicador de la influencia de ganadería/agricultura en esta área fue, en comparación con la Piscicultura Los Canelos, aún más elevada, con altos valores desde la estación control. Este impacto también se refleja de manera marcada en los niveles de nitrógeno y fósforo.

Nitrógeno y fósforo (Fig. 72-73): Los altos valores de nitrógeno ($236 - 538,5 \text{ }\mu\text{g N}/\text{L}$) y fósforo ($129,3 - 246 \text{ }\mu\text{g P}/\text{L}$) en la estación control pueden ser atribuidos a la actividad ganadera presente en la zona. Predomina el nitrato ($\sim 66 - 70\%$ de N total) como la fracción más importante dentro del N total, seguido por N orgánico. En la estación efluente las concentraciones de nitrógeno aumentan por el factor dos a cuatro veces (hasta $1278 \text{ }\mu\text{g N}/\text{L}$ en febrero del 2017) en comparación con la estación control, principalmente por el aporte de los nutrientes inorgánicos amonio y nitrato que contribuyeron alrededor del $70 - 90\%$ al N total. Sin embargo, la estación previa a la descarga del efluente de la piscicultura, que es la piscina de decantación, presentó los valores más altos de nitrógeno que fueron de tres a diez veces mayor ($609,1 - 2139,5 \text{ }\mu\text{g N}/\text{L}$) que la estación control. Luego, río abajo de la descarga, disminuyeron los valores de N total levemente en comparación con el efluente sin volver a los niveles de la estación control.

Similar situación se observó para el fósforo cuyas concentraciones en el efluente (150 – 377,3 µg P/L) generalmente fueron alrededor de 2x veces más altas en comparación con el control, manteniéndose estas concentraciones río abajo.

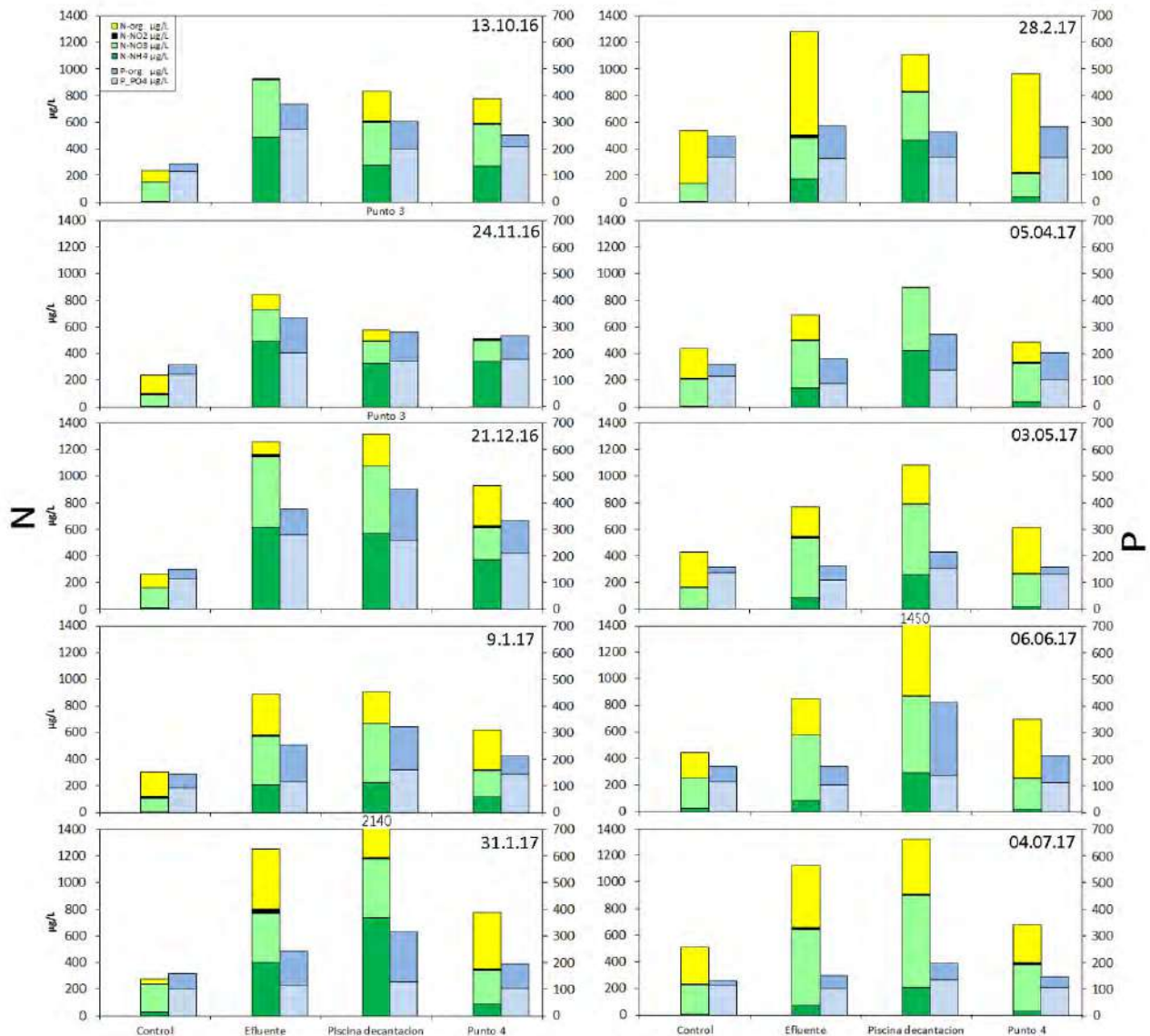


Fig. 72: Fracciones de nitrógeno y fósforo en diferentes estaciones Piscicultura Cuinco

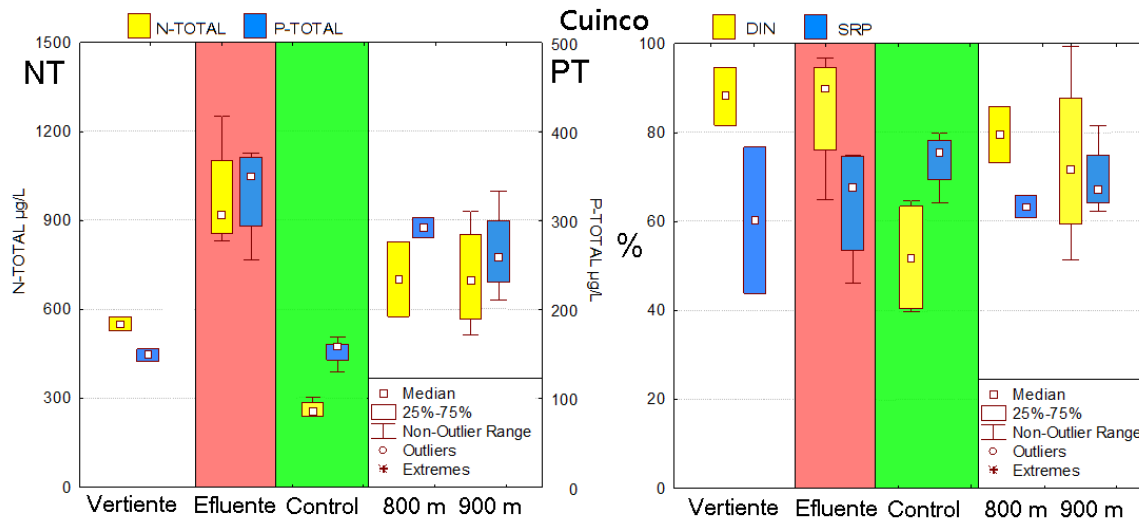


Fig. 73: Box Plot de diferentes fracciones de N y P en diferentes estaciones Piscicultura Cuinco. (izquierdo: valores absolutos, derecho: porcentaje de las fracciones disueltos).

Evaluación niveles tróficos

La evaluación trófica muestra que el receptor de la descarga de la piscicultura Cuinco ya es eutrófico con altos niveles de N y P. La descarga de la piscicultura prácticamente duplica las concentraciones de N y P y el río mantiene su nivel eutrófico después del ingreso del efluente. No se observa una autopurificación en el tramo monitoreado, que fue demasiado corto para alcanzar una mejora en el nivel trófico. Sin embargo, similar a la situación de la piscicultura Los Canelos, es esperable que el nivel eutrófico se mantenga por el alto aporte de N y P por la actividad agropecuario.

Tabla 50: Evaluación trófica de diferentes estaciones de monitoreo, piscicultura Cuinco.

Trofia	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Oligotrófico	< 75	< 10
Oligo -mesotrófico	75 - 150	10 - 25
Mesotrófico	150 - 300	25 - 60
Eutrófico	> 300	> 60

Estación	NT (µg/L)	PT (µg/L)
	Promedio ± Dev.est.	Promedio ± Dev.est.
Control N=10	370 ± 120	160 ± 32
Punto 3 N=2	700 ± 180	290 ± 16
Punto 4 N=10	705 ± 160	225 ± 60

Carbono orgánico disuelto (Fig. 74 - 76): En general se observa un aumento de COD en el efluente de la piscicultura respecto al agua que ingresa a la piscicultura (control acumulador). Solamente en algunas ocasiones, en las estaciones Punto 3 y Punto 4 los valores de COD se ven levemente elevados por sobre la estación control. Las concentraciones de COD fluctuaron en la estación control (cuerpo de agua fluvial receptor del efluente) entre 0,7-3,7 mg C/L. En la estación efluente los valores de COD fluctuaron entre 0,8-3,7 mg C/L. Se observa una tendencia a menores concentraciones de COD durante el mes de enero/febrero pero la concentración más baja se registró el 06 de Junio. Debido a que esta piscicultura suministra sus estanques de diversas vertientes/pozos (control acumulador), el valor de COD en el cuerpo fluvial receptor antes de la descarga de la piscicultura (control) se encuentra elevado. Esto también se ve reflejado en las estaciones de muestreo de la descarga y posteriores. Sin embargo, se observa claramente un aumento de COD del control acumulador (que alimenta los estanques) con respecto a la salida de la piscina de decantación. En las estaciones posteriores a la piscina de decantación (efluente y Punto 4) las concentraciones de COD siguen aumentando. En el caso de la estación efluente esta se debe principalmente al aporte orgánico de ganado en el terreno; y en el caso de la estación punto 4, el aumento de COD está influenciado por una parte de la concentración proveniente de la estación efluente y por la concentración de COD proveniente del cuerpo de agua fluvial procedente de la estación control.

De acuerdo con los cálculos realizados para determinar el área de influencia del efluente de la piscicultura en relación con la concentración de carbono orgánico disuelto del cuerpo de agua fluvial receptor, se observa que el efluente disminuye en promedio un 26% la concentración de COD del río receptor. Esto debido a que esta piscicultura se alimenta de una mezcla de aguas de distinto origen de acuerdo con el manejo propio y las necesidades de la piscicultura. Si se realiza un cálculo de aporte porcentual de COD originada por la operación de la piscicultura se observa que el agua del control acumulador presenta un 65% menos COD que el río receptor. No obstante, río abajo en los puntos 3 y 4 la concentración de COD remanente del efluente de la piscicultura es de -27% y -5% (Fig. 76). Esto significa que el río receptor presenta una carga propia y que el aporte de la piscicultura en vez de aumentar la concentración de COD la diluye.

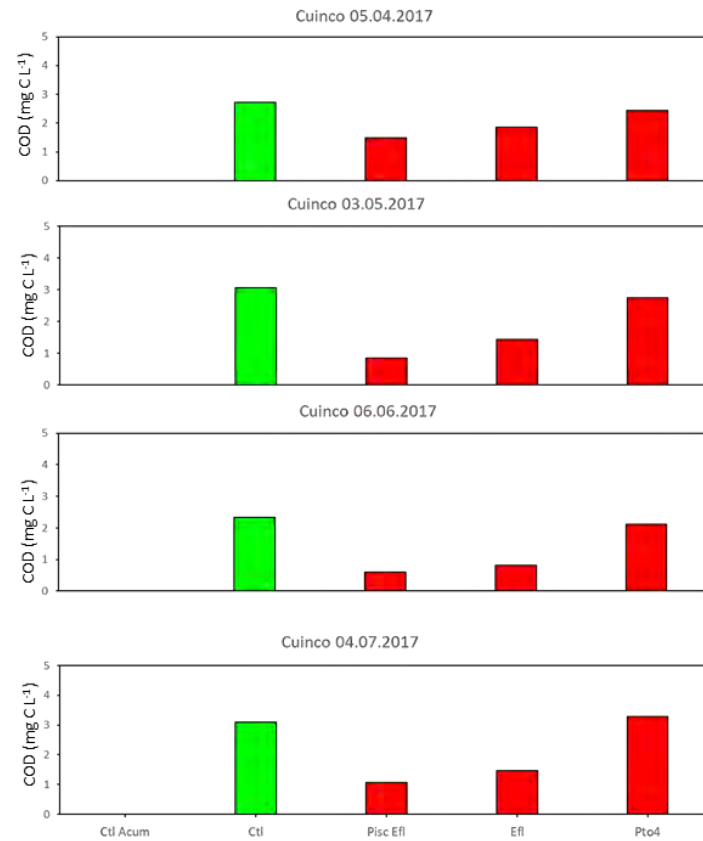
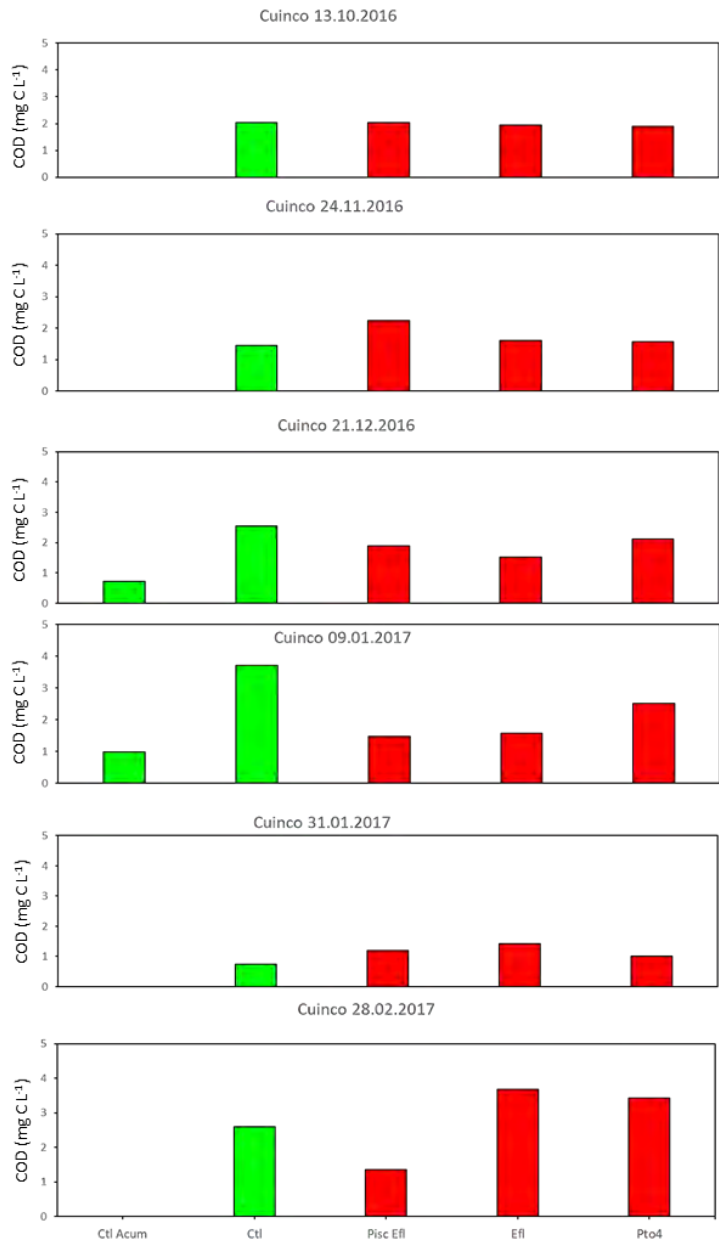


Fig. 74: Carbono orgánico disuelto en diferentes estaciones Piscicultura Cuinco

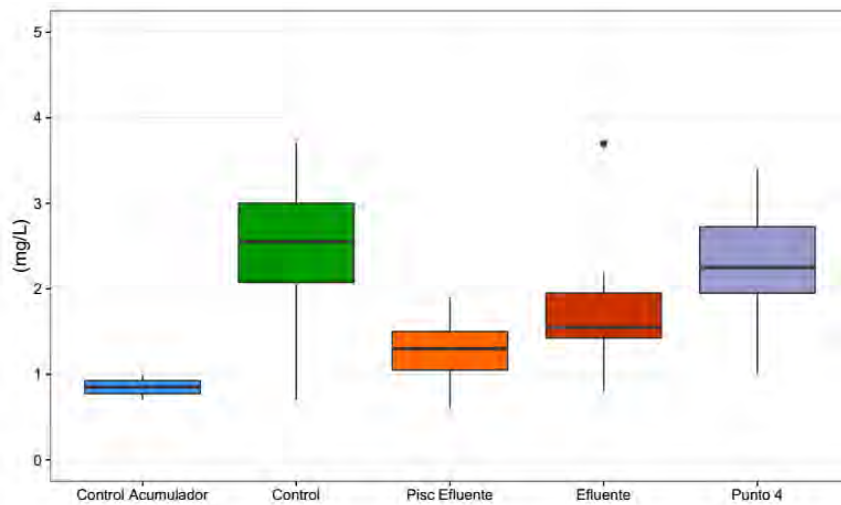


Fig. 75: Concentración de carbono orgánico disuelto (mg C/L) promedio en las diferentes estaciones de la piscicultura Cuinco (Boxplots de COD indicando mediana, error estándar y valores extremos de los diez muestreos realizados).

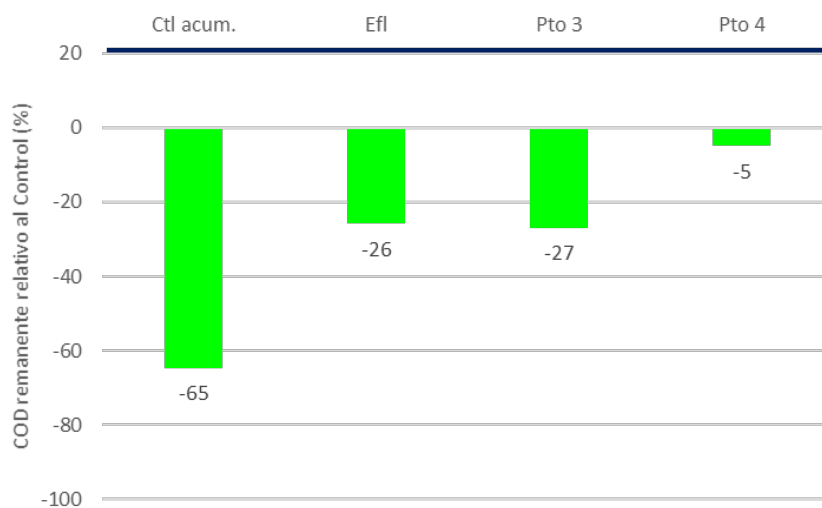


Fig. 76: Porcentaje de la concentración de carbono orgánico disuelto (% mg C/L) promedio remanente en las diferentes estaciones de la piscicultura Cuinco con respecto al cuerpo de agua fluvial receptor.

Materia orgánica disuelta (Fig. 77 - 80)

Los resultados obtenidos nos muestran que la estación control acumulador, lugar donde se junta el agua de las vertientes utilizadas por la piscicultura, presenta las intensidades de fluorescencia más bajas de todas las estaciones tanto a nivel refractario como proteico, siendo la reserva de DOM húmico la que predomina con un 64% del total de DOM. La estación control presenta un predominio de DOM refractario siendo conformada por más de un 73% del total de la reserva

de DOM, además de mostrar algunas de las mayores intensidades de fluorescencia (FMax) de estos componentes. En las estaciones piscina efluente y efluente se observa un aumento en la fluorescencia del material de origen proteico alcanzando proporciones de un 49% en la conformación del DOM total, presentando también las mayores variedades e intensidades de fluorescencia en los diferentes monitoreos. En la estación punto 4, los componentes de origen proteico alcanzan proporciones de un 42% en la conformación del DOM total, siendo superior a lo encontrado en la estación control, sin embargo, las intensidades de fluorescencia de DOM refractario son en mayor proporción similares a lo observado en la estación control. Al agrupar las estaciones mediante sus intensidades de fluorescencia (proteico y húmico) se puede observar que la estación control acumulador difiere en su conformación con respecto a las demás estaciones, debido a las bajas intensidades de fluorescencia que esta presenta. Las estaciones control y punto 4, se agrupan en un sector, influenciadas por las altas intensidades que presentaron los componentes de origen refractario. Las estaciones piscina efluente y efluente, se agrupan en el otro sector del conglomerado, influenciadas principalmente por las intensidades de los componentes de origen proteico. Los valores de fluorescencia del material orgánico lábil en la estación punto 4 son bastante superiores a lo encontrado en la estación control, por lo que es posible utilizar a los componentes proteicos de DOM como trazadores del aporte orgánico proveniente del efluente de la piscicultura.

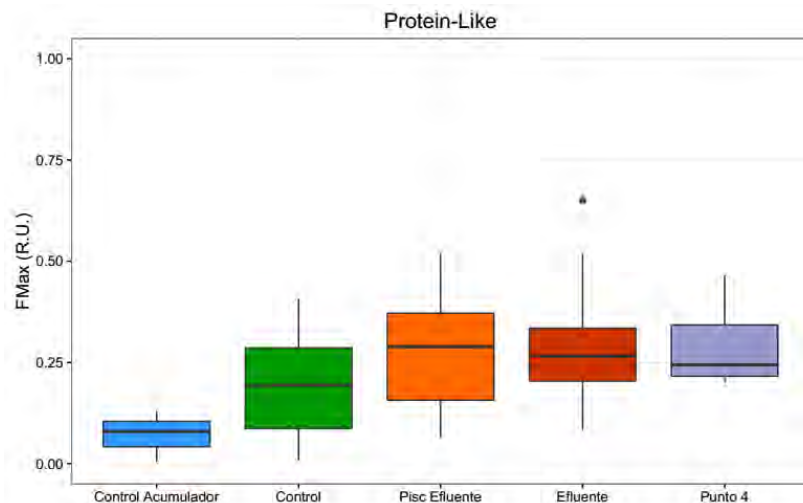


Fig. 77: Variación espacial de DOM proteico en las distintas estaciones de la piscicultura Cuinco

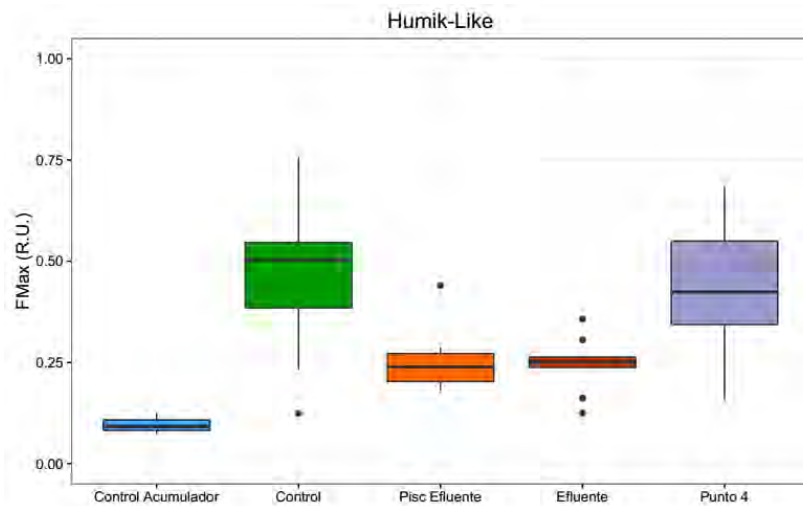


Fig. 78: Variación espacial de DOM refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Cuinco

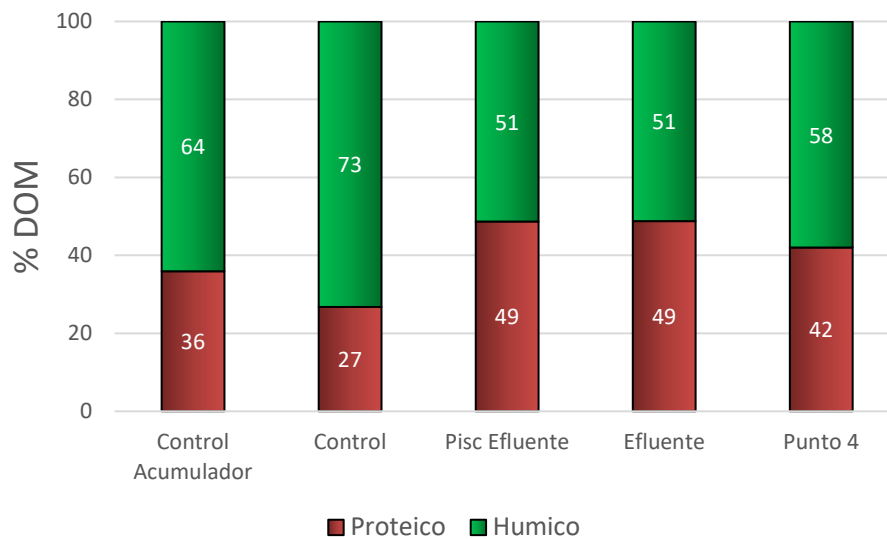


Fig. 79: Aporte porcentual de DOM labil v/s refractario promedio en las distintas estaciones de la piscicultura Cuinco

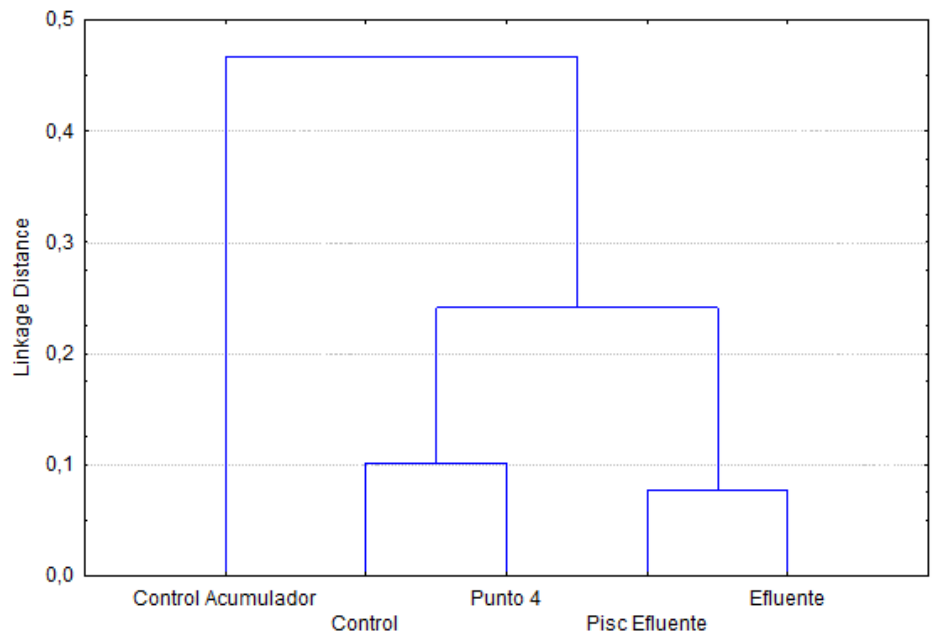


Fig. 80: Diagrama de árbol (ward method) demostrando diferencias y similitudes de DOM labil v/s refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Cuinco

Tabla 51: Rangos (promedio anual) de calidad de aguas referentes a COD en la Piscicultura Cuinco.

Piscicultura CUINCO	Escala de calidad	Concentración promedio \pm desv. est. de COD (mg C/L)
Control	Buena	2.4 \pm 0.9
Efluente	Buena	1.8 \pm 0.8
Pto. 4	Buena	2.3 \pm 0.7

Se concluye según los tres criterios de calidad de aguas propuestos relativas al carbono orgánico disuelto:

1. Las concentraciones no sobrepasan los valores límite de concentración (max. 10 mg C/L).
2. Con relación a los rangos de calidad, el efluente de la piscicultura no cambia el nivel de calidad (buena) después de la mezcla completa.
3. Considerando el carbono orgánico remanente, se sugiere por lo tanto un área de vigilancia hasta el punto 3.
4. El componente tipo triptófano de la materia orgánica disuelta permite una trazabilidad efectiva del efluente de la piscicultura.

4.3.3.2 Monitoreo de macrozoobentos

Área de estudio: La piscicultura Cuinco se ubica en la zona de la depresión intermedia de la Región de los Ríos. El recurso agua usado en el proceso se obtiene desde unas vertientes originadas en un cerro de lomaje suave próximo a las instalaciones. La piscicultura descarga su efluente (RIL) en primera instancia a un canal que recorre aproximadamente 650m antes de la junta con el Estero Sin Nombre que forma parte de la red de drenaje del estero Panqueco y esta a su vez, tributarios del Río Bueno. El estero se desarrolla sobre una superficie inundable de escasa pendiente, donde domina la vegetación del tipo “Hualve”.

Se accede al punto de muestreo caminando 650 m sin dificultad. La junta del canal y el estero se presenta libre de vegetación (40m). El río presenta baja profundidad (0,2 a 0,4 m) con un lecho plano y homogéneo, predominando las arenas y de un ancho promedio para los tramos control e impacto de 3,0 m.

Caracterización de tramos comparados: Las alteraciones (impactos) del componente biológico en el Estero Sin Nombre se evaluaron sobre tramos de 50 m de longitud usando la metodología de muestreo multihábitat para macroinvertebrados bentónicos. Se efectuó un muestreo el 10 de marzo de 2017 en un tramo CONTROL a 50 metros aguas arriba del punto de descarga del canal que conduce el efluente de la piscicultura sobre el estero Sin Nombre y otro tramo IMPACTO a 20 metros aguas debajo de dicho punto (Fig.81).



Fig. 81: Piscicultura Cuinco. Ubicación de los tramos Control e Impacto en el Estero Sin Nombre

Se destaca que ambos tramos presentan una similar fisonomía (tramos comparables de acuerdo con el % de similitud) definida por la escasa pendiente (<2%), predominio de las arenas en el lecho y ausencia de claros debido al tipo de vegetación presente (Hualve).

El estero, recorre una zona de uso ganadero (lechería) y la vegetación permite cobijar a los animales (vacunos) y por lo mismo estos pueden acceder al estero para beber agua. Se observó una entrada al estero precisamente en unas áreas despejadas de vegetación de una longitud de 10m antes de la descarga del canal que conduce el efluente de la piscicultura

En la superficie despejada de vegetación, lugar antes de donde descarga sus aguas el canal que conduce los efluentes de la piscicultura, se observó un abrevadero de animales (vacunos), los que estarían aportando nutrientes (heces, orina) al sistema.

Los hábitats identificados en cada tramo fueron: materia orgánica particulada gruesa (H-MOPG), guijarros-grava (H-GG), limo arena (H-LA), detritus leñoso-grandes (H-DLG), vegetación terrestre (H-VEGT) desde los cuales proporcionalmente se levantó información (Tabla 52).

Tabla 52: Tramos comparados en el Estero Sin Nombre, porcentaje hábitat (%) y número de muestras (Nº) en cada uno:

H-MOPG= Ramas < 1m, hojarasca, raíces (Materia Orgánica Particulada Gruesa); H-GG= Sustrato mineral 0,2 – 6cm (Grava-Guijarros); H-LA= Sustrato mineral < 0,2cm limo arena (Limo Arena); H-DLG= Troncos >1m (Detritus Leñoso Grandes); H-VEGT= Vegetación terrestre, raíces y hojas (Partes vivas de vegetación terrestre).

Tramo	Fecha	Inicio Tramo UTM	Fin Tramo UTM	H-MOPG	H-GG	H-LA	H-DLG	H-VEGT
CONTROL **	10-03-2017	554969S 702694E	5547017S 702702E	20% Nº=4	20% Nº=4	50% Nº=10	5% Nº=1	5% Nº=1
IMPACTO **	10-03-2017	5546848S 702694E	5546893S 702693E	20% Nº=4	20% Nº=4	50% Nº=10	5% Nº=1	5% Nº=1

** CONTROL =50 a 100m aguas arriba del cuerpo receptor; IMPACTO=20 a 70m aguas abajo del efluente

Taxones y métricas en tramos sujetos a comparación: Para el Estero Sin Nombre se registraron un total de 62 taxones distribuidos como se muestra en la Tabla 53. Se encontraron 6 taxones más en el tramo impacto (CUI-IMP) equivalente al 11,5% de incremento, donde 3 taxones fueron exclusivos del tramo CONTROL: *Tabanidae Sp3* (Tabanidae), *Limonia sp2* (Tpulidae), *Scirtidae Forma A* (Coleóptero) y *Chironomidae Forma A*, y 6 exclusivos para el tramo IMPACTO: *Lumbriculus Sp2* (Oligochaeta), *Orthoclaadiinae C* (Diptera: Chironomidae), *Plathyelminthes ind.*, *Acari ind.2*, *Klapopteryx sp.* (Plecoptera) y *Penaphlebia chilensis* (Ephemeroptera), reconociéndose a estos dos últimos taxones su presencia en aguas de buena calidad.

La abundancia registrada (ind./m²) aumentó en un 122 % en el tramo IMPACTO donde los grupos: *Hyalella sp.* (Amphipoda) 11350%, *Heterias sp.* (Isoposa) 900%, *Gigantodax sp.*,

(Simuliidae) 480%, *Parasericostoma ovale* (Trichoptera) 116%, mostraron las mayores diferencias en incremento.

El Índice Biótico de Familias (IBF) aplicado para definir calidad de agua, mostró un cambio de Buena calidad en el CONTROL (IBF= 3,83) a Regular calidad en el tramo IMPACTO (IBF= 5,94), variación determinada por el aumento en densidad de familias más tolerantes a materia orgánica, ya señaladas en párrafo anterior, a acepción de *P. ovale*, taxón más asimilado a aguas de buena calidad. Consecuentemente la estimación de la similitud (%) de los ensambles la existencia de una alteración ALTA (Tabla 55)

La diversidad específica (índice de Shannon H') mostró una disminución del 27% en el tramo IMPACTO, reflejando el peso ya sea de los nuevos taxones encontrados, como de aquellos que responden positivamente a las condiciones de hábitat en el tramo IMPACTO.

Los taxones que componen los ensambles de los tramos comparados (presencia-ausencia) mostraron una similitud del 77,4% (índice de Jaccard) y sólo del 42% de similitud cuando se analiza los taxones con sus respectivas distribuciones de abundancia (índice Bray-Curtis).

En tabla 50 se resumen los resultados de las métricas usadas para la comparación entre tramos.

Tabla 53: Composición taxonómica del macrozoobentos por tramo en el Estero Sin Nombre.

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO
ANNELIDA	HAPLOTAXIDA	OLIGOCHAETA	NAIDIDAE	Nais	X	X
			LUMBRICULIDAE	Lumbriculus Sp2	--	X
				Lumbriculus Sp6	X	X
			TUBIFICIDAE	Tubifex	X	X
ARTHROPODA	ELLIPURA	COLLEMBOLA	COLLEMBOLA	Collembola	X	X
	INSECTA	PLECOPTERA	AUSTROPERLIDAE	Klapopteryx	--	X
			DIAMPHIPNOIDAE	Diamphipnopsis samali	X	X
			GRIPOPTERYGIDAE	Antarctoperla michaelsoni	X	X
				Chilenoperla	X	X
			NOTONEMOURIDAE	Neonemura	X	X
				Udamocercia sp1	X	X
		PERLIDAE	Anacroneuria	X	X	
		EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	Andesiops sp1	X	X
				Andesiops sp2	X	X
				Andesiops sp3	X	X
		LEPTOPHLEBIIDAE	COLOBURISCIDAE	Murphyella	X	X
			Meridialaris chiloeense	X	X	
			Meridialaris diguillna	X	X	
			Penaphlebia Chilensis	--	X	
			Massarttelopsis	X	X	
		Meridialaris	X	X		
		TRICHOPTERA	CALAMOCERATIDAE	Phylloicus	X	X
			ECNOMIDAE	Austrotinodes	X	X
	HYDROPSYCHIDAE		Smicridea annulicornis	X	X	
LEPTOCERIDAE	Nectopsyche sp.		X	X		

CONTINUACIÓN TABLA 53

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO
				Brachycetodes	X	X
			SERICOSTOMATIDAE	Parasericostoma ovale	X	X
		DIPTERA	CERATOPOGONIDAE	Bezzia	X	X
			CHIRONOMIDAE	Chironomidea Forma A	X	--
				Paratanytarsus	X	X
				Cricotopus sp.	X	X
				Orthoclaadiinae C	--	X
				Corynoneura	X	X
				Orthocladus	X	X
				Podonominae Forma A	X	X
				Pentaneura Forma A	X	X
				Pentaneura Forma B	X	X
				Tanypodinae	X	X
			SIMULIIDAE	Gigantodax	X	X
			TABANIDAE	Tabanidae Sp3	X	--
			TIPULIDAE	Limnophilinae Sp1	X	X
				Limonia sp	X	X
				Limonia Sp1	X	X
				Limonia Sp2	X	--
				Limonia Sp3	X	X
				Limonia Sp4	X	X
				Limonia Sp5	X	X
		COLEOPTERA	ELMIDAE	Austrolimnius	X	X
			SCIRTIDAE	Scirtidae Forma A	X	--
		ODONATA	AESHNIDAE	Aeshnidae Forma A	X	X
		MECOPTERA	NANNOCHORISTIDAE	Nannochorista sp1	X	X
	CRUSTACEA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	Hyaella	X	X

CONTINUACIÓN TABLA 53

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO
		DECAPODA	AEGLIDAE	Aegla	X	X
			PARASTACIDAE	Samastacus spinifrons	X	X
		ISOPODA	JANIRIDAE	Heterias	X	X
	HYDRACHNOIDEA	ACARI	ACARI	Acari Ind.2	--	X
			HYGROBATIDAE	Hygrobates	X	X
MOLLUSCA	BIVALVIA	PALEOHETERODONTA	SPHAERIDAE	Piscidium	X	X
	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	CHILINIDAE	Chilina gibbosa	X	X
NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	Nematoda ind.	X	X
PLATYHELMINTHES	PLATYHELMINTHES	PLATYHELMINTHES	PLATYHELMINTHES	Platyhelminthes ind.	--	X
			TEMNOCEPHALIDAE	Temnocephala sp.	X	X

Cambio en la estructura del ensamble: La estructura del ensamble en el tramo CONTROL está determinada por Ephemeroptera (37%), Diptera (23%), Trichoptera (17%), Oligochaeta (9%), Mecoptera (3%), Bivalvia (2%), Nematoda (2%) y los grupos Plecoptera, Coleoptera, Odonata, Amphipoda, Decapoda, Ispoda, Gastropoda, Acari, Collembola y Platyhelminthes con porcentajes de abundancias menores al 1%.

Comparativamente para el tramo IMPACTO y diferenciándose, los grupos con mayores abundancias son: Amphipoda (45%), Diptera (15%), Ephemeroptera (13%), Oligochaeta (13%) Trichoptera (7%), Plecoptera (3%) y los grupos Odonata, Coleoptera, Mecoptera, Crustacea, Isopoda, Acari, Bivalvia, Gastropoda, Nematoda y Platyhelminthes con menos de 1.5% de abundancia. *Hyalella* sp. es el taxón que aumentó de manera importante sus densidades en IMPACTO.

Taxones indicadores de alteración: La caracterización de los ensambles de macrozoobentos para los tramos estudiados (densidad, presencia ausencia y tolerancia), permite plantear el siguiente listado de taxones como indicadores de calidad biológica para el Estero Sin Nombre:

Tabla 54: Taxones indicadores de calidad en los tramos estudiados en el Estero Sin Nombre.

Tramo	Calidad IBF	Especies representativas
CONTROL	Buena	Plecoptera: <i>Antarctoperla michaelsoni</i> ; Trichoptera: <i>Smicridea annulicornis</i> ; Ephemeroptera: <i>Meridialaris chiloeense</i> y <i>Massarttelopsis</i> sp.
IMPACTO	Regular	Amphipoda: <i>Hyalella</i> sp.; Diptera: <i>Gigantodax</i> sp.; Oligochaeta: <i>Lumbriculus</i> Sp2.

Conclusiones

Se determinó que en un tramo localizado aguas abajo del punto donde se conecta el canal que conduce los efluentes de la piscicultura Cuinco con el Estero Sin Nombre, la riqueza de especies (S) del ensamble de macrozoobentos aumentó en 11% y presentan una similitud con el tramo CONTROL de un 77%. El incremento de 122% en abundancia (ind./m²) dado por la presencia de nuevos taxones explicaría la disimilitud de un 57% entre los tramos comparados como así también la disminución de la diversidad específica (H') en el tramo IMPACTO.

La calidad de agua utilizando métricas que asocian riqueza, densidad y su respuesta a las condiciones de hábitat (tolerancias/intolerancia a contaminación) mostró un cambio, de Buena calidad en el CONTROL a Regular calidad en tramo IMPACTO, cambio que es evaluado como Alto

Se concluye que el Estero Sin Nombre presenta alteración ALTA en la calidad de agua desde el punto de vista biológico (ensambles de macrozoobentos) en un tramo IMPACTO comparados con un tramo CONTROL ubicado aguas arriba de la junta del canal que conduce los RILEs de la piscicultura Cuinco y el Estero Sin Nombre.

Tabla 55: Resumen de métricas que comparan los tramos CONTROL vs IMPACTO en el Estero Sin Nombre. *Valor obtenido al comparar ambos tramos.

Nivel de la alteración:

NO HAY	MODERADO	ALTO	MUY ALTO
--------	----------	------	----------

	Tramo	CONTROL	IMPACTO
METRICA		Marzo 2017	
RIQUEZA (S)		52	58
DENSIDAD (Ind./m ²)		926	2054
DIVERSIDAD (H')		1,33	0,97
JACCARD índice (Sj)		77,4*	
Bray-Curtis (% Disimilitud)		57,2*	
IBF (Calidad de agua)		3,83	5,94
Criterio Calidad de agua		Bueno	Regular
% Similitud IBF (Alteración)			ALTO

4.3.3.3 Análisis de la cuenca

1) USO DE SUELO

La definición de la microcuenca Cuinco es difícil existiendo varias opciones para delimitarla. Aquí se presenta una opción que incluye parte de la cuenca del arroyo receptor con una superficie total de casi 500 ha (Fig. 82). De acuerdo con la tabla 56 y la figura 82 esta microcuenca está dominada principalmente por renoval denso (50,7 %) y praderas perennes (46,9%).

Tabla 56: Uso de suelo en la microcuenca Cuinco

Uso de suelo	Total (ha)	%
Praderas Perennes	229,6	46,9
Renoval Denso	247,8	50,7
Renoval Semidenso	11,7	2,4
Total (ha)	489,1	100

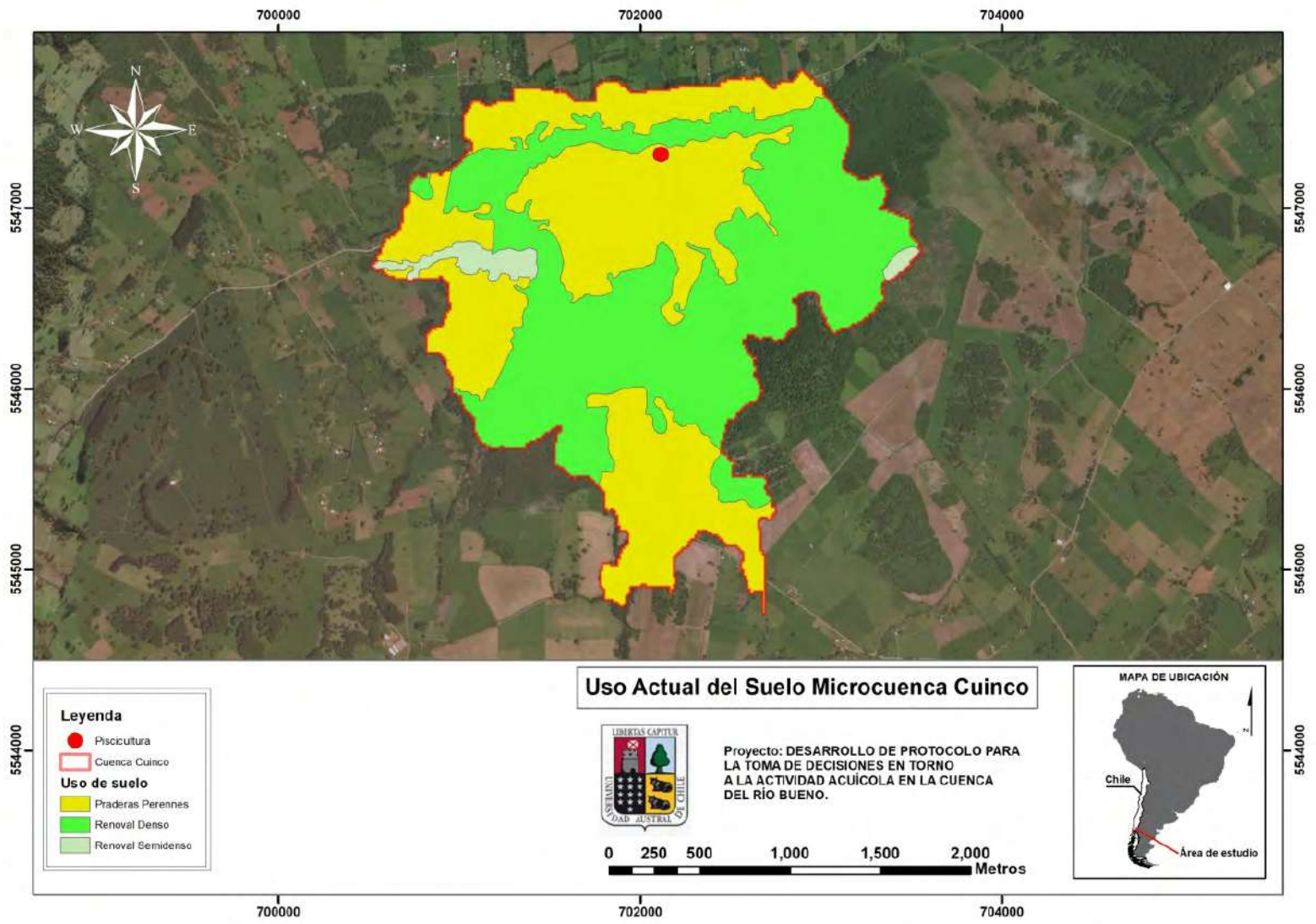


Fig. 82: Uso actual del suelo en la microcuenca Cuinco

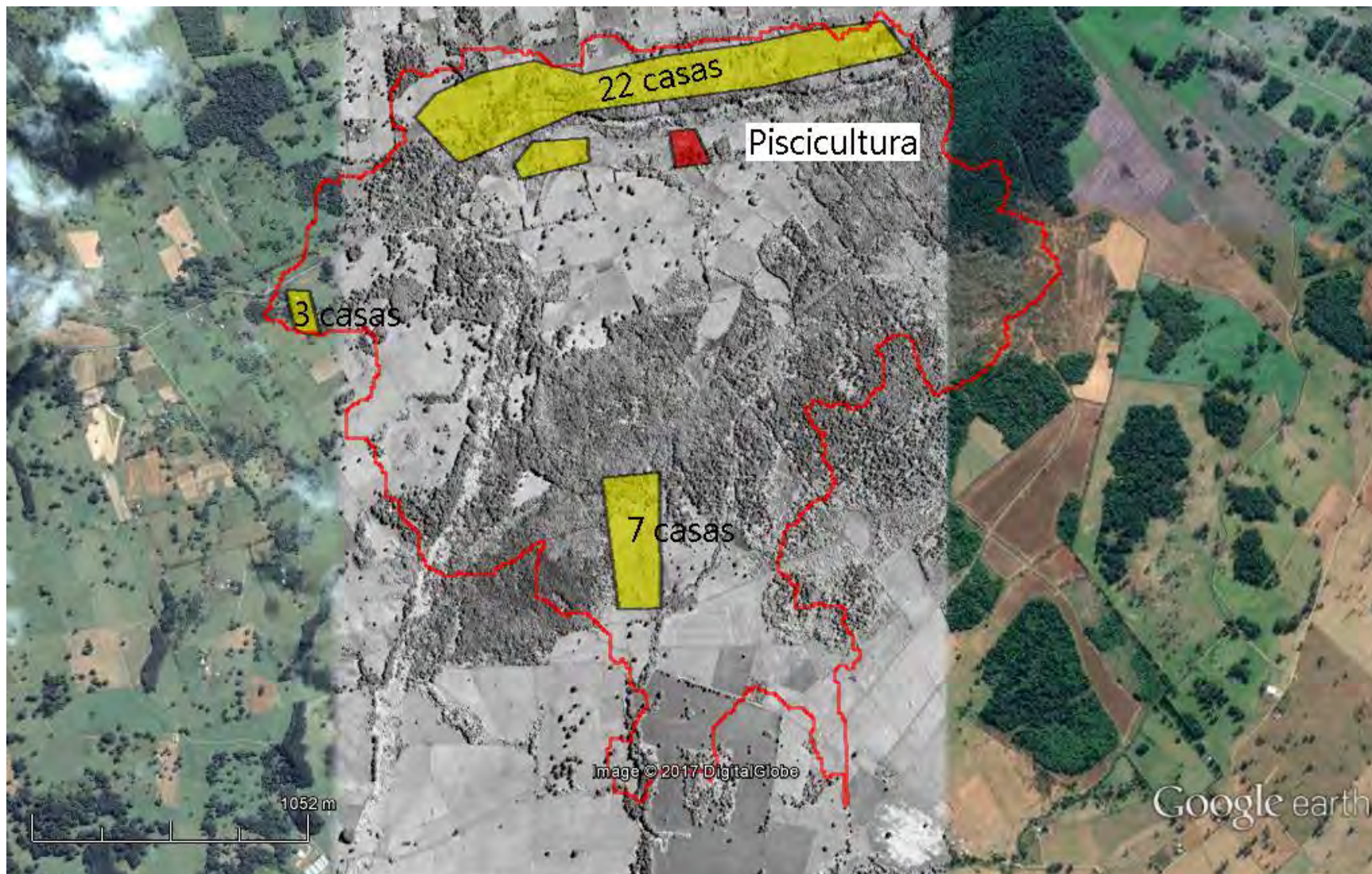


Fig. 83: Areas de asentamiento y actividades humanas en la microcuenca Cuinco

2) POBLACIÓN Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CUENCA

En la cuenca de la piscicultura Cuinco existen aproximadamente 32 casas, que están ubicadas principalmente en el área del otro lado del río receptor (22 casas). Se estima la población permanente a menor a 200 personas (Fig. 83).

4.3.3.4 Estimación de las cargas

La piscicultura Cuinco realizó producción de peces solamente hasta el 29 de febrero 2017, después quedó sin producción, pero con efluente. Durante la fase de producción el caudal del efluente reportado fue aproximadamente 8100 m³/d, después fluctuó entre 500 y 4200 m³/d según nuestras mediciones puntuales. El factor de dilución del efluente en el receptor fue en promedio 4,7x ($\pm 5,2x$) con un mínimo de 1,7 y un máximo de 19,1x. Es decir, el efluente fue en promedio cinco veces diluido por el receptor.

Similar a la piscicultura Los Canelos, la piscicultura Cuinco usa agua proveniente de otra fuente que el receptor de sus descargas, en este caso se abastece de 41 puntos de captación de aguas superficiales (vertientes). La calidad de esta agua (denominada estación "Control acumulador") fue para P distinta a la calidad del receptor del efluente (estación "Control"), evidenciando concentraciones dos veces mayores, mientras las concentraciones de N y C fueron similares al receptor. Sin embargo, hay que considerar que se muestreó solamente en dos ocasiones el agua del acumulador, lo que limita la estimación de la carga proveniente de la actividad piscicultura y las conclusiones basadas en estos cálculos.

El aporte de la piscicultura a la carga total del receptor fue aproximadamente 42% para PT (1,5 kg/d), 35% para NT (3,6 kg/d), y 28% para DOC (7,9 kg/d). La carga total de la piscicultura durante el período de 138 días de monitoreo fue aproximadamente 183 kg P, 456 kg N y 1087 kg C orgánico disuelto. Sin embargo, en este contexto hay que considerar que la estación "efluente" estuvo ubicada a varios cientos de metros alejados de la pileta de sedimentación y pudo haber existido un ingreso de P, N y C en este tramo a través de ingreso de agua de las praderas ganaderas.

Cabe mencionar que la carga media diaria de la piscicultura Cuinco corresponde a la carga media diaria de aprox. 830 habitantes para P, 320-410 habitantes para N y aprox. 200-330 habitantes para C.

Tabla 57: Cargas diarias y durante el monitoreo de la piscicultura Cuinco durante su fase de producción (hasta 29.2.2017), estimadas para el receptor (estación control), efluente, aporte de la actividad piscicultura y acumulador.

		Receptor (1)	Acumulador (2)	Efluente (3)	Piscicultura (4)	Suma (1+3)
PT	Promedio kg/d	0,81 ± 0,05	1,2 ± 0,04	2,73 ± 0,44	1,51 ± 0,4	3,5
	min-max	0,74 – 0,86	1,21 – 1,27	2,2 – 3,1	0,98 -1,84	
	kg/138d	112	171	377	183	489
	%	23	35	77	42	100
NT	Promedio kg/d	1,42 ± 0,27	4,6 ± 0,5	8,1 ± 1,6	3,6 ± 1,81	9,5
	min-max	1,23 – 1,81	4,3 - 4,9	6,4 -10,3	1,7 – 5,9	
	Total kg/138d	196	636	1118	456	1313
	%	15	48	85	35	100
DOC	promedio kg/d	13,5 ± 6,3	7,2 ± 1,8	15,1 ± 2,6	7,9 ± 2,6	28,5
	min-max	7,5 – 22,4	5,9 – 8,5	12,3 – 17,3	5,1 -10,1	
	Total/138d	1858	992	2080	1087	3937
	%	47	25	53	28	100

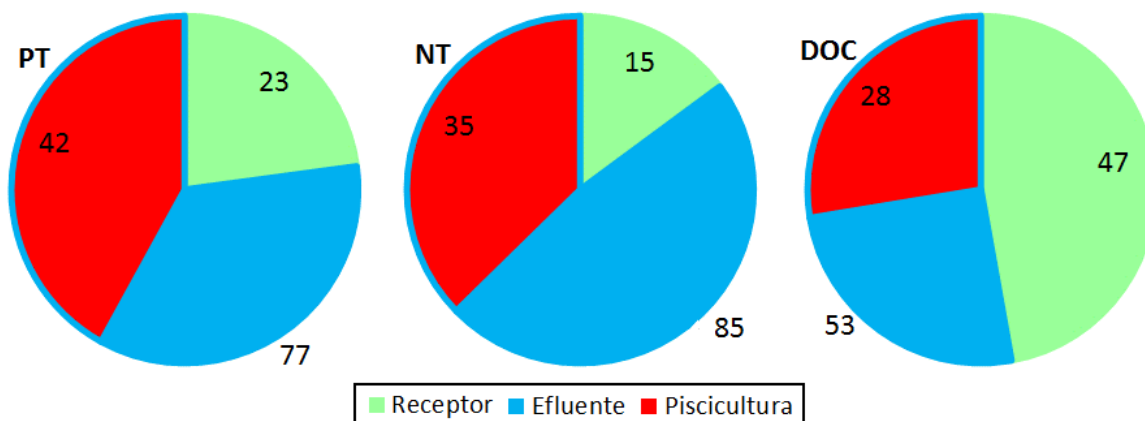


Fig. 84: Porcentaje de cargas estimadas para 138 días (13.10.-29.2.17) de P, N y C de la piscicultura Cuinco en relación con la carga actual del receptor en la estación “control” y el efluente en comparación con el aporte de la actividad piscicultura.

4.3.3.5 Estimación del balance de P, N y C para la piscicultura Cuinco

Similar a la piscicultura Quiman, la piscicultura Cuinco también facilitó datos diarios sobre la biomasa de peces presentes en la piscicultura y la cantidad de alimento utilizados para 2016 y 2017 con una biomasa máxima de 25.000 kg y 500 kg de alimento utilizado por día. La cantidad diaria de alimento utilizado varía entre 0,2 hasta 6% de la biomasa de peces con una relación inversa con la biomasa de los peces (Fig. 85). El período de producción de peces fue aproximadamente 7 meses desde agosto 2016 hasta febrero 2017. A partir del 29 de febrero 2017 no había producción de peces. En base a estos datos se realizó una estimación del balance, teniendo en consideración la limitación de este estudio en cuanto a la falta de muestras integradas durante 24 h para obtener una muestra mas representativa.

Durante el monitoreo de este estudio, se utilizó en total 12,7 toneladas de alimento para producir 13,6 toneladas de peces, lo que corresponde a un factor de conversión de 0,94 (kg alimento/kg peces producidos) (Tabla 58). En base al caudal del efluente y las mediciones de P, N y C se calculó para este mismo intervalo una carga de ~1,1 Ton de P, 5,4 Ton de N y 29,3 Ton de C (Tabla 58). Si se considera un contenido de ~1,3 – 1,8 % de P, ~8% de N y 55% de C en el alimento (este valor por cierto puede variar), aproximadamente 48% a 67% de P, 52% de N y 41 % de C se encontró en el efluente de la piscicultura. Los valores de P y N estan en el rango de los desechos esperados según la literatura, mientras la cantidad de carbono encontrado correspondió a casi al doble de lo esperado, indicando en general una pobre retención de los desechos por parte del tratamiento de los RILES.

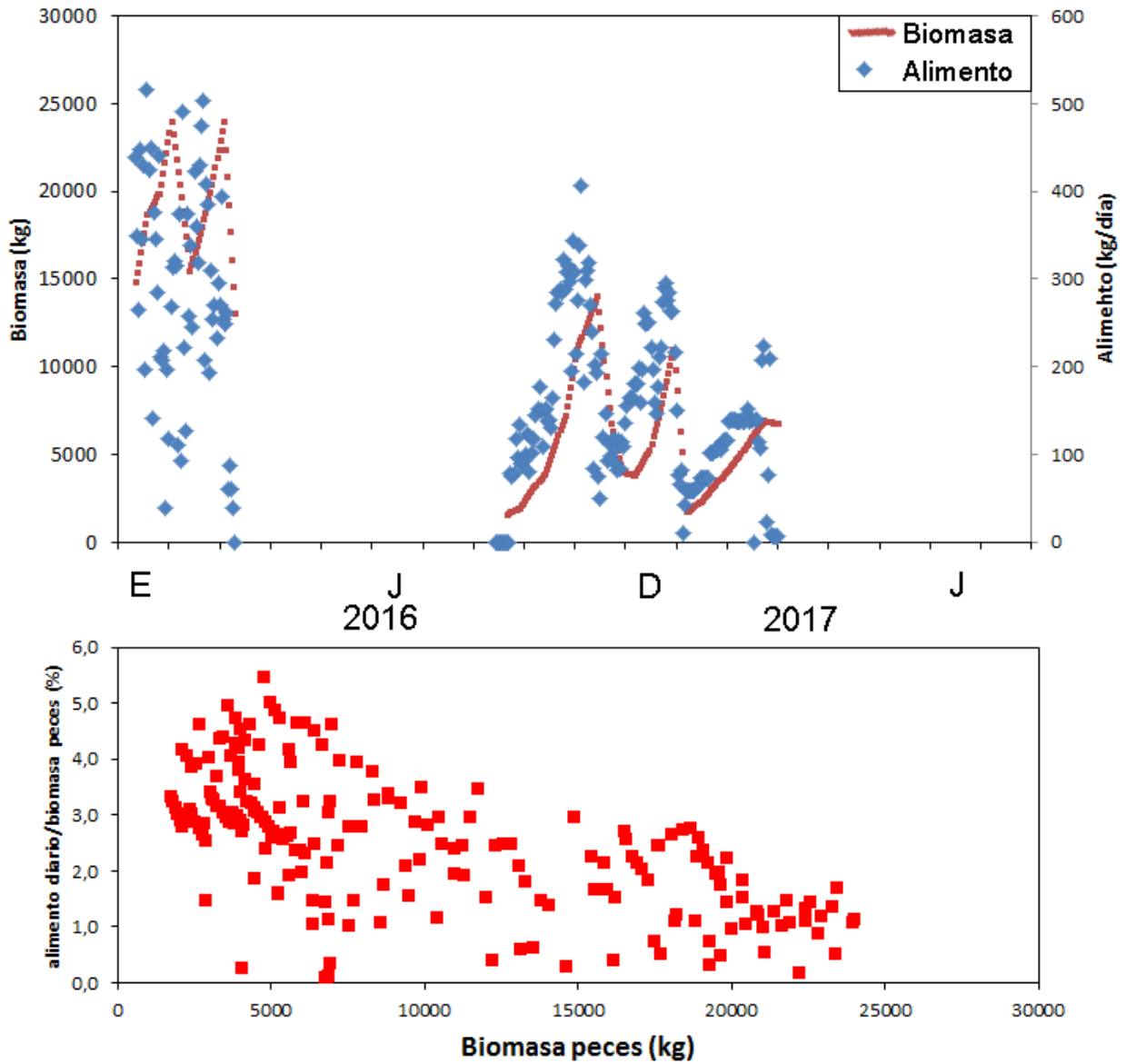


Fig. 85: arriba: Biomasa y alimento utilizado por día en la piscicultura Cuicno durante 2016/2017. Abajo: relación biomasa de peces y alimento utilizado por día (expresado en % de biomasa de peces)

Tabla 58: Balance de P, N y C para la piscicultura Cuinco

	Ton/412 d	Literatura (Wang 2012, Aguayo 2003, com. C. Leal)
Alimento	12,7	
Producción	13,6	
Factor conversión	0,94	
contenido P: 1,15 – 1,8%	0,146 – 0,229	1,15 - 1,8%
contenido N (Ton) 8 %	1,02	7,2 – 8%
contenido C (Ton) 55 %	7,00	55%
	0,117	
Desechos P (Ton)		
= % contenido alimento	51 - 80	70% no asimilado
Desechos N (Ton)	0,291	
= % contenido alimento	29	63% no asimilado
Desechos C (Ton)	0,693	
= % contenido alimento	10	22% no asimilado

4.3.3.6 Evaluación del tratamiento de RILES

La piscicultura Cuinco realiza el tratamiento de aguas residuales mediante rotafiltro y piscina de sedimentación. El rotafiltro es de tamaño reducido al igual que la piscina de sedimentación que es relativamente pequeña (aprox. 250-300 m²). Solamente se obtuvo en dos ocasiones muestras. Las concentraciones de DIN, N-Total, PO₄, P-Total y DOC en muestras antes de ingresar a la piscina (PT) y después de salir (EFL) se muestran en la fig. 86. La relación entre PT y EFL se muestra en la fig. 86. Mal rendimiento del sistema de tratamiento para P-total, P- soluble, DIN, N-total, DOC y TC. Cabe mencionar que solo se cuenta con dos fechas de monitoreo debido a que en las otras fechas no hubo producción y/o caudal efluente.

Es importante destacar que estos resultados son preliminares debido a que para una evaluación robusta de la eficiencia de remoción se deben realizar más muestreos y ajustar la metodología de la toma de muestra, y especialmente tomar muestras integradas durante por lo menos 24 h considerando fluctuaciones de la carga durante el día debido al manejo de la piscicultura (p.e. tiempos de alimentación etc.).

Se concluye que el tratamiento de las aguas residuales de la piscicultura Cuinco (2 muestreos) no es efectiva para nitrógeno, fósforo (disuelto & total) y carbono orgánico disuelto (DOC) y total (TC) donde en casi todos los casos los valores aumentan después del tratamiento.

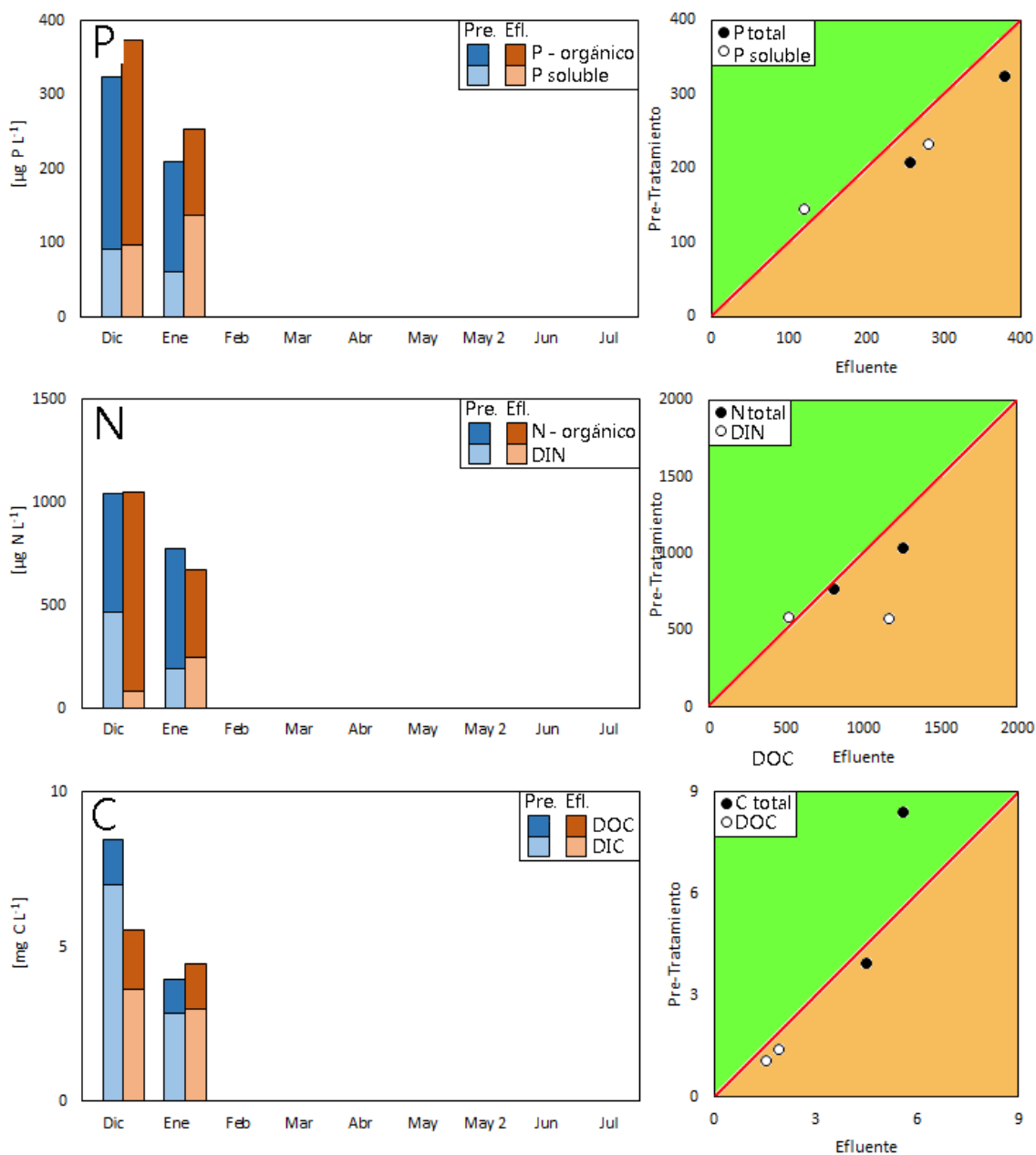


Fig. 86: Concentración de P, N y C antes y después de pretratamiento (izquierdo) y evaluación de eficiencia de retención (derecha): verde: buena retención; naranja: mala retención

4.3.3.7 Evaluación de los datos de autocontrol

Se analizaron los datos sobre la calidad del efluente de la piscicultura Cuinco desde 2015 (Fig. 87, Tabla 59). Para cada mes existía un valor para P, N y DBO5. Como se puede apreciar en la figura 87, para P total solo se reportaron valores con un límite de detección de 1 mgP/L, mientras los valores de N total fluctuaron entre 0,020 mgN/L (= L.D.) y 1,770 mg N/L (2015-2017). Para el período de este estudio donde Cuinco produjo peces (13.10.16 - 9.1.2017) el promedio de N fue $0,960 \pm 0,261$ mg Nkjel./L, mientras P siempre fue 1 mgP/L y el DBO5 fue con $8,66 \pm 8,39$ mg/L muy alto. Calculando las correspondientes cargas se nota que solamente los valores de N fueron similares a los resultados de este estudio, mientras las cargas de P y C del autocontrol fueron varias veces mayores que las calculadas con datos de este estudio. En el caso de P, esto es debido al alto L.D.

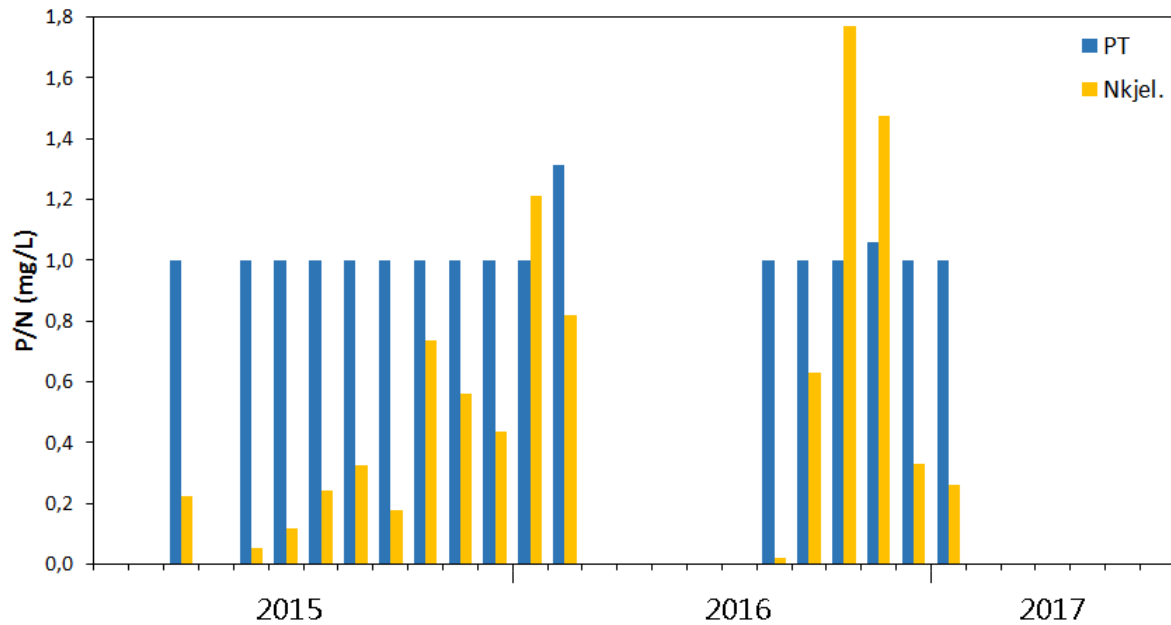


Fig. 87: Concentraciones de PT y NT obtenido en el programa de autocontrol del efluente de la piscicultura Cuinco (Datos: SMA)

Tabla 59: Resumen sobre los datos del autocontrol del efluente de la piscicultura Cuinco (13.10.2016 – 9.1.2017). L.D.: Límite de detección

	PT	N _{kjel.}	DBO5
	Concentración (mg/L)		
promedio	1,015	0,960	8,66
SD	0,030	0,776	8,39
min	1,000	0,261	3,25
max	1,060	1,770	21,17
L.D.	1,000	0,020	1
	Carga (kg/88 días)		
Autocontrol	1023	956	5562 (2325)
Este estudio	251	745	1386

*La carga de C fue calculada en base del DBO5 multiplicado por el factor 2/3 .

Se concluye lo siguiente:

El límite de detección para P total es demasiado alto (1,0 mgP/L) para detectar este parámetro en los RILES de la piscicultura Cuinco. Los valores de N kjel. estan en el rango esperado y similar los valores obtenidos en este estudio, mientras los valores de DBO5 en su promedio son demasiado altos. Estos valores eventualmente disminuirán utilizando solamente los datos de las muestras integradas durante 24 h. Sin embargo, se recomienda revisar los métodos analíticos para N y DBO5 y usar métodos analíticos con un L.D. más bajo para P total (< 0,100 mgP/).

4.3.4 Resultados Piscicultura Ignao

El monitoreo realizado en la piscicultura Ignao abarcó 4 estaciones (Fig 88), sin embargo, esto no pudo llevarse a cabo en cada campaña (14.11.16, 20.12.16, 10.1.17), debido al fuerte caudal presentado por el río, pudiendo solo muestrear las estaciones control y efluente, pero sin realizar mediciones de caudal.

En la campaña del 23.11.2016, se acordó que el monitoreo del efluente se efectuara por fuera de la “geomembrana” ubicada dentro de los terrenos de la piscicultura. En diciembre 2016 y enero 2017 se muestreó además la estación pre tratamiento para estudiar la eficiencia de los rotafiltros.

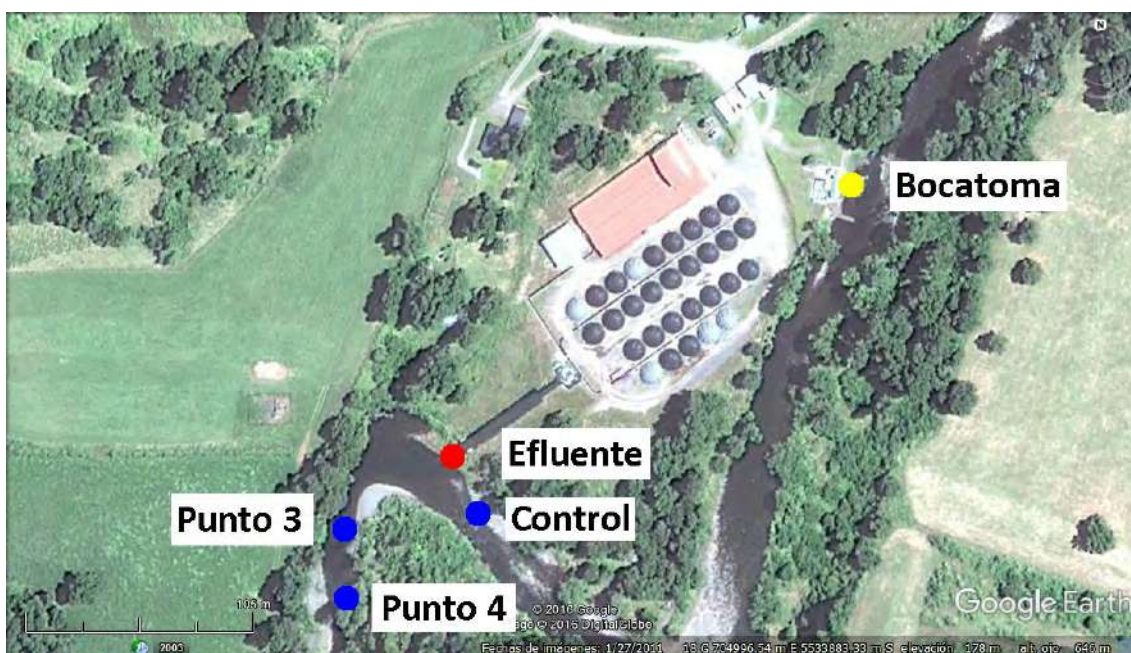


Fig. 88: Ubicación de las estaciones monitoreadas en piscicultura Ignao (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.01.2011)

4.3.4.1 Monitoreo de calidad de agua

En las figuras 89 - 93 se presentan los resultados sobre los factores físicos y químicos de la piscicultura Ignao y el río Ignao.

Caudal: El caudal del efluente varía entre $\sim 31.000 \text{ m}^3/\text{d}$ y $\sim 59.000 \text{ m}^3/\text{d}$ con un promedio de $\sim 48.000 \text{ m}^3/\text{d}$. El caudal del río Ignao no se pudo determinar durante invierno porque el río fue intransitable. El caudal del río Ignao varía entre $\sim 150.000 \text{ m}^3/\text{d}$ y $\sim 360.000 \text{ m}^3/\text{d}$. Durante invierno

el caudal estuvo todavía mayor. Más informaciones sobre este parámetro y el factor de dilución se presentan en el punto 4.3.4.4 (estimaciones de las cargas).

Temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, turbidez y DQO: Los valores de los parámetros temperatura (6,6 - 18,3 °C), conductividad eléctrica (20,7 – 64,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (8,7 – 12,9 mg/L), pH (5,9 - 8,0), turbidez (0,69 – 2,99 NTU) y DQO (< 4 mg/L) fueron muy similares entre todas las estaciones en cada fecha, a excepción del DQO del 03 de julio de 2017, en donde los valores de la estación efluente fueron casi diez veces más que el control. Sin embargo, no se observaron diferencias importantes en comparación con el control y las estaciones efluente, puntos 2, 3 y 4. Por lo que se puede concluir que el río receptor de la descarga de la piscicultura Ignao no evidenció cambios significativos de estos parámetros río abajo.

Nitrógeno y fósforo (Fig. 89 - 90): Las concentraciones de nitrógeno total en la estación control no superaron los < 225 $\mu\text{g N}/\text{L}$, constituida principalmente por nitrato y N orgánico, además no se observó algún cambio dependiendo de la época del año. La concentración de N en el efluente aumentó en un factor de 2 a 6x veces, principalmente por el aumento de amonio y N orgánico. Río abajo, las concentraciones de nitrógeno disminuyen hasta alcanzar concentraciones levemente superiores en los puntos 3 y 4 en comparación a la estación control.

Respecto al fósforo, este se comportó de manera similar al nitrógeno, aumentando su concentración en el efluente (39,2 – 117,1 $\mu\text{g P}/\text{L}$) por un factor 2 a 3x en relación con la estación control (12,9 – 39,8 $\mu\text{g P}/\text{L}$), disminuyendo en las estaciones río abajo a valores similares (19,2 – 52,4 $\mu\text{g P}/\text{L}$) a los presentados en la estación control. Esto significa que la descarga de la piscicultura se diluyó rápidamente debido a la alta capacidad de dilución del río. Cabe mencionar que aproximadamente un 50% del P total fue constituido por la fracción disuelta inorgánica en cada estación de monitoreo, el resto fue aportada por P orgánico.

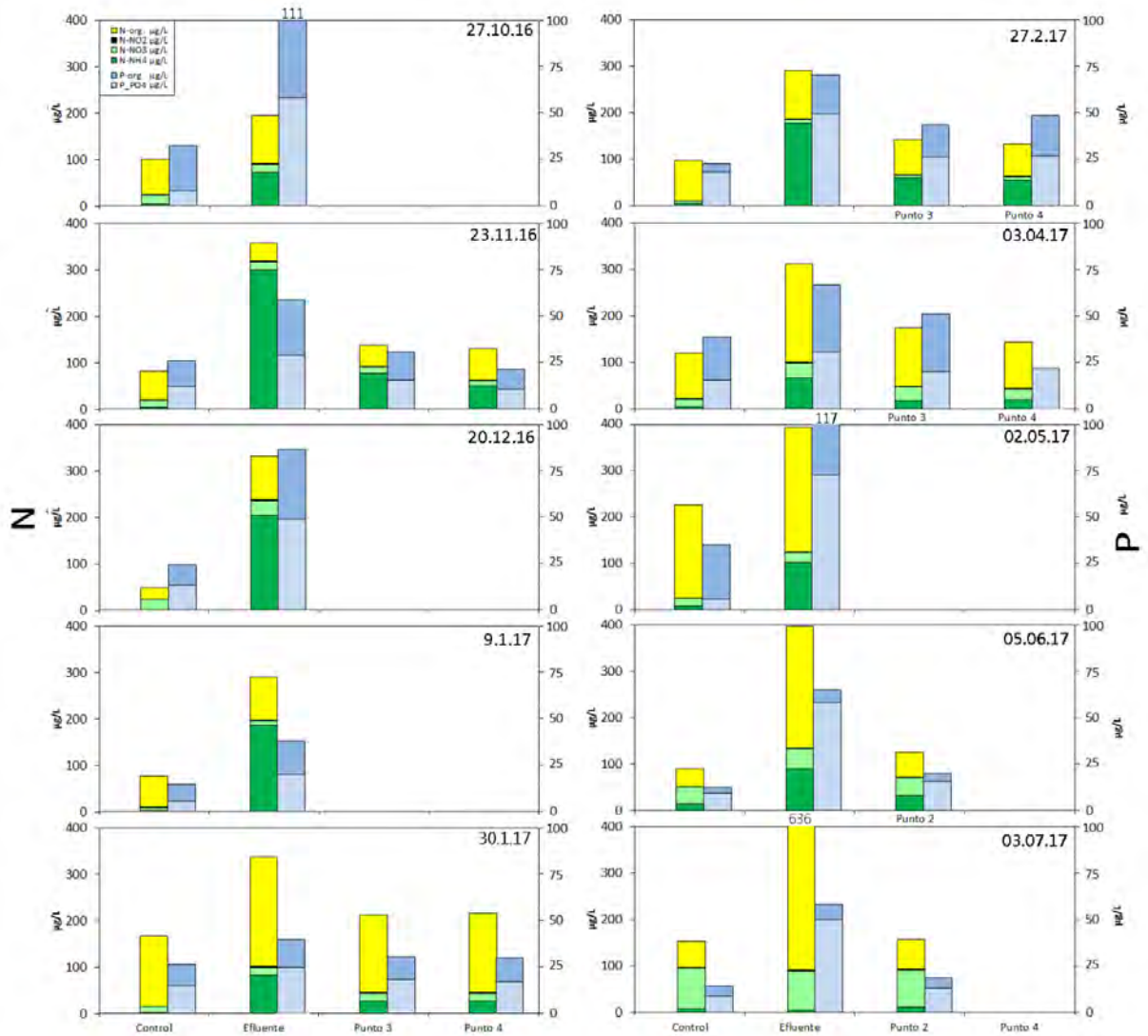


Fig. 89: Fracciones de nitrógeno y fósforo en diferentes estaciones Piscicultura Ignao

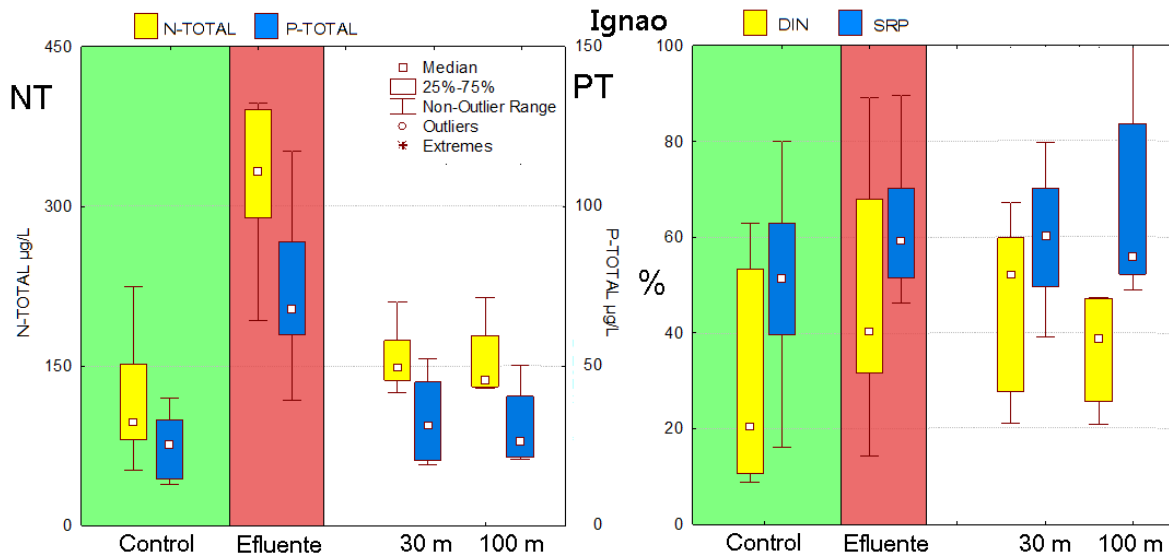


Fig. 90: Box Plot de diferentes fracciones de N y P en las diferentes estaciones Piscicultura Ignao. (izquierdo: valores absolutos, derecho: porcentaje de las fracciones disueltos).

Evaluación niveles tróficos

La evaluación trófica muestra que el río Ignao ya tiene una cierta carga de nutrientes en la estación Control con valores característicos de un nivel oligo-mesotrófico (al borde de mesotrofia para P) para N y P indicando ya una alteración respecto a valores mas bajos en la cabecera del río. Después de la descarga de la piscicultura Ignao las concentraciones de N y P aumentan por 30-50% en los puntos 3 y 4 y en consecuencia cambia el nivel trófico a mesotrofia. Desafortunadamente no hay mas puntos de monitoreo río abajo, donde este debería mejorar su nivel trófico por su capacidad de autopurificación.

Tabla 60: Evaluación trófica de diferentes estaciones de monitoreo, piscicultura Ignao.

Trofia	TN ($\mu\text{g/L}$)	TP ($\mu\text{g/L}$)
Oligotrófico	< 75	< 10
Oligo -mesotrófico	75 - 150	10 - 25
Mesotrófico	150 - 300	25 - 60
Eutrófico	> 300	> 60

Estación	NT ($\mu\text{g/L}$)	PT ($\mu\text{g/L}$)
	Promedio \pm Dev.est.	Promedio \pm Dev.est.
13 km Río arriba, N=1	96	10
Control N=10	115 \pm 52	25 \pm 9
Punto 3 N=4	166 \pm 34	40 \pm 11
Punto 4 N=4	155 \pm 40	31 \pm 14

Carbono orgánico disuelto (Fig. 91 - 93): Se observa un aumento de COD en el efluente de la piscicultura respecto a la estación control. En las estaciones Punto 3 y Punto 4 los valores de carbono no se ven elevados por sobre la estación control, indicando que el tramo del río y la capacidad de dilución del caudal son suficientes para disminuir el ingreso de carbono orgánico en el tramo fluvial estudiado. Las concentraciones de COD fluctuaron en la estación control entre 0,8-3,6 mg C/L mostrando claramente una carga previa a la piscicultura. En la estación efluente los valores de COD fluctuaron entre 1,0-10,2 mg C/L, observándose los valores más altos durante el 03 de Julio 2017, evidenciando la variabilidad en la calidad química del efluente. En la estación Punto 3 los valores de COD fueron entre 0,7 – 1,3 mg C/L. En la estación Punto 4 los valores de COD fueron 0,7 – 1,4 mg C/L. Cabe recalcar el pulso de COD de 10,2 mg C/L.

De acuerdo con los cálculos realizados para determinar el área de influencia del efluente de la piscicultura en relación con la concentración de carbono orgánico disuelto del cuerpo de agua fluvial receptor, se observa que el efluente aumenta en promedio un 108% la concentración de COD del río receptor. Cabe mencionar que el Río Ignao presenta una carga de COD propia previo a la descarga de la piscicultura que en ocasiones sobrepasan los 2 mg C/L de COD. Si se realiza un cálculo de aporte porcentual de COD originada por la operación

de la piscicultura, se observa que el efluente enriquece en un 108% de COD del río receptor. No obstante, río abajo en los puntos 2, 3 y 4 la concentración de COD remanente del efluente de la piscicultura es de 19%, -11% y -16% (Fig. 93). Teniendo en cuenta que el río receptor presenta una carga propia y que el aporte de la piscicultura en el Punto 2 disminuye a 19% (muy cerca del límite de COD remanente sugerido de 20%), se sugiere un área de vigilancia hasta el punto 3.

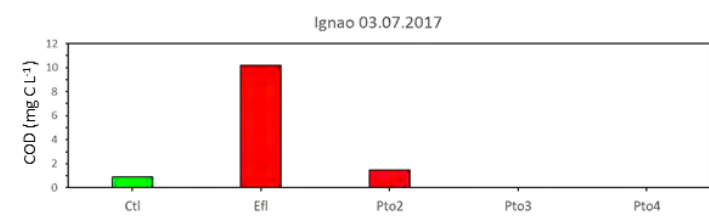
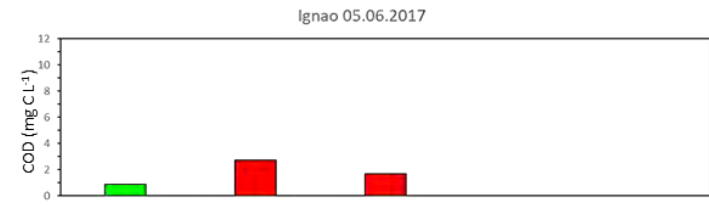
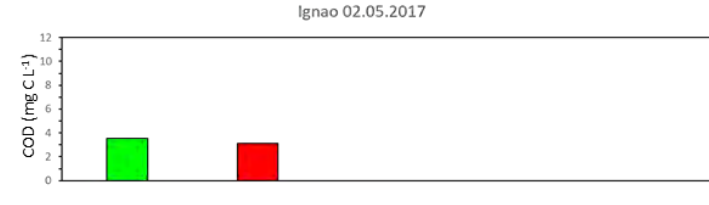
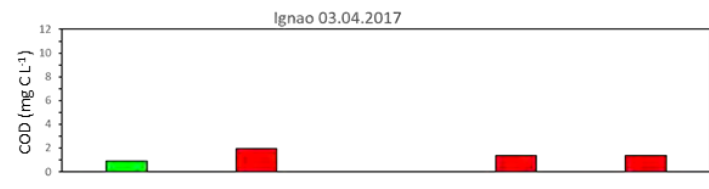
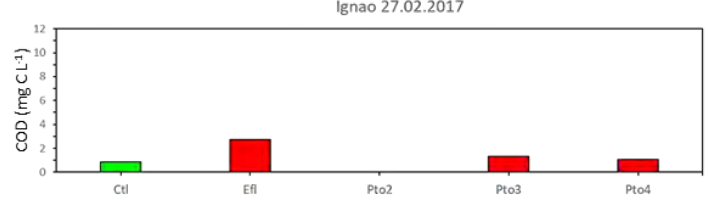
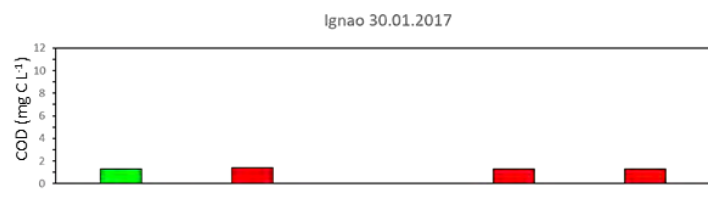
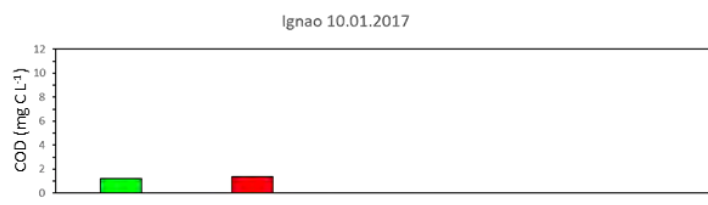
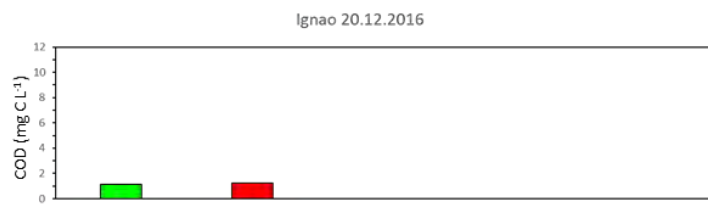
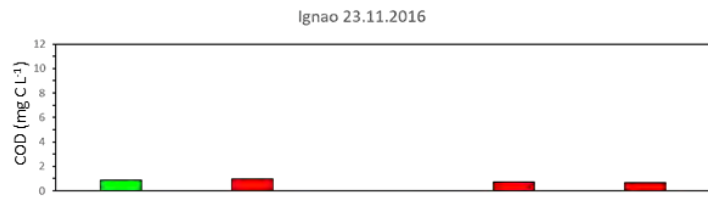
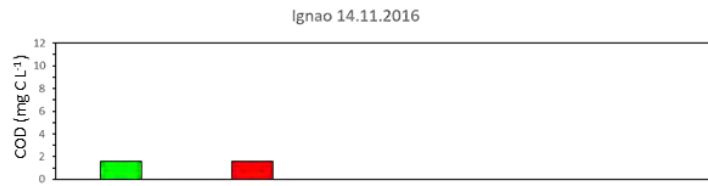


Fig. 91: Carbono orgánico disuelto en diferentes estaciones Piscicultura Ignao

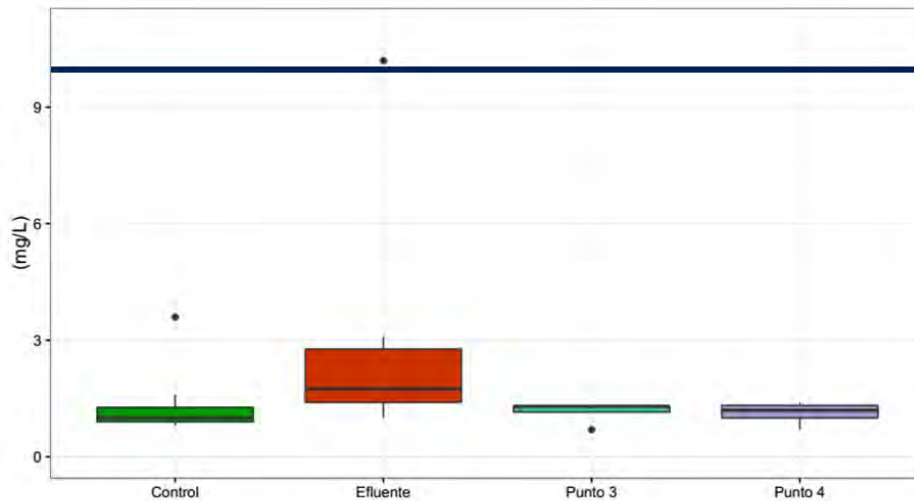


Fig. 92: Concentración de carbono orgánico disuelto (mg C/L) promedio en las diferentes estaciones de la piscicultura Ignao (Boxplots de COD indicando mediana, error estándar y valores extremos de los diez muestreos realizados).

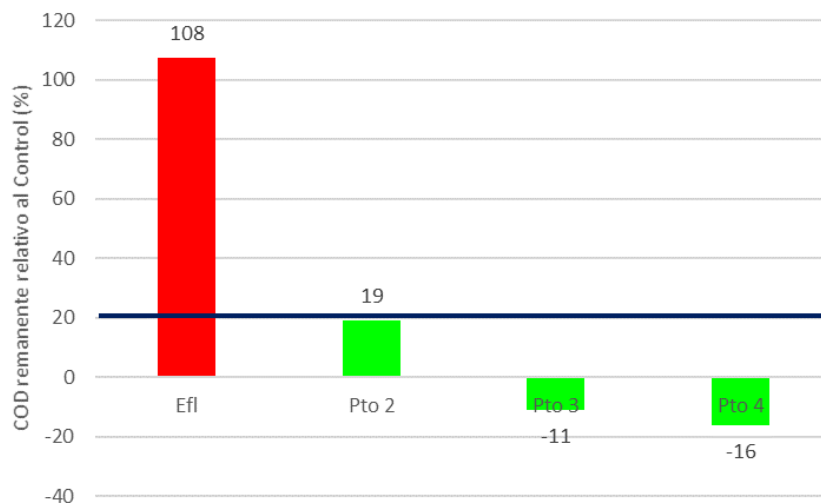


Fig. 93: Porcentaje de la concentración de carbono orgánico disuelto (% mg C/L) promedio remanente en las diferentes estaciones de la piscicultura Ignao con respecto al cuerpo de agua fluvial receptor.

Materia orgánica disuelta (Fig. 94 - 97)

Los resultados obtenidos en el río Ignao, nos muestran un predominio de DOM proteico en la mayoría de las estaciones monitoreadas. De manera singular, la estación control presenta mayores proporciones de material orgánico proteico que refractario, siendo conformado por un 56% del total de la reserva de DOM en esta estación, una de las mayores proporciones con respecto a las demás estaciones control monitoreadas. La estación efluente, se encuentra conformada por mayores intensidades de fluorescencia

por parte de los componentes proteicos, sin embargo, este tipo de materia orgánica alcanza un 48% de la reserva total de DOM, mientras que los componentes de características húmicas presentaron un 52% de la conformación, mostrando una menor variación durante los diferentes monitoreos. En la estación punto 3, se observa un aumento en la fluorescencia del material de origen proteico en comparación a la estación efluente, alcanzando proporciones de un 67% en la conformación del DOM total, siendo la estación punto 3, la que presenta las mayores proporciones de este material lábil. En la estación punto 4, las intensidades de fluorescencia del DOM proteico disminuyen de manera considerable en comparación a la estación punto 3 alcanzando proporciones de un 56% en la conformación del DOM total, siendo parecido a lo encontrado en la estación control, sin embargo, las intensidades de fluorescencia de DOM lábil son levemente inferiores a lo observado en la estación control. Al agrupar las estaciones mediante sus intensidades de fluorescencia (Proteico y Húmico) se puede observar que las estaciones control y punto 4, se agrupan en un sector, con intensidades de fluorescencia similares, mientras que las estaciones efluente y punto 3, se agrupan en el otro sector del conglomerado, influenciadas en mayor medida por las intensidades de los componentes de origen proteico. Los valores de fluorescencia del material orgánico lábil en la estación punto 4 son levemente menores a lo encontrado en la estación control, por lo que se puede indicar que la capacidad de dilución y autodepuración del cuerpo de agua fluvial receptor son suficientes para diluir el aporte orgánico de la piscicultura, eso sí, la estación control presenta una carga previa de DOM lábil, originada por un tipo de material proteico de características diferentes al proveniente de la descarga del efluente de la piscicultura. Sin embargo, es posible demostrar que los componentes proteicos del DOM sirven claramente de trazador del aporte orgánico proveniente del efluente de la piscicultura.

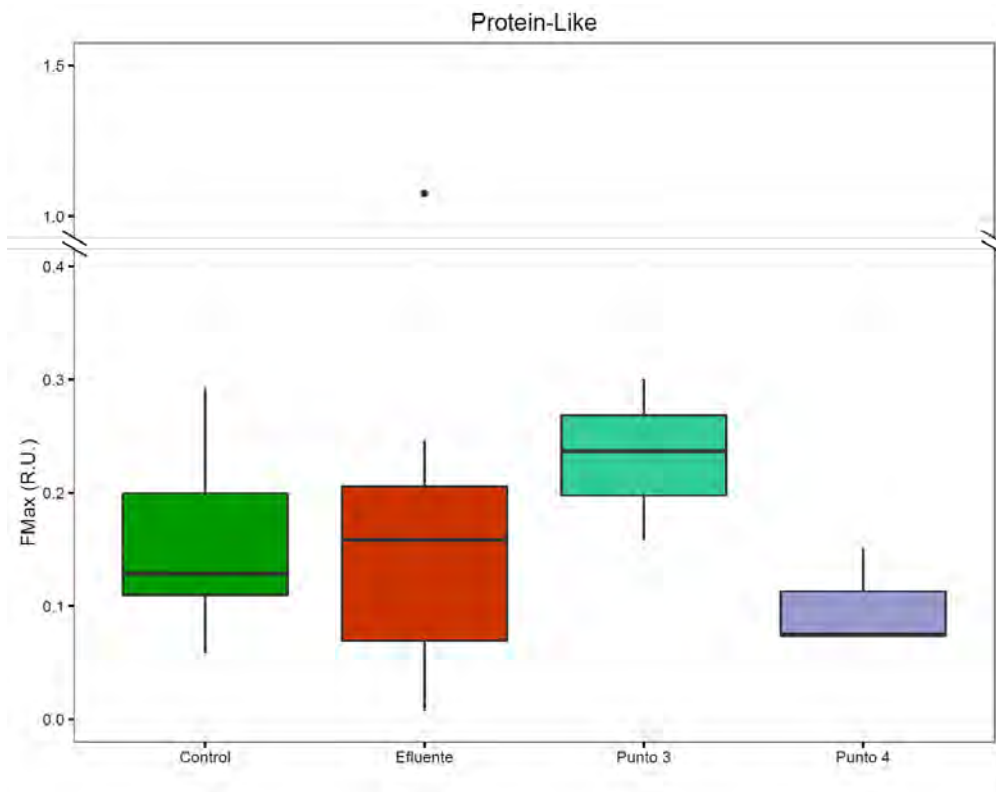


Fig. 94: Variación espacial de DOM proteico en las distintas estaciones de la piscicultura Ignao

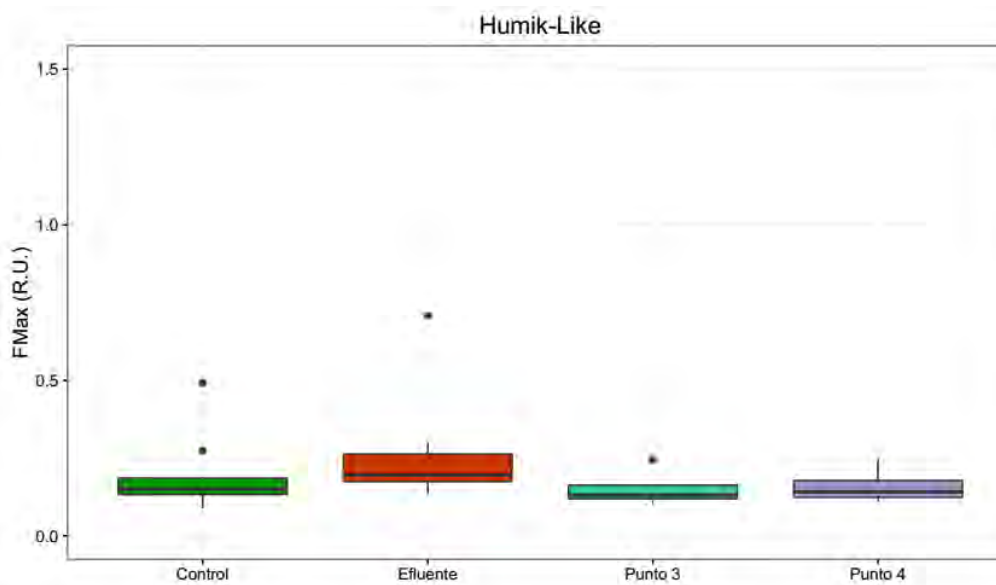


Fig. 95 Variación espacial de DOM refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Ignao

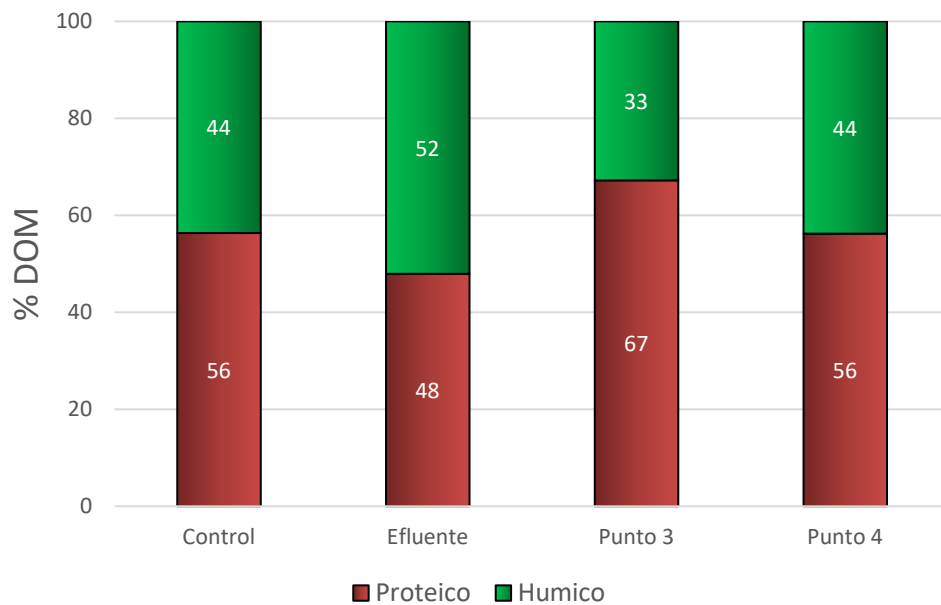


Fig. 96: Aporte porcentual de DOM labil v/s refractario promedio en las distintas estaciones de la piscicultura Ignao

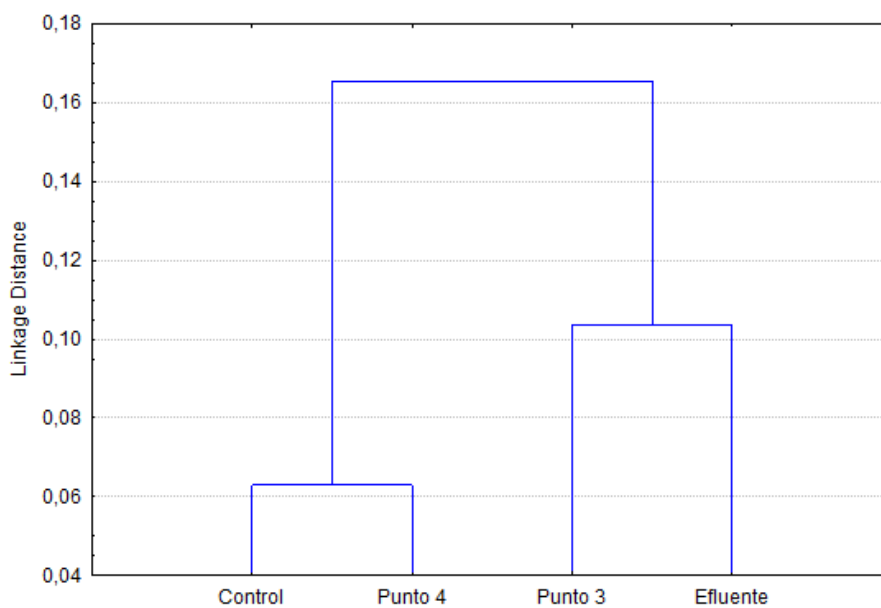


Fig. 97: Diagrama de árbol (ward method) demostrando diferencias y similitudes de DOM labil v/s refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Ignao

Tabla 61: Rangos (promedio anual) de calidad de aguas referentes a COD en la Piscicultura Ignao.

Piscicultura IGNAO	Escala de calidad	Concentración promedio \pm desv. est. de COD (mg C/L)
Control	Muy Buena	1.3 \pm 0.8
Efluente	Regular	2.7 \pm 2.7
Pto. 3	Muy Buena	1.3 \pm 0.3

Se concluye según los tres criterios de calidad de aguas propuestos relativas al carbono orgánico disuelto:

1. Las concentraciones de COD en general no sobrepasan los valores límite de concentración (max. 10 mg C/L). Sin embargo, hubo un evento donde se registró una concentración de 10.2 (mg C/L)
2. Con relación a los rangos de calidad, el efluente de la piscicultura no cambia el nivel de calidad después de la mezcla completa (buena calidad).
3. El componente tipo triptófano de la materia orgánica disuelta permite una trazabilidad efectiva del efluente de la piscicultura.

4.3.4.2 Monitoreo de macrozoobentos

Área de estudio: La piscicultura Ignao se ubica en la depresión intermedia de la comuna de Lago Ranco, donde domina una topografía semiplana formada por sedimentación glaciofluvial volcánica, donde escurren cursos de agua provenientes de la ladera norte del Volcán Puyehue-Cordón Caulle. La piscicultura obtiene el recurso hídrico del río Ignao, afluente del río Bueno cuya junta se ubica a unos 8 km en dirección norte del punto de descarga del efluente (RIL) en zona de hiporitrón. Su régimen hidrológico está influenciado por las precipitaciones estacionales. El río se desarrolla sobre suelos con lomajes suaves donde predominan el uso ganadero y agrícola.

Caracterización de tramos comparados: Para determinar las alteraciones en el río por efecto del efluente de la piscicultura, se tomaron muestras usando la metodología multihábitat para macroinvertebrados bentónicos (Tabla 62). El muestreo se realizó el 27 de febrero de 2017, en un tramo CONTROL a 30 m de aguas arriba del efluente y un tramo IMPACTO a 100m aguas abajo del efluente (fig.98).

Ambos tramos seleccionados presentan una similar fisonomía (comparables según índice de similitud) con un ancho medio (20m), tipo de sustrato dominado por bolones cubiertos por perifiton y pendiente de 2 a 3%. Del mismo modo, presentan similar composición y estado de la vegetación de ribera (Índice CBR= Muy bueno). No se observó abrevaderos de animales (vacunos).



Fig. 98: Piscicultura Ignao. Ubicación de los tramos Control e Impacto en el río Ignao.

Tabla 62: porcentaje hábitat (%) y número de muestras (Nº) por hábitat de los tramos estudiados en el río Ignao. H-BB= Sustrato mineral > 6cm (Bolones-Bloques).

Código Tramo	Descripción	Fecha Muestreo	Inicio Tramo UTM	Fin Tramo UTM	Hábitat H-BB
CONTROL	Tramo control 30-130m aguas arriba del efluente	27-02-2017	5533883S 717577E	5533881S 717664E	100% Nº=20
IMPACTO	Tramo impacto a 100-200m aguas abajo del efluente	27-02-2017	5534260S 717585E	5534155S 7176773E	100% Nº=20

Taxones y métricas en tramos sujetos a comparación: El ensamble de macrozoobentos en el tramo IMPACTO comparado con el tramo CONTROL registró alteración “Alta” en similitud de taxones (índice de Jaccard) y en la distribución de abundancia de los taxones que componen el ensamble (índice Bray-Curtis). Riqueza, densidad y diversidad no registraron alteración (Tabla 63).

En el muestreo realizado en el río Ignao, se registró un total de 55 taxones, 39 en el CONTROL y 45 para tramo IMPACTO, representando 15 % de incremento en la riqueza (S). Del total de taxones, 10 fueron exclusivos del tramo CONTROL, 16 exclusivos para el tramo IMPACTO y 29 taxones compartidos (Tabla 65).

La densidad total aumenta de 10754 ind./m² en el tramo CONTROL a 16857 ind./m² en el tramo IMPACTO equivalente al 57%, siendo los taxones Nais (Oligochaeta), Dugesia (Platyelminthes), Neoatopsyche (Hydrobiosidae: Trichoptera), Meridialaris (Leptophlebiidae: Ephemeroptera) y Antarctoperla (Gripopterygidae: Plecoptera) los que mostraron mayores incrementos en densidad comparado con el CONTROL.

En el tramo IMPACTO, no se observó desaparición de aquellos taxones ordenes reconocidos como sensibles a contaminación de tipo orgánico, tales como Plecóptera, Trichoptera y Ephemeroptera, siendo este último el grupo que se presentó más diverso con 13 taxones.

Ninguno de los taxones nuevos para el tramo IMPACTO muestra un incremento importante en sus abundancias, más bien, se observó una sustitución de taxones con características de mayor tolerancia a la condición del tramo, lo que se refleja en la calidad de agua desde el punto de vista biológico (IBF), la que cambia a “Regular” en el tramo IMPACTO (IBF de 3,98 a 5,07). Del mismo modo, la no dominancia de los nuevos taxones y la poca variación en sus densidades respecto

al total del ensamble, determinó la no variación de diversidad específica entre tramos comparados (CONTROL $H' = 1,08$; IMPACTO $H' = 1,07$).

El ensamble del tramo IMPACTO es similar en taxones(Sj) en un 53% al tramo CONTROL y presenta una disimilitud (Bray-Cutis) de 49%.

Tabla 63: Composición taxonómica del macrozoobentos en el río Ignao

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO	
ANNELIDA	HAPLOTAXIDA	OLIGOCHAETA	LUMBRICULIDAE	Lumbriculus Sp5	--	X	
			NAIDIDAE	Nais	X	X	
			TUBIFICIDAE	Tubifex	X	X	
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	AUSTROPERLIDAE	Klapopteryx	X	X	
			DIAMPHIPNOIDAE	Diamphipnoa annulata	X	--	
			GRIPOPTERYGIDAE	Antarctoperla michaelsoni	X	X	
		Antarctoperla Sp2		--	X		
		EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	Andesiops Sp1	--	X	
				Andesiops Sp2	X	X	
				Andesiops Sp3	X	X	
			LEPTOPHLEBIIDAE	Massarttelopsis	X	X	
				Meridialaris diguillna	X	X	
				Meridialaris sp1	X	X	
				Meridialaris sp2	X	X	
				Meridialaris sp3	X	X	
				Penaphlebia barrai	X	--	
				Penaphlebia chilensis	X	X	
				Penaphlebia sp2	--	X	
				Penaphlebia sp4	X	--	
				Penaphlebia vinosa	--	X	
				TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	Coilloma	--
		Genero X	X			--	
		Neatopsyche	X			X	
				HYDROPSYCHIDAE	Smicridea annulicornis	X	X
		DIPTERA	ATHERICIDAE	Dasyomma	X	X	
			CERATOPOGONIDAE	Bezzia sp	X	--	

Continuación tabla 57

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO	
			CHIRONOMIDAE	Rheotanytarsus	X	X	
				Cricotopus	X	X	
				Limaya	X	X	
				Onconeura	X	X	
				Orthoclaadiinae C	--	X	
				Orthoclaadiinae D	X	X	
				Orthoclaadiinae H	--	X	
				Paramerina	--	X	
				Pentaneura	--	X	
				Podonomus setosus	--	X	
				EMPIDIDAE	Empididae Sp1	X	--
					Empididae Sp2	X	X
					Empididae Sp3	--	X
		SIMULIIDAE	Simulium sp	X	X		
		COLEOPTERA	ELMIDAE	Austrolimnius	X	X	
				Elmidae Forma A	X	--	
				Elmidae Forma B	--	X	
				Luchoelmis cekalivici	X	X	
				Luchoelmis Forma A	X	--	
				PSEPHENIDAE	Tychepephenus	X	X
		MALACOSTRACA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	Hyaella	--	X
DECAPODA	AEGLIDAE		Aegla	X	X		
ARACHNIDA	ACARI	HYDRASHNIDA	Acari Ind.2	X	--		
			Acari Ind.3	X	X		
MOLLUSCA	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	ANCYLIDAE	Ancylus	--	X	
			CHILINIDAE	Chilina gibbosa	X	--	
NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	Nematoda ind.	--	X	
PLATYELMINTHES	RHABDITOPHORA	RHABDOCOELA	TEMNOCEPHALIDAE	Temnocephala	X	X	
		TRICLADIDA	DUGSESIDAE	Dugesia	X	X	

Cambio en la estructura del ensamble: Para el tramo IMPACTO se observó que sólo Leptophlebiidae (Ephemeroptera) se mantiene sin modificar sus abundancias y Baetidae (Ephemeroptera) Hydropsychidae (Trichoptera) son desplazados por Naididae (Oligochaeta) y Chironomidae (Diptera), ambos grupos reconocidos por proliferar en presencia de materia orgánica.

La distribución de las abundancias de los grupos encontrados en el tramo CONTROL, está conformada por Ephemeroptera: Baetidae (25%) y Leptophlebiidae (24%), Trichoptera: Hydropsychidae (20%), Díptera: Chironomidae (6%) y Empididae (5%); Coleóptera: Elmidae (3%) y Psephenidae (3%); Decápoda: Aegla (2%) y los otros grupos presentes no superan el 1%.

Para el tramo IMPACTO se registró una modificación respecto al CONTROL: Ephemeroptera: Leptophlebiidae (25%); Naididae (25%); Diptera: Chironomidae (17%); Ephemeroptera: Baetidae (3%); Coleóptera: Elmidae (3%) y Psephenidae (1%); Decápoda: Aegla (2%). Los otros grupos se presentaron con densidades inferiores al 1%.

Taxones indicadores de alteración: De acuerdo a las distribuciones de densidad (ind./m²), presencia-ausencia en los hábitat y tolerancia a contaminación orgánica de los taxones encontrados en los tramos estudiados, en la tabla 58 se muestra un listado de taxones representativos cada uno.

Tabla 64: Taxones representativos de las condiciones de los tramos comparados en el río Ignao.

TRAMO	CALIDAD IBF	TAXONES REPRESENTATIVOS
CONTROL	Buena	<i>Diamphipnoa sp.</i> , <i>Andesiops sp3</i> , <i>Meridialaris</i> , <i>Smicridea annulicornis</i> , <i>Tycheapsephenus</i> , <i>Limaya</i> , <i>Empididae sp2</i>
IMPACTO	Regular	<i>Hyaella</i> , <i>Antarctoperla</i> , <i>Aegla</i> , <i>Orthocladiinae C</i> , <i>Orthocladiinae D</i> , <i>Nais</i> , <i>Ancylus</i> , <i>Temnocephala</i>

Conclusiones

El ensamble de macrozoobentos en el tramo IMPACTO comparado con el tramo CONTROL, registró una alteración “Alta”, los taxones presentes no son similares y el ensamble es disímil.

Se observó aumento en las densidades de algunos grupos (por ejemplo: Naididae, Simuliidae, Aeglidae, Chironomidae) no significando una variación en la diversidad específica del ensamble, indicando que las condiciones derivadas de la descarga del efluente de la piscicultura facilitarían el reemplazo de taxones, más tolerantes a contaminación (orgánica) y determinan el cambio en la calidad del agua desde un punto de vista biológico de “Buena” a “Regular” y definiendo la alteración en el tramo desde el punto de vista biológico, como moderada (Tabla 65).

Se concluye que el río Ignao presenta alteración moderada cambiando de calidad Buena a Regular desde el punto de vista biológico (ensambles de macrozoobentos) en los tramos IMPACTO comparado con un tramo CONTROL ubicado aguas arriba del efluente de Piscicultura Ignao.

Tabla 65: Resumen de métricas que comparan los tramos control e impacto en el río Ignao .
*Valor de índices comparando IMPACTO vs CONTROL.

Nivel de la alteración: NO HAY MODERADO ALTO MUY ALTO

	Tramo	CONTROL	IMPACTO
METRICA		Febrero 2017	
RIQUEZA (S)		39	45
DENSIDAD (Ind./m²)		10754	16857
DIVERSIDAD (H')		1,08	1,07
JACCARD índice (Sj) (% Similitud)		52,7*	
Bray-Curtis (% Disimilitud)		48,7*	
IBF (Índice de calidad)		3,98 Bueno	5,07 Regular
% Similitud IBF (Alteración)			Moderado

4.3.4.3 Análisis de la cuenca

1) USO DE SUELO

La cuenca del río Ignao hasta la piscicultura , tiene una superficie total de 12356 ha y esta dominada principalmente por bosque nativo adulto denso (34%) en la cabecera de la cuenca y por praderas perennes (29%) en la parte inferior hasta la piscicultura (Tabla 66, Fig. 99).

Tabla 66: Uso de suelo en la cuenca del río Ignao

Uso de suelo	Total (ha)	%
B.Nat.Achaparrado Denso	75,3	0,6
B.Nat.Adulto-Renoval Denso	628,7	5,1
B.Nat.Adulto-Renoval Semidenso	24,7	0,2
Bosque Nativo Adulto Abierto	95,2	0,8
Bosque Nativo Adulto Denso	4236,6	34,3
Bosque Nativo Adulto Semidenso	916,0	7,4
Ciudades-Pueblos-Zonas.Indus.	23,1	0,2
Corridas de Lava y Escoriales	64,0	0,5
Lago-Laguna-Embalse-Tranque	2,4	0,0
Matorral Abierto	62,0	0,5
Matorral Arborescen. Semidenso	46,5	0,4
Matorral Arborescente Abierto	130,1	1,1
Matorral Arborescente Denso	48,1	0,4
Matorral Denso	14,2	0,1
Matorral Pradera Abierto	12,5	0,1
Matorral Pradera Semidenso	54,9	0,4
Matorral Semidenso	66,8	0,5
Planta.Joven-Recien Cosechada	9,5	0,1
Plantacion	200,1	1,6
Praderas Perennes	3632,7	29,4
Renoval Abierto	133,0	1,1
Renoval Denso	938,7	7,6
Renoval Semidenso	912,1	7,4
Rios	28,7	0,2
Total (ha)	12355,7	100

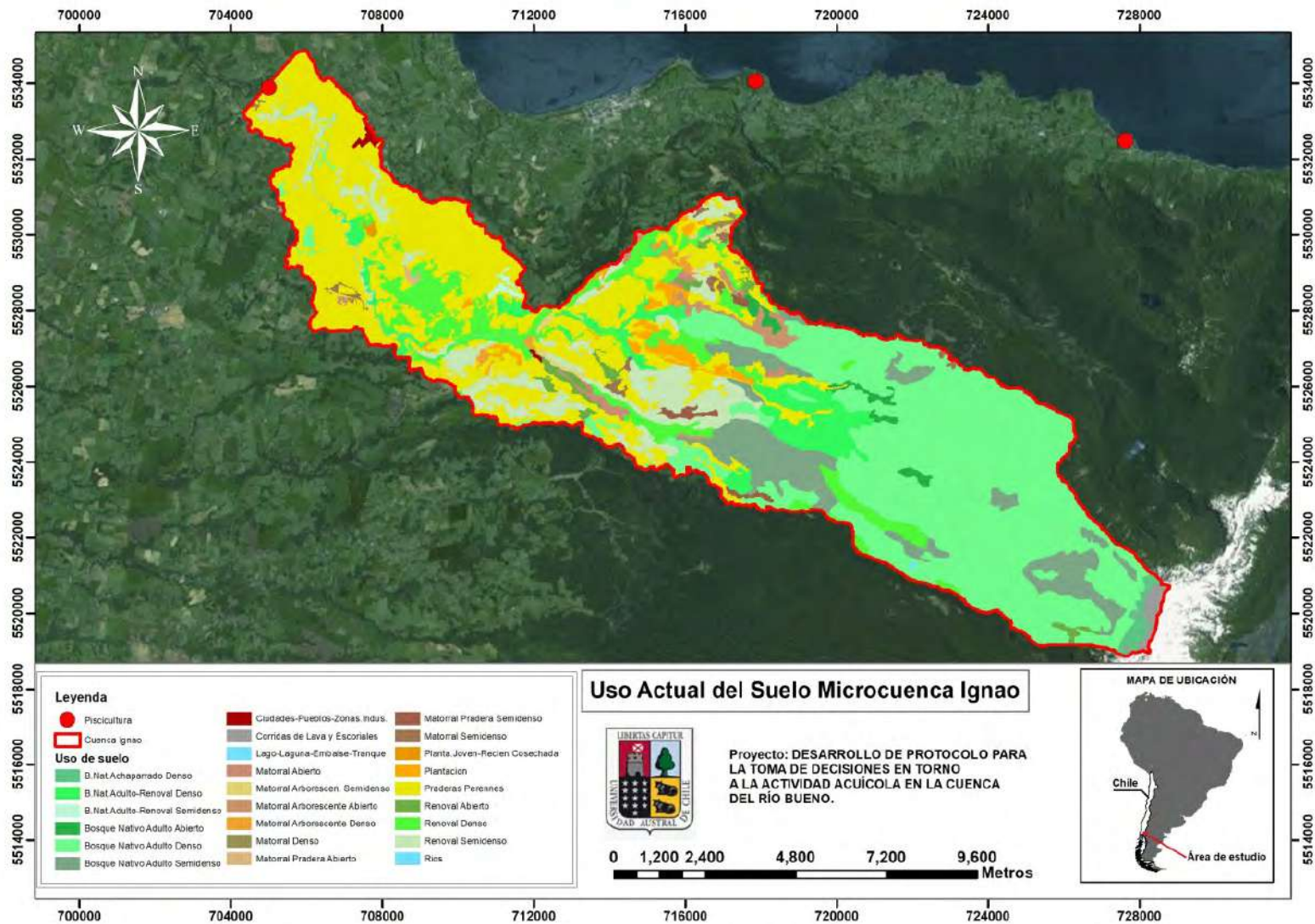


Fig. 99: Uso actual del suelo en la cuenca del río Ignao

2) POBLACIÓN Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CUENCA

En la cuenca del río Ignao existen aproximadamente 91 casas, que están ubicadas principalmente en el área de la desembocadura del río y encima de la planta de tratamiento de Futrono (8 casas). Se estima que la población permanente es menor a 2-300 personas, número que durante el verano aumentaría por el turismo. Casi todas las casas se ubican río abajo de las descargas de la piscicultura Ignao (Fig. 100).

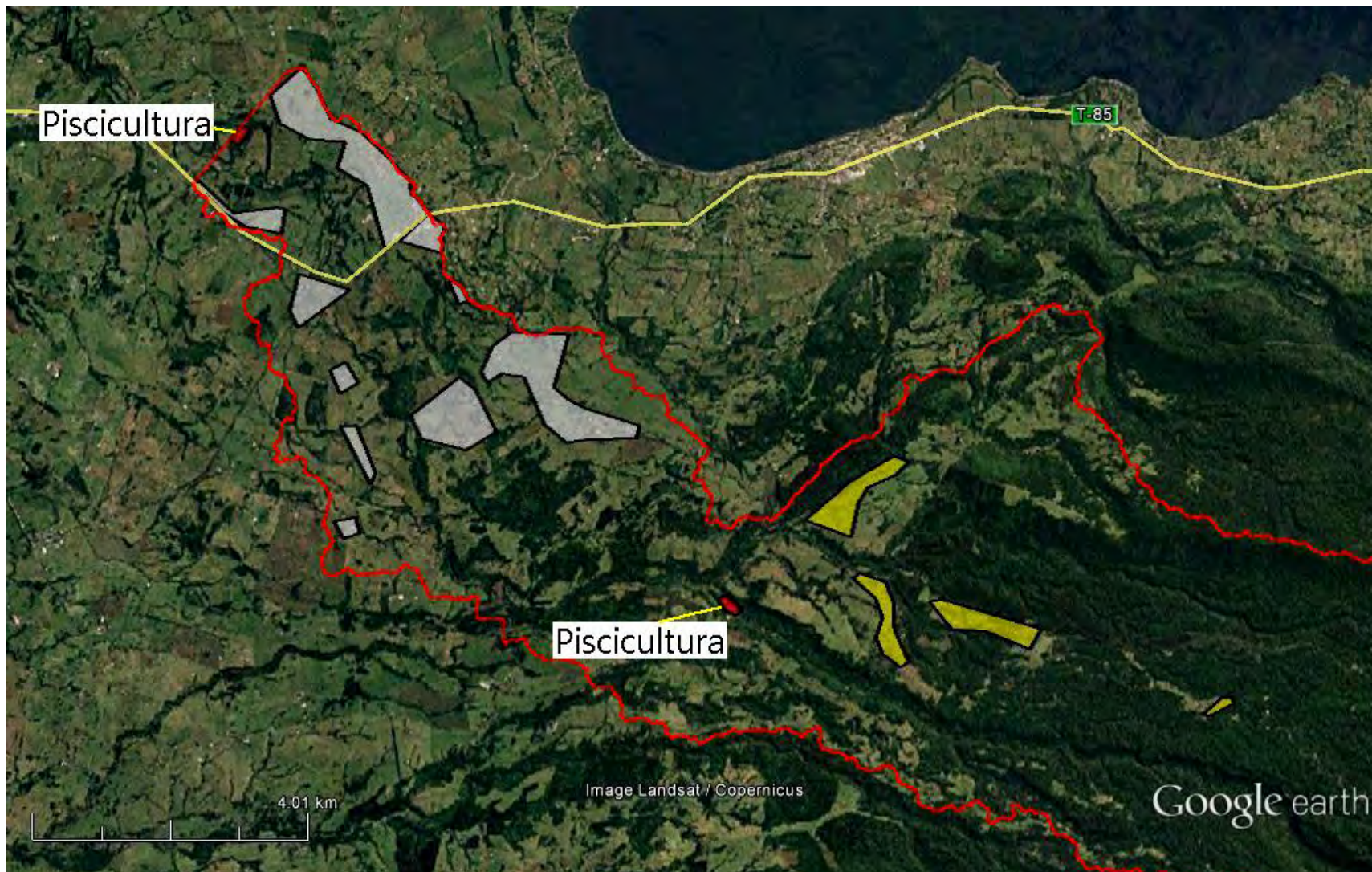


Fig. 100: Areas de asentamiento y actividades humanas en la cuenca Ignao

4.3.4.4 Estimación de las cargas

El factor de dilución del efluente en el receptor (río Ignao) fue en promedio 6,4x ($\pm 1,8$) con un mínimo de 4,1x y un máximo de 9,6x durante el período octubre 2016 hasta julio 2017. Sin embargo, hay que recordar que durante el invierno no fue posible determinar el caudal del río. En consecuencia, el factor de dilución durante esta estación fue seguramente mayor, estimándose a 20-100x aproximadamente.

La carga de la piscicultura Ignao se calculó en base de los caudales medidos por la empresa y las concentraciones de P, N y C en el efluente corregidas por las concentraciones medidas en la estación "control". El aporte de la piscicultura a la carga total del río Ignao fue aproximadamente 23% para PT (2,2 kg/d), 24% para NT (10,5 kg/d), y 14% para DOC (63,8 kg/d) (Tabla 67, Fig. 101). La carga total de la piscicultura durante el período de 231 días de monitoreo fue aproximadamente 0,5 ton P, 2,43 ton N y 14,7 ton C orgánica disuelto.

Cabe mencionar que la carga media diaria de la piscicultura Ignao corresponde a la carga media diaria de aprox. 1360 habitantes para P, 1000-1300 habitantes para N y aprox. 1600-2050 habitantes para C.

Tabla 67: Cargas diarias y durante el monitoreo, estimadas para el río Ignao (estación control), efluente total y aporte de la actividad piscicultura.

		Río Ignao (1)	Efluente (2)	Piscicultura (3)	Suma (1+2)
PT	Promedio kg/d	6,1 \pm 2,0	3,3 \pm 1,5	2,2 \pm 1,3	9,4
	min-max	3,6 – 8,9	1,9 – 6,5	0,6 – 4,6	
	kg/231d	1351	760	503	2170
	%	65	35	23	100
NT	Promedio kg/d	27,6 \pm 10,6	15,6 \pm 5,5	10,5 \pm 5,1	43
	min-max	17,9 – 50,8	10,4 – 29,3	5,5 -22,3	
	Total kg/231d	6384	3613	2426	9997
	%	64	36	24	100
DOC	promedio kg/d	323 \pm 164	123,3 \pm 127	63,8 \pm 133	446
	min-max	156,7 -669	29,9 - 471	-17,9 - 429	
	Total/231d	74510	28478	14730	103000
	%	72	28	14	100

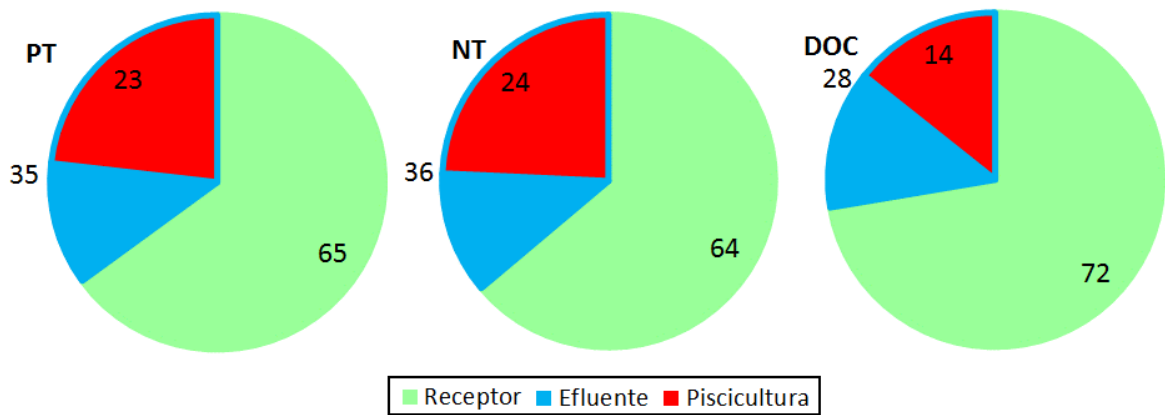


Fig. 101: Porcentaje de cargas estimadas para 231 días (14.11.16 – 03.07.17) de P, N y C de la piscicultura Ignao en relación con la carga actual del río Ignao en la estación “control” y en el efluente en comparación con el aporte de la actividad piscicultura.

4.3.4.5 Evaluación del tratamiento de RILES

La piscicultura Ignao realiza el tratamiento de aguas residuales mediante sistema de rotafiltro y sistema de desinfección UV. A continuación del sistema UV se encuentra un canal de app 50 m de longitud recubierto por una bio-membrana que permite la biodegradación por biofilm. De acuerdo con sus dimensiones, este rotafiltro al parecer tiene un tamaño y abertura de malla adecuados para el caudal de efluente a tratar. Cabe mencionar que el diseño del sistema incluye 2 by-pass al rotafiltro cuyas compuertas deben mantenerse cerradas para que el rotafiltro cumpla su función. Las concentraciones de DIN, N-Total, PO4, P-Total y DOC en muestras antes de ingresar al rotafiltro (PT) y después de salir (EFL) se muestran en la fig. 102. La relación entre PT y EFL se muestra en la fig. 102.

Esta piscicultura muestra los mejores resultados en la mayoría de los parámetros, aunque con solo 4 monitoreos debido a que no se permitió el muestreo durante todas las fechas de monitoreo.

En el caso del fósforo, todos los valores muestran disminución de la concentración en los parámetros de P-Total y P- Soluble.

En nitrógeno, si bien los resultados no son tan buenos como para el fósforo, también se observa un buen funcionamiento del sistema de tratamiento evidenciado una disminución de las concentraciones, principalmente para N-total. El DIN por su parte muestra una tendencia a aumentar después del tratamiento. Las mayores concentraciones de observan en los meses de junio y julio.

Se observa un buen funcionamiento del rotafiltro en carbono durante los meses junio y julio, al verse una disminución de las concentraciones en los efluentes tras el paso por el rotafiltro. En los meses de diciembre y enero la tendencia es de leve aumento. Las concentraciones más altas se registran en los meses de junio y julio.

Se concluye que el tratamiento de las aguas residuales de la piscicultura Ignao es efectivo para nitrógeno, fósforo (disuelto y total) , carbono orgánico disuelto (DOC) y total (TOC) donde en casi todos los casos los valores disminuyen (hasta un 80%) después del tratamiento. Sin embargo, solamente se obtuvieron datos en 4 ocasiones.

Cabe mencionar que estos resultados son preliminares debido a que para una evaluación robusta de la eficiencia de remoción se deben realizar más muestreos y ajustar la metodología de la toma de muestra, y especialmente tomar muestras integradas durante por lo menos 24 h considerando fluctuaciones de la carga durante el día debido al manejo de la piscicultura (p.e. tiempos de alimentación etc.).

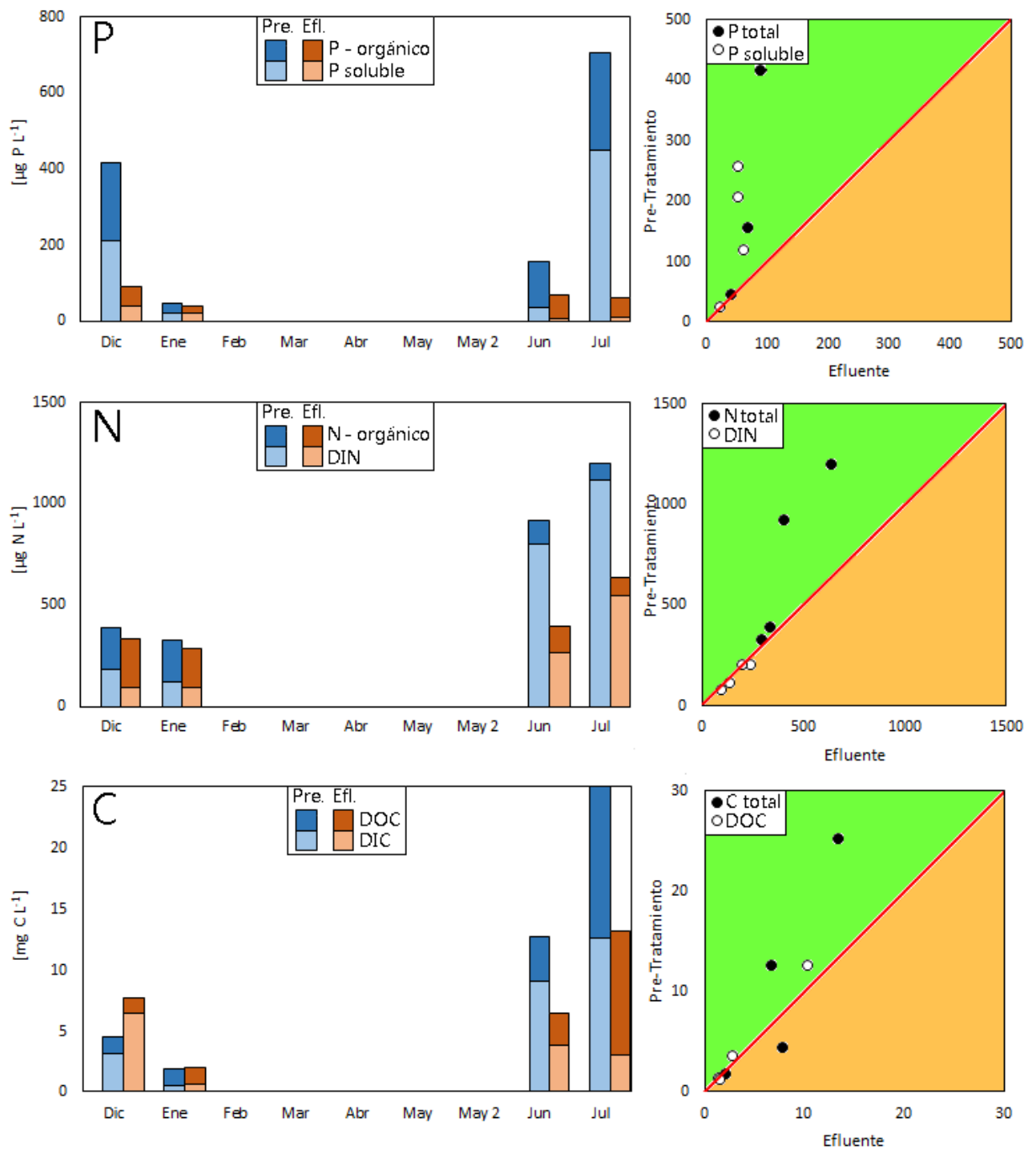


Fig. 102: Concentración de P, N y C antes y después de pretratamiento (izquierdo) y evaluación de eficiencia de retención (derecha): verde: buena retención; naranja: mala retención

4.3.4.6 Evaluación de los datos de autocontrol

Se analizaron los datos sobre la calidad del efluente de la piscicultura desde 2015 (Fig. 103, Tabla 68), medidos en el programa de autocontrol de la piscicultura Ignao. Para cada mes se reportaron cuatro valores. En la base de datos - entregada por la SMA - desafortunadamente no está indicado a cuál de las cuatro muestras corresponde a las muestras integrada durante 24 h y cuales corresponde a las muestras puntuales, por lo cual se decidió usar el promedio de ambos valores para calcular las cargas diárias y mensuales (Fig. 103, tabla 68).

Como se puede apreciar en la figura 103, para P total solo se reportaron durante 2015 valores menores a 0,5 mgP/L y después solamente valores de 0,6 mgP/L que corresponde al límite de detección. En el caso de Nkjeldahl, se nota que los valores fueron desde 2015 hasta septiembre 2016 mucho mas altos (hasta 5,4 mg N/L) que después del octubre 2016 con valores menores a 1,5 mgN/L (promedio: 1,050 mgN/L) siendo mas o menos en el rango de los valores medidos en este estudio. En las respectivas cargas para el período de este estudio no sorprende que la carga de P este muy elevada en relación a la carga calculada en este estudio, mientras las cargas de N y C estan mas o menos 2x mas altos que en este estudio.

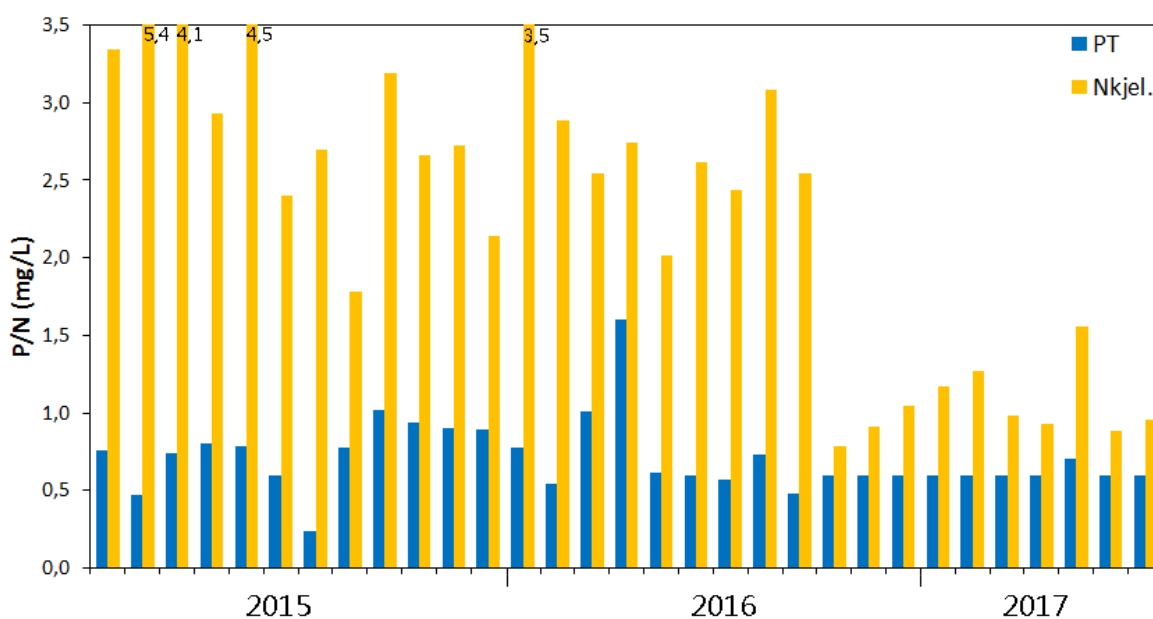


Fig. 103: Concentraciones de PT y NT obtenido en el programa de autocontrol del efluente de la piscicultura Ignao (Datos: SMA)

Tabla 68: Resumen sobre los datos del autocontrol del efluente de la piscicultura Ignao (1.10.2016 – 1.7.2017). L.D.: Límite de detección

	PT	N _{kjel.}	DBO5
	Concentración (mg/L)		
promedio	0,611	1,050	5,45
SD	0,033	0,227	5,86
min	0,600	0,785	2,00
max	0,705	1,557	21,28
L.D.	0,600	?	2,0
	Carga (kg/273 días)		
Autocontrol	4792	8503	36639
Este estudio	915	3855	23120

*La carga de C fue calculada en base del DBO5 multiplicado por el factor 2/3 .

Se concluye lo siguiente:

El límite de detección para P total fue demasiado alto (0,6 mgP/L) para detectar este parámetro en los RILES de la piscicultura Ignao. Los valores de N_{kjeldal} y DBO5 están aproximadamente 2x más altos que los valores reportados en este estudio. Estos valores eventualmente disminuirían utilizando solamente los datos de las muestras integradas durante 24 h. Sin embargo, se recomienda revisar los métodos analíticos para todos los análisis.

4.3.5 Resultados Piscicultura Iculpe

El monitoreo realizado en la piscicultura Iculpe abarcó 4 estaciones (Fig. 104), de las cuales no hubo mayor complicación en las campañas realizadas hasta ahora, sin embargo, la presencia de biofilm y hongos (principalmente post-efluente) en las rocas y el ancho del río (11 – 17 m aprox.) dificultó las mediciones del caudal en las estaciones control y punto 4.

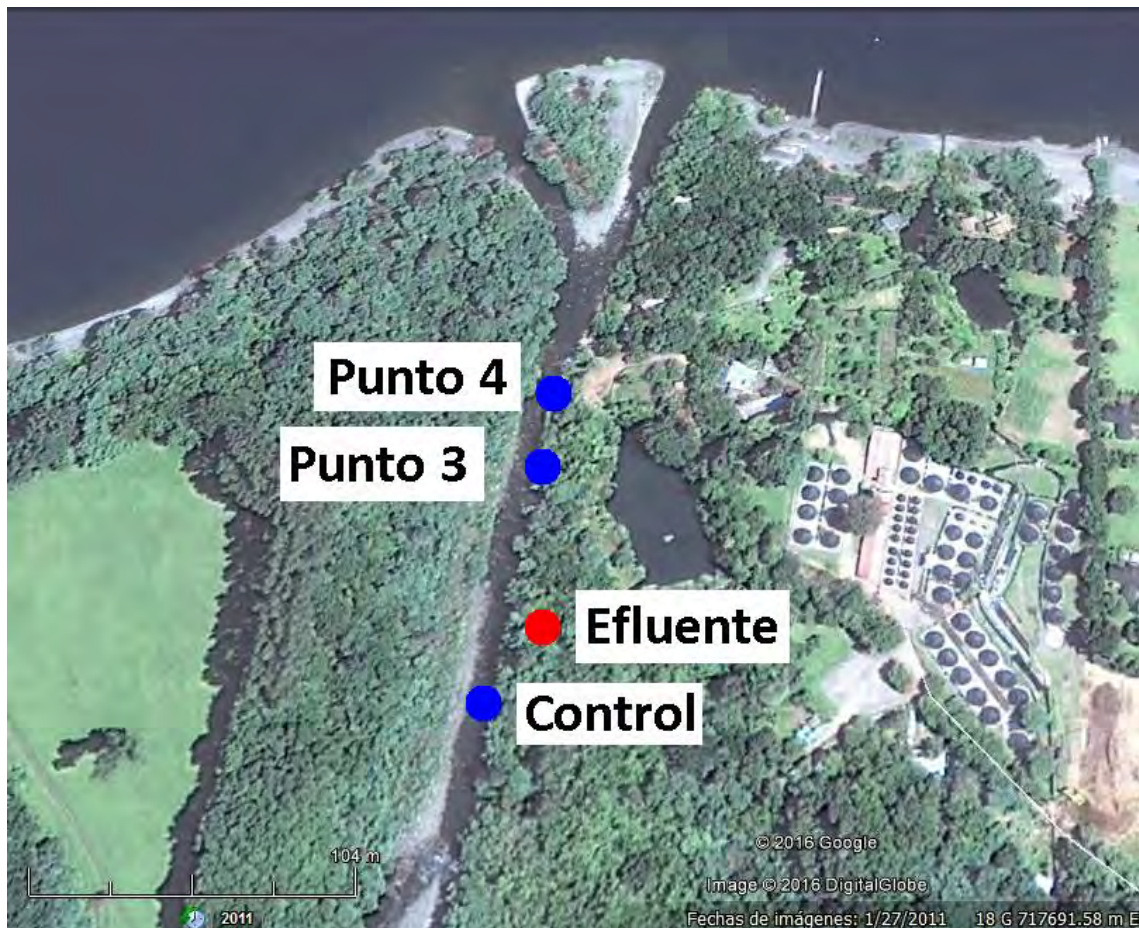


Fig. 104: Ubicación de las estaciones monitoreadas en piscicultura Iculpe (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.01.2011)

4.3.5.1 Monitoreo de calidad de agua

En las figuras 105 y 109 se presentan los resultados sobre los factores físicos y químicos de la piscicultura Iculpe y el río Iculpe.

Caudal: El caudal del efluente varía entre ~ 37.000 m³/d y ~69.000 m³/d con un promedio de ~ 50.000 m³/d. El caudal del río Iculpe varía entre ~ 33.000 m³/d y ~400.000 m³/d y no se pudo determinar en los meses de invierno por ser intransitable. Mas informaciones sobre este parámetro y el factor de dilución se presentan en el punto 4.3.5.4 (Estimaciones de las cargas).

Temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, turbidez y DQO: El río Iculpe se caracteriza por su buena oxigenación, con una conductividad eléctrica generalmente baja y típica de la zona. No se encontraron cambios significativos producidos por el efluente de la piscicultura. Los valores de los parámetros temperatura (8 – 18,9 °C), la conductividad eléctrica (19,9 – 64,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (8,6 – 12,6 mg/L), pH (6 - 8,4), turbidez (< 1,7 NTU) y DQO (< 4 mg/L, a excepción del monitoreo del 03 de abril de 2017) fueron similares entre las estaciones monitoreadas. Los valores más altos (conductividad eléctrica, turbidez) y más bajo (oxígeno) fueron medidos en el efluente y el punto 3, pero las diferencias con la estación control no fueron importantes (< 20%).

Nitrógeno y fósforo (Fig. 105 - 106): Las concentraciones de nitrógeno total en la estación control fueron < 100 $\mu\text{g N}/\text{L}$, a excepción del monitoreo del 30 de enero y 02 de mayo del 2017, constituida principalmente por N orgánico (50-75%) y nitrato (20-25%). La concentración de nitrógeno en el efluente aumentó entre el factor 3-9x (promedio 5x), originado por un incremento en el amonio y en menor medida del nitrógeno orgánico, que aportaron en conjunto sobre un 80% del N total. Río abajo, la dilución de descarga de la piscicultura fue poca, alcanzando valores 2x-7x veces mayores a las concentraciones de la estación control.

Respecto al fósforo, los valores en la estación control fluctuaron entre 8,4 y 40,6 $\mu\text{g P}/\text{L}$, triplicándose después de la descarga de la piscicultura en los puntos 3 y 4 (33 - 103 $\mu\text{g P}/\text{L}$), debido a las altas concentraciones de fósforo en el efluente (69 - 143 $\mu\text{g P}/\text{L}$). El aporte de la fracción inorgánica disuelta al P total fue en cada estación aproximadamente 50-65%.

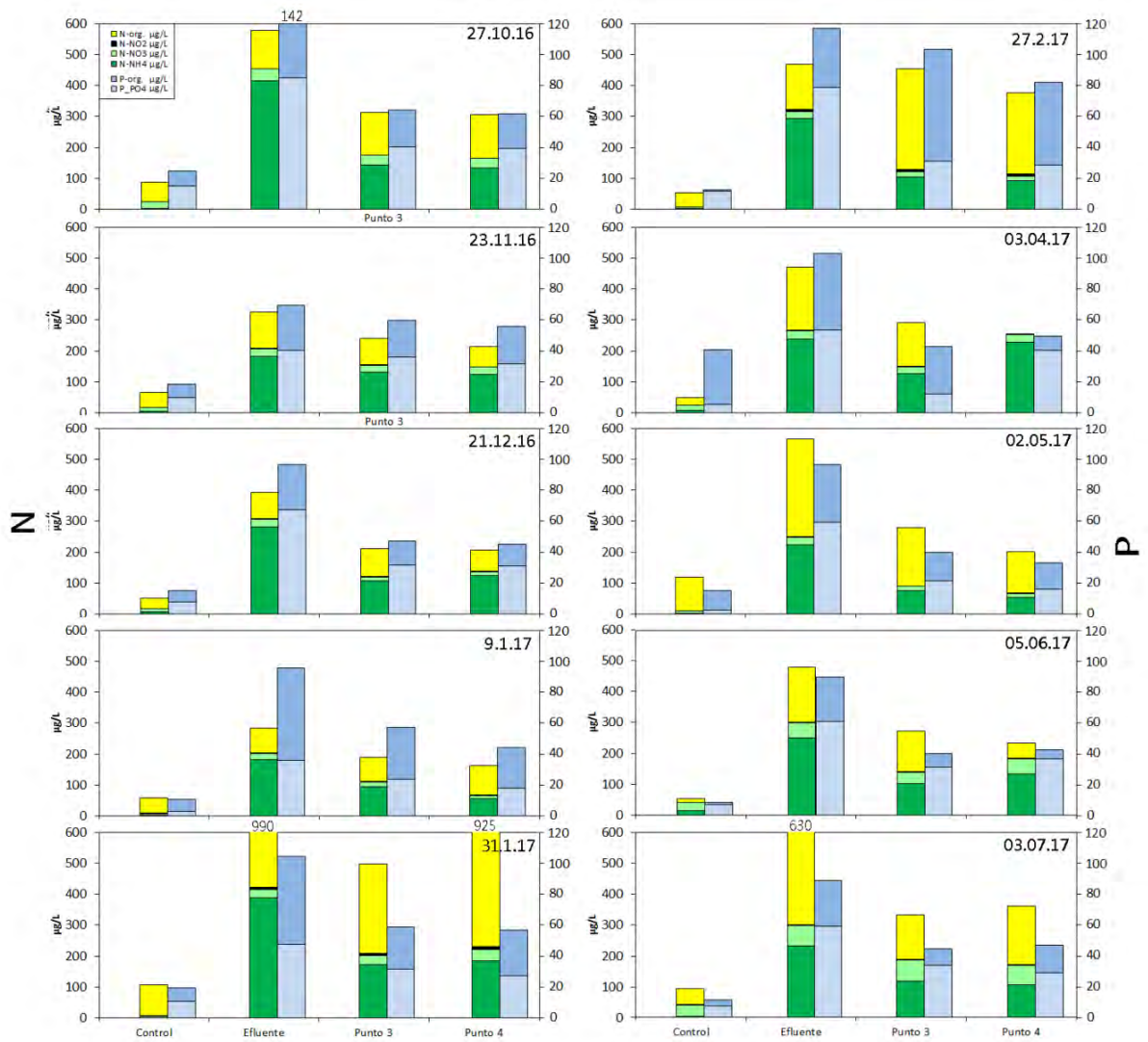


Fig. 105: Fracciones de nitrógeno y fósforo en diferentes estaciones Piscicultura Iculpe

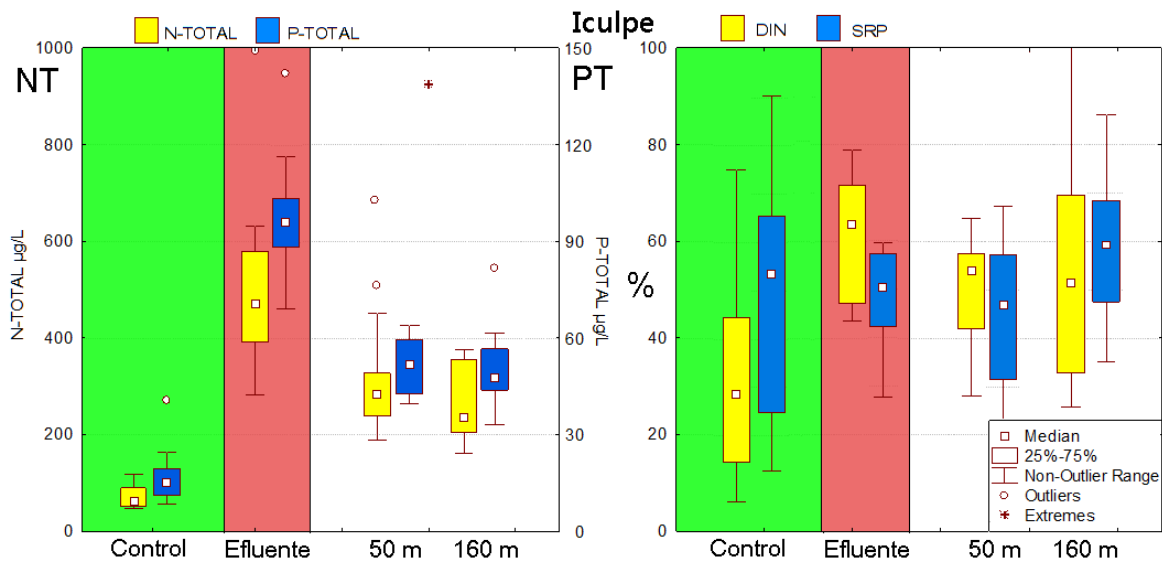


Fig. 106: Box Plot de diferentes fracciones de N y P en diferentes estaciones Piscicultura Iculpe.

(izquierdo: valores absolutos, derecho: porcentaje de las fracciones disueltos).

Evaluación niveles tróficos

La evaluación trófica del río Iculpe muestra en promedio en la estación control un nivel oligo-(N) hasta oligo-mesotrófico (P). Después de la descarga de la piscicultura Iculpe los valores promedio de N y P aumentaron por el factor 3-4x veces que corresponde a niveles meso-eutrófico para ambos parámetros. Por la cercanía de las estaciones 3 y 4 estos niveles no mejoraron hasta la desembocadura del río en el lago Rancho.

Esto significa que el tramo desde el punto de la descarga hasta el Lago Rancho fue demasiado corto para alcanzar alguna autopurificación de los nutrientes N y P.

Tabla 69: Evaluación trófica de diferentes estaciones de monitoreo, piscicultura Iculpe.

Trofia	TN (µg/L)	TP (µg/L)
Oligotrófico	< 75	< 10
Oligo-mesotrófico	75 - 150	10 - 25
Mesotrófico	150 - 300	25 - 60
Eutrófico	>300	> 60

Estación	NT (µg/L)	PT (µg/L)
	Promedio ± Dev.est.	Promedio ± Dev.est.
Control N=10	73 ± 26	18 ± 9
Punto 3 N=10	308 ± 102	55 ± 19
Punto 4 N=10	320 ± 220	51 ± 13

Carbono orgánico disuelto (Fig. 107 - 109): En general se observa un aumento del COD en el efluente de la piscicultura respecto a la estación control. En las estaciones Punto 3 y Punto 4 los valores de carbono se ven levemente elevados por sobre la estación control, indicando que el tramo del río y la capacidad de dilución del caudal NO son suficientes para disminuir el ingreso de carbono orgánico en el tramo fluvial estudiado. Las concentraciones de COD fluctuaron en la estación control entre 0,4-2,2 mg C/L. En la estación efluente los valores de COD fluctuaron entre 0,9-2,4 mg C/L, observándose los valores más altos durante el 02 de mayo 2017, evidenciando la variabilidad en la calidad química del efluente. En la estación Punto 3, los valores de COD fluctuaron entre 0,8-2,2 mg C/L, observándose los valores más altos durante el 02 de mayo 2017. En la estación Punto 4 los valores de COD fluctuaron entre 0,7-2,3 mg C/L, observándose nuevamente los valores más altos durante el 02 de mayo 2017.

De acuerdo con los cálculos realizados para determinar el área de influencia del efluente de la piscicultura, en relación con la concentración de carbono orgánico disuelto del cuerpo de agua fluvial receptor, se observa que el efluente aumenta en promedio un 42% la concentración de COD del río receptor. No obstante, río abajo en los puntos 3 y 4, la concentración de COD remanente del efluente de la piscicultura es de 20% y 22% (Fig. 109). Teniendo en cuenta que esta piscicultura opera sobre todo en la época estival con una mezcla de agua de río y agua de lago, la concentración de COD en el efluente puede verse incrementada por sobre la concentración natural del río. Debido a que el

aporte de la piscicultura en el Punto 3 disminuye a 20% y en el Punto 4 a 22% (en límite de COD remanente sugerido de 20%).

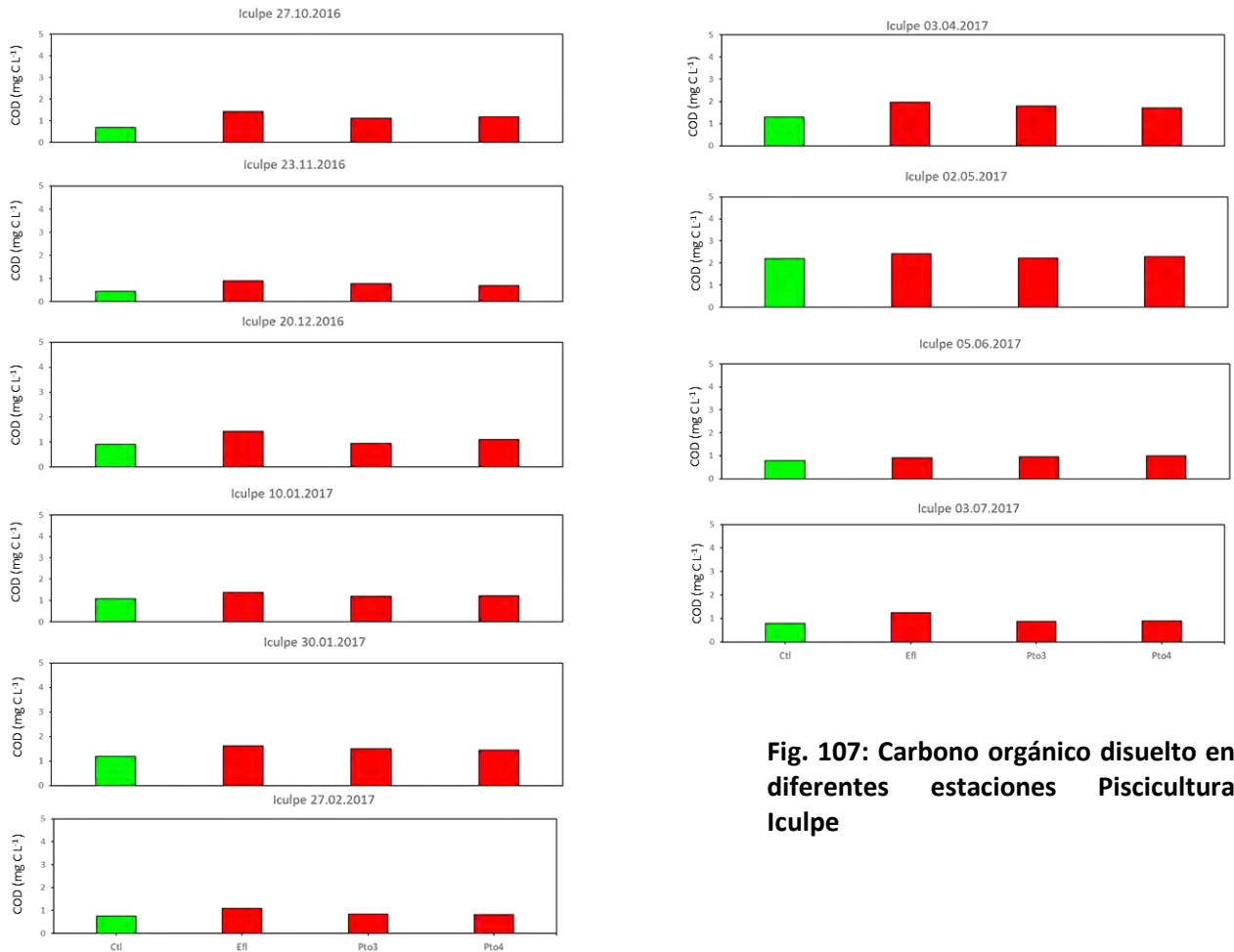


Fig. 107: Carbono orgánico disuelto en diferentes estaciones Piscicultura Iculpe

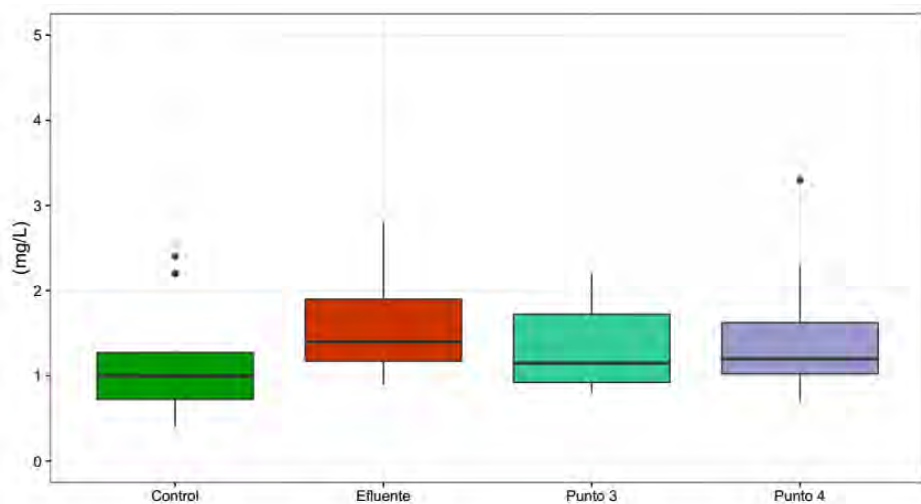


Fig. 108: Concentración de carbono orgánico disuelto (mg C/L) promedio en las diferentes estaciones de la piscicultura Iculpe (Boxplots de COD indicando mediana, error estándar y valores extremos de los diez muestreos realizados).

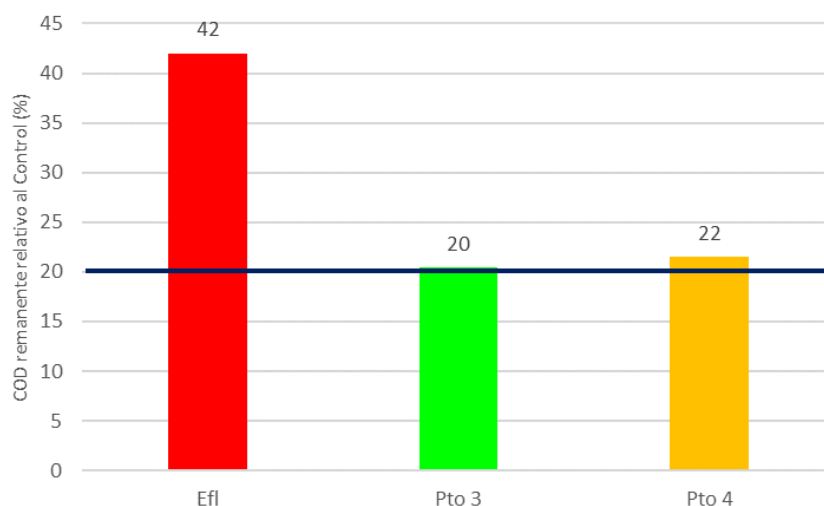


Fig. 109: Porcentaje de la concentración de carbono orgánico disuelto (% mg C/L) promedio remanente en las diferentes estaciones de la piscicultura Iculpe con respecto al cuerpo de agua fluvial receptor.

Materia orgánica disuelta (Fig. 110 - 113)

Los resultados obtenidos en el río Iculpe, nos muestran un predominio de DOM proteico en las estaciones efluente y punto 3, y un DOM más refractario en las estaciones control y punto 4. La estación Control presenta las mayores proporciones de material refractario siendo conformado por más de un 61% del total de la reserva de DOM. La estación efluente muestra un aumento en la fluorescencia del material de origen proteico alcanzando proporciones de un 58% en la conformación de DOM total, presentándose algunas de las mayores intensidades de fluorescencia durante los monitoreos. En las estaciones punto 3 y punto 4, el DOM proteico alcanza proporciones entre un 49 y 51% en la conformación de la reserva de DOM total, presentando también algunas de las mayores intensidades de fluorescencia, pero con una mayor variación que la estación efluente a lo largo de los monitoreos. Al agrupar las estaciones mediante sus intensidades de fluorescencia (Proteico y Húmico) se puede observar que la estación control difiere en su conformación con respecto a las demás estaciones, mientras que las estaciones punto 3 y punto 4 se agrupan en un sector, influenciadas eso si, por las descargas de la estación efluente. Los valores de fluorescencia de material orgánico lábil en estas estaciones son bastante superiores a lo encontrado en la estación control, sin embargo, la mayoría de las estaciones presentan una leve homogeneidad en las intensidades de fluorescencia por parte del material más refractario. Por lo que la

variación de los componentes proteicos presentes en la cuenca, indican que la capacidad de dilución y autodepuración del cuerpo de agua fluvial receptor no son suficientes para diluir el aporte orgánico de la piscicultura. Además, se demuestra que los componentes proteicos de DOM sirven claramente de trazador del aporte orgánico proveniente del efluente de la piscicultura.

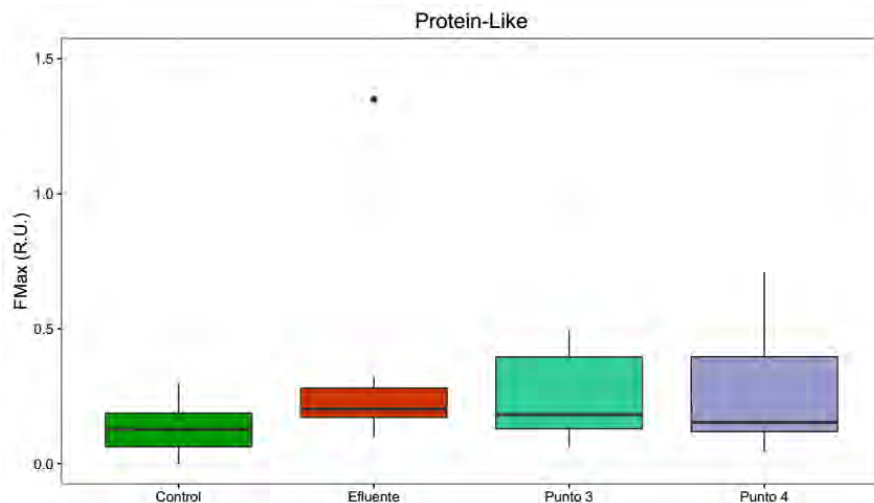


Fig. 110: Variación espacial de DOM proteico en las distintas estaciones de la piscicultura Iculpe

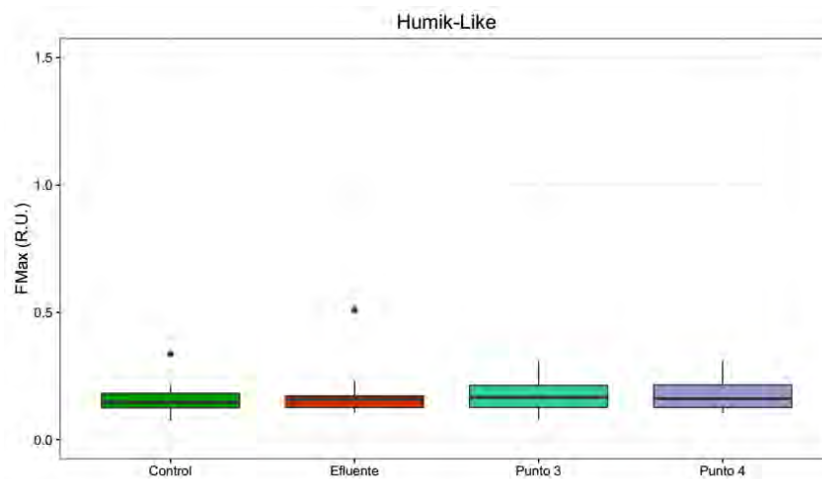


Fig. 111: Variación espacial de DOM refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Iculpe

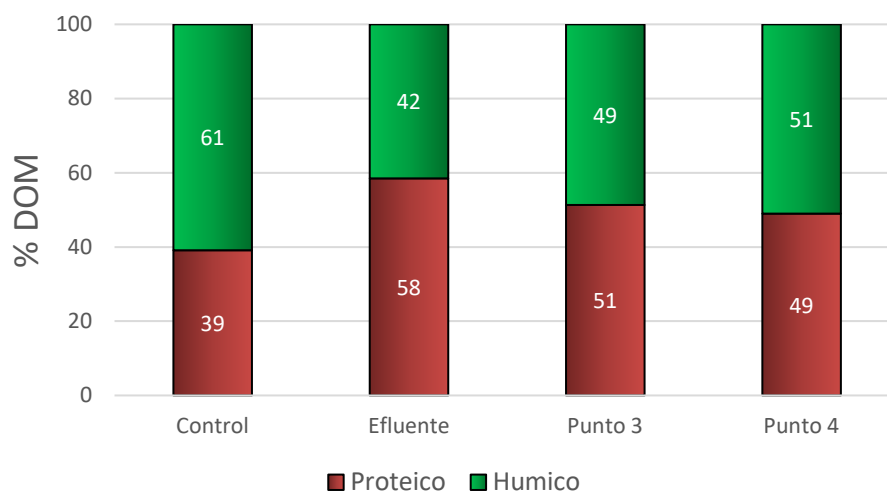


Fig. 112: Aporte porcentual de DOM lábil v/s refractario promedio en las distintas estaciones de la piscicultura Iculpe

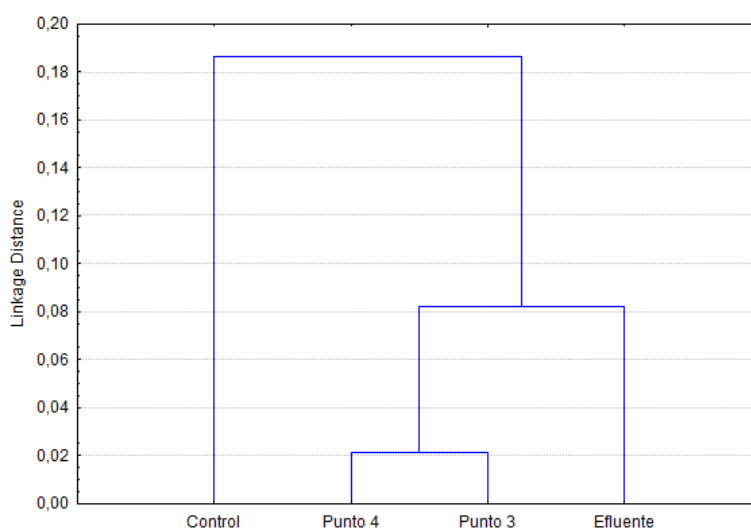


Fig. 113: Diagrama de árbol (ward method) demostrando diferencias y similitudes de DOM lábil v/s refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Iculpe

Tabla 70: Rangos (promedio anual) de calidad de aguas referentes a COD en la Piscicultura Iculpe.

Piscicultura ICULPE	Escala de calidad	Concentración promedio \pm desv. est. de COD (mg C/L)
Control	Muy Buena	1.0 \pm 0.5
Efluente	Muy Buena	1.4 \pm 0.5
Pto. 3	Muy Buena	1.2 \pm 0.5

Se concluye según los tres criterios de calidad de aguas propuestos relativas al carbono orgánico disuelto:

1. Las concentraciones de COD no sobrepasan los valores límite de concentración (max. 10 mg C/ L).
2. Con relación a los rangos de calidad, el efluente de la piscicultura cambia muy levemente (por solamente 20%) el nivel de calidad después de la mezcla completa (buena calidad).
3. El componente tipo triptófano de la materia orgánica disuelta permite una trazabilidad efectiva del efluente de la piscicultura.

4.3.5.2 Monitoreo de macrozoobentos

Área de estudio: La piscicultura Iculpe se ubica próximo a la ribera sur del lago Rango obteniendo el recurso hídrico para el proceso productivo desde el río Iculpe siendo este un afluente del lago. El río se origina en sectores de mesetas presentes en la ladera con orientación norte del Volcán Puyehue-Cordón Caulle, siendo principalmente de régimen pluvial. El efluente de la piscicultura (RIL) es descargado a este río a unos 300m de distancia de su desembocadura en el lago.

Se accede al río en forma expedita desde un costado de la piscicultura. El río presenta un lecho plano con una pendiente suave (2 a 3%) y homogéneo donde predominan los bolones.

Caracterización de tramos comparados: Para determinar las alteraciones en el río por efecto del efluente de la piscicultura, se tomaron muestras usando la metodología multihábitat para macroinvertebrados bentónicos en dos hábitat reconocidos Bolones-Bloques (H-BB) y Grava-Guijarros (H-GG) y en proporción a su porcentaje de cobertura (Tabla 71). El muestreo se realizó el 30 de marzo de 2017, en un tramo CONTROL a 50 m aguas arriba del efluente y un tramo IMPACTO a 50m aguas abajo del efluente (fig.114).

Se destaca que ambos tramos presentan una similar fisonomía por su ancho medio (25m), vegetación de ribera (domina vegetación exótica), tipo de sustrato (bolones y bloques) y pendiente (2-3%). No se observaron macrofitas, ni tampoco abrevaderos de animales vacunos en ambos tramos. En la ribera derecha del tramo IMPACTO, se observan estructuras artificiales de contención (Gaviones) de aproximadamente 25m de longitud.



Fig. 114: Piscicultura Iculpe. Ubicación de los tramos Control e Impacto en el río Iculpe.

Tabla 71: Distribución del número de muestras por hábitat (%) de los tramos estudiados en el río Iculpe. H-BB= Sustrato mineral > 6cm (Bolones-Bloques); H-GG= Sustrato mineral 0,2 – 6cm (Grava-Guijarros)

Código Tramo	Descripción	Fecha Muestreo	Inicio Tramo UTM	Fin Tramo UTM	H-BB	H-GG
CONTROL	Tramo control 200 300m aguas arriba del efluente	30-03-2017	5533883S 717577E	5533881S 717664E	80% Nº=16	20% Nº=4
IMPACTO	Tramo impacto a 50-100m aguas abajo del efluente	30-03-2017	5534260S 717585E	5534155S 717673E	80% Nº=16	20% Nº=4

Taxones y métricas en tramos sujetos a comparación: El ensamble de macrozoobentos en el tramo IMPACTO comparado con el tramo CONTROL registró alteración “Alta” en similitud de taxones (índice de Jaccard) y en distribución de abundancia de los taxones del ensamble (índice Bray-Curtis); “moderada” en diversidad específica (H') y no alterado en riqueza (S) ni densidad (ind./m²) (Tabla 74).

En el muestreo realizado en el río Iculpe, se registró un total de 63 taxones, de los cuales 46 se presentaron en el CONTROL y 43 para tramo IMPACTO, representando un decrecimiento del 7% en la riqueza de especies (S). Del total de taxones, 20 fueron exclusivos del tramo CONTROL, 17 exclusivos para el tramo IMPACTO y 26 taxones compartidos (Tabla 72).

La densidad total aumenta de 2772 ind./m² en el tramo CONTROL a 9066 ind./m² en el tramo IMPACTO equivalente al 227% de incremento, siendo los taxones: Nais (Oligochaeta), Physa y Ancylus (Gastropoda), Limaya y Cricotopus (Diptera), Meridialaris y Andesiop (Ephemeroptera), los que mostraron mayores incrementos en densidad comparado con el CONTROL.

En el tramo IMPACTO, 6 taxones (30%) pertenecientes a ordenes reconocidos como representantes sensibles a contaminación orgánica desaparecen: Plecóptera (Kempnyella), Trichoptera (Microchorema) y Ephemeroptera (Chiloporter, Andesiops, Penaphlebia vinosa y Penaphlebia sp3), sin embargo 3 nuevos taxones de estos mismos grupos se adicionaron Plecóptera (Klapopteryx), Ephemeroptera (Murphyella) y Trichoptera (Genero X). Si bien en el tramo IMPACTO no se observó diferencias en la riqueza de taxones comparado con el tramo CONTROL, si se observó sustitución (20 exclusivos en el CONTROL y 17 para IMPACTO). Los nuevos taxones presentes son reconocidos como más tolerantes a cargas orgánicas, lo que determina la variación en la calidad de agua desde el punto de vista biológico (IBF), cambiando de “Buena” calidad en el tramo CONTROL (IBF= 4,39) a “Regular” calidad en el tramo IMPACTO

(IBF= 6,02), valores que permiten estimar una alteración (% similitud) MODERADA desde un punto de vista biológico en los tramos comparados.

La diversidad específica disminuye en el tramo IMPACTO ($H' = 0,92$) en un 23% respecto al tramo CONTROL ($H' = 1,20$).

El ensamble en el tramo IMPACTO es similar (Sj) sólo en un 41% y presenta una disimilitud (Bray-Curtis) del 59%.

Tabla 72: Composición taxonómica del macrozoobentos en el río Iculpe.

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO
ANNELIDA	OLIGOCHAETA	HAPLOTAXIDA	NAIDIDAE	Nais	X	X
			TUBIFICIDAE	Tubifex	--	X
		LUMBRICULIDA	LUMBRICULIDAE	Lumbriculus Sp1	--	X
ARTHROPOA	INSECTA	PLECOPTERA	AUSTROPERLIDAE	Klapopteryx	--	X
			DIAMPHIPNOIDAE	Diamphipnopsis samali	X	X
			GRIPOPTERYGIDAE	Antarctoperla michaelsoni	X	X
			PERLIDAE	Kempnyella	X	--
		EPHEMEROPTERA	AMELETOPSIDAE	Chiloporter	X	--
			BAETIDAE	Andesiops SP1	X	--
				Andesiops SP2	X	X
				Andesiops SP3	X	X
			COLOBURICIDAE	Murphyella sp	--	X
			LEPTOPHLEBIIDAE	Meridialaris chiloeense	X	X
				Meridialaris diguillna	X	X
				Massartellopsis	X	X
				Meridialaris	X	X
				Penaphlebia sp3	X	--
				Penaphlebia barrai	X	X
				Penaphlebia vinosa	X	--
		TRICHOPTERA	HELICOPHIDAE	Austrocentrus	X	X
			HYDROBIOSIDAE	Microchorema sp1	X	--
				Genero X	--	X
		HYDROPSYCHIDAE	Smicridea annulicornis	X	X	
		DIPTERA	ATHERICIDAE	Dasyomma	X	X
			CERATOPOGONIDAE	Culicoides sp	X	--
			CHIRONOMIDAE	Rheotanytarsus	X	X
Corynoneura sp	X			X		
Limaya sp	X			X		
Onconeura	X	X				

Continuación tabla 72

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL	IMPACTO
				Orthoclaadiinae B	X	--
				Orthoclaadiinae C	--	X
				Orthoclaadiinae D	--	X
				Orthoclaadiinae G	--	X
				Cricotopus	X	X
				Podonomus setosus	--	X
				Pentaneura	X	--
			EMPIDIDAE	Empidae Sp1, Sp2	X	--
			SIMULIIDAE	Gigantodax	X	X
				Simulium	X	--
			TABANIDAE	Tabanidae Sp2	--	X
		COLEOPTERA	ELMIDAE	Forma A	--	X
				Austrolimnus	X	X
				Stethelmis	X	X
				Elmidae Adulto	X	--
			PSEPHENIDAE	Tychepsephenus	--	X
			SCIRTIDAE	Cyphon	X	--
		MEGALOPTERA	SIALIDAE	Sialidae	X	--
	MALACOSTRACA	AMPHIPODA	HYALELLIDAE	Hyaella	--	X
		DECAPODA	AEGLIDAE	Aegla	X	--
		ISOPODA	JANIRIDAE	Heterias	--	X
	ARACHNIDA	ACARI	OXIDAE	Fontipoda	X	--
			HYDRASHNIDA	Acari Ind.3	X	--
			HYGROBATIDAE	Hygrobatas	X	X
CNIDARIA	HYDROZOA	HYDROIDA	HYDRIDAE	Hydra	--	X
MOLLUSCA	GASTROPODA	BASOMMATOPHORA	CHILINIDAE	Chilina gibbosa	X	X
			PHYSIDAE	Physa	--	X
			ANCYLIDAE	Ancylus	--	X
		MESOGASTROPODA	AMNICOLIDAE	Littoridina	X	X
NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	Nematoda ind.	X	X
NEMATOMORPHA	GORDIOIDA	GORDEA	GORDIIDAE	Gordius	X	--
PLATYHELMINTHES	RHABDITOPHORA	TRICLADIA	DUGSESIDAE	Dugesia	X	X

Cambio en la estructura del ensamble: La densidad de Plecoptera, Ephemeroptera y Trichopteros aumenta en el tramo IMPACTO en un 50%, 52% y 6% respectivamente y los grupos Díptera, Gastrópoda, Nematoda y Oligochaeta incrementan su densidad en un orden de magnitud.

La distribución en porcentaje de las abundancias de los grupos encontrados en el tramo CONTROL, está conformada por Ephemeroptera: Betidae (28%) y Leptophlebiidae (24%), Diptera: Chironomidae (23%); Oligochaeta: Naididae (7%); Plecoptera: Gripopterygidae (3%); Trichoptera: Hydropsychidae (3%) y Helicophidae (2%); Coleoptera: Elmidae (2%), Acari: Hygrobatidae (1%). Los restantes grupos encontrados están representados con abundancias inferiores al 1%. Este patrón se modifica en el tramo IMPACTO, donde: Oligochaetas: Naididae (45%); Diptera: Chironomidae (19%); Ephemeroptera: Leptophlebiidae (11%) y Betidae (11%); Gastropoda: Physidae (4%) y Ancyclus (2%); Plecoptera: Gripopterygidae (3%); Oligochaeta: Lumbriculidae (3%). Los restantes grupos presentes no superó el 1% de abundancia relativa.

Taxones indicadores de alteración: De acuerdo a las distribuciones de densidad (ind./m²), presencia-ausencia en los hábitat y tolerancia a contaminación orgánica principalmente de aquellos taxones encontrados en los tramos estudiados, en la tabla 73 se entrega un listado de taxones representativos de cada tramo.

Tabla 73: Taxones representativos de las condiciones de los tramos comparados en el río Iculpe.

Tramo	IBF	Taxones representativos
CONTROL	Buena	<i>Kempnyella, Smicridea annulicornis, Andesiops Sp2, Austrocentrus, Orthoclaadiinae A, Orthoclaadiinae B, Empidae Sp1, Austrolimnus, Aegla.</i>
IMPACTO	Regular	<i>Limaya, Cricotopus, Orthoclaadiinae D, Ancyclus, Physa, Lumbriculus Sp1, Nais.</i>

Conclusiones

Los taxones del ensamble de macrozoobentos en el tramo IMPACTO comparado con el tramo CONTROL registró alteración “Alta”, así como también en su distribución de abundancias (índice Bray-Curtis) y “Moderada” en diversidad específica (H'). La riqueza de especies no cambia y la abundancia total no es superior a un orden de magnitud (Tabla 74).

La tolerancia de los taxones presentes muestran un cambio de “Buena” calidad en el tramo CONTROL a “Regular” calidad en el tramo IMPACTO (índice biótico de familias IBF), donde los grupos Plecóptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Dípteros fueron los grupos representativos en el tramo CONTROL, los cuales disminuyeron en abundancia en el tramo IMPACTO y la aparición de nuevos grupos tales como Lumbriculidae, Physidae y Ancyliidae con características de preferir ambientes con mayor carga orgánica, definen una alteración de tipo moderada para el tramo IMPACTO.

Se concluye que el río Iculpe presenta alteración MODERADA en la calidad de agua desde el punto de vista biológico (ensambles de macrozoobentos) en el tramo IMPACTO comparados un tramo CONTROL ubicado aguas arriba del efluente de Piscicultura Iculpe.

Tabla 74: Resumen de métricas que comparan los tramos control e impacto en el río Iculpe .
*Valor de índices comparando tramo CONTROL vs IMPACTO.

Nivel de la alteración: NO HAY MODERADO ALTO MUY ALTO

	Tramo	CONTROL	IMPACTO
METRICA		Febrero 2017	
RIQUEZA (S)		46	43
DENSIDAD (Ind./m²)		2772	9066
DIVERSIDAD (H')		1,20	0,92
JACCARD índice (Sj) (% Similitud)		41,3	
Bray-Curtis (% Disimilitud)		58,7	
IBF (Índice de calidad)		4,39 Buena	6,02 Regular
% Similitud IBF (Alteración)			Moderado

4.3.5.3 Análisis de la cuenca

1) USO DE SUELO

La cuenca del río Iculpe tiene una superficie total de 6066 ha y esta dominada principalmente por bosque nativo adulto denso (50%), seguido por bosque nativo adulto semidenso (24%), renovales (~10%) y praderas (4,5%) que predominan en el área cercano a la piscicultura (Tabla 75, Fig. 115).

Tabla 75: Uso de suelo en la cuenca del río Iculpe

Uso de suelo	Total (ha)	%	Antes	Después
			Piscicultura (ha)	Piscicultura (ha)
B.Nat.Achaparrado Denso	87,3	1,4	87,3	
B.Nat.Adulto-Renoval Denso	57,3	0,9	57,3	
B.Nat.Adulto-Renoval Semidenso	34,1	0,6	34,1	
Bosque Nativo-Plantacion Denso	5,9	0,1	5,9	
Bosque Nativo Adulto Abierto	104,1	1,7	104,1	
Bosque Nativo Adulto Denso	3023,9	49,6	3023,9	
Bosque Nativo Adulto Semidenso	1453,7	23,9	1453,7	
Bosques Exoticas Asilvestradas	20,6	0,3	12,3	8,4
Corridas de Lava y Escoriales	43,6	0,7	43,6	
Derrumbes Sin Vegetacion	4,4	0,1	4,4	
Lago-Laguna-Embalse-Tranque	19,3	0,3	18,9	0,4
Matorral Abierto	120,2	2,0	120,2	
Matorral Arborescen. Semidenso	63,3	1,0	63,3	
Matorral Denso	45,9	0,8	45,9	
Matorral Pradera Abierto	10,2	0,2	10,2	
Matorral Pradera Semidenso	18,7	0,3	18,7	
Matorral Semidenso	40,3	0,7	40,3	
Plantacion	66,4	1,1	64,4	2,1
Praderas Perennes	230,2	3,8	217,2	13,0
Renoval Abierto	303,9	5,0	303,9	
Renoval Denso	275,9	4,5	275,9	
Renoval Semidenso	54,3	0,9	54,3	
Rios	7,6	0,1	6,7	0,9
Total	6091	100	6066,4	24,7

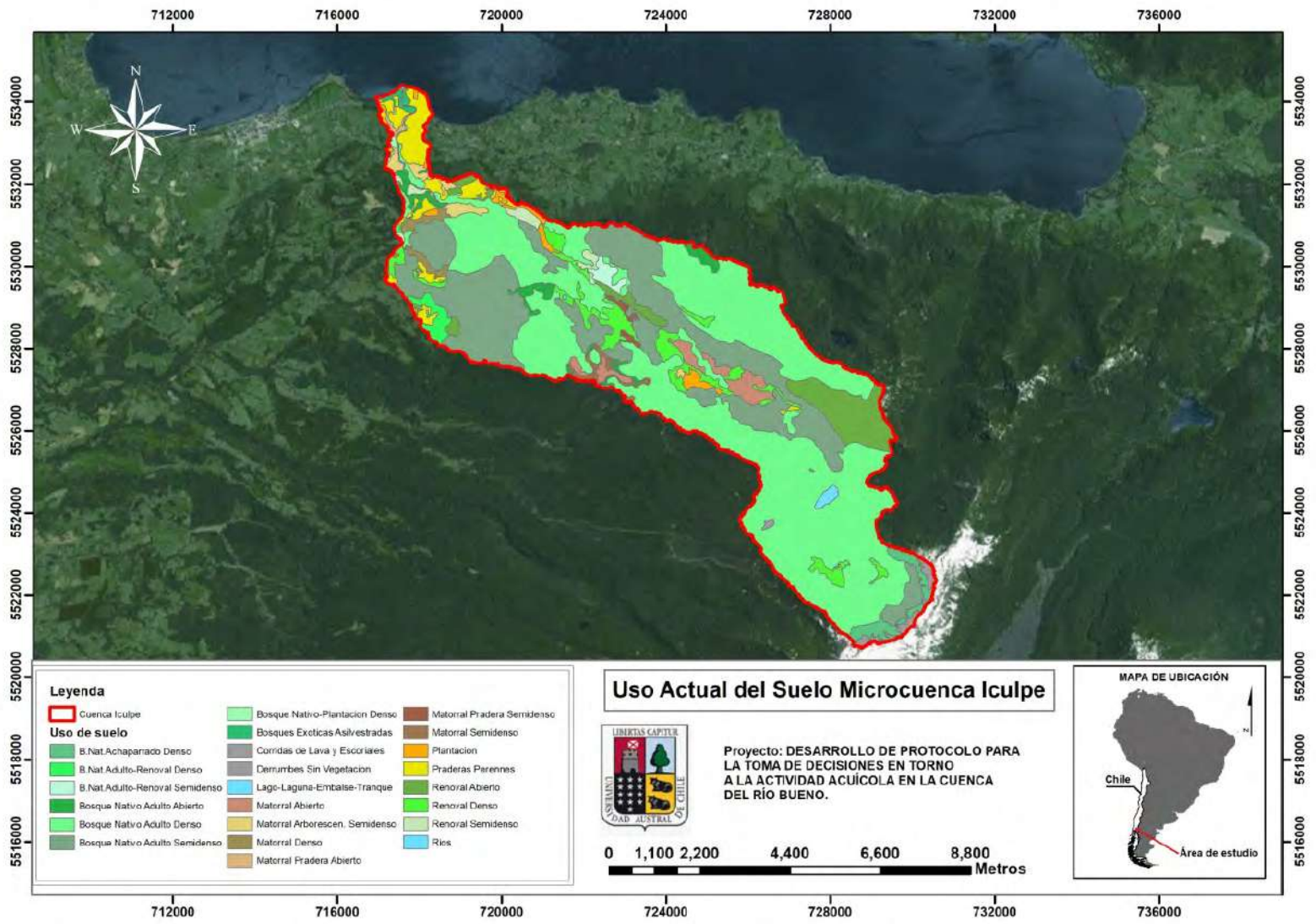


Fig. 115: Uso actual del suelo en la cuenca del río Iculpe

En base del uso de suelo y los índices de exportación, se calculó la concentración de NT y PT esperada para compararlas con las concentraciones medidas. Como muestra la siguiente tabla, las concentraciones medidas de nitrógeno total en la estación control en el río Iculpe fueron muy similares a las esperadas, mientras las concentraciones de fósforo total fueron aproximadamente dos veces más altas que las esperadas, principalmente debido a algunos valores más altos medidas durante otoño.

	N-tot µg/L	P-tot µg/L
Concentración esperada	83,2	6,3 -11,0
Concentración medida	73,2	17,6

2) POBLACIÓN Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CUENCA

En la cuenca del río Iculpe existen aproximadamente 52 casas, que están ubicadas principalmente en el área de la desembocadura del río y en el litoral del lago Ranco (35 casas). Se estima la población permanente menor a 2-300 personas, número que durante el verano aumentaría por el turismo. Casi todas las casas se ubican río arriba de las descargas de la piscicultura Iculpe (Fig. 116).

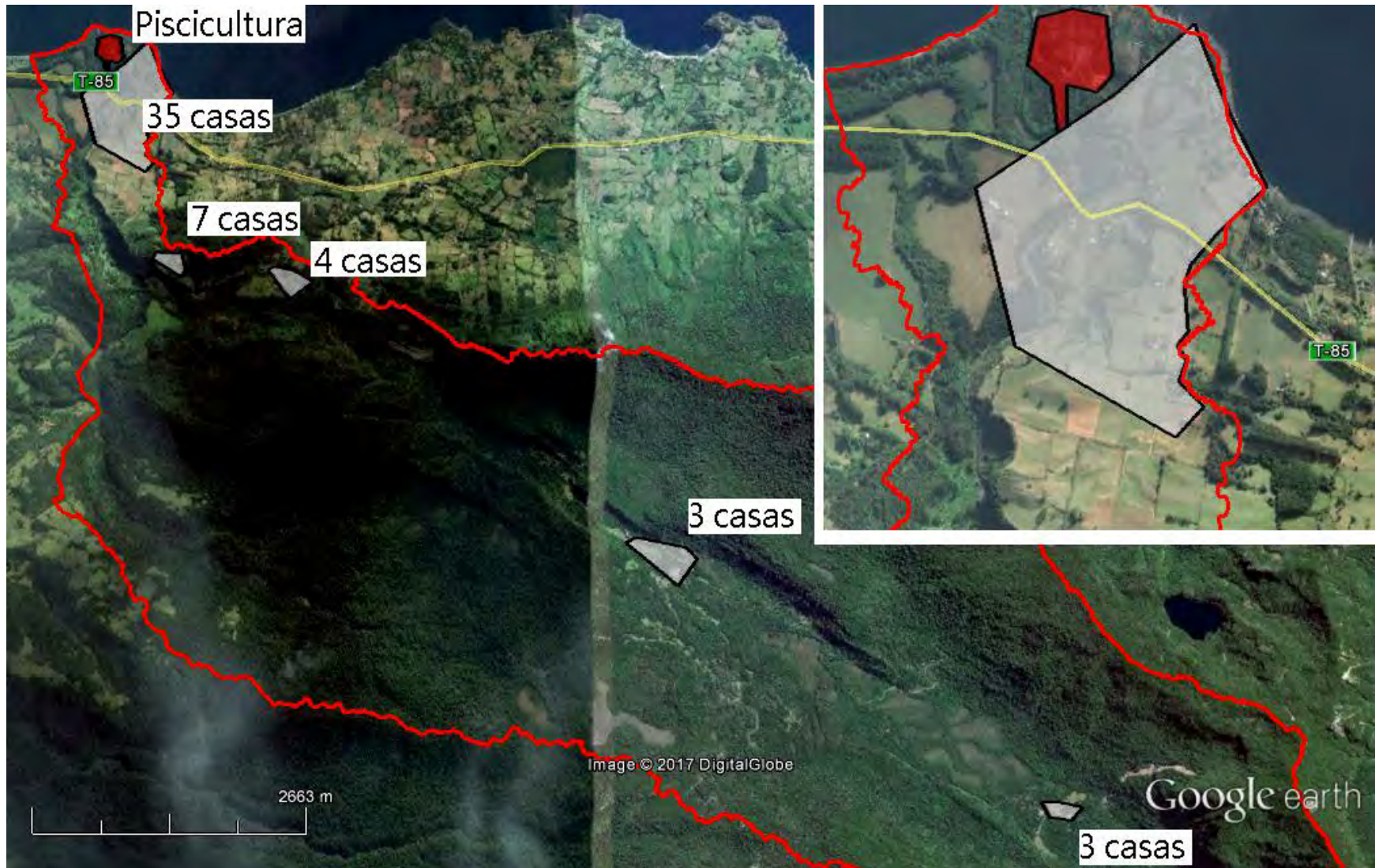


Fig. 116: Areas de asentamiento y actividades humanas en la cuenca Iculpe

4.3.5.4 Estimación de las cargas

La piscicultura Iculpe se abastece en parte de agua del río Iculpe y en parte de agua extraída del lago Ranco. Esto significa que las estimaciones de la carga de la piscicultura (= carga del efluente – carga agua del río Iculpe) probablemente este subestimada (por 10-25% aproximadamente) debido a que las concentraciones de N, P y C en el lago Ranco son menores (aproximadamente por 50%) a las concentraciones medidas en el río Iculpe. El factor de dilución del efluente en el receptor fue en promedio ~ 5,3x ($\pm 2,1$) con un mínimo de 1,5x y un máximo de 8,8x durante octubre 2016 – julio 2017. Sin embargo, hay que recordar que durante el invierno no fue posible determinar el caudal del río. En consecuencia, el factor de dilución durante esta estación seguramente fue mayor, estimandose a 10-30x aproximadamente.

La carga de la piscicultura Iculpe se calculó en base a los caudales medidos por la misma empresa y las concentraciones de P, N y C en el efluente corregidas por las concentraciones medidas en la estación “control”. El aporte de la piscicultura a la carga total del río Iculpe fue aproximadamente 50% para PT (4,4 kg/d), 56% para NT (25,1 kg/d), y 8% para DOC (21,9,8 kg/d). La carga total de la piscicultura durante el período de 249 días de monitoreo fue aproximadamente 1,1 ton P, 6,3 ton N y 5,5 ton C orgánico disuelto.

Tabla 76: Cargas diárias y durante el monitoreo, estimadas para el río Iculpe (estación control), efluente total y aporte de la actividad piscicultura.

		Río Iculpe (1)	Efluente (2)	Piscicultura (3)	Suma (1+2)
PT	Promedio kg/d	3,5 \pm 2,0	5,4 \pm 1,1	4,4 \pm 1,1	8,9
	min-max	0,6 – 7,9	1,1 – 7,2	2,7 – 5,8	
	kg/249d	873	1334	1107	2208
	%	40	60	50	100
NT	Promedio kg/d	15,2 \pm 8,8	29,3 \pm 16,6	25,1 \pm 14,8	45
	min-max	3,7 – 35,6	14,5 – 68,5	12,4 -60,9	
	Total kg/249d	3786	7295	6259	11081
	%	34	66	56	100
DOC	promedio kg/d	213 \pm 115	79 \pm 33	21,9 \pm 7,8	291
	min-max	40 -346	53 – 156	8,2 – 30,5	
	Total/249d	53079	19603	5457	72682
	%	73	27	8	100

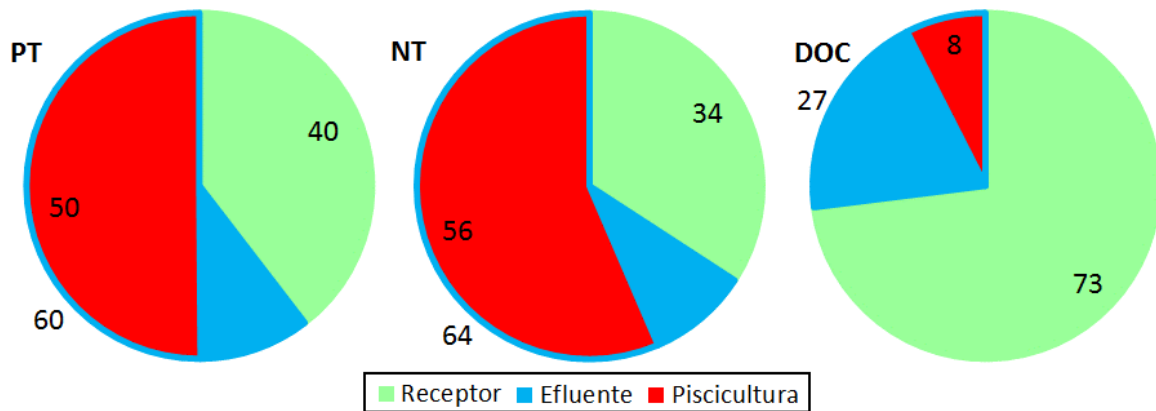


Fig. 117: Porcentaje de cargas estimadas para 249 días (27.10.16 – 03.07.17) de P, N y C de la piscicultura Iculpe en relación con la carga actual del río Iculpe en la estación “control” y en el efluente en comparación con el aporte de la actividad piscicultura.

Cabe mencionar que la carga media diaria de la piscicultura Iculpe corresponde a la carga media diaria de aprox. 2800 habitantes para P, 2000-3100 habitantes para N y aprox. 550-900 habitantes para C.

4.3.5.5 Evaluación del tratamiento de RILES

La piscicultura Iculpe realiza el tratamiento de aguas residuales mediante piscina de sedimentación. De acuerdo a sus dimensiones esta piscina tiene un tiempo de residencia teórico aproximado de 2 hrs que es relativamente bueno para el caudal de efluente a tratar. Las concentraciones de DIN, N-Total, PO4, P-Total y DOC en muestras antes de ingresar a la piscina (PT) y después de salir (EFL) se muestran en la fig. 118. La relación entre PT y EFL se muestra en la fig. 118.

El rendimiento del sistema de tratamiento para P-total, P- soluble, DIN, N-total y DOC es poco efectivo. Solamente en algunas ocasiones disminuye efectivamente las concentraciones en el efluente. El carbono total (TC) presenta el mejor escenario en cuanto al funcionamiento de su sistema de tratamiento, donde 4 datos muestran una disminución y/o mantención del DOC principalmente y C total.

Se concluye que el tratamiento de las aguas residuales de la piscicultura Iculpe es poco efectiva para nitrógeno, fósforo (disuelto & total) y carbono orgánico disuelto (DOC) donde en casi todos los casos los valores aumentan después del tratamiento. Para el carbono total (TC), sin embargo, se observa una mejor efectividad del sistema de tratamiento donde la mayoría de los datos obtenidos muestran menores concentraciones de TC después del sistema de tratamiento.

Cabe mencionar que estos resultados son preliminares debido a que para una evaluación robusta de la eficiencia de remoción se deben realizar más muestreos y ajustar la metodología de la toma de muestra, y especialmente tomar muestras integradas durante por lo menos 24 h considerando fluctuaciones de la carga durante el día debido al manejo de la piscicultura (p.e. tiempos de alimentación etc.).

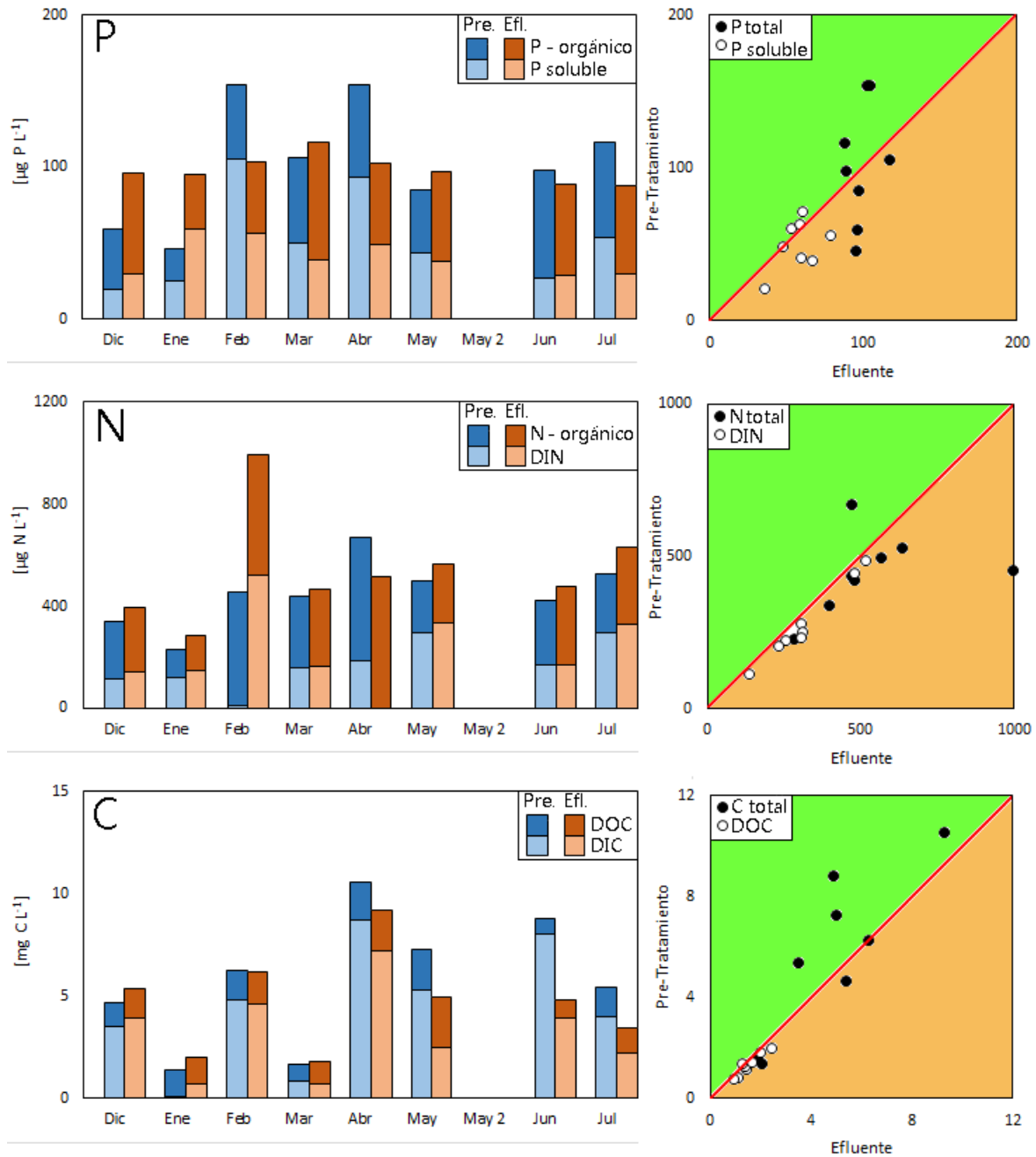


Fig. 118: Concentración de P, N y C antes y después de pretratamiento (izquierdo) y evaluación de eficiencia de retención (derecha): verde: buena retención; naranja: mala retención

4.3.5.6 Evaluación de los datos de autocontrol

Se analizaron los datos sobre la calidad del efluente de la piscicultura desde 2015 (Fig. 119, Tabla 77), en comparación con los datos obtenidos en este estudio. Para cada mes se reportaron dos valores, correspondientes a una muestra integrada durante 24 h y una muestra puntual. En la base de datos - entregada por la SMA - desafortunadamente no está indicado a cuál de las dos muestras (integrada puntual) corresponde cada valor, por lo cual se decidió usar el promedio de ambos valores para calcular las cargas diarias y mensuales (Fig. 119, tabla 77). En caso de que los valores puntuales sean más altos que los valores integrados durante 24 h, los valores presentados aquí serían sobreestimados. En este sentido son tentativos.

Todos los valores de P, N y DBO5 son bastante altos. En caso de P los valores varían entre 0,2 mgP/L (L.D.) y aproximadamente 1 mgP/L, mientras los valores para N total siempre fueron más altos que 1 mgN/L. Las correspondientes cargas para el período de este estudio fueron ~ 5x veces más altas que los valores reportados en este estudio. Calculando cargas anuales en base de estos valores Iculpe debería haber producido aproximadamente mínimo 1000 toneladas de peces (se asume: factor de conversión = 1,1; contenido p: 1,5%; asimilación P en pez: 30%), lo que no es el caso. En consecuencia, se puede suponer que la determinación de P y N (y probablemente también DBO5) es deficiente.

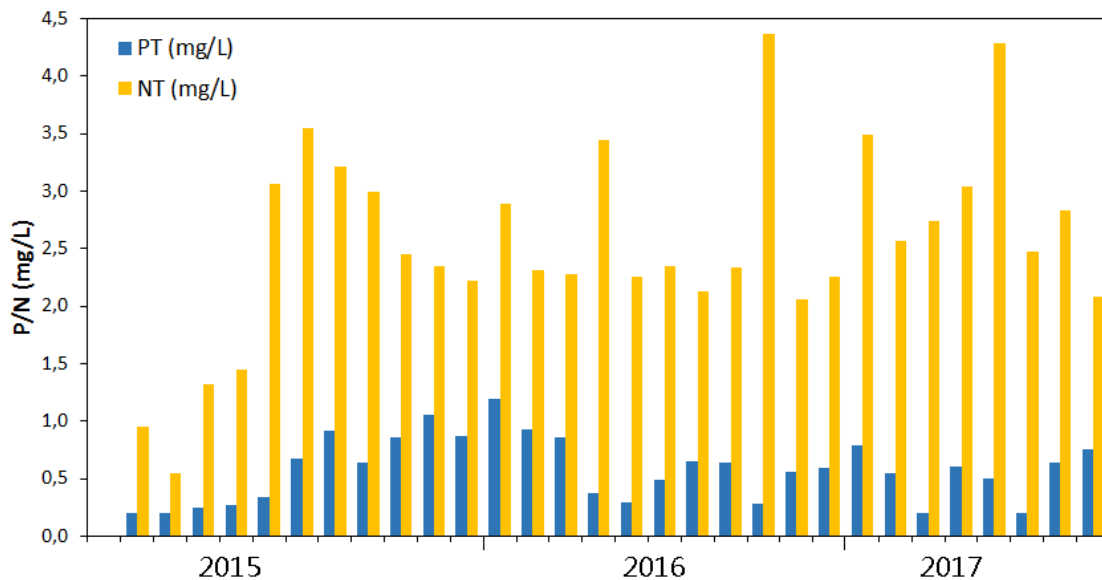


Fig. 119: Concentraciones de PT y NT obtenido en el programa de autocontrol del efluente de la piscicultura Iculpe (Datos: SMA)

Tabla 77: Resumen sobre los datos del autocontrol del efluente de la piscicultura Iculpe (26.4.2016 – 1.6.2017). L.D.: Límite de detección

	PT	NT	DBO5
	Concentración (mg/L)		
promedio	0,541	2,784	5,35
SD	0,200	0,688	1,75
min	0,200	2,065	3,25
max	0,790	4,285	8,00
L.D.	0,200	?	2,00
	Carga (kg/273 días)		
Autocontrol	8773	45200	59908
Este estudio	1463	7998	21493

*La carga de C fue calculada en base del DBO5 multiplicado por el factor 2/3 .

Se concluye lo siguiente:

A pesar de que el límite de detección para P total en comparación con otras pisciculturas es relativamente bajo (0,2 mgP/L), aún es demasiado alto para detectar este parámetro en los RILES de la piscicultura Iculpe. Las concentraciones de P, N y probablemente también de DBO5 son demasiado altas en relación con los valores medidos en este estudio. En consecuencia, las correspondientes cargas de P, N y C son demasiado altas y no coherentes con las esperadas en relación con la producción permitida.

4.3.6 Resultados Piscicultura Pitreño (Caleta Bay)

El monitoreo realizado en la piscicultura Pitreño abarcó 4 estaciones (Fig. 120), pudiendo efectuarse el trabajo en terreno sin complicaciones en las campañas realizadas, sin embargo, la fuerte descarga del efluente (330 L/s), dificultaba en menor medida la toma de muestras en esta estación.

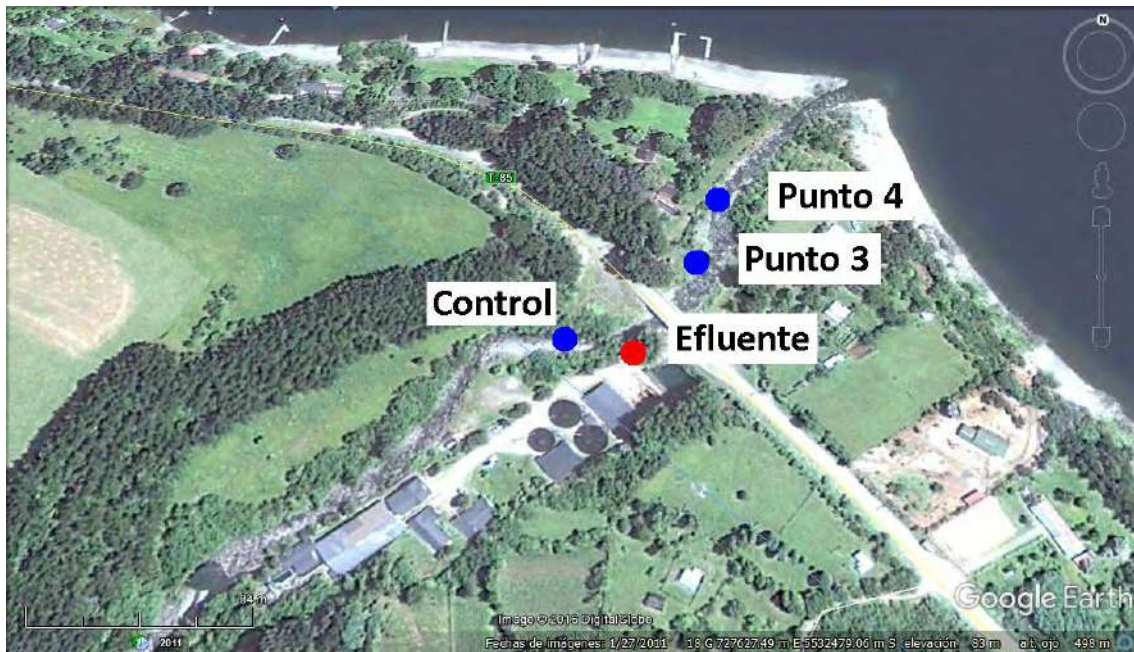


Fig. 120: Ubicación de las estaciones monitoreadas en piscicultura Pitreño (Fuente: Google Earth, foto satelital: 27.01.2011)

4.3.6.1 Monitoreo de calidad de agua

En las figuras 121 - 125 se presentan los resultados sobre los factores físicos y químicos de la piscicultura Pitreño y el río Pitreño.

Caudal: El caudal del efluente varía entre 8500 m³/d y 24.000 m³/d con un promedio de aprox. 13000 m³/d. El caudal del río Pitreño varía mucho con valores desde 0 m³/d hasta 243.000 m³/d. En una ocasión (enero 2017) el río Pitreño **no tuvo caudal** en la estación “control” y recibió solamente el agua del efluente. Por lo tanto, la piscicultura no garantizó el caudal ecológico (mínimo) de 70L/s según resolución D.G.A. N° 714/2000. Mas informaciones sobre este parámetro y el factor de dilución se presentan en el punto 4.3.6.4 (Estimaciones de las cargas).

Temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, turbidez y DQO: El río Pitreño se caracteriza por una muy buena oxigenación, una conductividad eléctrica generalmente baja y típica de un río precordillerano. Los parámetros temperatura (6,3 - 17,8 °C), conductividad eléctrica (20,8 – 65,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (7,6 – 12,7 mg/L), pH (5,8 - 8,2) y turbidez (0,46 - 2,4 NTU) fluctúan en un rango similar para todas las estaciones de muestreo en los diferentes monitoreos realizados. Sin embargo, respecto al DQO se observó un notorio aumento en el punto 4 el 30 de enero de 2017 (58,1 mg/L), mientras que en las demás estaciones el DQO siempre fue menor a < 12,0 mg/L.

Nitrógeno y fósforo (Fig. 122 - 123): Las concentraciones de nitrógeno total en la estación control fluctuaron entre 30,4 – 162,7 $\mu\text{g N}/\text{L}$, constituida principalmente por N orgánico (50-75%) y nitrato (10-20%). La concentración de nitrógeno en el efluente aumentó entre el factor 4-12x, llegando incluso a valores de 16x el 03 de mayo de 2017, debido al incremento de la fracción de nitrógeno orgánico y amonio. Después de la descarga estas concentraciones disminuyeron hasta alcanzar valores que todavía fueron considerablemente mayores en comparación con la estación control. Respecto al fósforo, los valores en la estación control fluctuaron entre 3,7 y 41,3 $\mu\text{g P}/\text{L}$ y se triplicaron después de la descarga de la piscicultura, alcanzando incluso valores entre 94,5 y 99,1 $\mu\text{g P}/\text{L}$ en el punto 4 en los meses de febrero y mayo del 2017, debido a las altas concentraciones de fósforo presentes en el efluente (15,3 – 245,6 $\mu\text{g P}/\text{L}$). El aporte de la fracción disuelta inorgánica al P total fue en cada estación aproximadamente 50-65%. Después de la descarga la disminución de P total fue solamente leve, por lo que se pudo observar que los valores encontrados en las estaciones punto 3 y 4, no alcanzan a igualarse con las concentraciones presentes en la estación control.

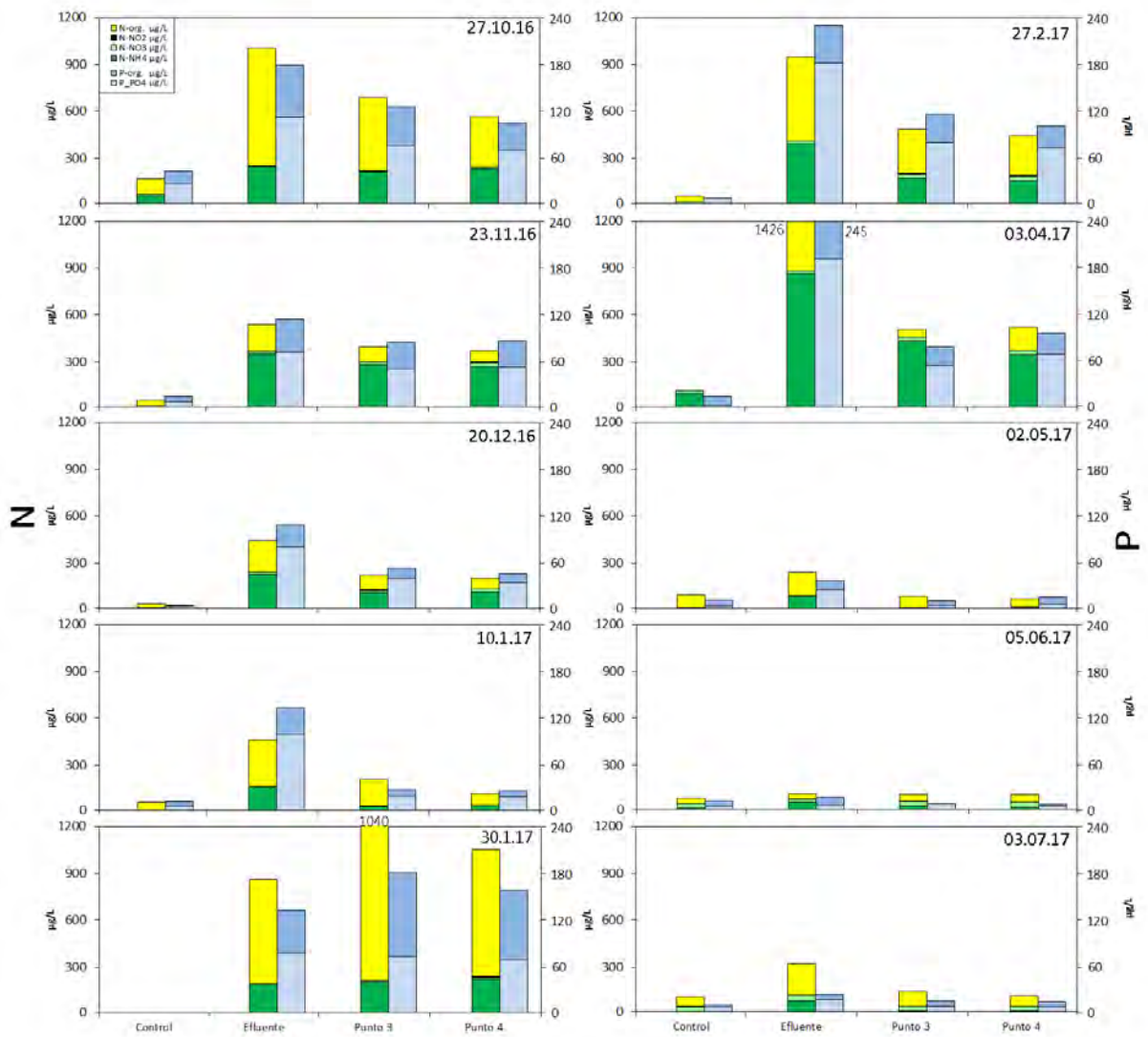


Fig. 121: Fracciones de nitrógeno y fósforo en diferentes estaciones Piscicultura Pitreño

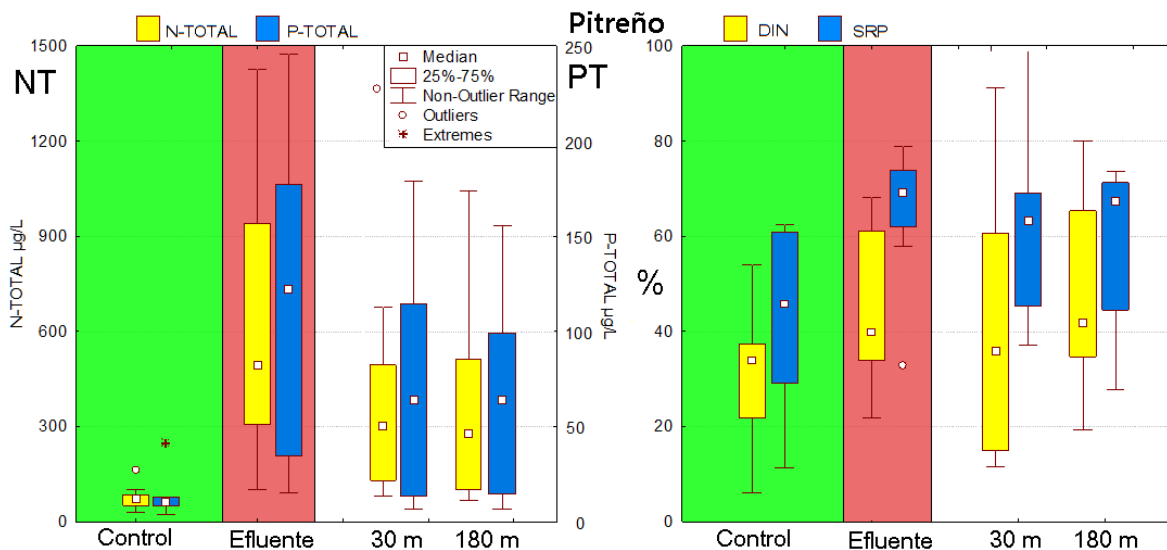


Fig. 122: Box Plot de diferentes fracciones de N y P en diferentes estaciones Piscicultura Pitreño. (izquierdo: valores absolutos, derecho: porcentaje de las fracciones disueltos).

Evaluación niveles tróficos

La evaluación trófica del río Pitreño muestra en la estación control un nivel oligo-mesotrófico estando casi niveles oligotróficos. Después de la descarga de la piscicultura Pitreño los valores promedio de N y P aumentaron por el factor ~ 5x veces lo que corresponde a un empeoramiento de la trofia ahora niveles claramente eutróficos para ambos parámetros. Por la cercanía de las estaciones 3 y 4 estos niveles no mejoraron hasta la desembocadura del río en el lago Ranco.

Esto significa que el tramo desde el punto de la descarga hasta el lago Ranco es demasiado corto para alcanzar alguna autopurificación de los nutrientes N y P.

Tabla 78: Evaluación trófica de diferentes estaciones de monitoreo, piscicultura Pitreño.

Trofia	TN ($\mu\text{g/L}$)	TP ($\mu\text{g/L}$)
Oligotrófico	< 75	< 10
Oligo-mesotrófico	75 - 150	10 - 25
Mesotrófico	150 - 300	25 - 60
Eutrófico	> 300	> 60

Estación	NT ($\mu\text{g/L}$)	PT ($\mu\text{g/L}$)
	Promedio \pm Dev.est.	Promedio \pm Dev.est.
Control N=10	77 \pm 44	13 \pm 11
Punto 3 N=2	410 \pm 390	68 \pm 58
Punto 4 N=10	347 \pm 306	64 \pm 50

Carbono orgánico disuelto (Fig. 123 - 125): En general se observa un aumento de COD en el efluente de la piscicultura respecto a la estación control. En las estaciones Punto 3 y Punto 4 los valores de carbono aún se ven elevados en comparación a la estación control, indicando que el tramo del río, la capacidad de dilución del caudal y capacidad de autodepuración **NO** son suficientes para disminuir las concentraciones de carbono orgánico en el tramo fluvial estudiado antes del ingreso al Lago Ranco. Sin embargo, esta piscicultura de acuerdo con el manejo y operación, utiliza agua bombeada desde el lago Ranco (con concentraciones de COD probablemente más altas que las del río), lo implica que algunos datos deben ser corregidos en las ocasiones donde esto ocurrió. Las concentraciones de COD fluctuaron en la estación control entre 0,3-2,2 mg C/L mostrando cierta variabilidad por lo antes mencionado. En la estación efluente los valores de COD fluctuaron entre 0,5-6,5 mg C/L, observándose los valores más altos durante el 27 de octubre 2016, evidenciando el importante aporte de COD y la variabilidad en la calidad química del efluente. En la estación Punto 3 los valores de COD fluctuaron entre 0,5-4,1 mg C/L. En la estación Punto 4 los valores de COD fluctuaron entre 0,6-3,3 mg C/L, donde nuevamente los valores más altos se observaron durante el 27 de octubre 2016. Se observa claramente un aumento de COD en la estación efluente con respecto a la estación control. En las estaciones posteriores (Punto 3 y Punto 4) las concentraciones medias de COD disminuyen, pero no alcanzan a llegar a los valores presentes en la estación control.

De acuerdo con los cálculos realizados para determinar el área de influencia del efluente de la piscicultura, en relación con la concentración de carbono orgánico disuelto del cuerpo de agua fluvial receptor, se observa que el efluente aumenta en promedio un 108% la concentración de COD del río receptor.

No obstante, río abajo en los puntos 3 y 4 la concentración de COD remanente del efluente de la piscicultura es de 60% y 44% (Fig. 125). Teniendo en cuenta que esta piscicultura opera sobre todo en la época estival con una mezcla de agua de río y agua de lago, la concentración de COD en el efluente puede verse incrementada por sobre la concentración natural del río. Debido a que el aporte de la piscicultura en el Punto 3 disminuye a 60% y en el Punto 4 a 44% (superando límite de COD remanente sugerido de 20%).

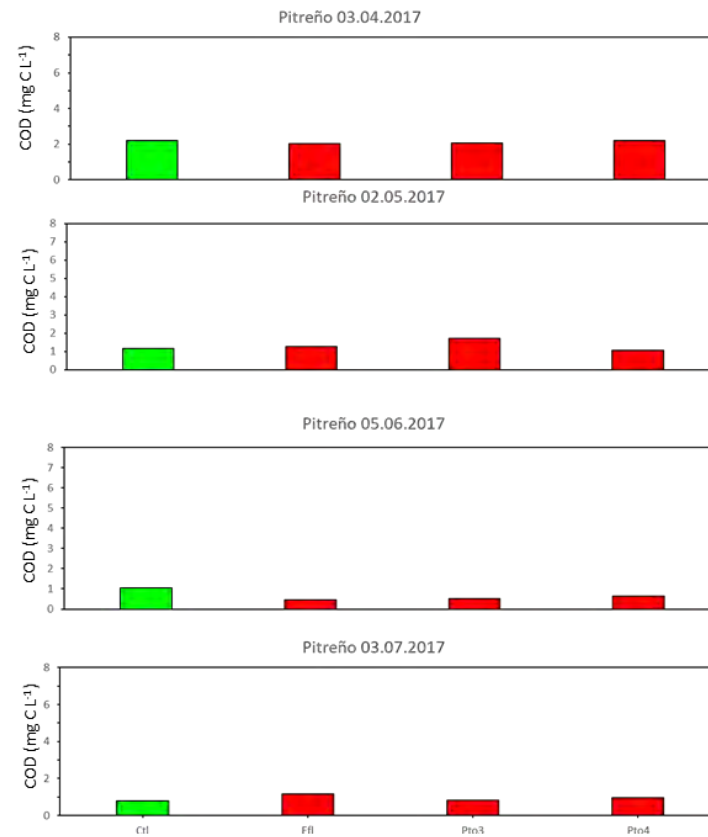
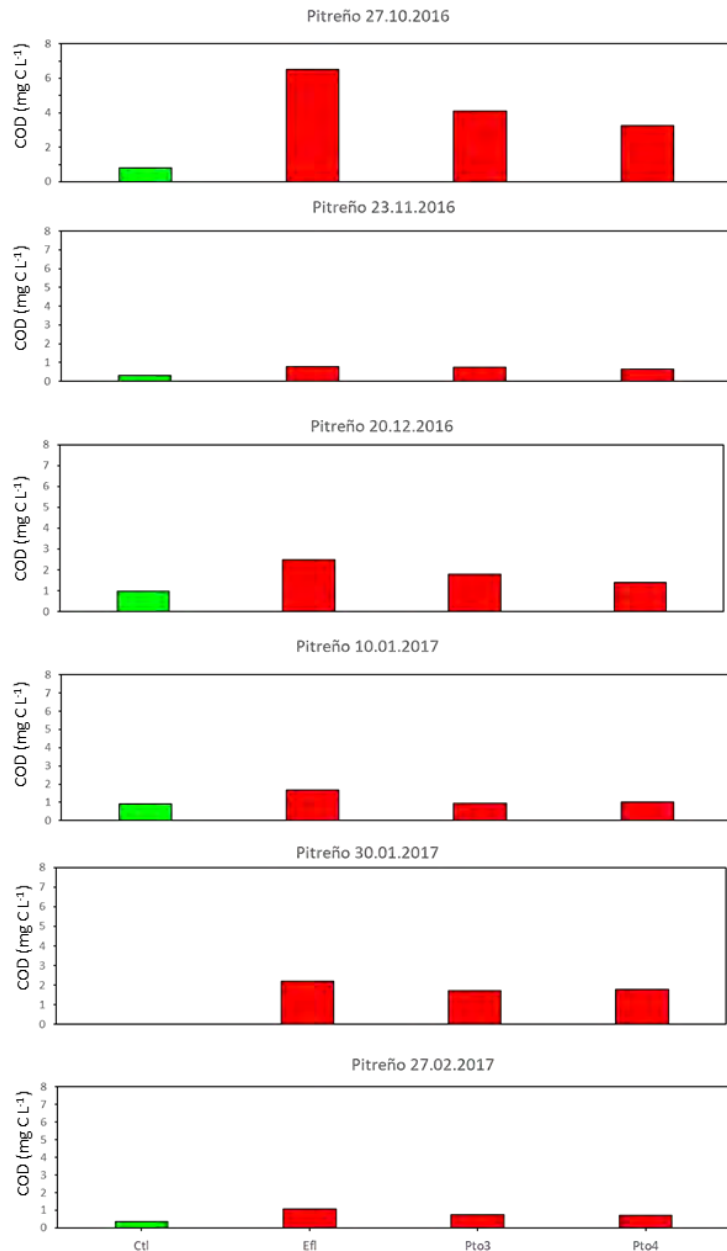


Fig. 123: Carbono orgánico disuelto en diferentes estaciones Piscicultura Pitreño

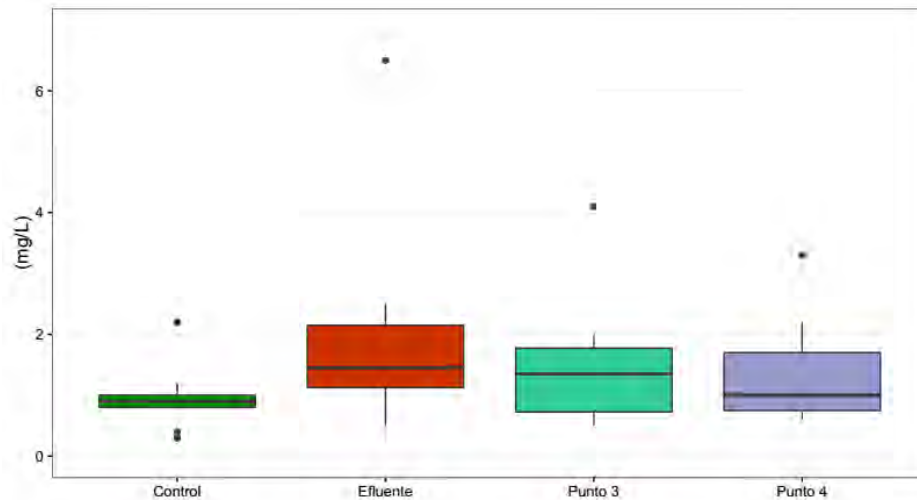


Fig. 124: Concentración de carbono orgánico disuelto (mg C/L) promedio en las diferentes estaciones de la piscicultura Pitreño (Boxplots de COD indicando mediana, error estándar y valores extremos de los diez muestreos realizados).

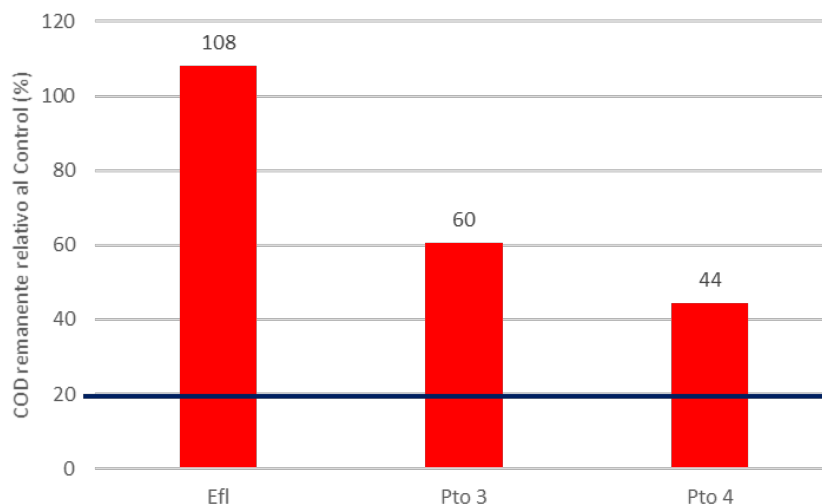


Fig. 125: Porcentaje de la concentración de carbono orgánico disuelto (% mg C/L) promedio remanente en las diferentes estaciones de la piscicultura Pitreño con respecto al cuerpo de agua fluvial receptor.

Materia orgánica disuelta (Fig. 127 - 130)

Los resultados obtenidos en el río Pitreño, nos muestran un predominio de DOM proteico en la mayoría de las estaciones monitoreadas. La estación control exhibe las mayores proporciones de material refractario siendo conformada por un 48% del total de la reserva de DOM, sin embargo, es una de las más bajas proporciones con respecto a las demás estaciones controles monitoreadas. En las estaciones efluente, punto 3 y punto 4 se observa un aumento en la

fluorescencia del material de origen proteico alcanzando proporciones entre un 59 a un 69% en la conformación de DOM total, siendo las estaciones efluente y punto 3 en dónde se observa la mayor proporción e intensidad del material de origen proteico, mientras que en la estación punto 4 las intensidades refractarias y proteicas disminuyen con respecto a las estaciones predecesoras, sin embargo estas no descienden de manera significativa con respecto a la estación control. Al agrupar las estaciones mediante sus intensidades de fluorescencia (Proteico y Húmico) se puede observar que las estaciones control y punto 4, se agrupan en un sector, con intensidades de fluorescencia similares, mientras que las estaciones efluente y punto 3, se agrupan en el otro sector del conglomerado, influenciadas en mayor medida por las intensidades de los componentes de origen proteico. Los valores de fluorescencia del material orgánico lábil en la estación punto 4 son levemente mayores a lo encontrado en la estación control, por lo que es posible utilizar a los componentes proteicos de DOM como trazadores del aporte orgánico proveniente del efluente de la piscicultura.

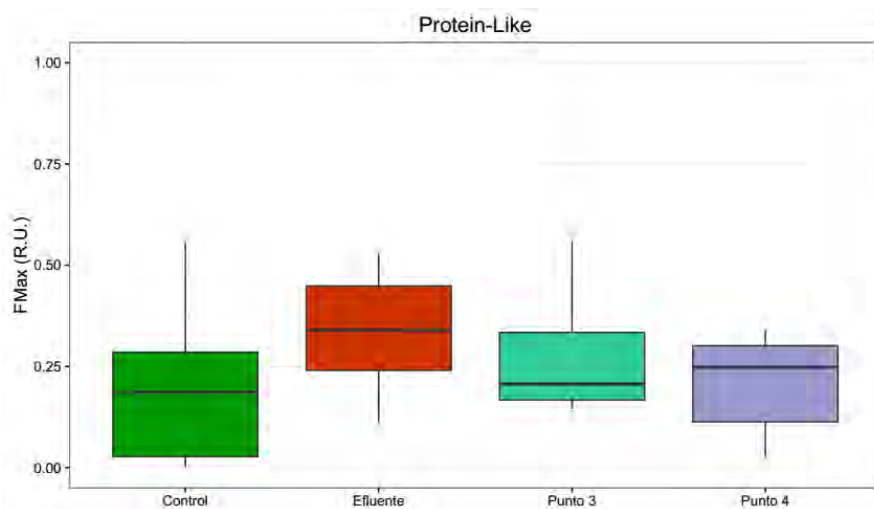


Fig. 126 Variación espacial de DOM proteico en las distintas estaciones de la piscicultura Pitreño

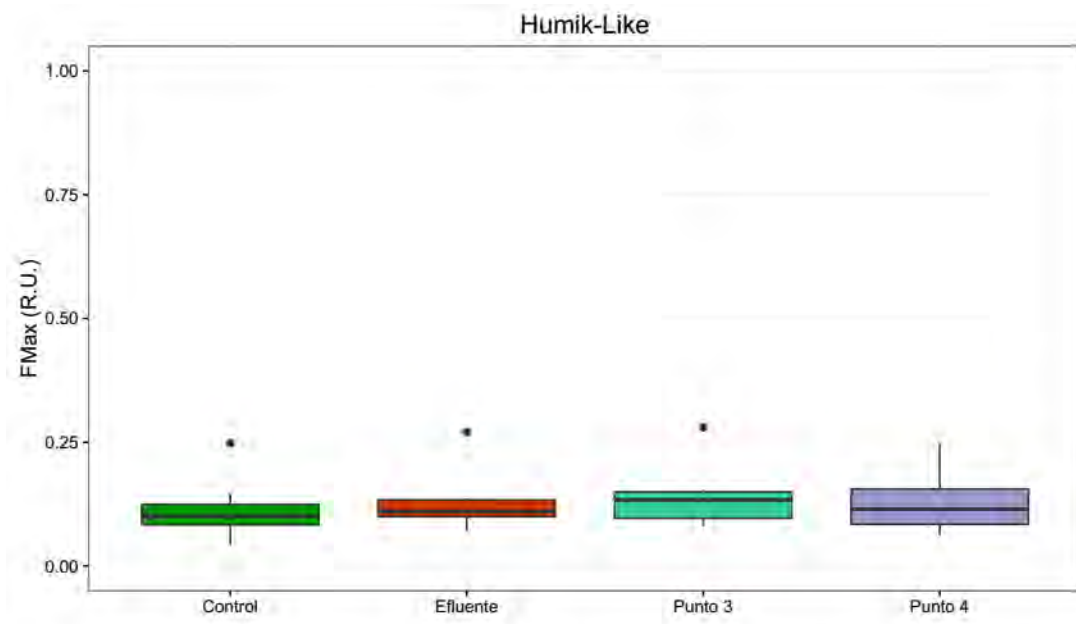


Fig. 127 Variación espacial de DOM refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Pitreño

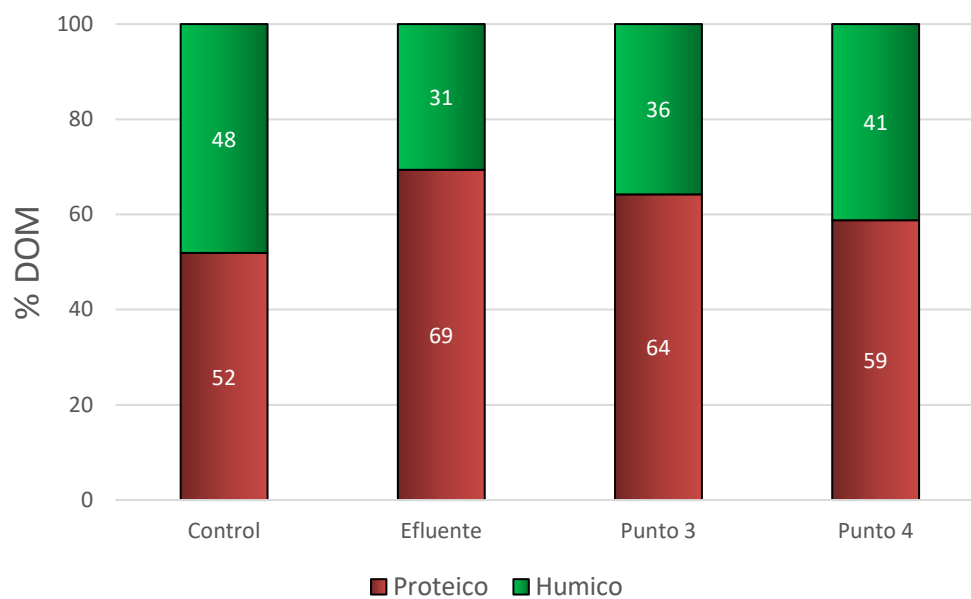


Fig. 128 Aporte porcentual de DOM lábil v/s refractario promedio en las distintas estaciones de la piscicultura Pitreño

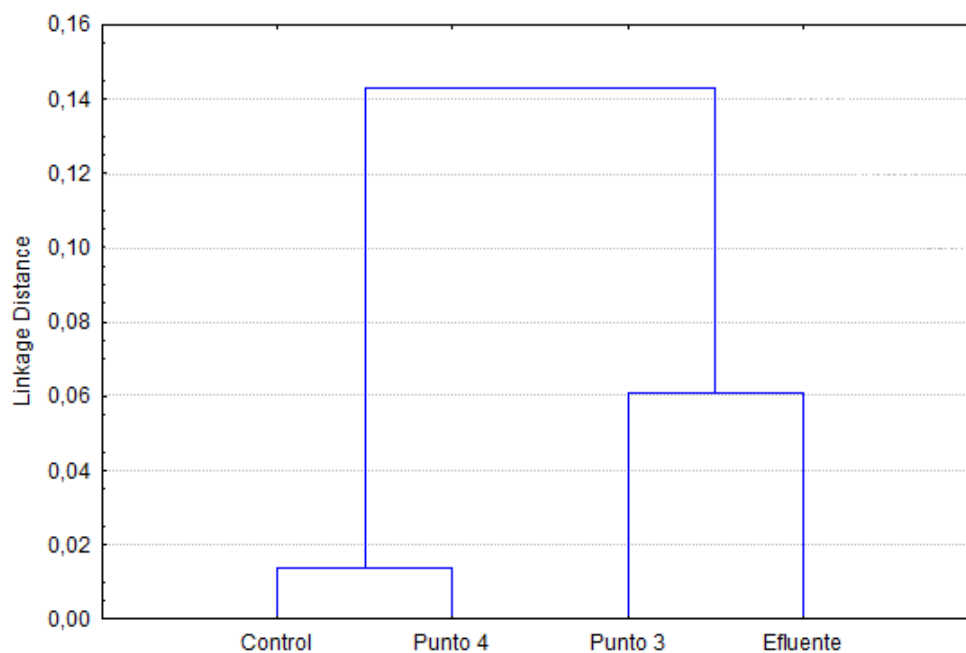


Fig. 129 Diagrama de árbol (ward method) demostrando diferencias y similitudes de DOM labil v/s refractario en las distintas estaciones de la piscicultura Pitreño.

Tabla 79: Rangos (promedio anual) de calidad de aguas referentes a COD en la Piscicultura Pitreño.

Piscicultura PITREÑO	Escala de calidad	Concentración promedio \pm desv. est. de COD (mg C/L)
Control	Muy Buena	0.9 \pm 0.6
Efluente	Buena	2.0 \pm 1.7
Pto. 3	Buena	1.5 \pm 1.1

Se concluye según los tres criterios de calidad de aguas propuestos relativas al carbono orgánico disuelto:

Las concentraciones de COD en general no sobrepasan los valores límite de concentración (max. 10 mg C L⁻¹).

1. Con relación a los rangos de calidad, el efluente de la piscicultura cambia el nivel de calidad después de la mezcla completa (de “muy buena” a “buena”).
2. Considerando el carbono orgánico remanente la concentración remanente de COD no alcanza a reducirse a valores < 20% después de la mezcla.
3. El componente tipo triptófano de la materia orgánica disuelta permite una trazabilidad efectiva del efluente de la piscicultura.

4.3.6.2 Monitoreo de macrozoobentos

Área de estudio: El río Pitreño con características rítrónicas y de régimen pluvial, en su parte baja y a 200m de su desembocadura en la ribera sur del Lago Ranco, recibe los efluentes de la Piscicultura del mismo nombre. Se ubica en la ladera norte del Volcán Puyehue-Cordón Caulle. El recurso hídrico usado en el proceso productivo proviene del río Pitreño y también por bombeo obtiene aguas del lago Ranco. El río se origina en sectores de mesetas presentes en la ladera con orientación norte del Volcán Puyehue, dentro del área del Parque Nacional Puyehue y parte media de la subcuenca cruza la reserva privada Futangue.

Otra actividad presente en el río, y a 1400m aguas arriba de la desembocadura, funciona una pequeña central hidroeléctrica de pasada (Central Pitreño) cuya captación se efectúa mediante un dique.

Caracterización de tramos comparados: Para determinar las alteraciones en el río por efecto del efluente de la piscicultura, se tomaron muestras usando la metodología multihábitat para macroinvertebrados bentónicos en tres tramos (Tabla 80).

Considerando los hallazgos de alimento para alevines (pellet) en muestras de bentos durante el muestreo preliminar efectuado en enero de 2017 (fig. 130), se incluyó un nuevo tramo control para el río (CONTROL 2), ubicado a 1000m aguas arriba del CONTROL 1 original con acceso expedito mediante un camino lateral que se dirige hacia la reserva privada Futangue. El cauce en este tramo se presenta encajonado con pendiente >10 y con riberas abrupta de alturas superiores a 10 m con presencia de vegetación nativa (índice CBR = Muy Bueno). 30m metros aguas arriba del fin del tramo, se ubica el tranque usado para captar agua de la central hidroeléctrica de paso. El sustrato dominantes fueron los bloques.

El tramo CONTROL 1 se ubicó a 50m aguas arriba de la descarga del efluente de la piscicultura y se caracterizó por presentar vegetación exótica con grandes claros (índice CBR = Pésimo) y escaso margen de protección debido a que en la ribera derecha un cerco en el límite de la zona inundable separa las instalaciones de la piscicultura del cauce y en la ribera izquierda con vegetación arbustivo u suelos en distintos grados degradación. El cauce en este tramo posee una pendiente moderada (5 a 8%) y a unos 30m de fin del tramo se ubica un dique construidos con bolones que es usado para captar agua para la piscicultura. El sustrato dominante fue bloques y bolones.

En tramo IMPACTO se ubicó a 50 metros aguas abajo de la descarga de la piscicultura y sus riberas presentan niveles importantes de alteración por sustitución y corta de vegetación nativa (índice CBR = Malo). El cauce posee una pendiente moderada (5 a 8%) con un sustrato donde dominaron bloques y bolones.

Independientemente a las diferencias constatadas, se establecieron dos tipos de hábitat en los tramos antes descrito, Bolones-Bloques (H-BB) y Grava-Guijarros (H-GG) que fueron muestreados según la proporción presente (Tabla 80).

En ninguno de los tramos se observaron micrófitas ni abrevaderos de animales (vacunos).



Fig. 130: Pellet de peces encontrado en tramos CONTROL 1, río Pitreño.



Fig. 131: Ubicación de los tramos CONTROL 1, CONTROL 2 e IMPACTO en el río Pitreño

Tabla 80: Distribución del número de muestras por hábitat de los tramos estudiados en el río Pitreño. H-BB= Sustrato mineral > 6cm (Bolones-Bloques); H-GG= Sustrato mineral 0,2 – 6cm (Grava-Guijarros)

Código Tramo	Descripción	Fecha	Inicio Tramo UTM	Fin Tramo UTM	H-BB	H-GG
CONTROL 2	Tramo impacto a 1000- 1100m aguas arriba del efluente	30-03-2017	5531681S 726840E	5531779S 726873E	80% Nº=16	20% Nº=4
CONTROL 1	Tramo control a 50-150m aguas arriba del efluente	30-03-2017	5532467S 727612E	5532396S 727545E	80% Nº=16	20% Nº=4
IMPACTO	Tramo impacto a 50-100m aguas abajo del efluente	30-03-2017	5532612S 727740E	5532520S 727697E	80% Nº=16	20% Nº=4

Taxones y métricas en tramos sujetos a comparación: El ensamble de macrozoobentos en el tramo IMPACTO registró una alteración “Muy Alta” en diversidad específica (H'), densidad (ind./m^2), similitud de presencia ausencia de taxones (S_j), la distribución de abundancia de los taxones (índice Bray-Curtis) y tolerancia (índice IBF). El nivel de alteración biológico del río se estimó ALTO.

En el muestreo realizado en el río Pitreño, se registró un total de 102 taxones, 59 taxones en el CONTROL 2 y 65 para CONTROL 1, representando el 34 Y 40 % de disminución en la riqueza respectivamente comparado con tramo IMPACTO donde se registraron 39 taxones. Del total de taxones, 22 fueron exclusivos de CONTROL 2; 25 en CONTROL 1 y 14 para IMPACTO (Tabla 75).

Se registró una tendencia de aumento en las densidades totales en los tramos comparados. En el tramo CONTROL 2 fue de 948 ind./m^2 , en el tramo CONTROL 1 de 4420 ind./m^2 y de 100126 ind./m^2 para tramo IMPACTO.

En el tramo IMPACTO, el 68 % de los ordenes Plecóptera y Ephemeroptera y el 100% de los Trichópteros observados en el tramo CONTROL 2 desaparecieron, estos grupos son reconocidos como sensibles a contaminación principalmente de tipo orgánico. De los otros grupos presentes, sólo Pentaneura Forma A (Diptera) y Nais (Oligochaeta) aumentaron sus abundancias de 0,5 a 120 ind./m^2 y de 160 a 97515 ind./m^2 respectivamente. Un patrón similar fue observado al comparar el tramo IMPACTO con el tramo CONTROL 1.

El Índice Biótico de Familias aplicado para definir calidad de agua, muestra una calidad “Buena” en el tramo CONTROL 2 ($\text{IBF}= 4,43$) y “Mala” para el tramo CONTROL 1 ($\text{IBF}= 6,39$), cambiando a “Muy Mala” calidad en el tramo IMPACTO ($\text{IBF}= 7.98$).

Las abundancias (ind./m^2) y presencia de taxones (dominantes) que se caracterizan por su preferencia por materia orgánica en el tramo IMPACTO, como es el caso de Dípteros y

Oligochaetos antes mencionados, determinan la diferencias encontradas en cuanto a la diversidad específica del ensamble (índice de Shannon H'), observándose una disminución en la sección del río estudiada (CONTROL 2 $H'= 1,24$; CONTROL 1 $H'= 0,96$; IMPACTO $H'= 0,07$).

Los ensambles de los tramos CONTROL 2 y CONTROL 1 presentaron muy bajo porcentaje de similitud con el tramo IMPACTO, con un índice de Jaccard (S_j) de 0,28% y 0,27 % respectivamente. Consecuentemente se determinó que también son altamente disimiles, alcanzando al 99% para CONTROL 2 y el 95% para CONTROL 1.

Tabla 81: Composición taxonómica del macrozoobentos en el río Pitreño

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL 2	CONTROL 1	IMPACTO
ANNELIDA	HAPLOTAXIDA	OLIGOCHAETA	NAIDIDAE	Nais	X	X	X
				Nais Forma D	X	-	-
			Lumbriculidae	Lumbriculus Sp1	-	-	X
				Lumbriculus Sp2	-	X	-
				Lumbriculus Sp4	X	X	X
				Lumbriculus Sp5	X	-	X
				Lumbriculus Sp6	-	-	X
				Lumbriculus Sp7	-	-	X
				Lumbriculus Sp8	X	-	-
			Tibificidae	Tubifex	-	-	X
HIRUDINEA	HIRUDINEA	HIRUDINEA	Hiridineo ind.	-	-	X	
ARTHROPODA	INSECTA	PLECOPTERA	AUSTROPERLIDAE	Klapopteryx armillata	X	-	X
			DIAMPHIPNOIDAE	Diamphipnoa annulata	X	X	-
				Diamphipnopsis samali	X	X	X
			EUSTHENIIDAE	Neuroperlopsis patris	X	-	-
			EUSTHENIIDAE	Neuroperla schedingi	X	-	-
			GRIPOPTERYGIDAE	Antarctoperla michaelsoni	X	X	X
				Gripopterygidae Sp1	X	-	-
				Limnoperla jaffueli	X	-	-
			PERLIDAE	Perlidae Sp1	X	-	-
				Pictetoperla gayi	X	-	-
		EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	Andesiops Sp1	X	X	X
				Andesiops Sp2	X	X	X
				Andesiops Sp3	X	X	X
		COLOBORUCIDAE	Murphyella sp	X	X	-	
		LEPTOPHLEBIIDAE	Meridialaris chiloeense	X	X	-	

CONTINUACION TABLA 81

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL 2	CONTROL 1	IMPACTO
				Meridialaris diguillna	X	X	X
				Meridialaris laminta	X	X	X
				Massarttelopsis	X	X	-
				Meridialaris	-	X	-
				Nousia	-	X	X
				Penaphlebia sp8	-	X	-
			NESAMELETIDAE	Metamonius	-	X	-
		TRICHOPTERA	HYDROBIOSIDAE	Neochorema sinuatum	X	X	-
				Neochorema sp1	X	-	-
				Neochorema sp2	-	X	-
				Neoatopsyche sp2	X	X	-
				Neoatopsyche sp3	-	X	-
				Neoatopsyche sp4	-	X	-
			HYDROPSYCHIDAE	Smicridea annulicornis	X	X	-
				Coilloma	X	-	-
			LEPTOCERIDAE	Nectopsyche	X	-	-
				Brachycetodes	-	X	-
			POLYCENTROPODIDAE	Polycentropus	X	-	-
			SERICOSTOMATIDAE	Myotrichia	-	X	-
		DIPTERA	ATHERICIDAE	Dasyomma	X	X	-
			BLEPHARISERIDAE	Edwardsina	X	X	-
			CERATOPOGONIDAE	Bezzia	-	X	-
				Culicoides	-	X	-
			CHIRONOMIDAE	Pentaneura Forma A	X	X	X
				Pentaneura Forma B	-	X	X
				Corynoneura	X	X	-
				Limaya	X	X	X
				Onconeura	X	X	-
				Orthocladiinae A	-	X	X
				Orthocladiinae B	X	-	X

CONTINUACION TABLA 81

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL 2	CONTROL 1	IMPACTO
				Orthoclaadiinae C	-	X	X
				Orthoclaadiinae D	X	X	-
				Orthoclaadiinae F	X	X	X
				Orthocladus	X	X	-
				Orthocladus sp	X	-	X
				Paratanytarsus sp	-	X	X
				Parochlus sp1	X	X	-
				Parochlus sp2	X	X	X
				Parochlus sp3	-	X	-
				Podonominae Forma A	X	-	-
				Podonominae Forma B	-	X	-
				Podonomus setosus	X	X	-
				Tanypodinae Sp2	-	X	-
			EMPIDIDAE	Empididae ind.	-	X	-
				Empididae sp1	-	X	-
				Chelifera	-	-	X
			PSYCHODIDAE	Psychodinae Forma A	-	-	X
			SIMULIIDAE	Gigantodax	-	X	-
			TABANIDAE	Tabanidae Sp2	X	X	X
				Tabanidae Sp3	-	-	X
			TIPULIDAE	Limonia Sp1	X	X	-
		COLEOPTERA	ELMIDAE	Austreilmis	X	-	-
				Elmidae Forma B	-	X	-
				Luchoelmis (adulto)	X	-	-
			PSEPHENIDAE	Tychepephus	-	-	X
			STAPHYLINIDAE	Staphylinidae sp	-	X	-
		MEGALOPTERA	SIALIDAE	Sialidae	X	-	-
		AMPHIPODA	HYALELLIDAE	Hyalella	-	-	X
		GASTROPODA	AMNICOLIDAE	Littoridina	X	-	-

CONTINUACION TABLA 81

PHILUM	CLASE	ORDEN O GRUPO	FAMILIA	TAXA	CONTROL 2	CONTROL 1	IMPACTO	
			CHILINIDAE	Chilina fluminea	-	-	X	
			CHILINIDAE	Chilina gibbosa	X	-	-	
			LYMNAEIDAE	Lymnaea	X	X	X	
		TRICLADIA	DUGSESIDAE	Dugesia	-	X	X	
		PLATYHELMINTHES	TEMNOCEPHALIDAE	Temnocephala sp	-	X	-	
		Acari	HYDRASHNIDA	Acari sp1	-	X	-	
				Acari Ind.	-	X	-	
				Acari Ind.2	X	-	-	
				Acari Ind.3	X	-	-	
				HYGROBATIDAE	Hygrobates	X	X	X
					Hygrobates sp2	-	X	-
		CRUSTACEA	OSTRACODA	OSTRACODA	Ostracoda	-	X	-
			CYCLOPOIDA	CYCLOPOIDA	Cyclopoideo	-	X	-
		ELLIPURA	COLLEMBOLA	COLLEMBOLA	Collembola	X	X	-
CNIDARIA	HYDROZOA	HYDROIDA	HYDRIDAE	Hydra	-	-	X	
NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	NEMATODA	Nematoda ind.	X	X	X	
NEMATOMORPHA	GORDIOIDA	GORDIOIDEA	GORDIIDAE	Gordius sp	X	-	-	

Cambio en la estructura del ensamble: Grupos reconocidos como sensibles a contaminación (principalmente de tipo orgánico) disminuyen sus densidades o desaparecen en el tramo impacto, que se caracteriza por una alta dominación Oligochaetos.

En el tramo IMPACTO disminuye Plecoptera y Ephemeroptera entre 66 al 85% respecto a CONTROL 2 y entre el 69 al 75 respecto al CONTROL 1. A su vez, los Trichopteros no fueron encontrados en el tramo IMPACTO. Los Dípteros disminuyen su densidad en un 22% respecto a CONTROL 2.

La distribución en porcentaje de las abundancias de los grupos presentes en el tramo CONTROL 2, está conformada por Ephemeroptera: Betidae (27%) y Leptophlebiidae (24%), Diptera: Chironomidae (17%); Oligochaeta: Naididae (17%); Plecoptera: Diamphipnoidae Austroperlidae (2%), Eustheniidae y Gripopterygidae (1%); Trichoptera: Hydrobiosidae (1%). Gastropoda: Lymnaeidae (1%). Los restantes grupos encontrados están representados con abundancias inferiores al 1%.

En el tramo CONTROL 1 se registró una modificación respecto a control 2. Oligochaeta: Naididae (37%); Diptera: Chironomidae (31%); Ephemeroptera: Betidae (22%); Trichoptera: Hydropsychidae (2%); Ephemeroptera: Leptophlebiidae (1%); Diptera: Simuliidae (2%); Oligochaeta: Lumbriculidae (1%). Los otros grupos se presentaron con densidades inferiores al 1%.

Para el tramo IMPACTO se determinó alta dominación por parte del grupo de los Oligochaetas, Naididae con el 97% y Lumbriculidae con un 1%. El resto de los grupos encontrados no superó el 0,8%.

Taxones indicadores de alteración: De acuerdo a las distribuciones de densidad (ind./m²), presencia-ausencia en los hábitat y tolerancia a contaminación orgánica principalmente de los taxones encontrados, en la tabla 82 se muestra un listado de los taxones representativos de cada uno y que definen la calidad del agua desde un punto de vista biológico.

Tabla 82: Taxones representativos de las condiciones de hábitat y calidad de agua para los tramos estudiados en el río Pitreño.

TRAMO	CALIDAD IBF	TAXONES REPRESENTATIVOS
CONTROL 2	Buena	<i>Klapopteryx sp.</i> , <i>Diamphipnopsis samal</i> , <i>Neuroperlopsis patris</i> , <i>Neuroperla schedingi</i> , <i>Nectopsyche sp.</i> , <i>Polycentropus sp.</i> , <i>Dasyomma sp.</i> , <i>Gordius sp.</i> , <i>Sialidae sp.</i> .
CONTROL 1	Mala	<i>Diamphipnoa annulata</i> , <i>Andesiops Sp3</i> , <i>Metamonius sp.</i> , <i>Orthoclaadiinae A</i> , <i>Orthoclaadiinae C</i> , <i>Paratanytarsus sp.</i> , <i>Gigantodax sp.</i> , <i>Lumbriculus Sp2</i> , <i>Collembola sp.</i>
IMPACTO	Muy Mala	<i>Nais</i> , <i>Lumbriculus Sp1</i> , <i>Tabanidae sp</i> , <i>Tycheapsephus sp.</i> , <i>Hyaella sp.</i>

Conclusiones

- El ensamble de macrozoobentos en el tramo IMPACTO comparado con el tramo CONTROL 2, registró una alteración “Muy Alto” en diversidad específica (H'), densidad (ind./m^2), similitud de presencia ausencia de taxones (J'), la distribución de abundancia de los taxones (índice Bray-Curtis) y tolerancia (índice IBF) y “Alta” en riqueza de especies (Tabla 83). Situación similar se encontró en la comparación entre el tramo IMPACTO vs CONTROL 1.
- La tolerancia de los taxones presentes (índice biótico de familias IBF), identificaron un cambio de Buena (CONTROL 2) a Muy Mala Calidad (IMPACTO), donde Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Dípteros fueron los grupos representativos en el tramo CONTROL 2 y sustituidos por Oligochaeta en el tramo IMPACTO, cambio definido como ALTO desde el punto de vista biológico.
- El ensamble de macrozoobentos del tramo CONTROL 1 a la luz de los resultados obtenidos no debe ser considerado como control, aún cuando se ubica aguas arriba del efluente de la piscicultura.

Se concluye que el río Pitreño presenta alteración Muy ALTA en la calidad de agua desde el punto de vista biológico (ensambles de macrozoobentos) en un tramo IMPACTO comparado con un tramo CONTROL 2 ubicado a 1000m aguas arriba del efluente de Piscicultura Pitreño.

Tabla 83: Resumen de métricas que comparan los tramos control vs impacto en el río Pitreño .
***Valor de índices comparando CONTROL 2 y CONTROL 1 vs IMPACTO.**

Nivel alteración:

NO HAY	MODERADO	ALTO	MUY ALTO
--------	----------	------	----------

	Tramo	CONTROL 2	CONTROL 1	IMPACTO
METRICA	Marzo 2017			
RIQUEZA (S)		59	65	39
DENSIDAD (Ind./m²)		948	4420	100126
DIVERSIDAD (H')		1,24	0,96	0.07
JACCARD índice (Sj) (% Similitud)		0,27*	0,28*	
Bray-Curtis (% Disimilitud) (BC)		99,26*	94,86*	
IBF (Índice de calidad)		4,43 Bueno	6,39 Malo	7,98 Muy Malo
% Similitud IBF (Alteración)		Alto	Alto	

4.3.6.3 Estimación de las cargas

Es importante destacar que la piscicultura Pitreño utiliza agua del río Pitreño y adicionalmente agua del lago Ranco, que son actualmente 1980-2100 L/s en total (DIA 2017), de los cuales 180-300 L/s corresponden a derechos de agua para el río Pitreño, y el resto para el lago Ranco. En general se puede considerar tanto el agua del río Pitreño como el agua del lago Ranco de muy buena calidad por lo cual la estimación de la carga natural se considera bastante robusta, pero probablemente levemente sobreestimada. Esto significa que el aporte de la actividad piscícola a la carga total del río Pitreño todavía es mayor a la estimada (Tabla 84, Fig. 132).

El factor de dilución del efluente en el receptor fue en promedio $\sim 8,0x$ ($\pm 6,9$). El factor de dilución más elevado (máximo) fue $\sim 25x$ en el mes de julio 2017 y 0 fines de enero. El aporte de la piscicultura a la carga total del río Pitreño fue 57% y 56% muy similar para PT (1,7 kg/d) y NT (8,3 kg/d), y mucho más bajo para DOC 15% (15,9 kg/d). La carga total de la piscicultura durante el período de 249 días de monitoreo fue aproximadamente 0,41 ton P, 2,1 ton N y 4,0 ton C orgánico disuelto.

Tabla 84: Cargas diarias y durante el monitoreo, estimadas para el río Pitreño (estación control), efluente total y aporte de la actividad piscicultura.

		Río Pitreño (1)	Efluente (2)	Piscicultura (3)	Suma (1+2)
PT	Promedio kg/d	1,1 ± 1,1	1,8 ± 1,1	1,7 ± 1,1	2,9
	min-max	0 – 3,9	0,2 – 3,1	0,1 – 3,0	
	kg/249d	269	447	411	717
	%	38	62	57	100
NT	Promedio kg/d	7,3 ± 7,7	9,2 ± 5,9	8,3 ± 6,1	16,5
	min-max	0,1 – 24,8	1,1 – 18,3	0,3 -18,2	
	Total kg/249d	1808	2293	2078	4101
	%	44	56	56	100
DOC	promedio kg/d	81 ± 70	28 ± 19	15,9 ± 20,4	108
	min-max	0 -194	5 – 60	(-)6,2 – 49	
	Total/249d	20061	6882	3963	26943
	%	74	26	15	100

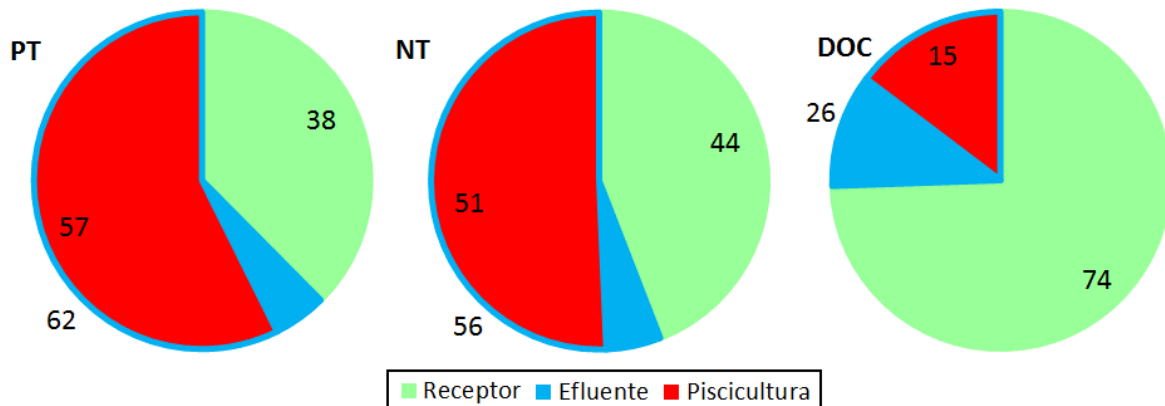


Fig. 132: Porcentaje de cargas estimadas para 249 días (27.10.16 – 03.07.17) de P, N y C de la piscicultura Pitreño (Caleta Bay) en relación con la carga actual del río Pitreño en la estación “control” y el efluente en comparación con el aporte de la actividad piscicultura.

Cabe mencionar que la carga media diaria de la piscicultura corresponde a la carga media diaria de aprox. 1000 habitantes para P, 800-1000 habitantes para N y aprox. 400-660 habitantes para C.

4.3.6.4 Análisis de la cuenca

1) USO DE SUELO

La cuenca del río Pitreño tiene una superficie total de 1043 ha, esta dominada principalmente por bosque nativo adulto denso (63%) y renoval abierto (23,4%), mientras que en el área de la planta hidroeléctrica y de la piscicultura por praderas (1,6%) y matorrales (8%) (Tabla 85, Fig. 133).

Tabla 85: Uso de suelo en la cuenca del río Pitreño

Uso de suelo	Total (ha)	%	Antes	Después
			Piscicultura (ha)	Piscicultura (ha)
Bosque Nativo Adulto Denso	656,1	62,9	656,13	
Bosque Nativo Adulto Semidenso	6,5	0,6	6,48	
Lago-Laguna-Embalse-Tranque	17,0	1,6	16,13	0,89
Matorral Arborescen. Semidenso	30,5	2,9	25,38	5,16
Matorral Arborescente Denso	7,7	0,7	7,67	
Matorral Pradera Abierto	0,0	0,0	0,02	
Matorral Semidenso	46,5	4,5	46,53	
Planta.Joven-Recien Cosechada	3,5	0,3	3,49	
Plantacion	11,0	1,1	8,37	2,64
Praderas Perennes	16,9	1,6	16,37	0,58
Renoval Abierto	244,3	23,4	244,33	
Renoval Denso	3,0	0,3	3,03	
Total	1043,2	100	1033,9	9,3

En base al uso de suelo y los índices de exportación, se calculó la concentración de NT y PT esperada para compararlas con las concentraciones medidas. Como muestra la siguiente tabla, las concentraciones medidas en la estación control en el río Pitreño fueron muy similares a las esperadas indicando que no hay ningún aporte adicional de N y P río arriba de la piscicultura.

	N-tot µg/L	P-tot µg/L
Concentración esperada	81,2	6,1 – 9,0
Concentración medida	76,6	9,5

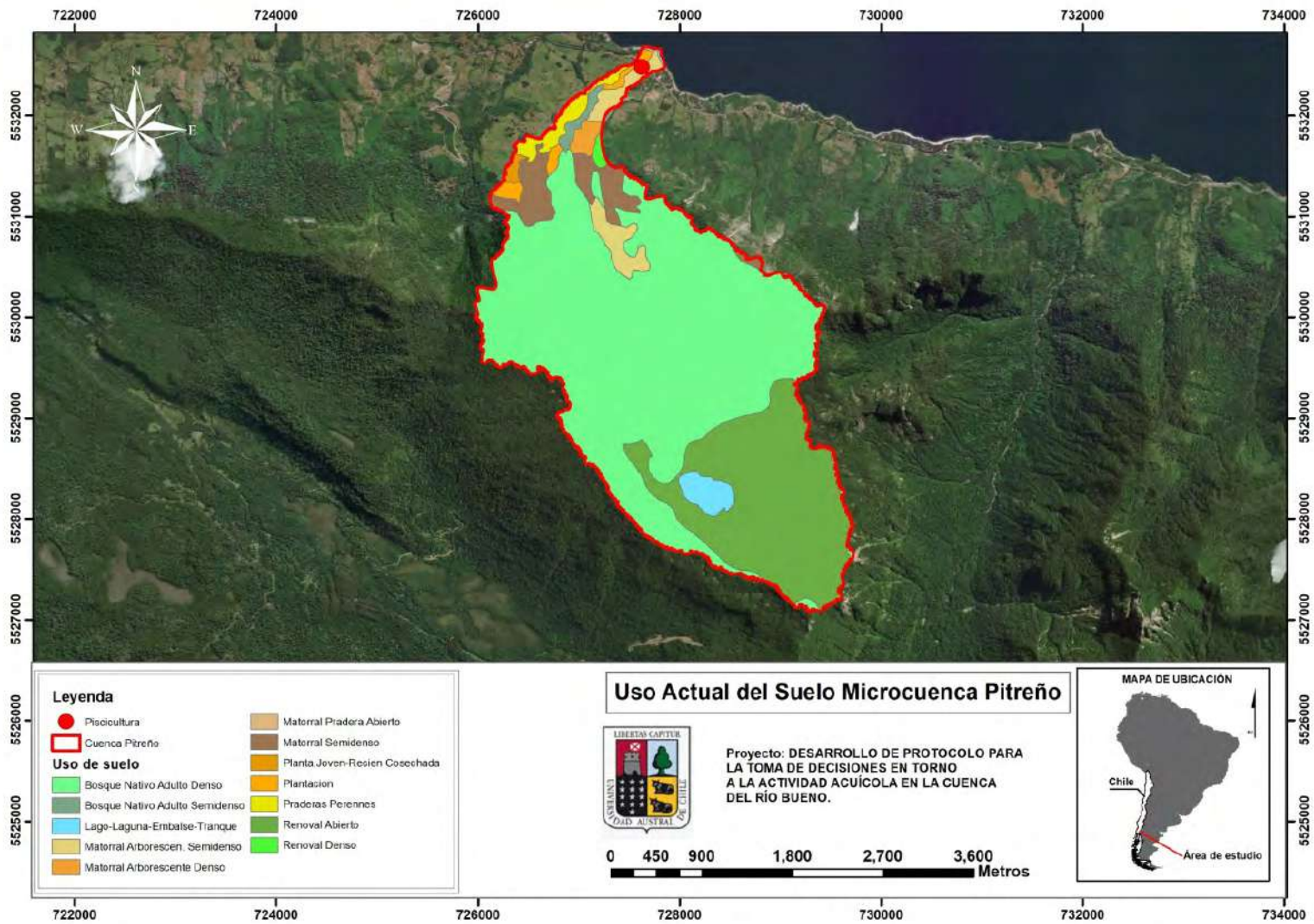


Fig. 133: X Uso actual del suelo en la cuenca del río Pitreño

2) POBLACIÓN Y ACTIVIDADES HUMANAS EN LA CUENCA

En la cuenca del río Pitreño existen aproximadamente 10 casas, un camping, la piscicultura y como única actividad industrial (aparte de la piscicultura) la planta hidroeléctrica “Pitreño” de HIDROELÉCTRICA PICHILONGO S.A. (inicio: 2013) (Fuente: seia). La potencia instalada es de 1,2 kW utilizando un caudal de 0,9 m³/s. La bocatoma esta ubicada aproximadamente 1 km arriba de la piscicultura Pitreño. El agua es extraida del río y a través de una linea de tubería restituida río abajo aproximadamente 100 m encima de la piscicultura, cerca de la bocatoma de la piscicultura Pitreño (Fig. 134 - 135).



Fig. 134: Bocatoma de la planta hidroeléctrica “Pitreño” en el río Pitreño

En la desembocadura del río Pitreño esta ubicado además un pequeño camping. Se estima que en toda la cuenca viven o trabajan alrededor de 50-100 personas, cantidad que posiblemente aumenta un poco durante el verano por el turismo.

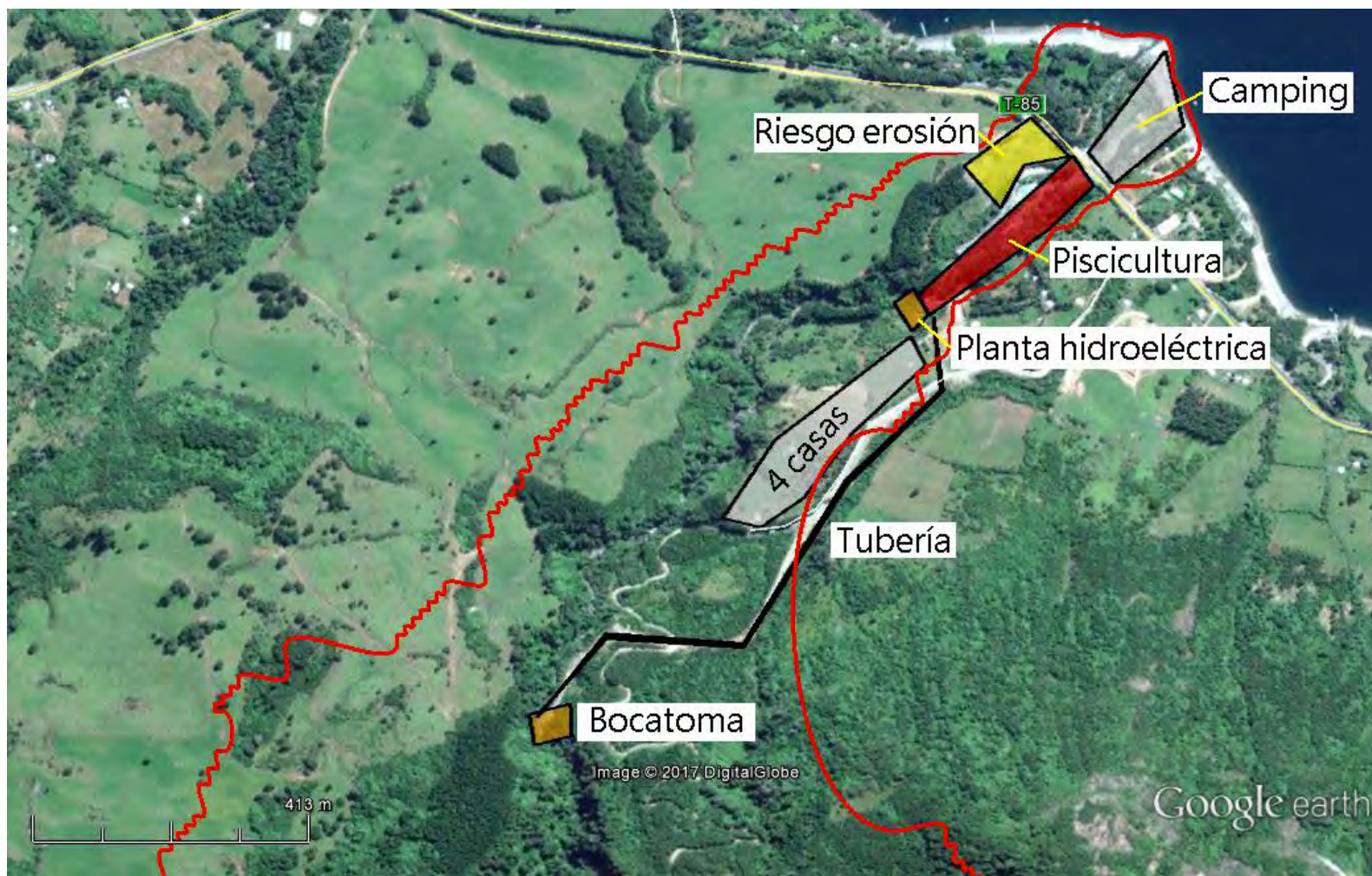


Fig. 135: Areas de asentamiento y actividades humanas en la cuenca río Pitreño

4.3.6.5 Evaluación del tratamiento de RILES

La piscicultura Pitreño realiza el tratamiento de aguas residuales mediante sistema de rotafiltro y sistema de desinfección UV. De acuerdo con sus dimensiones este rotafiltro al parecer tiene un tamaño y abertura de malla adecuados para el caudal de efluente a tratar. Las concentraciones de DIN, N-Total, PO₄, P-Total y DOC en muestras antes de ingresar al rotafiltro (PT) y después de salir (EFL) se muestran en la fig. 136. La relación entre PT y EFL se muestra en la fig. 136.

Si bien se observan resultados muy variables en todos los monitoreos, se logra observar un buen rendimiento del rotafiltro en la eliminación de P-total, siendo casi todos sus valores similares o más bajos en el efluente. Es importante destacar que las concentraciones aumentan considerablemente desde diciembre a abril, para descender desde mayo a julio. En relación con el P soluble (PO₄), la efectividad de remoción se ve disminuida respecto a lo observado en el P-total.

Mayor variabilidad de los datos se observa en el caso del nitrógeno. Donde el N disuelto es el que mejores resultados presenta, al mostrar más resultados positivos en la eliminación de este parámetro. Diferente a lo que pasa con N-total que varía sin un patrón claro a través de los monitoreos. Al igual que en el parámetro anterior, los valores de nitrógeno total aumentan hacia el mes de abril, disminuyendo de mayo en adelante.

En el caso del carbono se observan dos situaciones diferentes. Donde, la presencia de valores más altos en carbono total (CT), es decir, cercanos y sobre a los 8 mg de C/L muestran un bajo rendimiento del rotafiltro, mientras que valores más bajos mismo parámetro, muestran una eliminación mayor de DOC por el sistema de tratamiento, lo que se traduce en un buen funcionamiento a bajas concentraciones y deficiente funcionamiento en altas concentraciones de CT. Por otro lado, en cuanto a los resultados de DOC, la mitad de los valores muestran baja eficiencia del rotafiltro para este parámetro, asociada a los monitoreos que mostraron mayores concentraciones (diciembre, enero, febrero y abril).

Cabe mencionar que estos resultados son preliminares debido a que para una evaluación robusta de la eficiencia de remoción se deben realizar más muestreos y ajustar la metodología de la toma de muestra, y especialmente tomar muestras integradas durante por lo menos 24 h considerando fluctuaciones de la carga durante el día debido al manejo de la piscicultura (p.e. tiempos de alimentación etc.).

Se concluye que el tratamiento de las aguas residuales de la piscicultura Pitreño solamente es efectiva para fósforo total y carbono total, y para N-total en dos ocasiones. Para las fracciones disueltas (DIN, P soluble y DOC) en general el tratamiento no es efectivo, manteniéndose las concentraciones o aumentando después del tratamiento.

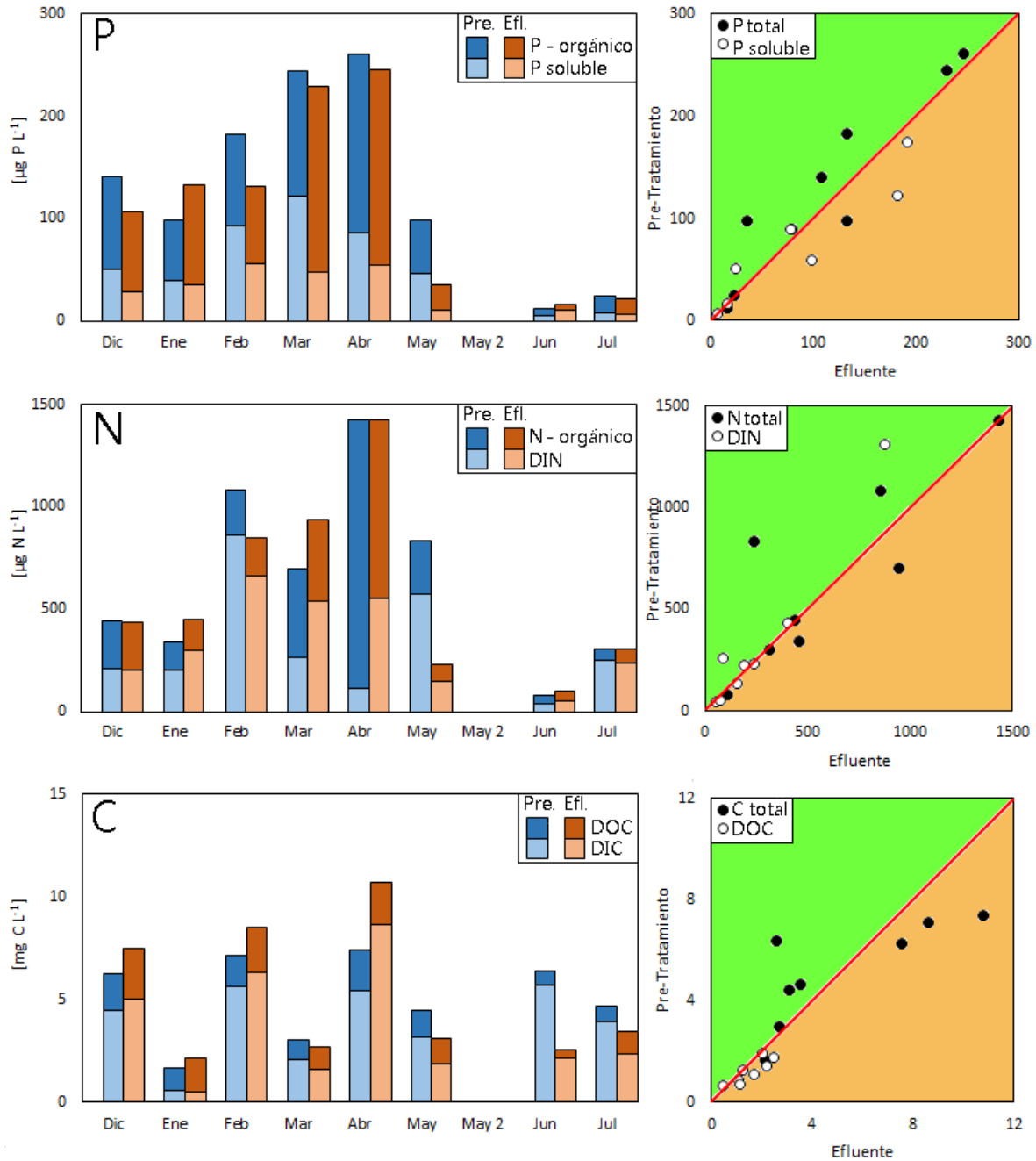


Fig. 136: Concentración de P, N y C antes y después de pretratamiento (izquierdo) y evaluación de eficiencia de retención (derecha): verde: buena retención; naranja: mala retención

4.3.6.6 Evaluación de los datos de autocontrol

Se analizaron los datos sobre la calidad del efluente de la piscicultura desde 2015 (Fig. 138, Tabla 80), en comparación con los datos obtenidos en este estudio. Para cada mes se reportaron dos valores, correspondientes a una muestra integrada durante 24 h y una muestra puntual. En la base de datos - entregada por la SMA - desafortunadamente no está indicado a cuál de las dos muestras (integrada puntual) corresponde cada valor, por lo cual se decidió usar el promedio de ambos valores para calcular las cargas diarias y mensuales (Fig. 137, tabla 86). En caso de que los valores puntuales sean más altos que los valores integrados durante 24 h, los valores presentados aquí serían sobreestimados. En este sentido son tentativos.

Similar a lo observado con los datos de la piscicultura Ignao se puede apreciar en la figura 137, que para P total se reportaron valores menores a 0,6 mg/L solo hasta septiembre 2016 y después solamente valores de 0,6 mgP/L que corresponde al límite de detección. En el caso de Nkjeldahl se observa lo opuesto, es decir, altos valores (> 1 mg/L hasta 4,6 mg N/L) y valores entre 1,0 y 2,0 mgN/L a partir de octubre 2016 (cambio de laboratorio o métodos analíticos). En todo caso, los límites de detección, tanto para P total (0,6 mg/L) como para N total (1,0 mg/L) fueron demasiado altos para medir las concentraciones de ambos parámetros en el efluente que según nuestro estudio prácticamente siempre fueron $< 0,2$ mgP/L y $< 1,0$ mgN/L.

En consecuencia, las correspondientes cargas para el período de este estudio fueron ~ 2 -5x veces más altos que los valores reportados en este estudio lo que correspondería a una producción de peces bastante más alta que la supuesta producción de la piscicultura Pitreño (< 100 ton/año). Los valores de DBO5 están en el rango superior esperado, es decir, parecen un poco elevados respecto a nuestros valores. Sin embargo, el límite de detección es muy aceptable.

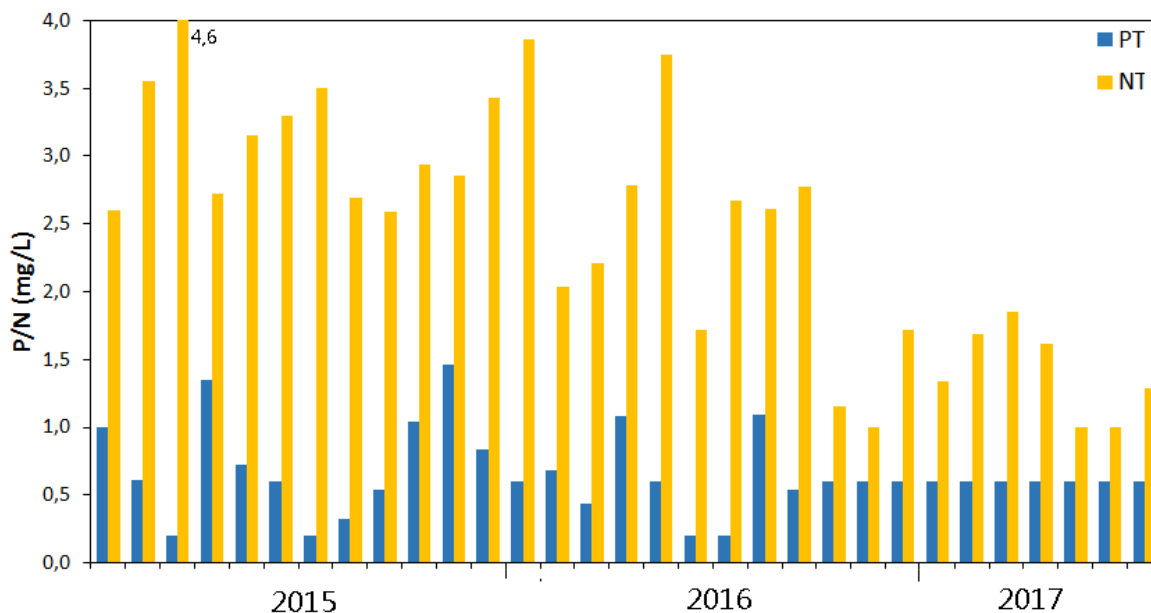


Fig. 137: Concentraciones de PT y NKjeldahl obtenido en el programa de autocontrol del efluente de la piscicultura Pitreño (Datos: SMA).

Tabla 86: Resumen sobre los datos del autocontrol del efluente de la piscicultura Pitreño (26.4.2016 – 1.6.2017).

L.D.: Límite de detección

	PT	NT	DBO5
	Concentración (mg/L)		
promedio	0,600	1,366	5,21
SD	0,000	0,330	4,82
min	0,600	1,000	2,00
max	0,600	1,855	14,25
L.D.	0,600	1,000	2,00
	Carga (kg/273 días)		
Autocontrol	2488	5654	12622*
Este estudio	491	2514	7546

*La carga de C fue calculada en base del DBO5 multiplicado por el factor 2/3 .

Se concluye lo siguiente:

Los límites de detección para P y N son demasiado altos (0,6 mgP/L, 1,0 mgN/L) para detectar estos parámetros en los RILES de la piscicultura Pitreño. Los valores de estos parámetros son demasiado altos en comparación con los valores de este estudio y en relación con los esperados respecto a su volumen de producción (< 100 ton/año).

4.4 Desarrollo de protocolo para evaluar peticiones de ampliaciones de producción y/o nuevas concesiones asociadas a la piscicultura

4.4.1 Protocolo metodológico para toma de desición acerca de actividades piscícolas

El protocolo presentado más abajo (capítulo 4.4.2 en adelante) es una guía que contribuye a la toma de decisiones destinadas al desarrollo de la actividad acuícola en la cuenca del río Bueno, Región de los Ríos. Tiene como fin *crear un proceso metodológico que permita evaluar peticiones de ampliaciones de producción y/o nuevas concesiones en actividades asociadas a la piscicultura* (Objetivo iv de este estudio).

En este capítulo se presenta en primera instancia una introducción general en el tema con una descripción conceptual general y una descripción de factores importantes de considerar acerca de problemas relacionados con la actividad de pisciculturas en la región (4.4.2). Posteriormente se presenta una propuesta de una serie de variables a considerar en la evaluación de proyectos acuícolas dentro de un protocolo de decisión. Para esto primero se resumen los resultados y conclusiones más importantes obtenidos en este estudio respecto a los problemas identificados para finalmente proponer un protocolo metodológico (guía) con relación a la evaluación de actividades piscícolas en tierra actuales o futuras. Cabe mencionar que no se han estudiado todos los aspectos potencialmente relevantes (p.e. uso de antibióticos y antiparasitarios, pulsos de salinidad etc.) por lo cual este protocolo se enfoca principalmente en los aspectos estudiados a más profundidad en este estudio.

4.4.1.1 Consideraciones generales y presentación

En la región de los Ríos actualmente existe una importante presión de uso de los cuerpos fluviales para la instalación de nuevas pisciculturas o la ampliación en producción (ton/año) de las ya existentes. Este escenario obliga a tomar medidas coordinadas entre el sector público y privado en base a fundamentos científico-técnicos para facilitar la compatibilidad de las distintas actividades (sociales, culturales y económicas) actuales y futuras en la cuenca del Río Bueno.

Conceptualmente hablando cualquier actividad humana debe ser evaluada respecto a las preguntas fundamentales (1) si produce algún efecto ambiental, (2) cuales son los factores (variables) que potencialmente producen mayor presión sobre el medio ambiente y (3) cuales son los impactos sobre el medio ambiente, y si son significativos o no. Fundamental es en este sentido conocer el estado actual del medio ambiente y cuales medidas finalmente se deben tomar para mitigar los efectos negativos (Fig. 138).

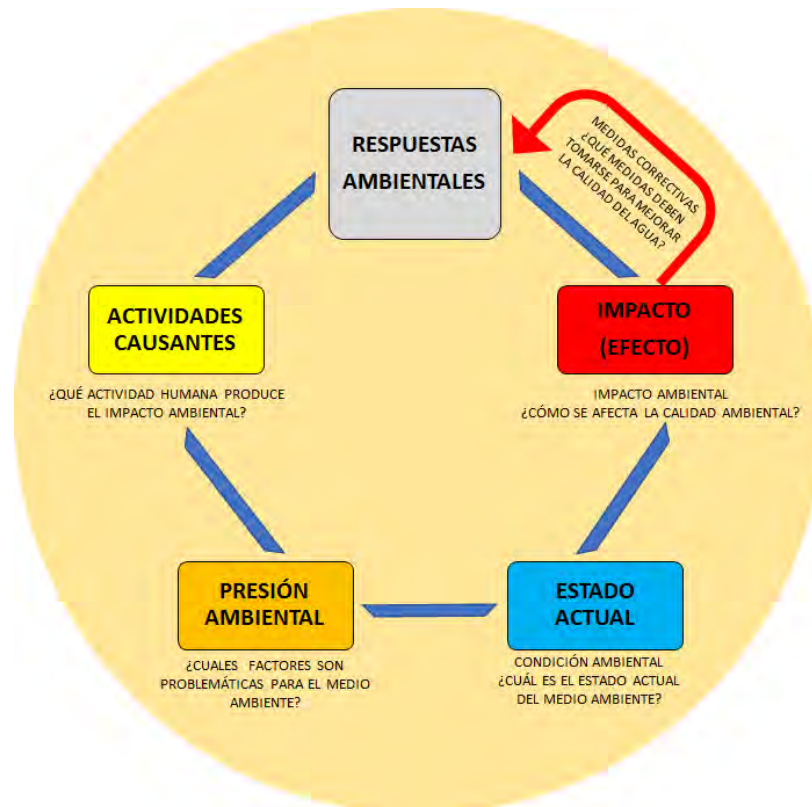


Fig. 138: Modelo conceptual para la gestión y desarrollo de actividades humanas (p.e. actividad acuícola) en la cuenca del Río Bueno, Región de los Ríos (modificado de Möltgen et al. 2005).

4.4.1.2 Componentes y factores importantes para evaluar impactos ambientales

En la tabla 87 se presentan los componentes y factores importantes de considerar durante el proceso de identificación y evaluación de los efectos causados por actividades humanas sobre el medio ambiente acuático (fluvial) basándose en el concepto general anteriormente presentado.

Tabla 87: Resumen de componentes y factores necesarios para identificar y evaluar efectos de actividades acuícola sobre medio ambiente (y algunos otros aspectos)

	Componente	Factores
ESTADO ACTUAL	Línea base	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación/Estructura/Descripción - Hidrología: caudal, factor dilución etc. - Caracterización usos de suelo - Calidad de agua: física, química - Biología fluvial: Macrozoobentos, peces, periphyton, macrofitas
ACTIVIDADES CAUSANTES	Fuentes Puntuales	<ul style="list-style-type: none"> - Actividad acuícola: calidad efluentes etc. - otras actividades industriales según DS°90, descargas domiciliarias etc. - otras intervenciones: Plantas Hidroeléctricas, canalización, etc.
	Fuentes Difusas	<ul style="list-style-type: none"> - Ganadería - Forestación - Agricultura - Habitacional - Recreación - Otras
PRESION AMBIENTAL	Evaluación de estado y Jerarquización de las variables	<u>Identificación de variables problemáticas:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Variables físicas: oxígeno, salinidad etc. - Variables químicas: nutrientes, C, MO etc. - otros (p.e. antibióticos, etc.) - Ponderación de variables, etc
IMPACTO (EFECTO, ALTERACION)	IMPACTOS DIRECTOS	<ul style="list-style-type: none"> - ↑ Materia orgánica (↑ C), (↑ salinidad) - ↓ oxígeno, ↑ DBO y DQO - ↑ Eutrofización, ↑ N, ↑ P - →Alteraciones comunidades acuáticas: macrozoobentos, periphyton, peces etc.
	IMPACTOS INDIRECTOS	<ul style="list-style-type: none"> - → Alteración del paisaje - ↑Olores - ↓ Uso de recursos acuáticos: Recreación, bebida animal y humana, turismo, problemas culturales etc.

A continuación, se describen y explican con más detalle los diferentes factores a considerar en el proceso de identificación y evaluación de posibles impactos ambientales originados por la actividad acuícola. Se resume además los resultados más importantes y relevantes para el desarrollo de la guía, que más abajo sigue.

4.4.1.3 Estado Actual

Ubicación/Estructura/Descripción de los ríos: Es primordial realizar una detallada descripción de los ríos respecto a origen, ubicación, forma, cobertura vegetal, tipos de hábitat, sustrato, pendiente, caudales. Complementariamente una caracterización de las características climáticas dominantes. De acuerdo a la ubicación de una piscicultura cambian las condiciones naturales y/o uso humano que conlleva a una evaluación diferenciada de la actividad acuícola, por lo cual es muy importante disponer de una clasificación y caracterización territorial.

Resultados de este estudio

De acuerdo con los resultados de este estudio en la cuenca Río Bueno se distinguen y definen los cuerpos de agua fluviales (ríos) en **tres zonas** distintas donde se desarrolla actividad piscicultura (Fig. 139):

1. **PRECORDILLERA** : Los ríos con características rítrónicas escurren desde los cordones montañosos y son afluentes del lago Ranco. Con pendientes escarpadas en sus orígenes (> 30%) a moderadas en su parte media y baja (6 a 15%), poco profundos (0,3 – 2,0m) sujetos a régimen pluvial de tipo estacional, donde se distinguen rápidos y pozas que se desarrollan sobre un sustrato pedregoso dominados por bloques, bolones y grava, con un ancho medio estimado de 3-15m. La vegetación dominante corresponde al tipo forestal Roble – Rauli - Coigue y siempreverde propia de la zona cordillerana de la ecorregión. Esta zona en general es poco intervenida con características similares a prístinas y muy buena calidad de agua (véase abajo). Ejemplo, pisciculturas **QUIMAN, PITREÑO e ICULPE**.
2. **VALLE** : Los cauces presentan sustrato homogéneo de bolones y grava con pendiente leve (3 - 6%), zonas de sedimentación, con tramos de corriente homogénea y poca turbulencia, una profundidad promedio de ~ 1m (o más) y un ancho de aproximadamente 20 m, con presencia de vegetación de ribera en diversos grados de intervención tanto en cobertura como de sustitución de especies nativas por exóticas. Predominan los suelos trumaos y de transición (Trumaos y rojo arcilloso) moderadamente profundos y de alto contenido orgánico y arcillas.

Esta zona en general es intervenida con características de alteraciones moderadas y calidad de agua todavía buena (véase abajo). Ejemplo, piscicultura **IGNAO**.

3. **HUALVE** : Son cursos de agua de poca profundidad (0.3 -0,5m) y caudal regular (0,2 – 2,0 m³/seg), con una topografía plana, con pendientes simples de < 1 – 3% y un ancho entre 1 a 5 m. Se desarrollan en suelos con drenajes imperfectos debido a que presentan una textura limo arcillosa, porosidad fina y baja conductividad hidráulica. Poseen un régimen de caudales constantes o poco fluctuantes debido a su origen de vertientes o surgencias con época de inundación en periodo invernal. Estas condiciones determinan un tipo de vegetación azonal no correlacionadas con la vegetación propia del resto del territorio y adaptada a condiciones de alta humedad del suelo, configurando un bosque templado de tipo pantanoso siempreverde denominado Hualve con predominio de Temo (*Temu divaricatum*), Pitra (*Myrceugenia exsucca*), Laurel (*Laurelia sempervirens*), Tepu (*Tepualia stipularis*), Arrayán (*Luma apiculata*) y Luma (*Amomyrtus luma*). Los suelos se caracterizan por poseer valores de materia orgánica más altos en el horizonte superficial si se los compara con los trumaos existentes mayoritariamente en la depresión intermedia de la zona. Esta zona en general es muy intervenida, con una alta carga previa de nutrientes derivado de una alta intensidad de actividades agrícolas y ganaderas buena (véase abajo). Ejemplo, pisciculturas **LOS CANELOS y CUINCO**.

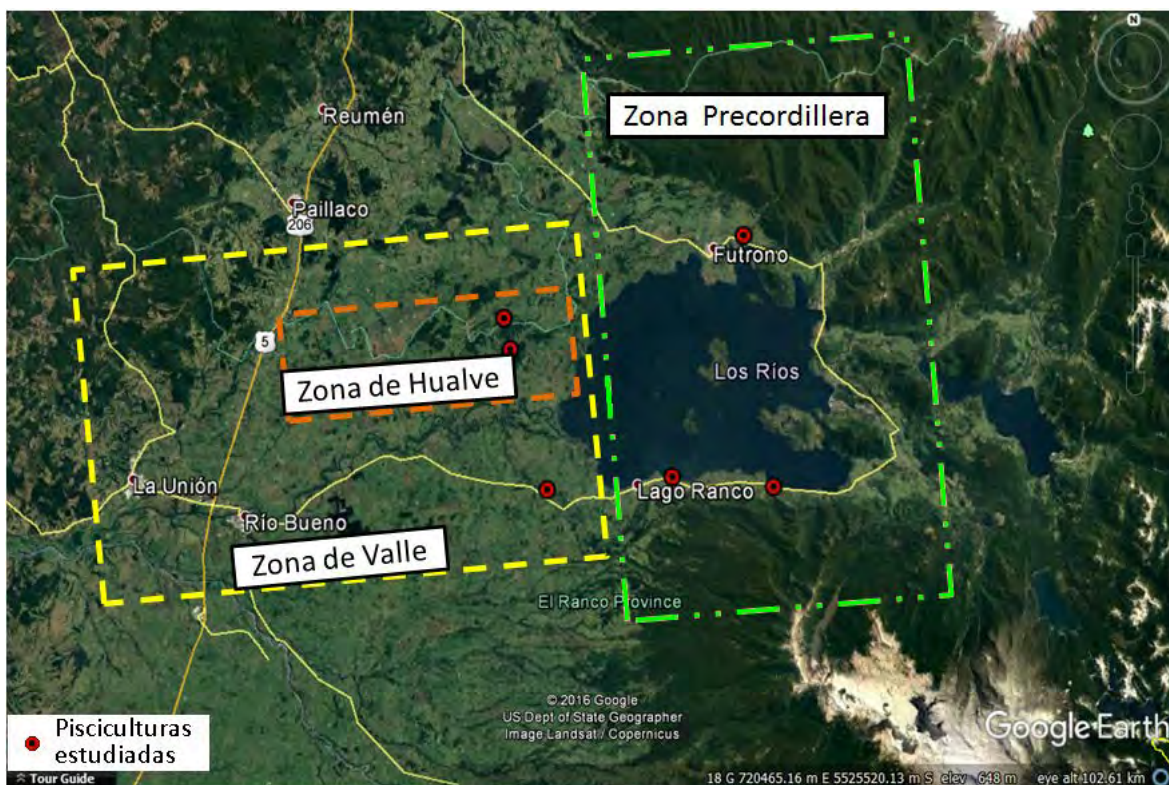


Fig. 139: Zonas de Precordillera, Valle y Hualve en la cuenca del río Bueno

Hidrología: Especial relevancia para la planificación del uso de los cursos fluviales es el estudio de las condiciones hidrológicas de los mismos, con el objeto de poder entre otros ámbitos, mantener el suministro y la calidad de agua necesaria para bebida humana y animal, la disposición de aguas servidas e industriales, riego y drenaje, recreación y acciones de prevención y control ante eventos naturales (catástrofes: inundaciones, sequías). Conocer la ocurrencia, circulación y distribución del agua será de utilidad al gestor, por ejemplo, para determinar la capacidad de dilución del río, si se tienen registros de caudales mensuales y anuales (serie de datos) previo a cualquier intervención física en el río por actividades piscícolas; de la misma manera, el caudal servirá para calcular las cargas contaminantes que dicha actividad aportará cuando entre en operación. También es importante el registro de las entradas y salidas de caudales tanto de aquellas actividades con uso consuntivo como no consuntivos del agua (p.e. plantas hidroeléctricas), acción que contribuirá a una mejor interpretación de las variaciones temporales del recurso.

Resultados de este estudio

De acuerdo con los resultados de este estudio en la cuenca Río Bueno los caudales de todos los ríos estudiados mostraron en cada zona territorial altas variaciones estacionales con máximos caudales durante invierno y bajos caudales durante verano. Dependiendo del tamaño y ubicación de las pisciculturas dentro de la cuenca, las variaciones del caudal y el factor de dilución (del efluente por el receptor al momento de la descarga) fluctuaron considerablemente (hasta factor ~ 50x). Respecto a la ubicación dentro de la cuenca estudiada, cabe mencionar que tres de las seis pisciculturas estudiadas en la zona precordillerana (Quiman, Iculpe, Pitreño) se encuentran al final de la cuenca, cerca de la desembocadura de los ríos en el lago Ranco, a una distancia de 100-300 m (Iculpe, Pitreño) hasta ~ 1700 m (Quiman).

La zona de mezcla completa del efluente de las pisciculturas con el receptor se encontró entre 50 – 105 m después de la descarga, que es similar a los valores obtenidos con ecuaciones de la literatura (Socolofsky & Jirka (2002)). La zona de impacto (biológico) varía según tipo de río y carga de la piscicultura, variando entre 200 m y 1800 m debajo de la descarga de la piscicultura.

La tabla 88 muestra los resultados de este estudio para las seis pisciculturas estudiadas. En cuatro de las seis pisciculturas el factor de dilución máximo durante invierno no pudo ser estimado por las altas crecidas. En ríos de la zona de Hualve el factor de dilución es menor en comparación con la zona de precordillerana y de valle.

Tabla 88: Factor de dilución medido/estimado en este estudio.

¹: valores máximos fueron más altos que los indicados

Piscicultura	Promedio ± SD	Mínimo - máximo
Quiman ¹	~ 7,3x (± 5,0x)	1,9x- > 21x
Los Canelos	2,4x (± 1,1x)	1,4 – > 3,6x
Quinco	4,7x (± 5,2x)	1,7x-19x
Ignao ¹	6,4x (± 1,8)	4,1x - > 10x
Iculpe ¹	5,3x (± 2,1)	1,5x - > 9x
Pitreño ¹	8,0x (± 6,9).	0x - > 25x

Usos de suelo: El uso de suelo incide sobre la exportación de nutrientes, carbono y otras sustancias en forma de partículas y disueltos (erosión). Se debe describir, clasificar y cuantificar los usos de suelo de la cuenca (cobertura vegetal etc.) y caracterizar los tipos presentes de suelos, tanto en estructura como textura. La exportación de nitrógeno, fósforo y carbono se produce de manera difusa hacia la columna de agua, aumentando por el cambio p.e. de bosque por praderas, la lixiviación de nitratos provenientes de la aplicación de fertilizantes o plaguicidas hidrosolubles, o un mal manejo de efluentes o purines que pueden drenarse también hacia aguas subterráneas.

Calidad de agua: Físico - Químico: Es primordial preservar y/o mejorar la calidad medioambiental y proteger el estado ecológico de un cuerpo de agua y a su vez garantizar la compatibilidad del recurso de agua con otros usos río abajo de una piscicultura. Para evaluar la calidad de agua es importante evaluar la oxigenación, la demanda de oxígeno y la materia orgánica, el nivel trófico del río y su carga actual de C, N y P (antes de la descarga de la piscicultura). Levantamiento de una línea de base de parámetros físicos y químicos (oxigenación, demanda de oxígeno, fracciones de N, P y C, salinidad, pH, turbidez etc.) de los ríos potencialmente receptores de efluentes de pisciculturas, lo cual permitirá tener información de los rangos “naturales” (condición actual) que poseen los ríos. Sobre esta información se podrá establecer niveles de intervención, tanto para el uso o el control del recurso.

Resultados de este estudio

Los resultados de este estudio arrojaron para los ríos de las diferentes zonas territoriales con buena alta capacidad de dilución (hasta 30-100x veces), con valores de diferencias altamente significativas especialmente respecto a la carga de nutrientes. Los resultados más importantes acerca de la calidad actual de agua en la estación “control” son los siguientes:

ZONA DE PRECORDILLERA : Ríos en áreas poco intervenidas (prístinas) con muy buena oxigenación ($> 8 \text{ mgO}_2/\text{L}$), bajos valores (oligotrofia) de NT ($< 100 \text{ } \mu\text{gN}/\text{L}$), PT ($< 10 \text{ } \mu\text{gP}/\text{L}$) y C ($< 2 \text{ mg C}/\text{L}$). Estas aguas sin mayores intervenciones son escasas y por ende únicas con un alto valor ecológico.

ZONA DE VALLE : Ríos en áreas medianamente intervenidas con todavía buena oxigenación ($> 8 \text{ mgO}_2/\text{L}$), poseen una mayor carga de nutrientes debido a los usos múltiples en la subcuenca referencia para NT $\mu\text{g}/\text{L} < 250$; PT $\mu\text{g}/\text{L} < 50$ y C $\text{mg}/\text{L} < 2$, correspondientes a nivel mesotróficos.

ZONA DE HUALVE : Los ríos vienen con una carga previa de nutrientes derivado de una alta intensidad de actividades agrícolas y ganaderas, más condición particular del tipo de formación vegetacional que se desarrolla en estos ambientes, con todavía buena – regular oxigenación ($> 7,5 \text{ mgO}_2/\text{L}$), valores de referencia para NT $\mu\text{g}/\text{L} < 750 \mu\text{g}$; PT $\mu\text{g}/\text{L} < 250 \mu\text{g}$ y C 2,0 a 4,0 $\text{mg C}/\text{L}$, correspondientes a valores eutróficos e incluso hipereutróficos.

Carbono: Los valores de carbono (disuelto) en ríos prístinos generalmente son menores a 1-2 mgC/L (muy buena – buena calidad), mientras en ríos de las zonas de valle y hualve pueden alcanzar valores (estado actual) entre 1 – 3(4) mgC/L (véase arriba “Resultados este estudio”). Los respectivos valores sobre la demanda química y bioquímica son aproximadamente 3x veces mayores (DQO) y 2x veces mayores (DBO_5) que las concentraciones de carbono. Los efluentes de pisciculturas aportan relativamente moderada carga de carbono y demanda de oxígeno, lo que resulta generalmente que la calidad de agua – respecto a carbono – se mantiene en el mismo rango después de la mezcla completa que el estado actual del río previo a la descarga de la piscicultura.

Conclusión: Se concluye que los ríos en las tres zonas territoriales identificados muestran buena oxigenación con bajos niveles de carbono y nitrógeno y fósforo. Solamente en la zona de hualve se encuentran fuertes señales de contaminación (por N y P) debido a las actividades agropecuarias en estas zonas. Los ríos de la zona precordillerana tienen un alto valor ecológico y son escasos en su estado prístino.

Biología fluvial: Caracterización de las comunidades de macrozoobentos, algas (Periphyton), y peces. Son fundamentales para caracterizar el ecosistema acuático y su respuesta frente a efectos (impacto, alteración) de contaminación (p.e. descargas de pisciculturas y otros) (resultados este estudio véase abajo).

Otros: Caracterización de aquellos aspectos socioculturales característicos de la cuenca y planes y programas de desarrollo existentes (planificación política administrativa).

4.4.1.4 Actividades Causantes

Fuentes puntuales

Actividad acuícola: Las descargas de piscicultura aportan principalmente materia orgánica disuelta y particular, constituida por carbono, nitrógeno y fósforo (entre otros). Las concentraciones de C, N y P y el aporte relativo de las diferentes fracciones disueltas y particulares en el efluente dependen de gran manera de la cantidad y calidad del alimento utilizado, del metabolismo de los peces (factor de conversión, asimilación y de la eficiencia del tratamiento (más detalles abajo). Dependiendo de la biomasa presente en los estanques, junto a la asimilación de alimento entregado por parte de los peces, se generarán residuos provenientes de los procesos metabólicos de los peces, que aportarán una entrada de material orgánico particulado y disuelto y de nutrientes a la carga contaminante del efluente. Los peces solamente asimilan aproximadamente 30% de C, N y P del contenido en el alimento, el resto (C solamente 25%) son residuos. El problema más grande es la retención de la fracción disuelta por parte de la piscicultura.

La presencia esporádica de otras sustancias como antibióticos, antiparasitarios, productos de desinfección y sales también se encuentran en el efluente y tienen el potencial de generar efectos negativos sobre la biota río abajo.

Resultados este estudio

Oxigenación, DQO, DBO5: Respecto a la oxigenación y DQO, todos los efluentes estudiados generalmente estuvieron bien oxigenados (> 7 mg/L) y mostraron un DQO muchas veces menor a 15 mg/L. Solo en 5 ocasiones el DQO fue entre 15 y 50 mg/L. Respecto al DBO₅ (datos

autocontrol) los promedios de los datos 2015-2017 fueron < 3 mg/L para Quiman y Los Canelos, alrededor de 5-5,5 mg/L para Ignao, Iculpe y Pitreño y 8,7 mg/L para Cuinco (Tabla 89). Sin embargo, en este último caso la carga actual (previa a la piscicultura) probablemente ya fue mayor.

Tabla 89: DBO5, según datos de autocontrol de seis pisciculturas (2015 – 2017)

	Quiman	Canelos	Cuinco	Ignao	Iculpe	Pitreño
promedio	2,821	2,07	8,66	5,45	5,35	5,21
SD	0,987	0,20	8,39	5,86	1,75	4,82
min	1,375	2,00	3,25	2,00	3,25	2,00
max	4,821	2,56	21,17	21,28	8,00	14,25
N	22	26	18	31	40	37

Concentraciones C, N, P: Las concentraciones de carbono (disuelto y totales) en los efluentes de las seis pisciculturas en general fueron entre 1 y 3 mgC/L, mientras NT y PT fueron en promedio < 500 µgN/L y < 150 µgP/L. Solamente en algunos casos estos valores fueron sobre pasados. En comparación con los controles (estado actual receptores) las concentraciones de N y P en los efluentes de las seis pisciculturas fueron generalmente entre 1,5x y 7x veces más altos. Un caso especial fueron las pisciculturas Los Canelos y Cuinco. Las aguas superficiales (control) en esta zona de hualve mostraron elevadas concentraciones de nitrógeno (> 0,3 mgN/L) y fósforo (> 0,1 mgP/L) y reflejan la alta actividad ganadera en estas zonas. La actividad piscícola produce en estos arroyos elevadas concentraciones de N y P que no disminuyen río abajo en las zonas estudiadas. En estos casos los arroyos se consideran altamente intervenidos siendo hipereutróficos.

Autocontrol: Se debe mencionar que en la mayoría de los casos los valores de autocontrol de las pisciculturas fueron mayores (hasta factor 10-20x) que los valores medidos en este estudio. Además, en casi todos los casos los límites de detección fueron demasiado altos para detectar adecuadamente PT y NT en el efluente.

Calidad de alimento: Respecto a este parámetro no se dispone de información alguna.

Eficiencia de tratamiento: Respecto al tratamiento de los RILES, los resultados preliminares de este estudio indican solo para dos de las seis pisciculturas, una buena eficiencia del tratamiento para la remoción de P, N y C (Ignao) y para C (Pitreño) (Tabla 90).

Tabla 90: Valorización del tratamiento de las seis pisciculturas estudiadas. Resultados tentativos basados en muestreos puntuales con variada frecuencia de muestreo.

¹: pileta de sedimentación, ²: rotafiltro.

Piscicultura	N° muestreos	Valorización del tratamiento		
		P	N	C
Quiman ¹	9	deficiente	deficiente	deficiente
Los Canelos ^{1,2}	6	deficiente	deficiente	deficiente
Cuinco ²	2	deficiente	deficiente	deficiente
Ignao ²	4	buena	buena	buena
Iculpe ²	8	deficiente	deficiente	deficiente
Pitreño ²	8	deficiente	deficiente	buena

Otras actividades: Se debe obtener información detallada sobre otras descargas de residuos industriales líquidos, descargas domiciliarias etc. río arriba y río abajo de la descarga de pisciculturas con el fin de evaluar el efecto acumulativo de las diferentes descargas.

Otras intervenciones: Aunque no consideradas como fuentes de contaminación, también existen otras actividades como plantas hidroeléctricas etc. que inciden sobre la estructura y la biota de un río (problemática: caudal ecológico). Se debe considerar este aspecto en la evaluación de actividades acuícolas.

Fuentes difusas

Se debe caracterizar (cuali- y cuantitativamente) otras actividades productivas dentro de la cuenca aportante como ganadería, forestación, agricultura, actividades habitacionales y de recreación etc. Estas actividades generalmente aumentan la cantidad de nutrientes (amonio, nitrato, fosfato), la carga de materia orgánica (especialmente carbono) y sólidos en suspensión en el río.

4.4.1.5 Presión Ambiental

Evaluación de estado y Jerarquización de las variables: Se deben identificar y jerarquizar los parámetros problemáticos y su importancia respecto a los efectos que se generan río abajo de la descarga. Como ya se señaló más arriba, el efluente de pisciculturas se caracteriza principalmente

por el aporte de materia orgánica disuelta y particular y nutrientes (P, N) (más detalles véase abajo). Las respectivas cargas de C, N y P pueden significar un alto aporte relativo a la carga natural del receptor (> 50 % del total), causando alteraciones significativas río abajo.

En la presentación más abajo se explicará la identificación y valorización de los parámetros claves para evaluar la presión ambiental.

4.4.1.6 Impactos

La generación de residuos por parte de las descargas de los efluentes de las pisciculturas desarrollará una serie de efectos potenciales sobre los ecosistemas límnicos que los sustentan. Se pueden distinguir efectos directos y efectos indirectos.

Impactos directos:

Los efectos directos de las descargas de pisciculturas consisten en un aporte alto de materia orgánica y nutrientes, que causan (o pueden causar)

- (1) un aumento de la demanda (bio-) química de oxígeno y disminución de oxígeno,
- (2) una eutrofización (aumento de producción primaria causado por un aumento de nitrógeno y fósforo)
- (3) alteraciones de las comunidades acuáticas (macrozoobentos, periphyton, peces etc.) río abajo.

Los resultados más importantes obtenidos en este estudio son los siguientes:

Resultados este estudio

Zona de impacto: La zona de impacto en las seis pisciculturas estudiadas fue entre > 60 a 1200 m, basándose en criterios químicos y biológicos (Tabla 91)

Tabla 91: Zona de impacto de seis pisciculturas estudiados

Piscicultura	Ancho (m): B	Zona de mezcla completa	Zona impacto biológico (m)
Quiman	4,0-14	88; 485	450 - > 1200
Iculpe	2,0-17,6*	105	> 100
Pitreño	4,0-11,0	65-105	> 65
Los Canelos	3,4-4	45 - 105	> 100
Cuinco	2,0-3,5	40	> 60
Ignao	13-16*	60 - 85	> 80

Oxigenación y demanda de oxígeno: Todos los ríos estudiados se caracterizaron por una buena oxigenación ($> 8 \text{ mgO}_2/\text{L}$) antes y después de las descargas de pisciculturas hasta la última estación de muestreo río abajo (200 – 1500 m). Esto significa que las descargas por parte de las pisciculturas no provocaron un efecto negativo significativo en la oxigenación de los ríos durante el día. Similar la demanda química de oxígeno (DQO) fue generalmente baja o moderada en todos los ríos estudiados, y solamente levemente elevada después de la descarga de las pisciculturas. Se observaron solamente en pequeños ríos (Cuinco, Los Canelos) y cerca de las descargas (Iculpe, Quiman) hongos y bacterias indicadores de una carga de materia orgánica (siguiente foto: Cuinco).



Concentraciones de C, N y P en zona de impacto: Río abajo de la descarga disminuyeron las concentraciones de C, N y P significativamente solamente si la distancia entre la descarga y el punto de muestreo fue mayor ($> 0,5 \text{ km}$) o el factor de dilución fue mayor (Quiman, Ignao). En otros casos (Iculpe, Pitreño) las concentraciones hasta el lago Ranco se mantuvieron elevadas.

Carga absoluta medida: La carga anual absoluta estimada de las pisciculturas estudiadas (en base de las mediciones realizadas) varía entre 0,2 TON P/año para Los Canelos hasta 1,6 TON P/año para

Iculpe (Tabla 92). Las respectivas cargas de N fueron 0 – 9,2 TON/año. La suma de la carga anual de P (3,2 TON P/año) y N (17,2 TON N/año) de las tres pisciculturas en la zona precordillerana (Quiman, Iculpe, Pitreño) corresponde aproximadamente a 2% - 2,3% de la carga total que recibió el Lago Ranco en 2009 (P: 166 TON/año; N: 735 TON/año) según Woelfl et al. (2011b).

Aporte relativo de la carga de las pisciculturas: El aporte relativo de las cargas de las pisciculturas a la carga total del receptor fue en algunos casos muy alta (Iculpe, Pitreño: > 50%), en otros casos moderada (Ignao: 10-25%), significativa (Cuinco, Quiman: 25-50%) o baja (Los Canelos: < 10%) (Tabla 93).

Tabla 92: Resumen de carga de N y P por piscicultura, estimada para un año.

Zona	Piscicultura	Carga (TON/año)	
		P	N
Precordillerana	Quiman	1,0	5,0
	Iculpe	1,6	9,2
	Pitreño	0,6	3,0
Hualve	Los Canelos	0,2	0
	Cuinco	0,4	1,2
Valle	Ignao	0,7	3,6

Tabla 93: Valoración* y aporte relativo (en %) de la carga de P, N C de la piscicultura a la carga total del receptor para las seis pisciculturas estudiadas.

	bajo	moderada	significante	alto
	< 10%	10 - 25%	25-50%	> 50%
Aporte piscicultura (%) a carga total				
Piscicultura	P	N	C	
Quiman		47	28	21
Los Canelos	18		-1	2
Cuinco	42		35	28
Ignao	23		24	14
Iculpe	50		56	8
Pitreño	57		56	15

Impacto sobre macrozoobentos:

En la mayoría de las seis pisciculturas estudiadas se observó efectos **adversos** en las comunidades de macrozoobentos en la zona de impacto bajo de la descarga de las pisciculturas. En concreto se observó lo siguiente (tabla 94):

- El río Quiman presenta una alteración **ALTA** en la calidad de agua desde el punto de vista biológico en los tramos IMPACTO 1 e IMPACTO 2 comparados un tramo CONTROL.
- La piscicultura Los Canelos cuyos efluentes aportan al Estero Sin Nombre, presenta una alteración **MODERADA** en la calidad de agua en el tramo IMPACTO.
- La Piscicultura Cuinco cuyos efluentes aportan al Estero Sin Nombre presenta una alteración **ALTA** en la calidad de agua en el tramo IMPACTO.
- La piscicultura Ignao presenta una alteración moderada cambiando de calidad **Buena a Regular** en los tramos IMPACTO.
- La piscicultura Iculpe presenta una alteración **MODERADA** en la calidad de agua en el tramo IMPACTO.
- La piscicultura Pitreño presenta una alteración **MUY ALTA** en la calidad de agua en el tramo IMPACTO comparado con el tramo CONTROL 2 ubicado a 1000m aguas arriba del efluente de Piscicultura.

Tabla 94: Resumen métricas de resultados muestreo biológico Macrozoobentos

METRICA	Tramo	Quiman				Pitreño			
		CONTROL	IMPACTO 1	CONTROL	IMPACTO 1	IMPACTO 2	CONTROL 2	CONTROL 1	IMPACTO
		feb-17		may-17			mar-17		
RIQUEZA (S)		38	59	34	35	49	59	65	39
DENSIDAD (Ind./m ²)		870	2116	365	12203	1888	948	4420	100126
DIVERSIDAD (H')		0,9	0,91	0,84	0,21	0,72	1,24	0,96	0,07
JACCARD índice (Sj)					0,47*	0,35*	0,27*	0,28*	
Bray-Curtis (% Disimilitud)					76,8*	86,2*	99,26*	94,86*	
IBF (Indice de calidad)		4,47 Bueno	6,82 Malo	4,36 Bueno	7,81 Muy Malo	7,17 Malo	4,43 Bueno	6,39 Malo	7,98 Muy Malo
% Similitud IBF (Alteración)			ALTO		ALTO	ALTO	Alto	Alto	

METRICA	Tramo	Iculpe		Ignao		Los Canelos		Cuinco	
		CONTROL	IMPACTO	CONTROL	IMPACTO	CONTROL	IMPACTO	CONTROL	IMPACTO
		feb-17		feb-17		mar-17		mar-17	
RIQUEZA (S)		46	43	39	45	62	44	52	58
DENSIDAD (Ind./m ²)		2772	9066	10754	16857	60496	71299	926	2054
DIVERSIDAD (H')		1,2	0,92	1,08	1,07	0,94	0,69	1,33	0,97
JACCARD índice (Sj)		41,3		52,7*		37,7*		77,4*	
Bray-Curtis (% Disimilitud)		58,7		48,7*		85,8*		57,2*	
IBF (Indice de calidad)		4,39 Buena	6,02 Regular	3,98 Bueno	5,07 Regular	6,35 Malo	7,67 Muy Malo	3,83 Bueno	5,94 Regular
% Similitud IBF (Alteración)			Moderado		Moderado		Moderado		ALTO

Nivel alteración:	NO HAY	MODERADO	ALTO	MUY ALTO
-------------------	--------	----------	------	----------

Impactos indirectos:

Alteración del paisaje: Dentro de la gama de conflictos generados por la instalación de proyectos de cultivo de peces en tierra, uno de importancia es el cambio que producen en los sectores donde son implementados, repercutiendo de manera visual y estética en el ambiente, afectando los diferentes usos humanos y sociales que allí se presenten.

Olores: Cuando se generan grandes cantidades de residuos sólidos y/o una baja dilución del efluente en época de estiaje, se producen emisiones de pestilencia desagradables para los asentamientos rurales aledaños a los centros piscícolas. Situación que se ve intensificada en pisciculturas de recirculación.

Uso de recursos acuáticos: La implementación de proyectos de flujo abierto y/o recirculación (en el menor de los casos) para centros de cultivo en tierra, afectan diferentes usos sociales presentes en la cuenca, ya sea por contaminación del agua potable, reducción en el caudal del río y/o proliferación de microalgas, hongos y bacterias.

4.4.2 Guía metodológica para evaluar actividad piscícola en tierra (Protocolo)

La meta principal de esta guía es fijar límites de calidad de agua y de alteración/impacto tolerable para macrozoobentos en el río receptor (zona de mezcla) de descargas de pisciculturas en la cuenca del río Bueno. Para esta meta se proponen límites o rangos para los parámetros oxígeno, carbono (DQO, DBO5), nitrógeno y fósforo total y macrozoobentos.

CRITERIO 1: UBICACIÓN TERRITORIAL

Meta: Se debe clasificar la ubicación de la piscicultura/proyecto de la piscicultura según zonificación territorial descrita anteriormente que según nuestros resultados presentan diferentes cargas previas, especialmente la zona de Hualve. En consecuencia, se definen para algunos parámetros límites diferentes para las zonas precordillera/valle y Hualve.

Se distinguen principalmente las siguientes zonas:

Criterio 1: Clasificación territorial de ubicación del proyecto

- a) Zona precordillera: prístina con muy baja carga previa, ríos de valor único
- b) Zona de Valle: zona con intervención, baja carga previa
- c) Zona de Hualve: zona con alto grado de intervención

CRITERIO 2: NIVEL DE OXÍGENO

Meta: La concentración de oxígeno es primordial para la sobrevivencia de peces y fauna bentónica y el funcionamiento del ecosistema fluvial. El déficit de oxígeno causado por la degradación de la materia orgánica es un factor muy importante en la evaluación de la contaminación de ríos. La cantidad de oxígeno en el río depende entre otros factores de la temperatura, salinidad, fotosíntesis, luz, demanda de oxígeno, degradación de materia orgánica, la biota del río, turbulencia del agua, etc. La oxigenación en la zona de mezcla debe ser suficientemente alta para permitir vivir especies con una alta demanda de oxígeno (p.e. salmonidos, plecoptera etc.). Los límites propuestos en la literatura tienen un rango de 5-9,5 mgO₂/L (Tabla 95).

Tabla 95: Valores límites de oxígeno en Canadá (basado en criterios de USA), Chile y Nueva Zelanda (propuesta Franklin)

Criterio	Oxígeno (mgO₂/L)	País (Fuente)
Protección organismos acuáticos: Valor mínimo aceptable: juveniles Valor mínimo aceptable: adultos	9,5 6,5	Canadá (CCME 1999)
Protección vida acuática:	> 5	Chile NCh 1333/78
Protección peces: Promedio 7 días: valor imperativo Promedio 7 días: valor deseado	7,0 > 8,0	Nueva Zelanda (Franklin 2014)

En este estudio se encontraron en general valores de saturación cercanos a 90-110% y valores > 8 mgO₂/L en las zonas precordillera/valle y valores > 7 8 mgO₂/L en la zona de Hualve. En el efluente generalmente las concentraciones fueron > 7 8 mgO₂/L.

En base de estas consideraciones se propone como criterio de exigencia lo siguiente:

Criterio 2: Nivel oxígeno mínimo exigido

a) La meta principal es evitar valores menores a 8 mgO₂/L en la zona de mezcla, especialmente en verano porque pueden producir efectos negativos en estadios juveniles de organismos acuáticos.

	zona de mezcla	efluente
Zona precordillera:	> 8 mgO ₂ /L	> 7 mgO ₂ /L
Zona de Valle:	> 8 mgO ₂ /L	> 7 mgO ₂ /L
Zona de Hualve:	> 7 mgO ₂ /L	> 7 mgO ₂ /L

b) En la zona entre la descarga y la zona de mezcla completa no se debe registrar valores menores a 6 mg O₂/L.

Esta meta corresponde de acuerdo con la clasificación propuesta en este estudio, a un nivel mínimo “bueno” en las zonas precordillera/valle y “regular” en la zona “Hualve” y efluente (Tabla 96).

Tabla 96: Valoración de oxigenación (elaboración propia)

Valoración oxigenación	Oxígeno (mgO₂/L)
Muy buena	> 10
Buena	8 – 10
Regular	6 - 8
Mala	4 - 6
Muy mala	< 4

CRITERIO 3: DOC, DQO, DBO5

DOC y demanda de oxígeno en general fueron relativamente bajos o moderados en la zona de mezcla y en el efluente según los resultados de este estudio. Para evitar una disminución de la calidad de agua se propone como criterio de exigencia lo siguiente:

Criterio 3: DOC, DQO, DBO5:

- a) En la zona de mezcla el DOC no debe sobrepasar el valor límite del nivel de calidad que sigue al nivel de calidad del receptor según tabla 97.
- b) **DOC:** En el efluente el límite recomendado óptimo es < 3 mgC/L. El límite máximo permitido es 10 mgC/L y nunca debe ser sobre pasado. Los valores correspondientes de DQO y DBO5 véase tabla 97.

Los correspondientes valores para los rangos de calidad de los parámetros DOC, DQO y DBO5 (de acuerdo con las consideraciones en el capítulo 3.2.3.3) son presentados en la siguiente tabla 97:

Tabla 97: Rango de calidad de COD, DQO y DBO5 para ríos del Sur de Chile

Calidad de agua	DOC Valor límite (Rango) (mg C/L)	DQO (= DOC *3) Valor límite (Rango) (mg O ₂ /L)	DBO ₅ (=DOC*2) Valor límite (Rango) (mg O ₂ /L)
Muy buena	< 1	< 3	< 2
Buena	1,5 (1-2)	2,25 (3 – 6)	3 (2-4)
Regular	2,5 (2-3)	4,5 (6 – 9)	5 (4-6)
Insatisfactoria	3,5 (3-4)	11,5 (9 – 12)	7 (6-8)
Mala	> 4	> 12	> 8

CRITERIO 4: Nivel trófico

En virtud de mantener lo más bajo posible la eutrofización del río y en caso de afluente de lago, la eutrofización de este cuerpo de agua lacustre y de acuerdo con los resultados de este estudio, que evidenciaron un aporte de las pisciculturas a la concentración del río de aprox. < 500 µgNT/L y < 100 µgPT/L se propone como criterio de exigencia lo siguiente:

Criterio 4: Nitrógeno total, Fósforo total

- a) La meta principal es evitar en la zona de mezcla un nivel eutrófico. Se propone exigir que la concentración de N y P no sobrepase en la zona de precodrillera/valle **225 µg/L** en caso de NT, y **42 µg/L** en caso de PT. En la zona de hualve la concentración máxima de NT no debe aumentar por más que **+225 µg/L** en caso de NT, y **+42 µg/L** en caso de PT.
- b) El aumento máximo permitido en el efluente es **+1500 µgNT/L** y **+ 300 µgPT/L**. El aumento óptimo deseado en el efluente es **< 500 µgNT/L** y **< 100 µgPT/L**.
- c) Los límites establecidos son válidos también para el caso que la piscicultura use agua subterránea para su abastecimiento.
- d) En casos excepcionales se debe valorizar eficiencia de remoción y capacidad de autopurificación del río.
- c) En zona precordillerana se debe considerar el peligro de eutrofización del lago y valorizar el aporte de la carga de P y N proveniente de la piscicultura.
- e) Se debe exigir límites de detección más bajos para analizar P y N. El límite de detección debe ser **0,010 mg P/L** y **0,025 mgN/L**

De acuerdo con las consideraciones presentadas en el capítulo 3.2.3.2 se presenta en la siguiente tabla la clasificación del nivel trófico en ríos del Sur de Chile (en base de solo nitrógeno y fósforo total):

Tabla 98: Rangos de Fósforo y nitrógeno total con su respectiva clasificación trófica para ríos del Sur de Chile (elaboración propia).

Trofia	Nitrógeno Total Valor límite (Rango) (µgNT/L)	Fósforo total Valor límite (Rango) (µgPT/L)
Oligotrófico	< 75	< 10
Oligo –mesotrófico	112 (75 – 150)	17 (10 – 25)
Mesotrófico	225 (150 – 300)	42 (25 - 60)
Eutrófico	> 300	> 60

CRITERIO 5: Carga absoluta/ relativa piscicultura y tratamiento de RILES

Meta: La meta principal es mantener la carga absoluta y relativa de la piscicultura lo más baja posible para disminuir los efectos negativos en el ecosistema fluvial. Ya que la carga efectiva de C, N y P depende de la cantidad de alimento utilizado, del factor de conversión alimento en biomasa de peces, del contenido de P y N en el alimento y de la eficiencia de tratamiento, se debe exigir una optimización de todos los procesos involucrados. Resultados de este estudio muestran deficiencias en este aspecto, por lo cual se propone exigir lo siguiente:

Criterio 5: Carga absoluta/relativa de piscicultura y tratamiento

- a) La carga de C, N y P debe ser la más baja posible, en especial en ríos de precordillera que son afluentes de lagos, para disminuir riesgo de eutrofización. Se debe estimar especialmente la carga de N y P en relación con la capacidad de carga del lago.
- b) La carga relativa de la piscicultura debe ser en general moderada (< 25% de la carga total) en relación con la carga total de la cuenca para mantener bajo el peligro de la alteración y daño del ecosistema río abajo de la piscicultura.
- c) En casos excepcionales se permiten mayores cargas siempre y cuando se compruebe menores efectos negativos en la zona de mezcla y más abajo en el receptor. Especial énfasis se debe dar a la oxigenación que en ningún caso debe ser menor a la exigida en el protocolo. Se debe realizar mediciones de oxígeno también durante la noche.
- d) Se debe exigir formas de tratamiento de acuerdo con estándares de las mejores tecnologías disponibles (BAT) para mejorar la retención de C, N y P.
- e) Se exige entregar información detallada sobre el contenido de N y P en el alimento utilizado y sobre el uso (diario) de alimentación y la biomasa de peces presentes en la piscicultura en cada día con el fin de poder calcular balances de C, N y P que permiten identificar mejoras necesarias en el manejo de la piscicultura (tipo de alimento, metabolismo peces, tipo de tratamiento etc.) y fijar la producción máxima.

CRITERIO 6: IMPACTO SOBRE MACROZOOBENTOS

La caracterización del impacto de la descarga se efectúa sobre la base del registro de las siguientes métricas: Composición taxonómica (a nivel específico en lo posible), Riqueza (S), densidad (Ind./m²),

biomasa (mg/m²), diversidad de la comunidad (índice de Shannon H') y calidad biológica fluvial (Ch-IBF). En consideración de los resultados (cambio de comunidades de macrozoobentos en zonas de impacto) de este estudio se propone las siguientes exigencias para las tres zonas territoriales:

Criterio 6: Calidad biológica/alteración biológica macrozoobentos

- a) La calidad biológica fluvial (**Ch-IBF**) no debe empeorar más que una clase en la zona de mezcla. Frecuencia de monitoreo: cada 2 año
- b) Calidad «**muy mala**» debe ser evitada.
- c) Además se sugiere exigir también monitoreo de la ictiofauna para monitorear también un nivel trófico mayor. Se plantea monitorear área de control y área de impacto.
- d) Se debe evaluar el caudal ecológico en el tramo del río entre bocatoma y restitución del volumen. El caudal ecológico tiene que ser garantizado **siempre**.

La clasificación y valorización de calidad biológica y alteración biológica fluvial de macrozoobentos se realiza según las siguientes tablas (para mayores informaciones véase capítulos 3.3.2.1 y 3.3.2.2):

Tabla 99: Criterios de clasificación y valorización de calidad biológica fluvial (macrozoobentos)

CLASE CALIDAD	Ch-IBF	RANGO DE CALIDAD
I	0,00 – 3,75	Muy Bueno
II	3,76 – 4,63	Bueno
III	4,64 – 6,12	Regular
IV	6,13 – 7,25	Malo
V	7,26 – 10,00	Muy Malo

Tabla 100: Criterios de clasificación y valorización de alteración biológica fluvial (macrozoobentos)

CRITERIO /VALORIZACIÓN		NO HAY	MODERADO	ALTO	MUY ALTO
METRICA	DESCRIPCION	RANGOS			
RIQUEZA (S)	Diferencia en % de variación respecto al Control (valor absoluto)	0 – 10,0	10,1 – 30,0	30,1 – 70,0	70,1 – ≥ 100
DENSIDAD (N) (Ind./m ²)	Aumento en órdenes de magnitud (potencia 10 ⁿ⁺¹) respecto al Control	< 1	1	2	≥ 3
DIVERSIDAD (H')	Diferencia en % de variación respecto al Control (valor absoluto)	0 – 10,0	10,1 – 30,0	30,1 – 70,0	70,1 – ≥ 100
JACCARD índice (Sj) (% Similitud)	Valor del índice respecto al Control	100 – 90,1	90,0 – 70,1	70,0 – 30,1	30,0 – 0,0
Bray-Curtis índice (BC) (% Disimilitud)	Valor del índice respecto al Control	0 – 10,0	10,1 – 40	40,1 – 70,0	70,1 – 100

4.4.3 Manual para la aplicación de la guía metodológica

En este capítulo se presentan algunas consideraciones, pautas, ejemplos y recomendaciones metodológicas para la guía metodológica.

A) ASPECTOS HIDRODINÁMICOS

Consideración general: Para cumplir con los límites exigidos es primordial determinar la zona de mezcla y el factor de dilución del efluente al mezclarse con el receptor. Para ello se debe disponer de datos detallados acerca del hidrograma del régimen hidrológico actual del río, del tipo de régimen, de la magnitud y temporalidad de las crecidas y otros (véase más detalles en SEIA, 2016), de la estructura del río e información sobre los caudales de la piscicultura. En base de estas informaciones se puede calcular la **capacidad de dilución** y la **zona de la mezcla completa** del efluente con el receptor. La capacidad de dilución y autopurificación

(principalmente oxidación de contaminantes) del receptor depende, aparte del factor de dilución, también de las condiciones hidrodinámicas (para sustancias conservativas) y de los procesos biológicos (para sustancias dinámicas (no conservativas), p.e. degradación de materia orgánica) del receptor. Por ende, el comportamiento de la concentración de un contaminante específico (p.e. DOC, nutrientes etc.) en el río dependerá de la cantidad y carga de las contaminantes, el factor de dilución, el coeficiente de dispersión longitudinal y los mecanismos de transferencia de masas (asimilación).

Determinación de la zona de mezcla completa: La zona de mezcla completa es la zona río abajo de la descarga de la piscicultura, donde se alcanza la distribución vertical y lateral transversal homogénea del efluente. Esta depende principalmente de la profundidad, del ancho, de la velocidad, lugar de la descarga (orilla o centro del río) y de la estructura del río (para sustancias conservativas que no sufren transformaciones como p.e. sales). El mejor método para determinar la zona de mezcla completa consiste en la aplicación de un trazador conservativo (NaCl, Rhodamina) con el cual se determina además el tiempo de viaje y la capacidad de dilución del río. En ausencia de experimentos con trazadores se pueden realizar **estimaciones aproximadas** utilizando ecuaciones de la literatura. Según dos ecuaciones de la literatura la distancia de mezcla completa se puede estimar para un canal sin disturbios para elementos conservativos de la siguiente forma (Fig. 140):

A) Yotsukura (1968) (citado en Aguayo, 2003)

$$L_m = a U B^2 / H$$

donde:

L_m = distancia desde la fuente a la zona donde la descarga se ha mezclado bien lateralmente, m

U = velocidad promedio del río, m/s

B = ancho promedio del río, m

H = profundidad promedio del río, m

$a = 0,24$ para una descarga lateral y $0,12$ para una descarga en medio río

B) Socolofsky & Jirka (2002)

$$L_m = B^2/3 H$$

donde:

L_m = distancia desde la fuente a la zona donde la descarga se ha mezclado bien lateralmente, m

B = ancho promedio del río, m

H = profundidad promedio del río, m

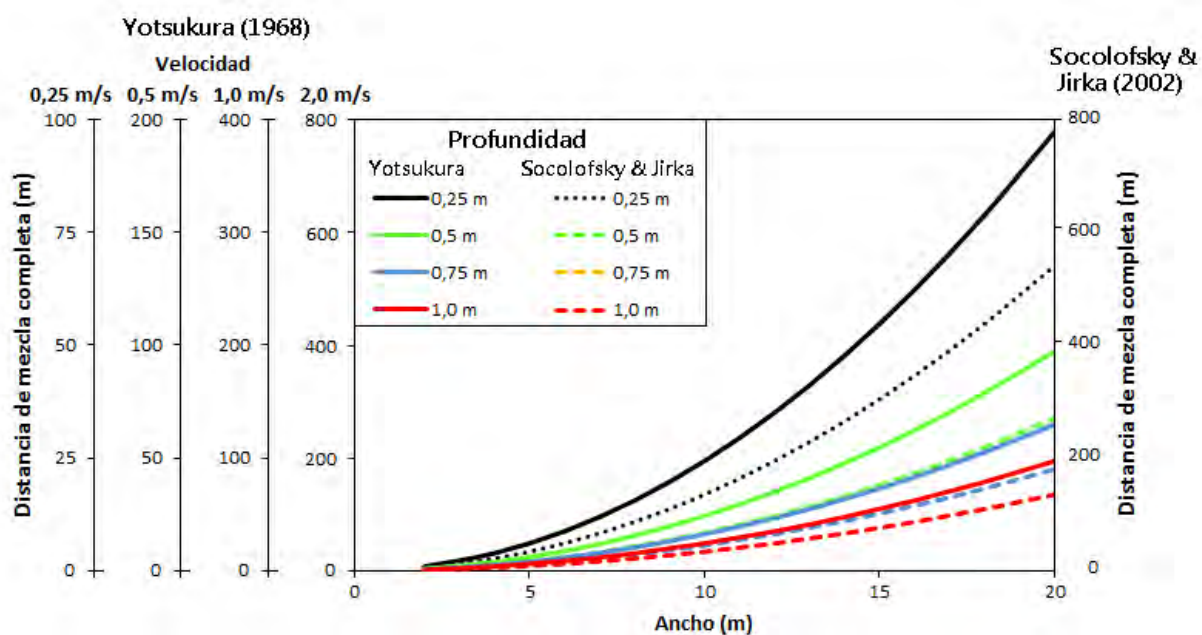


Fig. 140: Distancia de mezcla completa según literatura

En este estudio la zona de mezcla determinada en terreno a través de mediciones de nutrientes el eje longitudinal y transversal fue similar a los valores obtenidos con la ecuación (B) de Socolofsky & Jirka.

Ejemplo: En la siguiente tabla se muestra la distancia de la zona de mezcla completa (m) desde el punto de la descarga (en el centro) de un río, calculada según Socolofsky & Jirka (2002).

Tabla 101: Distancia* de la zona de mezcla completa (m) después del punto de la descarga (centro) en un río.

Ancho (m)	Distancia de la zona de mezcla completa (m)				
	Profundidad 0,25 m	Profundidad 0,5 m	Profundidad 0,75 m	Profundidad 1,0 m	Profundidad 2,0 m
2	5	3	2	1	1
4	21	11	7	5	3
6	48	24	16	12	6
8	85	43	28	21	11
10	133	67	44	33	17
12	192	96	64	48	24
14	261	131	87	65	33
16	341	171	114	85	43
18	432	216	144	108	54
20	533	267	178	133	67
30	1200	600	400	300	150
40	2133	1067	711	533	267

*Estos valores son solamente valores aproximados para sustancias conservativas. En ríos muy turbulentos las distancias pueden ser menores. En caso de que la descarga se encuentre en el borde del río, la distancia de la mezcla completa aumenta considerablemente.

Factor de dilución: En primera aproximación se puede calcular el factor de dilución en base de los flujos del efluente ($Q_{\text{efl.}}$) y del receptor $Q_{\text{río}}$:

Factor dilución (FD)* = $(Q_{\text{efl.}} + Q_{\text{río}}) / (Q_{\text{efl.}})$
--

* = significa que el efluente es diluido **n-veces** al mezclarse con el receptor, p.e. FD = 4 significa que el caudal del efluente es diluido por el factor 4 ya que el caudal del efluente es 3x veces mayor que el caudal del receptor.

Caudal zona de descarga: En varias ocasiones se constató que el cuerpo de agua fluvial receptor estuvo completamente seco (Pitreño). Es de suma importancia verificar si existen semejantes problemas con el caudal restante en el río después de la extracción de agua por parte de la piscicultura (u otros) (véase también decreto 14 del MMA, 2012, y Guía caudal ambiental de SEIA, 2016 respecto a la problemática del caudal ecológico mínimo).

Para fines de esta guía se debe considerar:

- a) Se debe determinar la zona de mezcla completa y el factor de dilución en condiciones de caudal máximo y mínimo del receptor de la descarga.
- b) Para cumplir con exigencia en zona de mezcla se debe considerar el factor de dilución más conservador. El manejo de los ciclos de producción debe ser adaptado a los cambios del factor de dilución.
- c) Eventualmente se debe exigir cambiar el lugar de la descarga desde la orilla hacia el centro del río para mejorar la mezcla de la descarga (por el factor 2x).
- d) Se debe exigir un factor de dilución suficientemente grande para garantizar el cumplimiento de la calidad de agua río abajo en la zona de mezcla.

La calidad actual de los ríos depende en gran medida de su ubicación y la actividad humana en la cuenca. Especialmente en la zona de hualve los ríos tienen una **alta** carga de nutrientes y llegan generalmente a niveles eutróficos antes y/o después de la descarga de pisciculturas. En casos especiales la piscicultura puede incluso retener nutrientes y carbono.

La demanda de oxígeno depende principalmente de la carga de carbono. Hay que considerar que 1 mg de carbono consume aprox. 3 mg de oxígeno para su oxidación y que un litro de agua contiene aproximadamente 10 mgO₂/L. La oxidación de amonio (NH₄) también consume mucho oxígeno durante su oxidación a nitrato (NO₃), pero su concentración generalmente es mucho menor en comparación con el DOC. Por tal razón no se incluyó el parámetro amonio como parámetro normado en esta guía como se realiza en ciertas normas internacionales (Suiza etc.), pero eventualmente se debe normar en casos donde amerite.

Para fines de esta guía se debe considerar:

- a) Respecto a los rangos “normales” de carbono en los distintos tipos de cuerpos de agua fluviales se sugiere realizar monitoreos periódicos a más largo plazo para poder establecer rangos de calidad específicos con el fin de generar una tipología de ríos y así poder ajustar los rangos de calidad de aguas relativas al carbono orgánico disuelto a los distintos cuerpos de agua fluviales de la región de los Ríos.

- b)** Ríos en la zona precordillerana ameritan un alto nivel de protección por su carácter único y muchas veces cercano a prístino. Pisciculturas de esta zona descargan a afluentes de lagos aumentando el peligro de eutrofización del lago. Se debe considerar este aspecto.
- c)** Se debe dar énfasis a la zona entre el punto de descarga y la zona de mezcla completa garantizando buena oxigenación, ausencia de olores y crecimiento de bacterias y hongos indicadores de alta contaminación con materia orgánica.
- c)** En ríos que muestran una contaminación previa con valores elevados (p.e. Los Canelos, zona de Hualve) o casos excepcionales, se puede permitir mayores valores siempre y cuando la oxigenación permita una buena capacidad de autopurificación (oxidación y asimilación) en la zona de mezcla y no se manifiesten impactos severos sobre la fauna.
- e)** El estado actual del receptor se debe determinar por lo menos 4x veces al año.

C) CALCULO DE FACTOR DE DILUCION PARA CUMPLIR EXIGENCIAS EN ZONA DE MEZCLA

Las concentraciones máximas permitidas en el efluente están fijadas en: 225 µgNT/L, 42 µgPT/L (para DOC véase arriba). El factor de dilución con el receptor, que es necesario para cumplir con los límites exigidos en la zona de mezcla se puede calcular según la siguiente ecuación:

$$FD = 1 / \left(\frac{[NT,PT \text{ zona mezcla}] - [NT,PT \text{ receptor}]}{[NT,PT \text{ efluente}] - [NT,PT \text{ receptor}]} \right)$$

Donde:

- FD: Factor de dilución
- NT, PT zona mezcla: concentración de NT, PT exigida en zona de mezcla
- NT, PT efluente: concentración de NT, PT en efluente
- NT, PT receptor: concentración de NT, PT en receptor

A continuación, se presentan en base de los resultados (promedios) obtenidos en este estudio algunos ejemplos:

	Quiman		Iculpe		Pitreño	
	µgNT/L	µgPT/L	µgNT/L	µgPT/L	µgNT/L	µgPT/L
Concentración receptor:	83	13	73	18	77	13
Concentración efluente neta:	324	64	445	82	551	108
Concentración efluente:	407	77	518	100	628	121
Concentración límite zona mezcla:	225	42	225	42	225	42
Factor de dilución	2,28	2,21	2,93	3,42	3,72	3,72

El cálculo para NT en Quiman se realiza p.e de este modo:

$$FD_{NT} = 1/((225 - 83)/(407-83)) = 2,86$$

Significa que el efluente tiene que ser diluido por el factor 2,86x veces para no sobrepasar en la zona de mezcla el valor límite de 225 µgNT/L.

Los valores máximos del FD para los tres ejemplos son aproximadamente 2-3x veces mayores que los valores calculados para los promedios.

D) MEJORAMIENTO CALIDAD DE EFLUENTE

Una forma para mejorar la calidad del efluente es mejorar la retención de C, P y N. De acuerdo con los resultados y observaciones obtenidas en el presente estudio, y considerando el concepto de “utilizar las mejores tecnologías disponibles”, se sugiere una combinación de tratamiento de RILES con filtro rotatorio (para eliminar partículas) seguido por una piscina de decantación (para disminuir las fracciones disueltas) y/o piscina con tratamiento biológico) y eventualmente estanques de decantación (a través de floculantes). También se puede considerar uso de un segundo filtro (flujo 2-5 L/s) y el uso de coagulantes y floculantes. En el caso de pisciculturas con recirculación, se sugiere incluir de forma obligatoria una planta de tratamiento con aplicación de floculantes para disminuir la carga de las fracciones disueltas. Para el caso de los *bypass* de emergencia (los cuales deberían estar equipados con sensor de abertura), estos deben ser conectados a la piscina de decantación

para evitar el vertimiento de partículas directo al cuerpo de agua receptor en caso de emergencia. En todos los casos se debe comprobar la eficiencia de remoción de C, N y P midiendo estos parámetros antes e inmediatamente después del tratamiento.

Para fines de esta guía se debe considerar:

- a) Respecto al tratamiento de los efluentes, se debe exigir comprobar con mediciones pre- y post tratamiento la eficiencia de remoción para DBO₅, C, P y N. Se debe proponer mejoras de tratamiento de efluentes en los casos que la piscicultura no pueda cumplir con los estándares exigidos.
- b) Es primordial exigir datos sobre uso (diario) y calidad (contenido P, N) de alimento.

E) EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE MACROZOOBENTOS

Para fines de esta guía se debe considerar:

- a) Sin proyecto evaluar cada 5 años el estado de las métricas y actualizar la línea base. Se deberá considerar las variaciones y las acciones en caso de determinar un cambio negativo (-) respecto a la condición original. Se sugiere monitorear macrozoobentos y adicionalmente ictiofauna.
- b) Con proyecto: Se plantea realizar un seguimiento cada 2 años. En caso de no encontrar diferencias se interpretará como cambio neutro (0), en caso de encontrar aumentos de valores cambio negativo (-) y en caso de un cambio favorable se interpretará como (+).
- c) Monitoreo de ictiofauna: Frecuencia sugerida cada 2 años en casos de haber encontrado cambios negativos en macrozoobentos.

4.4.4 ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PECES PERMITIDA/CAPACIDAD DE CARGA

4.4.4.1 EVALUACIÓN DE LAS CARGAS

El aporte relativo de la carga de C, P y N por parte de la piscicultura a la carga total del receptor depende principalmente del tamaño de la cuenca, del uso de suelo y de las actividades humanas en la cuenca por un lado, además de la producción de peces y la forma de retención de C, P y N dentro de la piscicultura. Es por lo que se necesita una base de datos robusta para calcular las cargas, que a su vez definen la producción máxima permitida.

En ausencia de datos sobre el factor de conversión, contenido de P y N en el alimento se puede calcular las cargas utilizando los factores RILES obtenidos en este estudio (Quiman, Cuinco: factor conversión: 1,0) de la siguiente manera:

Ejemplo: Cálculo aproximado de la carga real de una piscicultura.

$$\text{Carga C,N,P (TON)} = \text{Producción peces (TON)} \times \text{Factor RILES}^*$$

***Donde:**

Factor RILES: C: 0,245 N: 0,043 P: 0,009

Significa que 24,5% del alimento se encuentran como desechos disueltos y particulares en forma de C, 4,3 % como N y 0,9% como P en los RILES.

Aplicando esta ecuación, las cargas estimadas de C, N y P en relación con la producción de peces es la siguiente (valores en celdas amarillas) (Tabla 102):

Tabla 102: Carga calculada de C, N y P en relación con la producción de peces

		Producción de peces (TON)			
	Factor	100 TON	200 TON	500 TON	1000 TON
C	0,245x	24,5 TON	49 TON	122 TON	245 TON
N	0,043x	4,3 TON	8,6 TON	21,6 TON	43,2 TON
P	0,009x	0,9 TON	1,8 TON	4,5 TON	9,0 TON

Esto significa que p.e. la producción de 100 TON de peces produce una carga de ~24,5 TON de C, ~4,3 TON de N y ~0,9 TON de P en el efluente. En caso de mejora de eficiencia de remoción o del contenido de N, P en el alimento o del factor de conversión disminuirían las respectivas cargas en el efluente.

A su vez se puede calcular en base de la producción, factor de conversión, contenido de P y N en el alimento y eficiencia de remoción por parte del tratamiento y caudal del efluente, las concentraciones esperadas en el efluente. Teniendo el caudal del receptor se puede calcular el factor de dilución y por ende se puede estimar la producción máxima permitida bajo de las condiciones descritas.

En el siguiente capítulo se aplica este concepto a las seis pisciculturas estudiadas.

4.4.4.2 ESTIMACION DE CAPACIDAD DE CARGA DE LAS SEIS PISCICULTURAS ESTUDIADAS

Teniendo los factores de dilución (véase arriba) y factores de aportes de C, N y P por parte de los RILES se puede calcular la producción de peces que permite cumplir las exigencias químicas/físicas propuestas que según este consultor, deberían ser suficientemente robustos para limitar las alteraciones esperadas de oxigenación y nivel trófico en un nivel tolerable.

Primero se calcula la concentración de NT, PT en el efluente en base del factor de dilución (calculado en base de los caudales del efluente y del receptor):

$$[C, NT, PT \text{ efluente}] = ([C, NT, PT \text{ zona mezcla}] - [C, NT, PT \text{ receptor}]) * FD + [C, NT, PT \text{ receptor}]$$

Donde:

- FD: Factor de dilución
- C,NT, PT zona mezcla: concentración de C, NT, PT exigida en zona de mezcla
- C,NT, PT efluente: concentración de C, NT, PT en efluente
- C,NT, PT receptor: concentración de C, NT, PT en receptor

Después se calcula la carga anual de C, N, P (caudal * concentración de C, N, P) y se divide por la carga esperada de C, N y P en el efluente. En la siguiente tabla se presenta un ejemplo con datos de Quiman y luego se presentan los casos de los demás pisciculturas:

QUIMAN

Volumen efluente: 481 L/s (= 41560 m³/d); Factor conversión alimento/biomasa peces: 1,0

Tabla 103: Cálculo de capacidad de carga para la piscicultura Quiman

	Unidad	C	N	P
Factor RILESS		0,245	0,043	0,009
Carga kg/TON peces producidos	kg/TON peces	245	43	9
aumento neto de concentración: en efluente	µg/L por TON peces producidos	16,2	2,8	0,59
Concentración natural receptor:	µg/L	1400	83	13
Límite concentración zona mezcla:	µg/L	2500	225	42
Concentración efluente				
Factor dilución mínimo = 1,9	µg/L	3490	353	68
Factor dilución máximo = 21	µg/L	24500	3065	622
Factor dilución FD promedio = 7,3	µg/L	9430	1120	225
Producción correspondiente				
mínima	TON Peces/año	129	95	93
máxima	TON Peces/año	1430	1052	1026
promedia	TON Peces/año	497	366	357
Carga anual				
mínima	TON/año	31,7	4,1	0,8
máxima	TON/año	350	45,2	9,2
promedia	TON/año	122	15,7	3,2

Se explica los cálculos con un ejemplo para el aporte de P y un factor de dilución FD mínima:

- Con un factor de conversión de 1,0 y un factor RILES de 0,009 (o sea 0,9% de la cantidad de alimento utilizado) para fósforo se descargaría $1000 \text{ kg} * 0,009 = 9 \text{ kg}$ de P por TON de peces producido. Esta cantidad correspondería a un aporte de $+0,59 \text{ µgP/L}$ al efluente considerando el caudal anual: $(9 \text{ kg P} * 1000 * 1000 * 1000 \text{ µg}) / (481 \text{ L/S} * 3600 \text{ s} * 24 \text{ hrs} * 365 \text{ días}) = 0,59 \text{ µgP/L}$
- Con una concentración natural de 13 µgP/L y un límite de 42 µgP/L permitido en la zona de mezcla y un factor de dilución mínima de 1,9x se calcula la concentración máxima permitida de P en el efluente para no sobrepasar el límite de P (42 µgP/L) en la zona de mezcla:

$$(42 \mu\text{gP/L} - 13 \mu\text{gP/L}) * 1,9 + 13 \mu\text{gP/L} = 68 \mu\text{gP/L}$$

- Por último, se calcula la producción de peces correspondiente a esta concentración (68 µgP/L) en el efluente (se debe considerar solo el aporte neto de la piscicultura):

$$(68 - 13 \mu\text{gP/L}) / 0,59 \mu\text{gP/L/TON Peces} = 93 \text{ TON peces producidos.}$$

- Los cálculos para caudal máximo y promedio son similares (357 TON; 1026 TON)

Esto significa que la piscicultura Quiman podría producir 93 TON de peces con un caudal mínimo y 357 TON de peces utilizando el caudal promedio anual, basándose solamente en P como criterio de decisión. Valores muy similares entregan los cálculos en base de N, y valores aproximadamente 30% más altos si se usa C como base de cálculo.

ICULPE

Volumen efluente: 634 L/s (= 54803 m³/d); Factor conversión alimento/biomasa peces: 1,0

Tabla 104: Cálculo de capacidad de carga para la piscicultura Iculpe

	Unidad	C	N	P
Factor RILESS		0,245	0,043	0,009
Carga kg/TON peces producidos	kg/TON peces	245	43	9
aumento neto de concentración: en efluente	µg/L por TON peces producidos	12,2	2,1	0,45
Concentración natural receptor:	µg/L	1000	73	13
Límite concentración zona mezcla:	µg/L	2500	225	42
Concentración efluente				
Factor dilución mínimo = 1,9	µg/L	7150	696	132
Factor dilución máximo = 21	µg/L	38500	3873	738
Factor dilución FD promedio = 7,3	µg/L	13000	1289	245
Producción correspondiente				
mínima	TON Peces/año	502	290	264
máxima	TON Peces/año	3062	1768	1611
promedia	TON Peces/año	980	566	516
Carga anual				
mínima	TON/año	123,0	12,5	2,4
máxima	TON/año	750	76,0	14,5
promedia	TON/año	240	24,3	4,6

Según los cálculos realizados para C, N y P la piscicultura Iculpe podría producir con caudal mínimo alrededor de 270 TON (N, P) o 500 TON considerando C y como promedio 540 TON (N, P) o casi 1000 TON de peces con el caudal promedio.

En caso de la piscicultura Iculpe se debe también el aporte de P y N a la carga total que recibe el Lago Ranco y el peligro de eutrofización (véase capítulo 4.3.5.4).

PITREÑO

Volumen efluente: 173 L/s (= 14983 m³/d); Factor conversión alimento/biomasa peces: 1,0

Tabla 105: Cálculo de capacidad de carga para la piscicultura Pitreño

	Unidad	C	N	P
Factor RILESS		0,245	0,043	0,009
Carga kg/TON peces producidos	kg/TON peces	245	43	9
aumento neto de concentración: en efluente	µg/L por TON peces producidos	44,8	7,9	1,65
Concentración natural receptor:	µg/L	900	77	13
Límite concentración zona mezcla:	µg/L	2500	225	42
		Concentración efluente		
Factor dilución mínimo = 1,9	µg/L	900	77	13
Factor dilución máximo = 21	µg/L	40900	3777	738
Factor dilución FD promedio = 7,3	µg/L	16900	1557	303
		Producción correspondiente		
mínima	TON Peces/año	0	0	0
máxima	TON Peces/año	893	471	441
promedia	TON Peces/año	357	188	176
		Carga anual		
mínima	TON/año	0,0	0,0	0,0
máxima	TON/año	219	20,2	4,0
promedia	TON/año	88	8,1	1,6

En el caso de Pitreño es muy problemática la situación de caudal mínimo, que en este estudio fue en un momento 0, es decir el río Pitreño se había secado, situación que es intolerable. Este problema según el protocolo propuesto automáticamente debería obligar a la piscicultura de dejar a producir.

Por lo tanto, según los cálculos realizados para C, N y P la piscicultura Pitreño debería producir con el caudal mínimo de 0L/s 0 TON (N, P, C) de peces y con cuadal promedio aproximadamente 180 TON (N, P) o ~350 TON (C) de peces.

En caso de la piscicultura Pitreño se debe también considerar el aporte de P y N a la carga total que recibe el lago Ranco y el peligro de eutrofización (véase capítulo 4.3.6.4).

LOS CANELOS

Volumen efluente: 59 L/s (= 5091 m³/d); Factor conversión alimento/biomasa peces: 1,0

Tabla 106: Cálculo de capacidad de carga para la piscicultura Los Canelos. ** se aumentó límite permitido.

	Unidad	C	N	P
Factor RILESS		0,245	0,043	0,009
Carga kg/TON peces producidos	kg/TON peces	245	43	9
aumento neto de concentración: en efluente	µg/L por TON peces producidos	131,9	23,1	4,84
Concentración natural receptor:	µg/L	1700	772	147
Límite concentración zona mezcla:	µg/L	3200	997*	189*
		Concentración efluente		
Factor dilución mínimo = 1,9	µg/L	3800	1087	206
Factor dilución máximo = 21	µg/L	7100	1582	298
Factor dilución FD promedio = 7,3	µg/L	5300	1312	248
		Producción correspondiente		
mínima	TON Peces/año	16	14	12
máxima	TON Peces/año	41	35	31
promedia	TON Peces/año	27	23	21
		Carga anual		
mínima	TON/año	3,9	0,6	0,1
máxima	TON/año	10	1,5	0,3
promedia	TON/año	7	1,0	0,2

Los Canelos tiene un caudal de efluente muy bajo lo que automáticamente limita la carga según los límites propuestos. Según los cálculos realizados para C, N y P la piscicultura Los Canelos debería producir menos de 35 TON peces como máximo. Sin embargo, los resultados de este estudio

muestran que es la única piscicultura que mejora la calidad de agua entrante aportando prácticamente ningún aporte de N y P al efluente. En consideración de esta observación los cálculos realizados aquí son solamente teóricos y deben ser validados en terreno.

CUINCO

Volumen efluente: 95 L/s (= 8197 m³/d); Factor conversión alimento/biomasa peces: 1,0

Tabla 107: Cálculo de capacidad de carga para la piscicultura Los Canelos. * se aumentó límite permitido.

	Unidad	C	N	P
Factor RILESS		0,245	0,043	0,009
Carga kg/TON peces producidos	kg/TON peces	245	43	9
aumento neto de concentración: en efluente	µg/L por TON peces producidos	81,9	14,4	3,01
Concentración natural receptor:	µg/L	2400	370	160
Límite concentración zona mezcla:	µg/L	3900*	595*	202*
Concentración efluente				
Factor dilución mínimo = 1,9	µg/L	4950	753	231
Factor dilución máximo = 21	µg/L	31050	4668	962
Factor dilución FD promedio = 7,3	µg/L	9450	1428	357
Producción correspondiente				
mínima	TON Peces/año	31	27	24
máxima	TON Peces/año	350	299	267
promedia	TON Peces/año	86	74	66
Carga anual				
mínima	TON/año	7,6	1,1	0,2
máxima	TON/año	86	12,9	2,4
promedia	TON/año	21	3,2	0,6

Cuinco tiene un caudal de efluente y factores de dilución bajos lo que automáticamente limita la carga según los límites propuestos. Según los cálculos realizados para C, N y P la piscicultura Cuinco debería producir alrededor de 70 TON (P, N) peces como promedio y ~ 280-350 TON como máximo. Sin embargo, hay que considerar que el agua entrante ya está muy cargada de nutrientes y se debería reducir al máximo posible.

IGNAO

Volumen efluente: 519 L/s (= 44819 m³/d); Factor conversión alimento/biomasa peces: 1,0

Tabla 108: Cálculo de capacidad de carga para la piscicultura Ignao

	Unidad	C	N	P
Factor RILESSs		0,245	0,043	0,009
Carga kg/TON peces producidos	kg/TON peces	245	43	9
aumento neto de concentración: en efluente	µg/L por TON peces producidos	15,0	2,6	0,55
Concentración natural receptor:	µg/L	1300	115	25
Límite concentración zona mezcla:	µg/L	2500	225	42
		Concentración efluente		
Factor dilución mínimo = 1,9	µg/L	6220	566	95
Factor dilución máximo = 21	µg/L	61300	5615	875
Factor dilución FD promedio = 7,3	µg/L	15700	1435	229
		Producción correspondiente		
mínima	TON Peces/año	329	172	127
máxima	TON Peces/año	4006	2092	1545
promedia	TON Peces/año	962	502	371
		Carga anual		
mínima	TON/año	80,5	7,4	1,1
máxima	TON/año	982	90,0	13,9
promedia	TON/año	236	21,6	3,3

El factor de dilución del río Ignao es relativamente alto. Según los cálculos realizados la producción permisible varía entre 130/170 TON (P, N) con caudal mínimo hasta 370/500 TON (P,N) con caudal promedio y todavía más (320-962) si se considera carbono como base de cálculo.

4.4.5 Propuesta de mejoras en las pisciculturas

1) Mejoramiento de los análisis de los datos de autocontrol:

En 4 de 6 pisciculturas el análisis de los datos de autocontrol acerca de la calidad de agua, en especial los resultados de fósforo total y N Kjeldahl, evidenciaron lo siguiente:

- En muchos casos los límites de detección son muy altos (p.e. 1 mg P/L) para detectar valores reales en los efluentes. Se reconoce, que las técnicas utilizadas son suficientes para demostrar que los efluentes cumplen con las normas pertinentes (decreto N 90), pero para estimar el verdadero impacto de los efluentes en el receptor y para determinar la eficiencia del tratamiento de RILES, las técnicas analíticas necesariamente tienen que ser mucho más finas. Se propone exigir L.D. de 0,010 mg/L para PTy 0,050 mg/L para NT
- Se sugiere incorporar sensores de monitoreo continuo (por ejemplo: sensores de materia orgánica disuelta entre otros) para controlar y monitorear eventuales casos de mal manejo.
- En diversos casos se pudo constatar que los valores medidos (Por ejemplo: piscicultura Ignao) son erróneos, es decir muy elevadas respecto a los valores esperados en base de la producción.

Se recomienda lo siguiente:

Se debe exigir usar técnicas analíticas para garantizar límites de detección suficientemente bajos para determinar las concentraciones reales de P y N en el efluente. Para medir bien las concentraciones “naturales” en el receptor el límite de detección debe ser 0,010 mg P/L y 0,025 mgN/L. Además, se recomienda sustituir la medición de N Kjeldahl por la medición de N total a través de una digestión básica con persulfato y medición de N como nitrato total. Tiene la ventaja de ser una técnica más fácil de aplicar con mejor límite de detección.

2) Evitar mal manejo:

En varias ocasiones se encontró alimento botado en el receptor de los RILES de las pisciculturas Quiman, Pitreño y Ignao lo que deja suponer “malas prácticas” respecto al destino final de alimento no ingerido por parte de los peces. En caso de las pisciculturas Quiman y Pitreño se encontró el alimento botado aguas arriba del efluente (30 – 100 m). En la piscicultura Quiman se pudo constatar la acumulación de pellet en cantidades considerables en la primera piscina de decantación, que

tiene un efluente directamente al cuerpo de agua receptor sin pasar por la segunda piscina de decantación cuya salida es el único efluente informado por la piscicultura.

Se recomienda lo siguiente:

Se debe evitar malas prácticas de botar alimento directamente al receptor y en caso de una pérdida accidental de alimento al receptor, informar inmediatamente a las autoridades sobre lo ocurrido.

3) Mejoras en el tratamiento de los RILES:

De acuerdo con nuestros resultados preliminares y considerando las limitaciones ya mencionadas anteriormente (pocas muestras, muestras puntuales y no integradas durante mas tiempo) se puede suponer que el funcionamiento del pretratamiento de los RILES usando rotafiltros y piscinas de decantación no retiene eficientemente P, N y C en los efluentes de la mayoría de las pisciculturas. Las concentraciones de estos parámetros medidos en el efluente, corresponden casi a las concentraciones esperadas en un efluente sin tratamiento alguno. Aunque este resultado se debe interpretar como tentativo, se podría relacionar con la observación que el/los rotafiltros no siempre estan funcionando, que existen bypass a los sistemas de tratamiento, que se solubiliza y lixivía parte de la fracción particulada retenida por los rotafiltros y que otros procesos todavía no estudiados estan involucrados. Debido a que todas las pisciculturas indican en sus DIA que la eficiencia de tratamiento es de entre un 85 – 90 % de eficiencia ya sea piscina de decantación y/o filtro rotatorio, se sugiere realizar estudios en detalle mucho mas acabados para cuantificar y evaluar mejor la eficiencia de remoción, se recomienda las siguientes mejoras al respecto:

En la literatura (Acierno R. et al. 2007 y citas) se reporta que la eficiencia de remoción es mayor para los rotafiltros en comparación con piletas de sedimentación, alcanzando valores hasta 90% para P y hasta 30% para N (Tabla 109). La eficiencia depende mucho de las concentraciones pretratamiento (mientras más alta la concentracion previa, mayor es la eficiencia de remoción) y del manejo de las partículas retenidas (lodo). Es muy importante remover varias veces al día el lodo retenido y/o tratar las partículas retenidas para evitar la solubilización de C, N y P. Hay varios métodos diferentes como coagulación y floculación (Fig. 141, 142), sedimentación en estanques, extracción de lodo y deshidratación (Fig. 142), agregar un segundo filtro y/o una pileta con tratamiento biológico etc.

Tabla 109: Eficiencia de remoción por rotafiltros (Acierno R. et a. 2007)

	Raceway 40 μm Efficiency (%)	Raceway 90 μm Efficiency (%)	Self-cleaning tank 40 μm Efficiency (%)	Self-cleaning tank 90 μm Efficiency (%)
Total P	55 - 85	45 - 85	65 - 90	50 - 90
Total N	20 - 25	10 - 25	25 - 30	15 - 30
BOD₅	50 - 80	30 - 80	60 - 85	35 - 85
SS	70 - 90	50 - 90	80 - 95	60 - 95



Fig. 141: Efecto de coagulación y floculación en agua de efluente de pisciculturas (Acierno R. et al. 2007)

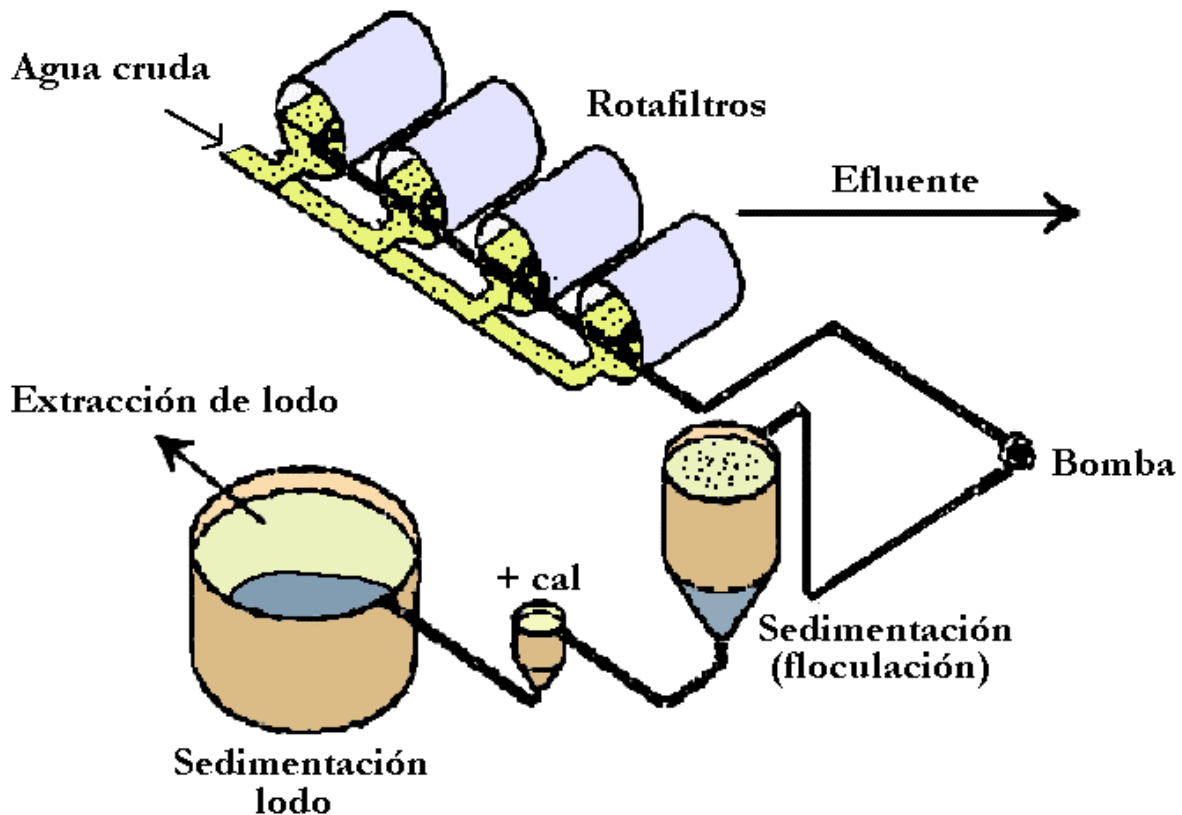


Fig. 142: Propuesta de tratamiento de RILES de pisciculturas en Suiza (Kanton Bern, AG Bern 2008)

La elección del tipo de post-tratamiento del efluente depende de las condiciones de cada piscicultura y debe ser comprobado a través de mediciones de la eficiencia de remoción de C, N y P.

De acuerdo con los resultados y observaciones obtenidas en el presente estudio, y considerando el concepto de “utilizar las mejores tecnologías disponibles”, se sugiere una combinación de tratamiento de RILES con filtro rotatorio (para eliminar partículas) seguido por una piscina de decantación (para disminuir las fracciones disueltas) y/o piscina con tratamiento biológico. También se puede considerar el uso de coagulantes y floculantes.

En el caso de pisciculturas con recirculación, se sugiere incorporar una planta de tratamiento con aplicación de floculantes para disminuir la carga de las fracciones disueltas. Para el caso de los bypass de emergencia (los cuales deberían estar equipados con sensor de abertura), estos deben ser conectados a la piscina de decantación para evitar el vertimiento de partículas directo al cuerpo de agua receptor.

En todo caso se debe comprobar la eficiencia de remoción de C, N y P.

4.4.6 Propuesta de áreas de vigilancia

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio respecto a la distribución transversal y longitudinal de contaminantes en cuerpo de agua fluvial y el grado del impacto sobre recursos hidrobiológicos se estimó primero la zona de la mezcla completa de contaminantes utilizando también ecuaciones estimativas de la literatura (véase arriba), para luego proponer áreas de vigilancia, que generalmente comienzan desde el punto de la descarga. Hay que recordar que en el caso de los ríos Quiman, Ignao y Iculpe no fue posible obtener datos hidrológicos durante épocas con altos caudales (invierno).

Como se ve en la tabla 110 acerca de la area de vigilancia de efectos, en general la zona de mezcla completa se observa ya en el punto 3 o 4 del muestreo, es decir entre 50 – 100 m bajo el efluente. Esta observación coincide con estimaciones realizadas con diferentes ecuaciones de la literatura. De mayor importancia para la delimitación del área de vigilancia “efectos”, sin embargo es la evaluación del impacto sobre los recursos macrozoobentónicos que muestran en general un empeoramiento de la calidad ambiental según los datos obtenidos en el presente estudio.

Aparte del area de vigilancia “efectos” se debe tener un area de vigilancia “control” sin el cual no es posible determinar y evaluar los efectos producidos por la descarga de la piscicultura. Esta area generalmente se ubica encima del punto de la descarga en una distancia de aprox. 10 – 100 m.

Tabla 110: Rango de profundidad, ancho y velocidad media, zona de mezcla estimada en base de la literatura y de este estudio, zona de impacto biológico y área de vigilancia propuesta.

Métodos de cálculos véase capítulo 3.5.2. * no incluyen valores mayores durante invierno.

Piscicultura	Profundidad (m): H	Ancho (m): B	Velocidad (m/s): U	L _m : Distancia de la zona de mezcla completa después de descarga (m)			Zona impacto biológico (m)	Area de vigilancia "efectos"
				Yotsukura (1968)	Socolofsky & Jirka (2002)	Este estudio		
Quiman	0,26-0,52	4,0-14	0,18-1,17	213	125-253	88; 485	450 - > 1200	Efl. – Lago Ranco
Los Canelos	0,10-0,21	3,4-4	0,08-0,22	8	25-53	45 - 105	> 100	Efl. - 200 m
Cuinco	0,12-0,25	2,0-3,5	0,11-0,26	6	17-35	40	> 60	Efl. - 200 m
Ignao	0,29-0,36*	13-16*	0,39-0,63*	132	237-290	60 - 85	> 80	Efl. - 250 m
Iculpe	0,29-0,86*	2,0-17,6*	0,15-1,0*	258	120-351	105	> 100	Efl. – Lago Ranco
Pitreño	0,27-0,54	4,0-11,0	0,20-0,62	66	75-149	65-105	> 65	Efl. – Lago Ranco

5 Referencias

- Acierno R. et al. (2007) *Aquaetreat - A manual on effluent treatment in aquaculture: Science and Practice*. www.aquaetreat.org. 163 págs.
- AG Bern (2008) *Gewässerschutz in kommerziellen Fischzuchtanstalten mit Durchlaufanlagen. Vollzugshilfe für den Kanton Bern*. 22 págs.
- Aguayo, C.F. (2003) *Incorporación de criterios ambientales en el diseño, construcción y operación de centros de cultivos de especies salmonídeas en la etapa de agua dulce (pisciculturas) para el cumplimiento de la normativa ambiental vigente*. Tesis Licenciatura en Ciencias de la Acuicultura. UCT, 159 pág.
- APHA (American Public Health Association) (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, D.C., 21st Edition
- AQEM CONSORTIUM (2002) *Manual for the application of the aqem system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the water framework directive. Version 1.0*. 198 p (Disponible en: <http://www.aqem.de/mains/about.php>).
- Barbour M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B. (1999) *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. (Disponible en: <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html>).
- Bray J. R. and J. T. Curtis (1957) *An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin*. Ecological Monographs 27:325-349.
- CADE-IDEPE (2003) *Diagnostico y clasificacion de los cursos y cuerpos de agua segun objetivos de calidad*. Informe Final, DGA: 362 pag.
- Camousseight A. (2006) *Estado de conocimiento de los Ephemeroptera de Chile*. Gayana 70(1): 50-56.
- CAMPOS, H. et al. (1992) *Informe SUBSECRETARIA DE PESCA: Evaluación de la carga de fósforo y nitrógeno en los lagos Ranco y Puyehue*.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) (1999) *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. DISSOLVED OXYGEN (Freshwater)*. 1-6.
- CONAF (2013) *Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile, monitoreo de cambios y actualizaciones. Periodo 1997-2011*. Corporación Nacional Forestal, Julio 2011. Santiago de Chile.
- DGA (2016) *Diagnóstico plan maestro de recursos hídrico, Región de los Ríos – Informe Etapa 2 corregido*, 547 pág.
- Dodds, W.K. & Robert M. Oakes (2004) *A technique for establishing reference nutrient*

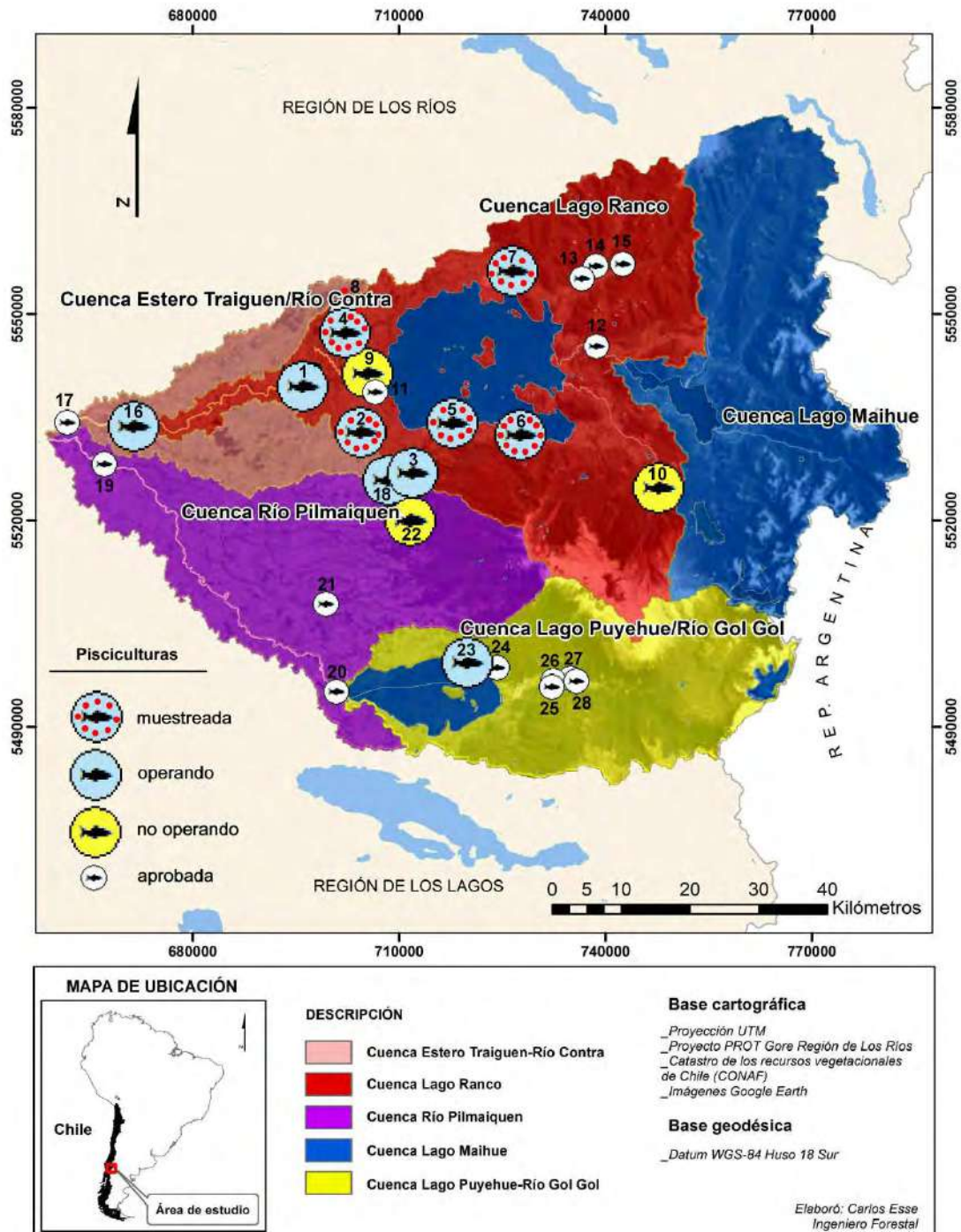
- concentrations across watersheds affected by humans. *Limnology & Oceanography Methods* 2: 333-341.
- Dodds, W.K. (2006) Eutrophication and trophic state in rivers and streams. *Limnology & Oceanography* 51: 671–680.
- Dodds, W.K. (2007) Trophic state, eutrophication and nutrient criteria in streams. *Trends in Ecology and Evolution* 22(12): 669-676.
- Franklin, P.A. (2014) Dissolved oxygen criteria for freshwater fish in New Zealand: a revised approach, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 48(1): 112-126
- Domínguez E, & H. Fernández (2009) Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: Sistemática y Biología. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. 656 pp.
- Elgueta M. & Jezek J. (2014) Nuevos registros de Psychodidae (Diptera), con una lista de las especies citadas para Chile. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, vol. 42(2): 71-84.
- Elosegui A. & Sabater, S. (2009) Conceptos y técnicas en ecología fluvial. España. Fundación BBVA. 424 pp
- Espinelli G. & Ronderos M. (2001) First record of the genus *Bezzia* in Chile, with a description of a new species of the *venustula* group (Diptera: Ceratopogonidae) *Rev. Ch. Hist. Nat.* 74:751-754
- Figueroa R., A. Palma, V. Ruíz & X. Niell (2007) Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de agua en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 225-242.
- Figueroa R., Valdovinos C., Araya E. & Parra O. (2003) Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 275-285.
- Fuentealba C., Figueroa R. & Morrone J. (2010) Análisis de endemismo de moluscos dulceacuícolas de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 289-298.
- GESAM Consultores Ambientales (2013) Actualización del registro de especies ícticas y de la flora y fauna bentónica existente en aguas continentales de Chile, Proyecto Subpesca Código 2013-95-DAC-51, 55 pág.
- Gobierno de los Ríos – Gobierno Regional (2015) Estudio para el Fortalecimiento de la Identidad de la Región de Los Ríos Versión. 144 pág.
- Gobierno de los Ríos – Gobierno Regional (2016) Plan Regional de Ordenamiento Territorial División de Planificación y Desarrollo Regional Gobierno Regional de Los Ríos.
- Henze, M. & Y.Comeau (2008) 3. Wastewater Characterization. In *Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design*. Edited by M. Henze, M.C.M. van Loosdrecht, G.A. Ekama and D. Brdjanovic. Published by IWA Publishing, London, UK

- Jaccard P. (1908) Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat., 44: 223-270.
- Jáimez-Cuéllar P. et al. (2004). Protocolo GUADALMED (prece). Limnética 21,187-204
- Kluge N. & Kaiote H. (2003) Larval leg structure of Nannochorista Tillyard, 1917 and characteristic of Mecoptera. Russian Entomol. J. 12(4): 349-354.
- McAleece N., Gage, J.D.G., Lamshead, P.J.D., Paterson, G.L.J. (1997) BioDiversity Professional statistics analysis software. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London).
- McLellan I., Miserendino M. & Hollmann M. (2006) Two new species of *Notoperla* (Plecoptera: gripopterygidae) and a redescription of *Notoperlopsis femina* illies. Zootaxa 1140: 53–68.
- Mercado M. & Elliott S. (2006) Taxonomic revision of the genus Chaquihua Demoulin (Ameletopsidae: Ephemeroptera) with notes on its biology and distribution. Studies on Neotropical Fauna and Environment. 41(1): 59 – 66.
- MMA (2012) Reglamento para la determinación del caudal ecológico mínimo. Decreto 14.
- Möltgen, J., Bohn, C., Borchert, R., Gretzschel, O., Pöpperl, R., May, M., Hirschfeld, J. (2005): Interdisziplinäre Methoden und Werkzeuge zur Planung und Entscheidungsunterstützung im Flusseinzugsgebietsmanagement. In: Feld, C.K., Rödiger, S., Sommerhäuser, M., Friedrich, G. (Hrsg.) Typologie, Bewertung, Management von Oberflächengewässern. Stand der Forschung zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Limnologie aktuell 11 Schweizerbart, Stuttgart: 177 – 193.
- MOP (2012) Estudio cuencas principales región de los Ríos. Realizado por : AMPHOS 21 CONSULTING CHILE LTDA S.I.T. N° 293, págs. 303
- National Water Council. (1981) River Quality: the 1980 Survey and Future Outlook. Standard Methods Edición 2005
- Nieto C. (2004) South American Baetidae (Ephemeroptera): a New Generic Synonymy. Studies on Neotropical Fauna and Environment. Vol. 39, No. 2, pp. 95–101.
- Nimptsch, J., Woelfl, S., Osorio, S., Valenzuela, J., Ebersbach, P., von Tumpling, W., Palma, R., Encina, F., Figueroa, D., Kamjunke, N. & Graeber, D. (2015) Tracing dissolved organic matter (DOM) from land-based aquaculture systems in North Patagonian streams. Sci Total Environ, 537: 129-138.
- Nimptsch, J., Woelfl, S., Kronvang, B., Giesecke, R., Gonzalez, HE., Caputo, L., Gelbracht, J., Tuempling, W., Graeber, D. (2014) Does filter type and pore size influence spectroscopic analysis of freshwater chromophoric DOM composition? Limnologica 48, 57-64.
- Olaya, V. (2012) Sistemas de Información Geográfica. Disponible en http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG

- Pescador M. & Peters W. (1987) Revisión of the genera *Meridialaris* and *Massartellopsis* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae) from South America. From the Transactions of the American Entomological Society. Vol. 112: 147-189
- Plafkin, J. L., M. T. Barbour, K. D. Porter, S. K. Gross, and R. M. Hughes. (1989) Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers. Benthic Macroinvertebrates and Fish. EPA/444/4-89/0001. Office of Water Regulations and Standards, United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C. En Hauer & Lamberti 2007. Methods in Stream Ecology. Academic Press, New York, USA. 674pp.
- Schneider, O. et al. (2005) Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems, *Aquacultural Engineering* 32, S. 379-401.
- SEIA (2016) GUÍA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR EL CAUDAL AMBIENTAL PARA CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN EL SEIA. 162 págs.
- Shannon C.E. y Weaver, W. (1963) The mathematical theory of Communication. Univ. of Illinois Press. 117 pp.
- Smith, R.A, R. B. Alexander, G. E. Schwarz (2003) Natural Background Concentrations of Nutrients in Streams and Rivers of the Conterminous United States. *ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY* 37(14): 3039-3047.
- Smith, V.H. (2003) Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems A Global Problem. *Environ Sci & Pollut Res* 10 (2): 126-139.
- Spangler P. & Staines L. 2002. *Luchoelmis*, a new genus of Elmidae (Coleoptera) from Chile and Argentina. *Insecta Mundi*, Vol. 16, No. 4
- Socolofsky, S. A., G. H. Jirka (2002) Environmental Fluid Mechanics Part I: Mass Transfer and Difusion Engineering. Lectures University Karlsruhe, 2nd. Edition, 1- 171. Valdovinos C. 2006 Estado de conocimiento de los gasterópodos dulceacuicolas de Chile. *Gayana* 70(1): 88-95
- Vera A. & Camousseight A. 2006. Estado de conocimiento de los plecópteros de Chile. *Gayana* 70(1): 57-64.
- Vera A., Ojeda P., Orostica A. y Muñoz F. 2015. Catálogo actualizado de los Baetidae (Ephemeroptera) presentes en Chile y su distribución geográfica. *Rev. Chilena Ent.* 40: 37 – 50
- Woelfl, S., C. Oyarzún, C. Duarte y J.L. Rodríguez. 2011a. Antecedentes para evaluar el impacto económico y social de una norma secundaria de calidad de aguas en el lago Ranco, cuenca del Río Bueno” Proyecto DGA S.I.T. N° 239, 170 pág.
- Woelfl, S. C. Oyarzún, C. Duarte, J. Jaramillo y J.L. Rodríguez. 2011b. Antecedentes para evaluar el impacto económico y social de una norma secundaria de calidad de aguas en el lago Maihue, cuenca del Río Bueno” Proyecto DGA S.I.T. N° 262, 143 pág.

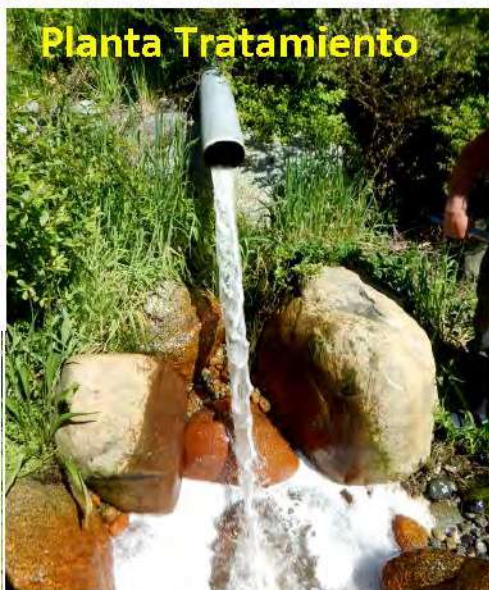
Woelfl, S., J. Nimptsch, C. Oyarzún, M. Grandjean, W. Steffen, D. Schories, C. Bertrán, L. Caputo y J. Jaramillo. 2013. Evaluación del Estado Ambiental de los Lagos utilizados para actividades de acuicultura en la zona sur austral de Chile (primera etapa)" N° 4728-42-12. 824 pág.

ANEXO 1 Ubicación pisciculturas monitoreadas



Identificación de las pisciculturas muestreadas: 7: Piscicultura Quimán; 4: Piscicultura Cuinco; 8: Piscicultura Los Canelos; 2: Piscicultura Ignao; 5: Piscicultura Iculpe; 6: Piscicultura Pitreño (Caleta Bay)

ANEXO 2 Estaciones de muestreo piscicultura Quiman



ANEXO 3 Estaciones de muestreo piscicultura Los Canelos



ANEXO 4 Estaciones de muestreo piscicultura Cuinco



ANEXO 5 Estaciones de muestreo piscicultura Ignao



ANEXO 6 Estaciones de muestreo piscicultura Iculpe



ANEXO 7 Estaciones de muestreo piscicultura Pitreño



ANEXO 8 Resultados factores físicos y químicos muestreo Piscicultura Quiman

DIC: carbono inorg. disuelto; DOC: carbono org. Disuelto; DC: carbono disuelto total; DQO: demanda bioquímica de oxígeno
 Pl.Tratam.: Planta tratamiento Futrono; Pre trata.: Pre tratamiento efluente; caudal Pl.Tratam. estimativo. -: no determinado

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
26-04-2016																
Control	7,6	46,5	7,2	11,76	0,54	129400	2,8	0,9	3,7	-	< 3	<2	<2	66,2	2,5	2,7
Efluente	6,3	49,7	7,1	10,96	1,47	36000	3,2	2,3	5,5	-	96,7	3,1	<2	215,6	119,6	140,7
Pl.Tratam.	16,2	600	6,7	9,53	5,71	769	4,4	5,9	10,3	-	1507,2	2544,5	71,1	10795,3	77,7	454,5
Punto 4	7,8	51,4	7,2	11,87	0,84	166350	2,5	1,1	3,6	-	49,2	36,3	3,4	277,2	26,4	37,9
13-06-2016																
Control	7,2	59,6	8,1	9,9?	0,68	41000	0,8	1,0	1,9	< 4	6,6	5,1	<2	183,6	14,4	22,6
Efluente	7,1	61,7	7,7	10,97	0,81	43373	1,1	1,5	2,6	< 4	149,3	7,4	<2	479,4	58,3	84,8
Pl.Tratam.	13,4	732	7,5	10,12	3,76	769	7,5	7,5	15,1	26,5	5008,1	1314,8	168,3	12938,1	7,1	527,5
Punto 4	8,1	72,5	8,1	11,43	0,85	85144	1,9	1,3	3,2	< 4	210,3	121,0	13,0	494,5	40,4	63,0
05-10-2016																
Control	8,9	53	5,7	11,5	1,06	132777	3,5	0,9	4,4	< 4	11,3	7,0	<2	75,7	4,6	10,6
Efluente	8,7	55,3	5,7	10,85	0,74	42854	3,5	1,5	5,0	< 4	166,4	6,4	<2	421,9	26,2	74,7
Punto 3	8,6	53,02	6,2	11,55	0,62	-	3,3	1,0	4,3	< 4	41,5	7,3	<2	151,1	9,6	23,7
Pl.Tratam.		54,2	6,0	no se tomo	11,57	769	7,8	12,9	20,7	38,7	5572,2	448,4	4,7	12484,8	727,8	964,0
Punto 4	8,6	59,7	5,7	11,6	0,84	175632	3,4	1,3	4,8	-	155,5	34,8	3,4	385,7	27,8	58,5

Continuación anexo 8

Estación	T [°C]	Cond. [μS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 μg/L	N-NO3 μg/L	N-NO2 μg/L	N-TOTAL μg/L	P_PO4 μg/L	P-TOTAL μg/L
14-11-2016																
Control	9,4	39,8	8,1	11,19	1,79	301067	2,6	2,5	5,1	4,3	< 3	4,7	<2	161,3	1,3	34,8
Efluente	9,5	44,7	6,6	10,05	2,78	43027	3,2	3,7	6,8	7,5	148,3	5,2	<2	778,4	79,4	192,6
Punto 3.	9,4	38,6	6,7	11,2	1,92	-	2,2	2,9	5,1	4,6	11,5	5,4	<2	149,2	6,2	23,4
Punto 4	9,8	39,2	6,7	9,8	1,79	301067	2,1	3,1	5,3	6,0	23,3	18,2	4,6	184,6	9,6	46,5
24-11-2016																
Control	11,1	59,3	6,2	10,81	1,01	143986	4,4	1,2	5,5	< 4	2,1	5,0	<2	37,2	0,9	6,7
Efluente	11	61,5	6,4	9,72	0,80	42595	4,4	3,0	7,4	< 4	85,4	5,6	<2	240,7	27,6	79,4
Pl.Tratam.	11,7	61,4	6,4	10,36	1,89	0	4,4	4,2	8,6	5,7	48,9	19,2	<2	223,6	25,8	84,3
Punto 3.	18,7	518	6,6	9,1	15,63	769	10,9	12,6	23,5	38,3	900,6	578,4	23,3	3815,1	382,6	1088,9
Punto 4	13,1	66,8	6,3	10,34	1,37	186581	4,3	2,8	7,1	< 4	46,1	25,0	1,6	206,4	29,8	75,0
21-12-2016																
Control	10,0	33,7	7,8	11,08	0,95	3475,6	2,3	2,1	4,4	< 4	4,0	<2	<2	60,4	<2	4,2
Pre Trata.		35	6,2		1,09	-	2,5	2,5	5,0		136,6	2,7	2,6	271,1	15,4	34,2
Efluente	10,0	35,4	6,1	10,46	1,06	42595	2,4	2,5	4,9	< 4	153,1	9,1	2,9	318,4	29,6	49,5
Pl.Tratam.		698	6,9		30,00	769	6,8	36,4	43,2	35,2	4279,5	28,0	14,6	19784,7	1323,7	1984,2
Punto 3	10,1	34,1	6,2	11,1	1,70	-	2,2	2,0	4,2	< 4	28,1	13,6	3,7	82,1	6,9	16,4
Punto 4	11,0	38,3	8,3	10,93	1,15	343660	1,7	2,2	3,9	4,8	254,7	26,5	4,2	336,0	24,2	44,8

Continuación anexo 8

Estación	T [°C]	Cond. [μS/cm]	pH	Oxigeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3L/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 μg/L	N-NO3 μg/L	N-NO2 μg/L	N-TOTAL μg/L	P_PO4 μg/L	P-TOTAL μg/L
10-01-2017																
Control	9,5	32	6,0	11,32	1,02	214175	1,3	1,3	2,6	3,4	< 3	<2	<2	53,7	<2	24,3
Pre Tratam.	9,4	33,1	6,2	9,75	1,02	769	1,0	7,0	8,0	-	35,4	8,8	<2	292,3	28,7	46,3
Efluente	9,5	33,8	6,1	10,71	1,66	24624	1,0	6,3	7,3	17,8	68,4	<2	<2	456,0	51,6	73,1
Canal Efl.	9,5	33,6	6,0	10,71	1,27	-	0,5	4,9	5,4	-	51,2	7,0	<2	309,6	32,2	47,7
Punto 3	9,8	31,7	5,9	11,26	0,93	-	0,8	1,2	2,0	4,0	< 3	3,5	<2	82,4	<2	7,4
Punto 4	10,1	33,9	5,9	11,18	0,91	239568	0,9	1,3	2,2	4,2	34,4	4,7	<2	102,1	2,3	8,9
31-01-2017																
Control	13,7	59,6	7,3	10,28	0,57	91000	4,2	1,1	5,3	3,4	3,1	<2	<2	39,8	<2	< 3
Pre Tratam.	13,4	63	6,6	10,25	1,44	-	1,6	1,3	2,9	16,3	2,3	<2	<2	1698,0	7,3	314,2
Efluente	14,0	61,3	6,5	11,02	0,93	22555	2,5	1,4	3,8	7,6	51,2	10,5	<2	327,6	9,0	71,0
Punto 3	14,7	60,1	7,1	10,14	0,61	-	1,8	1,0	2,8	2,8	< 3	2,6	<2	52,6	3,2	13,6
Pla.Tratam.	18,9	620	7,6	9,12	14,64	769	7,3	9,2	16,5	58,3	5388	31,6	8,5	20235	176,5	936
Punto 4	16,1	77,7	6,5	-	0,95	107800	1,9	1,2	3,1	5,1	184,5	91,3	45,7	421,1	7,7	26,6
28-02-2017																
Control	13,4	67,1	7,4	-	0,81	86000	3,0	0,5	3,5	3,2	< 3	<2	<2	58,7	<2	5,2
Pre Tratam.	13,3	68,4	7,4	-	1,12	-	2,8	0,5	3,3	2,2	60,5	<2	<2	111,4	8,6	10,3
Efluente	13,3	68,3	7,4	-	0,68	74000	2,9	0,6	3,5	2,2	91,6	<2	<2	153,5	12,2	19,0
Punto 3	13,4	67,4	7,5	-	1,12	-	2,5	1,0	3,4	1,9	16,3	<2	<2	61,0	4,6	5,6
Pla. Tratam.	18,4	468	7,0	-	6,96	160800	-	-	-	43,8	5586	37,8	19,2	9853	129,3	505,0

Continuación anexo 8

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
Punto 4	13,8	78,6	7,7	-	0,74	761,0	2,4	0,8	3,1	3,7	59,0	81,9	32,6	268,0	9,5	24,1
05-04-2017																
Control						125000					51,0	11,9	<2	121,1	9,3	16,8
Pre Tratam.	10,5	55,6	7,5	7.1	1,74	-	6,9	3,9	10,8	0,0	79,8	3,8	2,0	432,0	39,1	80,2
Efluente	10,8	52,7	7,5	8.9	1,52	42250	2,1	3,0	5,1	10,9	123,2	10,5	<2	551,2	43,8	73,9
Punto 3	11,0	50,5	7,6	8.9	1,11	-	1,7	2,8	4,5	10,4	34,9	12,6	<2	169,1	13,1	30,1
Pla. Tratam.	16,4	842	8,4	7.5	46,68	769	22,6	29,6	52,1	0,0	189,7	11,6	<2	54731,7	2556	2479,4
Punto 4	11,9	60,7	7,2	10.01	1,94	167875	2,0	2,7	4,7	14,1	1033,9	79,6	4,2	1010,9	79,8	145,0
03-05-2017																
Control	8,0	42,4	7,1	11,99	1,02	375000	3,1	1,3	4,4	7,6	< 3	13,5	<2	70,3	2,2	8,5
Pre Tratam.	7,9	39,8	6,8	10,13	0,91	-	1,1	7,5	8,6	32,2	28,6	15,5	2,2	632,9	22,1	39,1
Efluente	8,0	44,8	6,9	11,04	1,38	42000	3,5	12,5	16,0	50,1	15,2	17,3	<2	933,1	52,2	76,5
Punto 3	8,2	38,2	6,5	11,97	0,85	-	2,6	2,1	4,8	8,6	7,3	15,2	<2	128,4	3,8	9,3
Pla. Tratam.	13,5	671	7,6	9,92	25,64	769	29,3	18,8	48,1	55,8	317,5	58,2	15,8	42101,2	1645,3	1624,0
Punto 4	8,5	46	7,4	11,85	1,40	417600	2,8	2,4	5,1	10,3	131,7	28,8	5,0	331,2	21,6	34,1
11-05-2017																
Control	9,7	49,7	7,7		0,82	406000	-	-	-	8,1	14,2	9,5	<2	64,6	<2	5,2
Pre Tratam.	9,5	53,5	7,6	9,23		-	-	-	-	7,6	208,4	100,4	18,1	34927,1	1639,4	1807,3
Efluente	9,3	53,5	7,6	10,57	0,83	19872	-	-	-	7,2	301,9	11,9	<2	336,2	68,1	88,6
Punto 3	9,7	49,7	7,8	11,42	0,86	-	-	-	-	7,4	16,4	10,1	<2	53,7	2,0	9,9
Pla. Tratam.	15,0	837	8,3	9,5	32,48	769	-	-	-	52,7	234,2	10,2	<2	316,3	51,9	86,2

Continuación anexo 8

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
Punto 4	9,4	52,3	7,0	11,3	0,97	446429	-	-	-	8,0	101,0	21,0	3,2	138,1	11,9	27,6
Punto 5	9,2	54,2	7,3	11,7	1,01	446429	-	-	-	7,9	61,4	32,6	5,0	117,7	10,4	22,4
06-06-2017																
Control	6,3	49,4	6,2	12,62	0,71	405700	2,6	1,1	3,6	4,0	13,7	27,6	<2	107,7	<2	3,6
Pre Tratam.	6,8	53,4	6,2	11,59	0,65	-	5,9	1,1	7,0	6,0	44,0	23,6	<2	274,4	8,1	28,7
Salida Trata.	6,3	51,2	6,2	11,45	0,89	-	4,8	1,0	5,8	-	45,6	25,4	<2	324,6	-	47,7
Efluente	6,2	51,3	6,1	11,92	0,85	19872	1,9	1,1	3,0	5,0	70,9	116,9	<2	258,6	18,9	41,9
Punto 3	6,3	49,6	6,5	12,61	0,65	-	1,6	1,0	2,6	3,9	4,6	37,0	<2	95,2	<2	8,7
Pla. Tratam.	11,0	594	7,2	10,47	14,34	769	9,9	13,5	23,4	56,5	1750,2	5759,1	27,5	12433,9	435,9	695,5
Punto 4	6,5	52,3	6,2	12,47	0,75	406000	3,2	1,0	4,2	7,3	67,2	53,9	4,6	185,3	6,9	18,5
Punto 5	6,4	54,2	6,4	12,55	1,49	406000	3,5	1,0	4,5	4,3	103,3	46,5	3,6	195,9	4,1	20,7
04-07-2017																
Control	7,0	40,8	7,0	12,41	0,84	157100	1,0	1,6	2,6	5,3	7,9	19,9	<2	62,7	<2	7,2
Pre Tratam.	7,0	38,4	7,1	12,39	0,72	-	1,7	1,4	3,2	2,6	4,4	21,0	<2	264,8	<2	4,3
Efluente	7,1	39,1	7,0	12,25	0,87	19872	1,6	2,0	3,6	4,5	81,0	21,9	<2	221,6	6,8	11,4
Punto 3	7,0	39,3	7,4	11,45	0,85	-	0,9	1,4	2,3	4,1	7,7	71,5	<2	412,1	<2	5,1
Pla. Tratam.	s.d.	-	-	-	-	769	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Punto 4	7,1	39,7	7,4	12,4	0,77	177725	1,0	1,4	2,5	4,2	39,1	19,6	2,2	131,9	2,6	7,0
Punto 5	7,2	39,5	7,3	11,34	0,78	177725	1,0	1,4	2,4	4,7	51,4	28,0	2,2	178,7	3,0	7,4

ANEXO 9 Resultados factores físicos y químicos muestreo Piscicultura Los Canelos

Contr.arroyo: control arroyo; Contr. Vertien.: control vertiente; Contr. Acumu.: control acumulador; Pre Tratam.: Pre tratamiento

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxigeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
13-10-2016																
Contr. arroyo	10,8	88,4	6,5	10,2	0,90	2140	4,39	1,18	5,58	< 4	19,3	492,4	<2	494,4	89,9	110,6
Contr. vertien.	10,9	109,7	6,3	10,8	1,08	-	-	-		< 4	< 3	668,6	<2	660,2	160,4	142,0
Efluente	10,6	117,5	6,2	9,8	1,44	5735	6,74	2,05	8,79	< 4	586,4	429,0	3,4	1294,6	382,5	421,9
Punto 3	10,7	114,5	6,2	9,6	0,54	-	6,51	1,90	8,41	< 4	586,3	390,0	4,1	1246,1	354,1	435,6
Punto 4	10,9	114,8	6,2	9,7	0,78	13657	6,88	1,87	8,75	< 4	619,6	378,0	4,6	1272,1	356,4	486,2
24-11-2016																
Control*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Efluente	16	103,3	6,2	10,0	1,93	4714	6,03	0,81	6,84	< 4	8,6	111,6	2,4	157,8	108,0	147,2
Punto 3	14,1	105,3	6,3	9,6	1,06	-	5,86	0,65	6,52	< 4	23,2	279,5	<2	451,9	116,5	153,8
Punto 4	14,4	103,4	6,3	9,5	2,13	7025	5,66	0,67	6,34	< 4	41,5	254,1	<2	467,0	120,2	178,7
12-12-2016																
Control	13,1	76,2	7,7	9,4	1,96	3181	3,70	2,18	5,88	< 4	19,0	281,4	<2	543,3	61,2	85,9
Efluente	12,5	87,3	7,8	10,3	0,95	4714	4,68	1,26	5,95	< 4	17,6	119,5	<2	328,0	115,0	141,3
Punto 3	11,8	85,3	7,7	10,1	1,30	-	3,84	1,02	4,86	< 4	15,1	401,3	<2	627,8	114,7	145,2
Punto 4	11,8	86,5	7,6	10,0	1,20	7354	4,08	1,46	5,54	< 4	21,6	399,8	<2	623,8	114,9	147,5

Continuación anexo 9 * sin datos por mal funcionamiento del equipo

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
09-01-2017																
Control	13,8	83,2	6,0	9,2	3,31	2027	1,70	3,04	4,74	9,9	8,5	300,0	<2	518,6	38,2	91,1
Efluente	-	-	-	-	-	Sin agua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Punto 3	12,6	89	6,3	10,0	2,52	-	1,21	1,66	2,88	6,8	7,9	500,2	<2	579,0	108,6	162,2
Punto 4	12,5	90,8	7,6	9,9	2,30	5529	1,80	1,60	3,41	7,1	10,3	500,6	<2	569,9	58,9	139,7
31-01-2017																
Control	14,3	107,4	6,4	9,9	0,80	5122	2,21	0,73	2,95	5,2	40,4	379,8	<2	846,0	145,1	235,2
Pre Tratam.	16,5	104,9	6,8	9,4	0,58	-	3,31	0,28	3,59	1,9	< 3	417,6	<2	559,6	191,4	282,8
Efluente	16,4	111,9	6,8	8,8	0,47	5905	3,27	0,39	3,67	6,0	43,6	420,4	<2	750,5	187,5	299,8
Contr. Acumu.	10,4	-	-	10,6	-	5905	3,99	0,44	4,43	3,3	< 3	443,6	< 2	645,5	177,0	257,6
Punto 3	11,8	108,9	7,9	10,4	0,87	-	1,40	0,63	2,04	2,3	42,8	417,8	<2	721,9	164,5	262,1
Punto 4	11,9	108,1	7,7	10,3	0,76	8250	3,24	0,54	3,77	3,5	44,1	395,3	<2	597,8	163,8	235,2
28-02-2017																
Control	12	108	7,8	-	21,20	15519	3,89	2,00	5,88	9,7	30,1	273,7	2,4	737,1	195,5	278,4
Contr.acumul.	10,5	117	8,0	-	1,48	7260	3,94	0,18	4,12	-	< 3	501,4	<2	590,2	147,6	354,2
Pre Tratam.	10,9	115,2	7,6	-	57,22	-	3,89	0,09	3,98	7,1	46,3	260,5	<2	603,6	242,9	354,2
Efluente	10,8	115,3	7,8	-	40,66	7260	3,38	0,19	3,56	1,4	43,6	271,4	<2	630,3	261,3	362,7
Punto 3	11,7	111	7,5	-	24,10	-	3,39	1,07	4,47	1,6	35,5	273,9	<2	670,4	216,5	282,2
Punto 4	11,8	110,8	7,6	-	23,94	12583	3,20	0,92	4,11	6,0	37,2	279,6	2,0	626,9	216,0	307,4

Continuación anexo 9: * sin datos por mal funcionamiento del equipo

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
05-04-2017																
Control	11,4	109,5	7,0	>10.01	1,41	7839	5,27	0,93	6,21	5,8	49,9	388,5	2,3	450,8	183,3	235,9
Control acumulador	10,4	115,8	7,8	>10.01	0,42	5908	5,75	0,36	6,11	-	< 3	377,3	<2	306,7	278,4	296,9
Pre Tratam.	10,8	119	6,8	> 10,0	1,60	-	9,16	0,35	9,51	-	31,5	340,5	2,5	394,6	275,0	294,0
Efluente	10,7	115,2	6,9	> 10,0	2,30	5908	5,96	0,51	6,46	5,0	58,3	384,8	<2	481,4	275,2	308,3
Punto 3	11,2	116,9	7,3	> 10.01	1,62	-	4,72	1,10	5,82	5,8	53,8	392,7	2,0	459,3	233,1	267,1
Punto 4	11,2	121,8	7,8	> 10.01	1,46	6419	5,41	0,70	6,11	4,8	52,3	308,1	2,2	462,7	227,6	260,3
03-05-2017																
Control	11,2	102,4	7,6	10,0	3,28	9073	3,37	1,59	4,96	4,4	24,5	421,5	<2	472,0	111,2	133,9
Control acumulador	10,7	113,7	7,8	11,2	0,66	4449	5,84	0,28	6,12		< 3	507,7	<2	449,6	256,4	255,9
Pre Tratam.	10,8	114,5	8,0	10,7	0,66	-	3,67	0,22	3,89	10,0	18,3	505,4	<2	539,5	248,7	285,2
Efluente	10,7	115,4	7,7	11,3	0,88	4449	3,29	0,32	3,61	9,7	12,0	465,3	8,4	558,0	289,6	273,0
Punto 3	10,8	112,8	8,1	10,8	1,87	-	11,83	1,30	13,13	4,5	30,0	402,2	2,2	553,4	242,6	262,5
Punto 4	10,8	112,1	8,2	10,8	2,91	3300	3,95	1,36	5,31	9,1	27,0	424,2	<2	656,0	248,1	278,2
06-06-2017																
Control	9,4	100,8	6,3	11,1	2,49	3300	6,36	1,68	8,03	9,3	26,4	547,8	<2	904,3	57,4	96,6
Control acumulador	9,8	110,1	6,6	11,4	0,58	3380	7,27		7,31	4,8	8,5	509,2	<2	740,4	148,0	142,6
Pre Tratam.	9,3	115,4	6,5	11,6	0,67	-	11,94	0,21	12,15	3,7	27,1	314,6	<2	360,6	319,8	318,6
Efluente	9,9	114,7	6,5	11,3	0,64	3380	8,76		8,72	5,0	20,0	310,1	<2	450,6	316,4	320,6
Punto 3	10	106,1	6,4	10,9	1,47	-	7,46	1,08	8,54	7,9	26,7	475,8	<2	775,0	204,7	222,5
Punto 4	10	107,2	6,8	10,8	2,05	10409	7,04	1,13	8,17	9,2	8,6	462,2	<2	785,0	189,0	250,0

Continuación anexo 9: * sin datos por mal funcionamiento del equipo

Estación	T [°C]	Cond. [μS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 μg/L	N-NO3 μg/L	N-NO2 μg/L	N-TOTAL μg/L	P_PO4 μg/L	P-TOTAL μg/L
04-07-2017																
Control	10	94,7	7,4	10,5	1,60	9662	7,15	1,87	9,02	6,9	27,6	1577,4	6,2	526,2	36,7	59,3
Efluente	10,2	116,8	7,6	11,2	0,62	3752	10,66	0,41	11,08	0,4	50,5	418,6	7,1	607,3	310,4	347,4
Punto 3	10,2	106,6	7,6	10,9	1,17	-	8,59	1,10	9,69	4,2	32,1	998,9	10,7	1285,1	160,6	183,6
Punto 4	10,2	106,6	7,6	10,9	1,17	7352	8,25	1,06	9,31	4,9	33,7	1050,3	10,8	1313,7	159,9	190,3
Pre Tratamiento	10,2	117,3	7,9	11,2	0,57	-	3,72	0,35	4,07	-0,4	46,0	422,1	8,6	614,5	312,6	335,7
Control acumulador	10,5	108,6	7,8	11,2	0,55	3752	10,64	0,24	10,88	0,1	5,4	716,8	10,7	910,4	153,6	157,1

ANEXO 10 Resultados factores físicos y químicos muestreo Piscicultura Cuinco.

Contr. Recept.: Control Receptor; Contr. Acumul: Control acumulador; Pre. Trata.: Pre tratamiento; Pisc. decanta.: piscina decantadora

Estación	T [°C]	Cond. [μS/cm]	pH	Oxigeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 μg/L	N-NO3 μg/L	N-NO2 μg/L	N-TOTAL μg/L	P_PO4 μg/L	P-TOTAL μg/L
13-10-2016																
Control	10,7	102,3	6,3	9,9	0,80	5590	7,76	2,04	9,80	< 4	5,0	147,1	<2	237,0	114,3	142,9
Efluente	12,1	120,9	6,3	7,6	0,72	8467	7,89	2,04	9,94	< 4	485,0	430,6	10,9	960,3	274,4	366,8
Punto 3	11,2	112,6	6,2	9,2	0,89	-	8,57	1,94	10,51	< 4	277,2	321,3	9,1	828,6	200,0	303,2
Punto 4	11,2	112,6	6,2	8,5	0,71	14057	8,16	1,89	10,05	< 4	267,8	313,6	9,5	775,6	206,4	252,3
24-11-2016																
Contr. Recept.	13,3	106,4	6,5	9,3	0,82	5196	7,29	1,44	8,73	< 4	< 3	88,5	6,3	236,1	123,5	161,3
Efluente	15,6	120,6	6,4	6,9	1,33	7645	8,07	2,24	10,31	< 4	494,0	234,1	3,3	840,3	204,0	334,5
Punto 3	15	115,2	6,5	7,6	1,75	-	7,40	1,61	9,01	< 4	328,7	160,9	5,9	576,7	170,9	280,9
Punto 4	15	106,7	6,4	7,4	1,86	12841	7,58	1,58	9,16	< 4	339,3	156,6	13,9	514,3	176,3	265,4
12-12-2016																
Control	12,1	88,9	7,5	9,3	0,98	4956	5,45	2,54	7,99	<4	7,8	155,0	<2	263,6	111,2	149,0
Contr.acumul.	12,1	96,8	6,8	10,4	0,63	8123	7,66	0,73	8,39	< 4	5,0	494,1	<2	528,2	119,6	155,7
Pre Tratam.	12,2	101,8	6,7	7,6	0,89	-	4,70	1,43	6,13	<4	263,1	481,6	<2	1118,7	234,2	325,2
Efluente	13,3	101,1	6,7	6,1	1,41	8123	4,99	1,51	6,50	< 4	617,9	526,2	18,5	1259,6	279,6	377,3
Pisc. decanta.	12,7	99,2	6,7	8,3	1,78	-	5,15	1,89	7,03	39,6	570,7	502,4	3,3	1311,9	259,3	449,6
Punto 4	13	98,1	6,5	7,0	3,03	16247	4,59	2,11	6,70	6,7	370,2	242,6	13,7	930,6	208,7	333,4

Continuación anexo 10

Estación	T [°C]	Cond. [μS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 μg/L	N-NO3 μg/L	N-NO2 μg/L	N-TOTAL μg/L	P_PO4 μg/L	P-TOTAL μg/L
09-01-2017																
Control	12,2	84,3	6,9	8,9	4,41	6015	2,67	3,72	6,39	12,6	< 3	106,4	12,4	301,3	92,2	143,3
Control acu.	12,5	92,8	7,4	10,3	1,2	8554	2,3	1,0	3,3	-	< 3	469	<2	576,0	62,1	141,6
Pre Tratam.	12,4	97,7	6,3	8,7	1,31	-	1,69	1,09	2,78	19,1	146,3	435,1	<2	772,1	147,7	209,1
Pisc.decan.	12,7	97,0	6,3	8,9	4,4	-	3,4	1,5	4,8	-	222	444	2,2	906,4	160,1	322,5
Efluente	14,1	93,2	6,8	7,8	1,50	8554	2,29	1,58	3,87	4,7	209,3	359,4	11,1	889,8	118,1	256,5
Punto 4	12,6	87	7,1	7,9	1,39	14569	2,23	2,51	4,74	12,8	115,0	202,9	2,4	622,7	144,5	210,4
31-01-2017																
Control	13,1	107,7	7,4	9,2	0,9	8333	2,3	0,7	3,0	6,5	24	212	<2	273,2	100,8	158,0
Pisc.decan.	16,3	126,8	6,7	8,4	1,21	-	1,74	1,19	2,94	9,9	733,7	443,4	8,9	2139,5	126,6	314,2
Efluente	16,8	125,2	7,2	7,0	1,47	2305	1,89	1,42	3,31	9,6	400,5	369,3	30,5	1251,7	114,8	242,4
Punto 4	14	112,6	7,5	8,7	1,04	10637	1,07	1,01	2,08	10,4	90,1	249,0	10,7	774,4	104,0	195,7
28-02-2017																
Control	12,6	101,7	7,5	-	3,11	13723	4,06	2,59	6,65	42,0	< 3	135,5	<2	538,5	170,1	246,0
Pisc.decan.	12,8	130,7	7,4	-	2,21		4,78	1,35	6,14	15,0	460,9	366,4	4,4	1107,7	170,1	262,2
Efluente	13,4	125,2	7,3	-	3,37	4157	4,22	3,67	7,89	19,6	174,7	303,2	22,9	1278,0	164,1	284,4
Punto 4	12,9	107,2	7,5	-	3,22	17880	3,83	3,43	7,25	21,5	37,4	178,0	7,9	964,2	166,6	281,4

Continuación anexo 10

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
05-04-2017																
Control	12	105,6	7,4	9.8	1,68	6283	6,45	2,73	9,19	13,3	6,1	203,4	2,9	432,0	115,9	159,3
Pisc.decan.	12,2	131,5	7,7	8.9	0,77	-	7,47	1,48	8,94	9,8	425,2	467,6	3,2	609,1	138,7	270,8
Efluente	13,9	120,1	7,6	8.7	2,07	1642	6,03	1,85	7,88	10,9	140,9	354,8	4,5	690,8	87,3	181,2
Punto 4	12,3	108,7	7,2	9.2	2,64	7925	5,65	2,43	8,07	18,6	34,7	294,4	3,6	483,1	99,9	202,2
03-05-2017																
Control	10,7	103,1	7,7	9,5	1,81	8375	5,83	3,07	8,90	12,0	4,1	159,5	<2	428,2	137,8	158,2
Pisc.decan.	11,2	129,9	7,4	9,7	2,00	-	10,11	0,86	10,97	7,7	259,8	528,6	3,1	1082,8	152,5	214,4
Efluente	11,7	118,7	6,9	8,7	2,06	462	6,01	1,44	7,45	9,4	90,7	441,5	17,9	767,9	109,6	162,4
Punto 4	11,1	106,8	7,6	9,3	2,12	8837	4,73	2,75	7,48	12,4	22,3	240,5	4,5	613,3	132,9	158,1
06-06-2017																
Control	9,8	105,9	6,4	9,9	1,43	8750	9,52	2,33	11,85	7,1	23,8	230,5	2,1	450,0	112,9	168,9
Pisc.decan.	10,5	133,3	6,4	9,8	1,60	-	11,40	0,61	12,01	19,6	293,1	578,2	3,3	1449,5	134,6	409,3
Efluente	10,4	120,1	6,4	9,3	1,49	2566	10,09	0,81	10,90	6,0	85,9	492,5	<2	850,8	101,2	167,7
Punto 4	9,9	106,9	6,3	9,7	1,46	11316	9,82	2,12	11,94	13,7	21,7	226,1	3,4	695,9	108,5	211,7
04-07-2017																
Control	9,8	96	7,9	9,5	1,04	7099	2,40	3,10	5,51	10,6	9,8	217,6	5,3	511,8	112,5	129,3
Pisc.decan.	10,5	124,4	7,6	10,0	1,07	-	2,75	1,06	3,80	11,9	209,5	692,6	5,0	1323,3	133,5	194,4
Efluente	10,6	115,3	7,8	9,3	1,62	3823	3,16	1,46	4,62	8,6	69,1	570,0	18,3	1127,6	99,6	150,0
Punto 4	10	102,2	7,4	9,5	1,44	10923	1,84	3,29	5,13	3,7	26,9	353,9	16,1	678,9	104,8	142,8

ANEXO 11 Resultados factores físicos y químicos muestreo Piscicultura Ignao

Pre Tratam.: Pre tratamiento

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxigeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
14-11-2016																
Control	10,2	46,2	6,6	10,4	1,62	270041	1,67	1,58	3,24	< 4	< 3	19,5	<2	99,3	8,3	33,1
Efluente	9,6	38,3	6,6	11,0	1,73	58790	2,90	1,57	4,46	< 4	71,1	16,9	2,0	192,9	59,8	111,1
23-11-2016																
Control	18,3	47,6	7,9	9,3	0,69	270041	1,98	0,84	2,82	< 4	3,2	14,4	<2	80,7	12,4	26,3
Efluente	18	49,8	7,3	8,7	0,92	31303	2,06	0,96	3,02	< 4	297,8	17,4	2,9	356,3	29,3	60,1
Punto 3	17,6	48,6	7,1	9,3	0,95	-	1,95	0,72	2,67	< 4	74,6	15,6	<2	136,6	15,6	31,5
Punto 4	17,9	48,5	6,8	9,1	0,82	359483	1,60	0,68	2,29	< 4	48,7	10,8	<2	129,3	10,6	21,8
20-12-2016																
Control	12,9	36,1	6,2	10,1	1,00	359483	1,89	1,15	3,04	< 4	6,2	21,2	<2	51,6	13,8	24,9
Pre Tratam.	13	41	6,2	9,9	1,35	-	4,24	1,42	5,65	26,5	177,4	28,3	<2	389,3	207,4	417,5
Efluente	13	38,5	5,9	9,9	1,44	48687	2,87	1,25	4,12	< 4	202,5	31,7	<2	331,0	50,2	88,8
10-01-2017																
Control	11,9	24,1	6,2	10,5	0,90	359483	0,81	1,24	2,04	4,8	< 3	6,8	<2	75,3	6,0	14,7
Pre Tratam.	12	25,3	6,0	11,3	1,19	-	1,02	1,31	2,34	-	195,3	9,2	2,0	327,7	26,7	45,9
Efluente	12	24	6,1	10,5	1,38	48687	1,24	1,38	2,62	5,5	185,1	9,1	2,0	288,5	20,1	39,2

Continuación anexo 11

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxigeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
30-01-2017																
Control	18,2	56,4	6,6	9,9	1,22	146186	2,13	1,30	3,42	5,3	< 3	12,8	<2	166,3	15,5	26,9
Efluente	17,5	56,1	6,5	9,4	1,50	47422	2,50	1,38	3,88	5,8	81,3	16,9	3,7	335,2	25,1	40,5
Punto 3	18,1	55,3	6,5	9,7	1,50	-	1,90	1,27	3,17	5,3	25,1	16,6	2,2	210,2	18,8	31,1
Punto 4	18,1	55,2	6,5	9,7	1,51	250606	2,27	1,28	3,55	5,3	24,8	17,0	2,6	214,5	17,2	30,6
27-02-2017																
Control	17,1	48,7	7,3	9,6	0,80	186464	2,53	0,84	3,37	3,2	4,2	4,6	<2	96,1	18,6	23,2
Efluente	16,3	50,7	7,4	9,5	1,40	44265	2,80	2,75	5,56	9,4	177,5	6,9	2,4	289,7	50,7	72,3
Punto 3	17,5	49,4	7,8	-	1,00	-	2,67	1,35	4,01	5,0	58,5	5,6	<2	141,5	27,0	45,0
Punto 4	17,7	49,5	7,3	-	0,99	218133	2,49	1,08	3,56	4,0	54,5	6,3	<2	131,5	27,4	49,7
03-04-2017																
Control	12	64,1	7,7	11,0	1,16	181382	4,24	0,89	5,14	8,3	3,8	16,8	<2	118,8	15,8	39,8
Efluente	12,7	64,8	7,5	11,2	1,70	33328	4,78	1,93	6,71	11,4	65,8	31,5	2,6	311,1	31,7	68,4
Punto 3	12,5	63,9	7,7	11,1	1,63	-	4,55	1,34	5,89	9,8	17,4	28,9	<2	173,9	20,4	52,4
Punto 4	12,4	63,4	8,0	11,1	1,56	195265	4,70	1,36	6,06	10,0	19,1	22,7	<2	143,3	22,6	20,4
02-05-2017																
Control	10,5	20,7	6,5	11,2	2,99	188068	1,38	3,56	4,93	14,0	7,8	15,2	<2	225,0	5,8	36,2
Efluente	11,1	41,2	7,1	11,3	2,40	42104	3,54	3,13	6,67	16,5	101,0	20,5	2,1	391,3	75,0	117,1
05-06-2017																
Control	6,6	33,3	6,1	12,8	0,94	-	2,72	0,86	3,58	4,9	14,5	36,4	<2	90,3	9,5	12,9
Antes Lodo	7,6	41,2	6,153	13,17	1,45	-	11,2	1,6	12,9	11,3	72,7	32,6	<2	269,1	53,7	60,9
Desp. Lodo	7,5	55,1	6,509	13,15	1,19	--	9,9	3,7	13,6	12,9	80,7	35,4	<2	919,9	119,4	156,0
Despues UV	6,9	43,8	6,28	13,07	1,31	-	10,1	3,6	13,7	12,7	64,9	35,3	<2	465,1	68,0	80,8

Continuación anexo 11

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
Efluente	7	42,7	6,7	12,9	1,41	47500	4,04	2,71	6,75	8,7	89,5	43,8	<2	397,1	59,9	
Punto 2	6,7	34,6	6,6	12,7	1,27	-	2,49	1,65	4,14	5,2	31,8	38,8	<2	125,3	16,4	
03-07-2017																
Control	9,3	34	7,5	11,4	0,81	334502	4,10	0,89	4,99	3,5	8,1	86,0	<2	151,9	9,2	14,6
Antes Lodo	9,7	38,5	7,003	11,88	0,93	-	6,3	12,8	19,1	43,8	< 3	84,1	2,5	559,6	39,9	48,6
Desp. Lodo	9,5	51,7	7,047	11,79	1,46	-	5,4	12,6	18,0	98,6	< 3	75,5	3,7	1199,2	256,9	704,5
Despues UV	9,2	40,3	7,139	11,69	1,07	-	2,5	12,2	14,6	43,9	< 3	68,3	3,1	755,3	57,8	78,2
Efluente	9,1	39,7	7,0	11,7	1,07	46106	3,21	10,21	13,41	31,7	4,0	84,7	2,5	635,9	51,5	59,8
Punto 2	8,9	34,2	7,5	11,6	0,78	-	1,70	1,49	3,19	3,7	10,0	80,4	3,1	156,7	13,4	19,2
08-08-2017 Muestreo area ritron																
Puente cabecera cordillera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95,7		10,7

ANEXO 12 Resultados factores físicos y químicos muestreo Piscicultura Iculpe

Pre Tratam.: Pre ratamiento

Estación	T [°C]	Cond. [μS/cm]	pH	Oxigeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 μg/L	N-NO3 μg/L	N-NO2 μg/L	N-TOTAL μg/L	P_PO4 μg/L	P-TOTAL μg/L
27-10-2016																
Control	14,5	51,7	8,4	9,96	1,20	180297	2,8	0,7	3,5	< 4	< 3	23,2	< 2	86,0	14,9	24,5
Efluente	14	63,4	7,3	8,7	1,07	37253	2,8	1,4	4,3	< 4	414,9	39,0	< 2	578,7	84,4	142,4
Pto 3	15	64,7	7,3	9,27	1,19	-	3,4	1,1	4,5	< 4	143,5	30,3	< 2	312,1	40,3	63,9
Pto 4	15,1	57,9	7,5	9,37	1,13	217550	3,0	1,2	4,2	< 4	133,4	32,4	< 2	304,5	39,0	61,5
23-11-2016																
Control	16,9	48,9	6,1	9,62	0,78	149510	2,4	0,4	2,8	< 4	3,2	13,6	<2	65,3	9,4	18,2
Efluente	16,2	59,5	6,2	9,24	1,15	58571	2,5	0,9	3,4	< 4	180,3	25,6	2,0	324,2	39,9	69,3
Punto 3	16,3	56	6,2	9,32	0,97	-	2,7	0,8	3,4	< 4	130,8	22,0	<2	239,1	35,8	59,4
Punto 4	16,4	56,7	6,1	9,31	0,96	208081	2,5	0,7	3,2	< 4	121,9	23,6	<2	211,5	31,6	55,5
20-12-2016																
Control	12,4	33,4	6,1	10,37	0,80	286780	2,2	0,9	3,1	< 4	5,8	10,3	< 2	51,0	7,8	15,1
Pre Tratam.	13,7	44,2	6,4	8,64	1,56	-	4,6	1,2	5,7	4,7	226,1	24,4	2,6	340,6	39,8	59,6
Efluente	13,7	44	6,0	8,54	1,43	36980	3,2	1,4	4,6	4,6	280,4	23,4	2,4	392,4	67,0	96,2
Punto 3	13,1	39,7	6,1	9,66	1,04	-	2,5	0,9	3,5	< 4	105,3	13,3	<2	209,1	31,5	46,8
Punto 4	13,0	39	6,2	9,31	1,14	323760	2,8	1,1	3,9	< 4	121,3	13,9	<2	205,3	30,9	45,2
10-01-2017																
Control	11,3	25,4	5,9	10,85	1,05	286780	1,2	1,1	2,3	5,3	< 3	4,4	<2	57,5	2,6	10,7

Continuación anexo 12

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
Pre Tratam.	12,9	35,9	6,2	9,69	1,11	-	1,6	1,3	2,9	-	111,6	20,6	2,0	227,5	21,0	46,3
Efluente	13,2	36,4	6,0	9,67	1,46	55475	1,6	1,4	3,0	6,2	180,4	19,4	2,0	281,7	35,9	95,3
Punto 3	12,5	31,6	6,3	10,25	1,68	-	1,1	1,2	2,3	-	93,3	14,6	2,0	188,6	23,6	56,9
Punto 4	12,2	27,4	6,3	10,38	1,19	342255	1,2	1,2	2,4	-	54,0	11,1	<2	160,5	17,7	43,8
30-01-2017																
Control	18,2	55,1	7,8	9,4	0,89	33180	2,8	1,2	4,0	2,3	<3	6,3	<2	110,9	10,7	19,4
Pre Tratam.	17,9	64,6	6,3	8,2	1,01	-	3,4	1,5	4,8	5,4	447,2	22,5	5,7	453,6	48,8	154,0
Efluente	18,3	63,1	7,2	8,6	1,28	68928	2,9	1,6	4,5	8,1	398,9	27,6	6,3	993,9	47,4	103,8
Punto 3	18,3	62,8	6,2	8,84	0,99	-	3,6	1,5	5,0	6,3	174,1	30,0	8,9	509,5	31,2	58,4
Punto 4	18,3	63	7,7	8,84	1,13	102108	2,9	1,4	4,3	5,0	189,4	36,5	12,0	924,7	27,2	56,6
27-02-2017																
Control	17,8	45,8	7,5	-	0,74	154886	2,2	0,7	2,9	2,4	<3	4,9	<2	52,0	11,4	12,7
Pre Tratam.	18,7	61,3	7,2	-	0,86	-	2,7	0,8	3,5	3,6	279,4	19,9	5,5	438,0	55,9	105,9
Efluente	18,9	61,2	7,0	-	1,09	49345	3,0	1,1	4,1	3,6	293,1	21,5	<2	466,7	78,3	116,6
Punto 3	18,5	54,5	7,2	-	1,04	-	2,5	0,8	3,4	4,3	103,6	16,0	6,8	451,3	31,0	103,0
Punto 4	18,2	55,8	7,1	-	1,00	204231	2,4	0,8	3,2	3,5	90,6	15,4	5,7	375,2	28,7	81,7

Continuación anexo 12

Estación	T [°C]	Cond. [μS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 μg/L	N-NO3 μg/L	N-NO2 μg/L	N-TOTAL μg/L	P_PO4 μg/L	P-TOTAL μg/L
03-04-2017																
Control	12,6	52,3	7,7	10,66	1,36	195150	3,4	1,3	4,7	9,3	7,4	16,1	<2	48,3	5,2	40,6
Pre Tratam.	13,9			9,39	1,93	-	4,8	1,8	6,7	0,0	485,7	26,0	2,0	670,4	60,7	154,3
Efluente	14,3	62,3	7,4	9,25	1,41	43452	4,7	2,0	6,7	10,1	235,8	28,1	2,0	467,8	53,4	102,5
Punto 3	13,9	61,2	7,8	10,09	1,56	-	3,7	1,8	5,5	10,1	124,4	21,8	<2	290,4	12,0	42,8
Punto 4	14,1	57,7	8,0	10,22	1,55	238602	3,9	1,7	5,6	11,2	227,1	23,3	<2	240,0	40,1	49,1
02-05-2017																
Control	10,4	19,9	7,1	11,38	1,55	156781	1,8	2,2	4,0	7,3	< 3	7,4	<2	117,8	2,6	15,1
Pre Tratam.	12,1	38,2	7,5	10,03	1,65	-	7,0	2,0	9,0	7,4	204,5	21,1	2,5	497,1	41,8	85,1
Efluente	12,2	38,8	7,0	9,79	1,61	64190	3,8	2,4	6,2	8,0	221,4	23,7	2,6	562,0	59,0	96,4
Punto 3	11,1	26,5	6,8	10,9	1,42	-	2,5	2,2	4,7	7,1	74,2	14,2	<2	277,9	21,3	39,9
Punto 4	10,9	24,8	7,9	11,04	1,33	220971	2,3	2,3	4,6	7,7	52,8	11,8	<2	200,9	15,7	33,1
05-06-2017																
Control	6,8	29,9	6,3	12,66	0,83	382745	3,4	0,8	4,2	4,0	14,2	25,1	<2	53,5	6,8	8,4
Pre Tratam.	8,8	49,3	6,2	10,07	1,07	-	13,2	0,8	14,0	4,7	251,4	55,6	2,7	419,9	71,4	98,3
Efluente	8,9	48,6	6,6	10,04	1,41	65637	5,4	0,9	6,4	5,7	249,0	48,6	2,2	476,8	60,2	88,7
Punto 3	8,1	44,2	6,3	11,27	1,21	-	3,3	1,0	4,2	5,4	100,7	36,4	2,4	270,4	30,7	39,7
Punto 4	8,0	40,8	6,3	11,51	1,01	448382	3,9	1,0	4,9	4,8	132,0	48,7	3,2	232,6	36,3	42,2

Continuación anexo 12

Estación	T [°C]	Cond. [μS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (L/s)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 μg/L	N-NO3 μg/L	N-NO2 μg/L	N-TOTAL μg/L	P_PO4 μg/L	P-TOTAL μg/L
03-07-2017																
Control	8,8	34,5	7,3	11,74	0,76	-	3,0	0,8	3,8	2,7	< 3	37,2	<2	89,9	7,3	11,2
Pre Tratam.	9,9	51,9	7,1	9,86	0,81	-	5,2	1,4	6,6	4,2	233,1	66,7	4,5	528,1	63,0	116,3
Efluente	9,8	50,8	7,5	10,02	1,04	-	4,1	1,2	5,3	4,5	229,7	63,7	3,9	631,2	58,5	88,0
Punto 3	9,3	42,9	8,0	11,09	0,95	-	3,3	0,9	4,1	4,1	115,7	66,6	3,1	327,6	33,2	44,1
Punto 4	9,3	42,4	7,2	11,13	0,90	-	2,2	0,9	3,1	3,8	102,4	63,6	3,3	356,2	28,4	46,3

ANEXO 13 Resultados factores físicos y químicos muestreo Piscicultura Pitreño

Pre Tratam.: Pre tratamiento

Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
27-10-2016																
Control	12,2	54,1	8,0	10,79	0,85	94151	2,8	0,8	3,5	< 4	51,1	7,8	< 2	162,7	25,2	41,3
Efluente	12,6	62,1	8,0	10,13	1,85	8494	2,4	6,5	8,9	11,5	236,3	1,3	2,4	995,7	110,8	177,3
Pto 3	12,6	61,1	7,6	10,29	1,00	-	2,6	4,1	6,7	5,2	203,6	6,7	3,1	677,8	74,4	124,2
Pto 4	12,6	60,7	8,0	10,35	1,11	102645	2,7	3,3	5,9	< 4	222,5	8,8	3,3	557,6	68,5	102,9
23-11-2016																
Control	14	52,2	6,3	10,3	0,48	51373	1,9	0,3	2,2	< 4	< 3	12,8	<2	45,3	6,0	13,0
Efluente	13,9	63,3	6,2	9,94	1,27	22051	1,8	0,8	2,5	< 4	343,1	12,2	<2	531,9	70,1	112,9
Punto 3	13,9	61,3	6,1	10,1	1,18	-	1,7	0,7	2,4	< 4	268,9	20,6	2,9	388,5	48,7	83,1
Punto 4	14,1	59,3	6,0	10,09	0,93	73424	1,7	0,6	2,3	< 4	260,0	25,4	3,3	360,4	50,8	84,3
20-12-2016																
Control	11,9	30,6	7,8	10,59	0,46	51864	2,2	1,0	3,2	< 4	< 3	7,5	< 2	30,4	2,2	3,7
Pre Tratam.		33,7	6,2	-	1,28	-	3,9	1,8	5,8	8,4	225,5	7,8	<2	443,9	89,8	140,4
Efluente	11,9	33,9	8,2	10,5	1,09	23855	1,9	2,5	4,4	< 4	216,7	15,5	2,0	435,6	78,5	107,1
Punto 3	11,9	26,7	6,2	10,45	0,66	-	2,1	1,8	3,9	< 4	103,7	13,9	2,6	211,7	37,9	51,2
Punto 4	12,0	32,4	6,2	10,4	0,72	75718	2,1	1,4	3,5	< 4	107,9	17,2	<2	<2	32,5	44,1

Continuación anexo 13

Estación	T [°C]	Cond. [μS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 μg/L	N-NO3 μg/L	N-NO2 μg/L	N-TOTAL μg/L	P_PO4 μg/L	P-TOTAL μg/L
10-01-2017																
Control	10,4	22,4	5,8	11,15	0,74	47341	0,6	0,9	1,5	3,7	< 3	3,1	<2	54,1	5,2	11,6
Pre Tratam.	10,5	22,5	6,2	10,72	0,93	-	0,8	1,1	1,9	-	135,6	1,9	<2	343,0	59,2	98,0
Efluente	11,5	23,2	5,9	10,68	1,31	14741	0,8	1,7	2,4	8,5	149,0	3,0	2,0	453,0	97,6	132,1
Punto 3	10,6	21,9	5,8	11,02	0,66	-	0,4	1,0	1,4	4,7	26,6	1,8	<2	198,6	17,8	26,9
Punto 4	10,6	20,8	5,9	10,99	0,81	62081	0,7	1,0	1,7	4,4	33,4	2,8	<2	107,6	17,3	25,1
30-01-2017																
Control						Sin agua										
Pre Tratam.	17,6	64,4	6,3	10,22	1,43	-	3,0	1,5	4,4	57,6	219,5	2,6	2,4	1084,6	90,2	182,7
Efluente	17,7	61,9	7,9	9,37	1,55	21341	3,5	2,2	5,7	8,7	178,4	5,0	2,6	850,7	76,2	131,6
Punto 3	17,2	62	6,4	8,91	1,54	-	3,6	1,7	5,3	5,3	194,7	8,0	3,7	1371,0	71,3	179,1
Punto 4	17,2	60,5	6,3	8,56	1,40	55322	3,6	1,8	5,4	58,1	212,3	12,5	6,6	1041,7	67,2	155,8
27-02-2017																
Control	15,1	44,2	7,3	-	0,54	54489	2,9	0,4	3,2	1,6	< 3	9,6	<2	51,3	6,1	5,4
Pre Tratam.	18,1	64,4	7,2	-	1,39	-	4,1	0,9	5,0	5,3	426,2	7,5	2,2	700,4	122,5	244,8
Efluente	17,8	65,1	7,1	-	2,43	11547	4,3	1,1	5,3	7,1	388,2	10,7	3,5	940,8	180,6	228,6
Punto 3	16,6	56,7	7,0	-	1,54	-	3,6	0,7	4,3	3,7	166,5	22,5	4,4	478,0	77,6	114,5
Punto 4	16,6	56,5	6,9	-	1,13	66036	3,3	0,7	4,0	4,0	146,3	31,0	5,0	435,3	71,1	99,1

Continuación anexo 13

Estación	T [°C]	Cond. [μS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (m3/d)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 μg/L	N-NO3 μg/L	N-NO2 μg/L	N-TOTAL μg/L	P_PO4 μg/L	P-TOTAL μg/L
03-04-2017																
Control	11,5	30,4	8,0	11,09	0,83	88123	1,4	2,2	3,6	10,9	54,8	15,2	<2	85,4	<2	13,1
Pre Tratam.	15,5	67,7	7,2		1,79	-	4,5	2,0	6,4	59,6	1304,0	8,0	<2	1426,4	174,7	261,2
Efluente	15,2	62-7	7,7	10,05	1,63	12817	3,5	2,0	5,6	12,7	855,0	15,5	<2	1426,4	190,5	245,6
Punto 3	12,6	38,8	7,8	10,72	1,30	-	1,8	2,0	3,9	10,4	427,0	22,3	<2	494,7	53,1	76,8
Punto 4	12,8	39,5	7,7	7,57	1,11	94797	1,6	2,2	3,8	11,2	338,4	21,9	<2	512,4	67,4	94,5
02-05-2017																
Control	10,0	24,5	6,9	11,51	1,16	104893	1,7	1,2	2,8	7,8	< 3	6,1	<2	86,1	2,2	9,9
Pre Tratam.	10,1	28,2	8,5	10,69	1,71	-	4,5	1,3	5,8	9,6	248,7	10,2	<2	834,3	51,5	98,3
Efluente	10,1	27,4	6,5	11,3	1,14	13862	1,9	1,2	3,1	5,5	77,1	8,4	<2	233,3	24,0	34,9
Punto 3	10,0	23,7	7,4	11,5	1,00	113129	1,6	1,7	3,3	5,3	< 3	6,6	<2	79,9	3,3	8,8
Punto 4	10,0	24,7	6,8	11,48	0,79	113129	1,7	1,0	2,7	4,1	5,1	7,3	<2	67,0	4,0	14,5
05-06-2017																
Control	6,3	28,4	6,2	12,72	0,69	90930	2,1	1,0	3,2	3,1	12,7	26,4	<2	73,3	3,1	10,8
Antes rotafiltro	6,7			12,31	-	-	7,1	0,7	7,8	3,2	45,3	19,1	2,9	81,8	7,7	12,3
Después rotafiltro	6,7			12,42	-	-	6,8	0,7	7,5	2,8	37,6	26,3	2,6	100,2	10,8	11,8
Después UV	6,7			12,48	-	-	6,3	0,6	6,9	-	-	-	-	-	-	-
Efluente	6,8	32,5	6,2	12,43	0,78	10763	2,1	0,5	2,6	3,4	47,9	19,8	2,2	102,8	5,0	15,3
Punto 3	6,3	29,7	6,1	12,66	0,71	-	1,9	0,5	2,4	2,9	26,2	30,8	3,0	98,9	7,0	6,9
Punto 4	6,4	28,9	6,3	12,61	0,73	101693	1,5	0,7	2,2	5,0	17,2	31,6	3,3	98,9	4,5	6,6

Continuación anexo 13

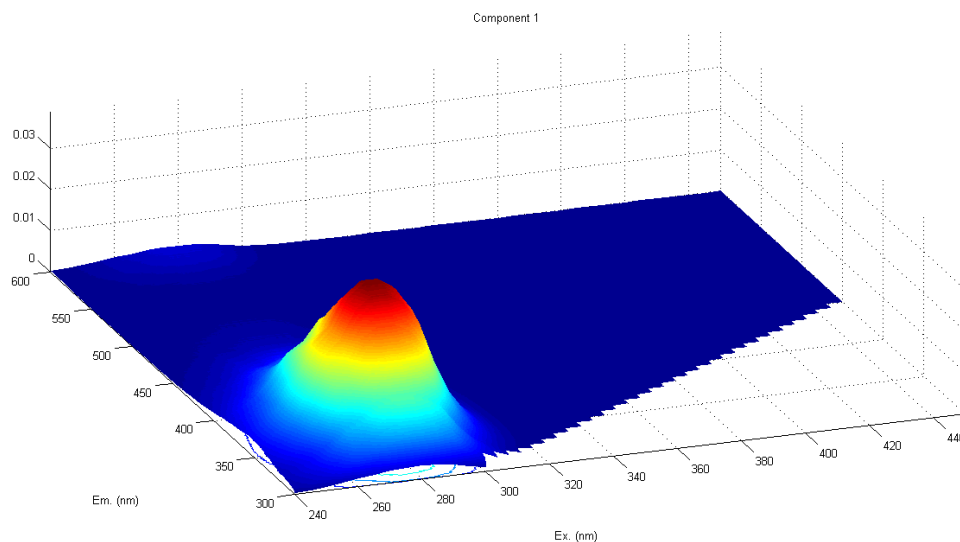
Estación	T [°C]	Cond. [µS/cm]	pH	Oxígeno [mg/L]	Turbidez [ntu]	Caudal (L/s)	DIC (mg/L)	DOC (mg/L)	DC (mg/L)	DQO mg/L	N-NH4 µg/L	N-NO3 µg/L	N-NO2 µg/L	N-TOTAL µg/L	P_PO4 µg/L	P-TOTAL µg/L
03-07-2017																
Control	8,8	38,2	7,7	11,86	0,93	247276	1,2	0,8	2,0	2,8	< 3	30,6	<2	100,4	5,2	8,3
Antes rotafiltro	9,1	43,2	7,192	11,47	0,87		3,7	0,7	4,5	4,1	52,7	34,1	<2	303,2	17,5	24,8
Después rotafiltro	9,2	44	7,217	11,5	0,95		3,8	0,7	4,5	3,3	65,3	31,7	<2	231,6	22,1	30,5
Después UV	9,2	44,1	7,41	11,49	0,98		4,7	0,8	5,5	4,9	69,5	31,5	<2	224,5	18,5	31,4
Efluente	9,0	38,4	7,1	11,58	1,06	10362	1,6	1,2	2,7	2,8	70,9	37,2	<2	307,5	15,3	21,9
Punto 3	8,8	33,4	8,0	11,82	0,89		1,4	0,8	2,2	4,0	7,6	29,1	<2	130,9	6,0	13,3
Punto 4	8,8	31,9	7,7	11,81	0,88	257638	1,7	0,9	2,7	3,0	7,2	28,5	<2	101,3	5,5	12,5

ANEXO 14 Determinación cualitativa de DOM mediante análisis fluorométrico

Mediante análisis fluorométrico y de factores paralelos se logró validar un modelo con 7 componentes fluorescentes con el fin de identificar la composición cualitativa de DOM en los diferentes ríos y observar sus reacciones y distribución tras la incorporación de residuos orgánicos provenientes en este caso de una serie de pisciculturas ubicadas en la XIV Región de los Ríos. El modelo generado dio como resultado 3 componentes que presentan características asociadas a sustancias húmicas y fúlvicas (de origen alóctono i.e. DOC refractarios), y cuatro componentes presentan peaks similares al material del tipo proteico (de origen autóctono i.e. DOC lábil).

Componente 1, similar a Triptófano

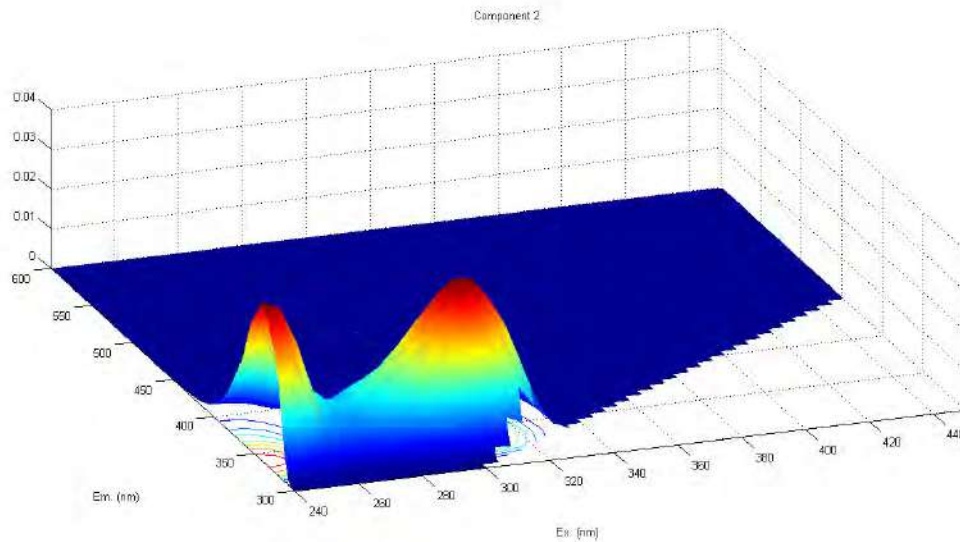
Ex 275, Em 352 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a triptófano, según Fellman et al. (2010): ex 270–280 (<240), em 330–368



Componente 1, gráfico de superficie

Componente 2, similar a Proteína

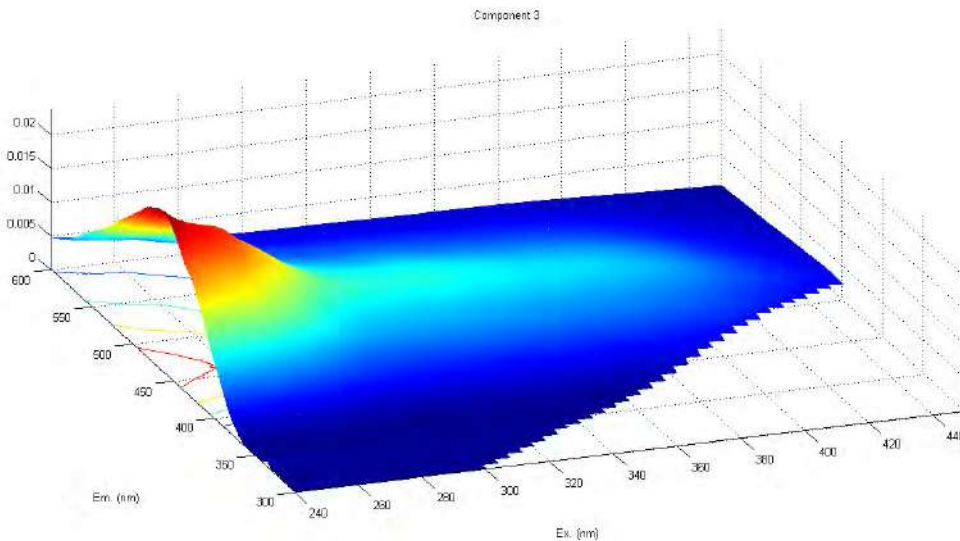
Ex 300, Em 340 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a proteína, según Fellman et al. (2010): ex 240 (300), em 338



Componente 2, gráfico de superficie

Componente 3, similar a Ácidos húmicos UVC

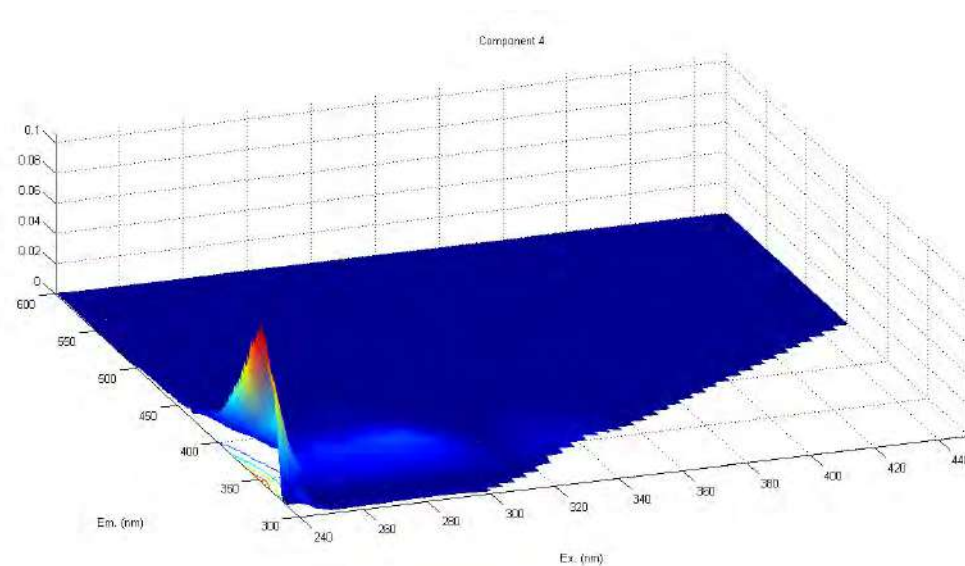
Ex 240, Em 463 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a ácidos húmicos UVC, según Fellman et al. (2010): ex <260, em 448–480



Componente 3, gráfico de superficie

Componente 4, similar a Triptófano (2)

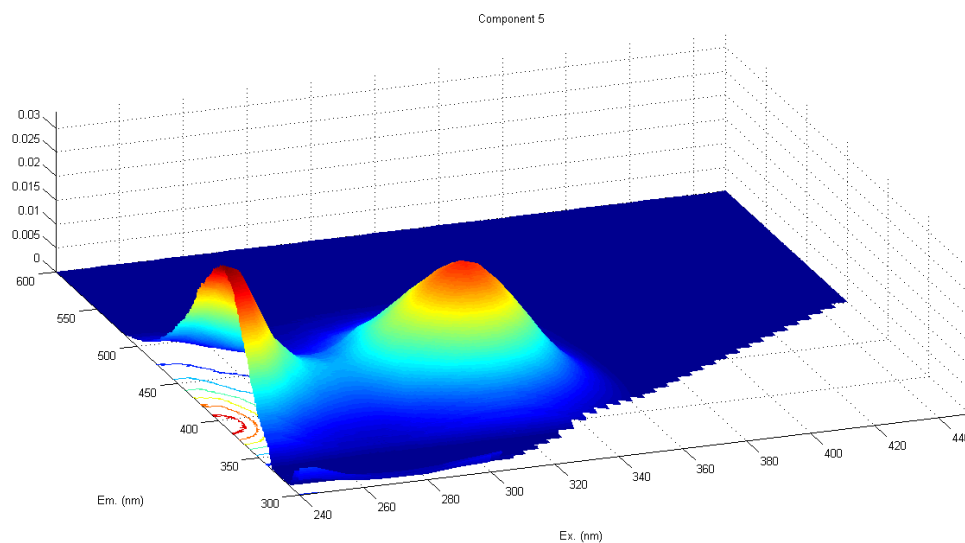
Ex 240, Em 347.5 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a triptófano, según Fellman et al. (2010): ex 270–280 (<240), em 330–368



Componente 4, gráfico de superficie

Componente 5, similar a Ácidos húmicos UVA

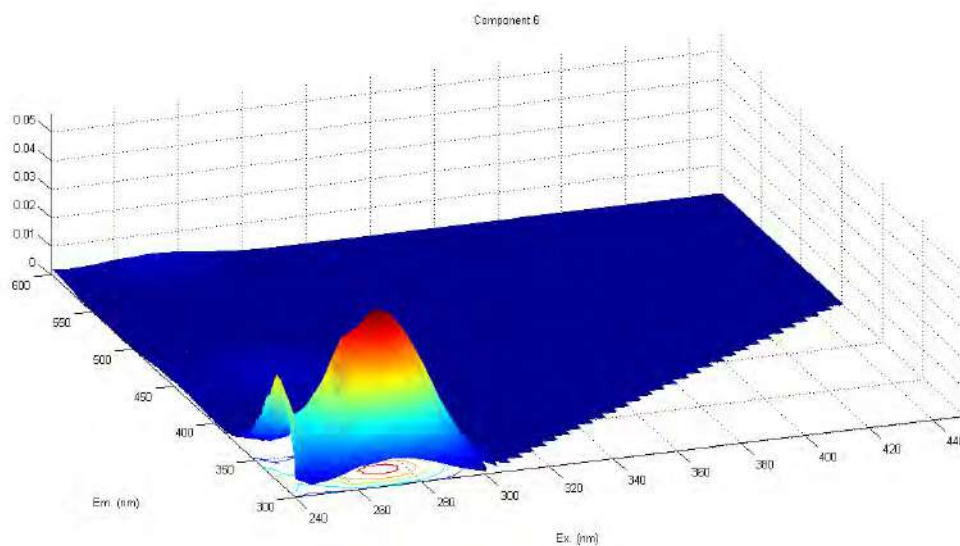
Ex 240, Em 394.5 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a ácidos húmicos UVA, según Fellman et al. (2010): ex 290–325 (<250), em 370–430



Componente 5, gráfico de superficie

Componente 6, similar a Tirosina LSS

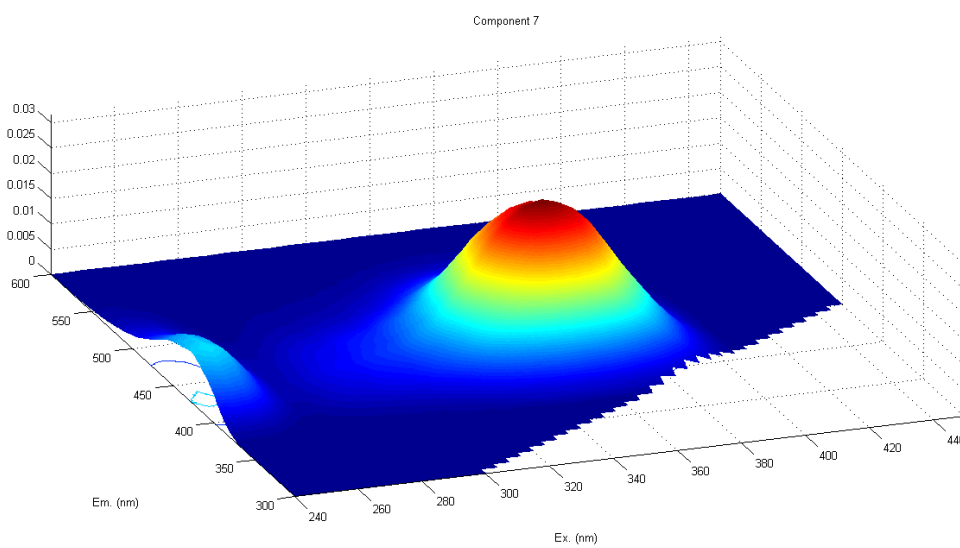
Ex 270, Em 322.5 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a tirosina, según Fellman et al. (2010): ex 270–275, em 304–312



Componente 6, gráfico de superficie

Componente 7, similar a Ácidos húmicos UVC (2)

Ex 350, Em 426 - Rangos máximos de excitación y emisión para similar a ácidos húmicos UVC, según Fellman et al. (2010): ex 320–360, em 420–460



Componente 7, gráfico de superficie

El análisis PARAFAC, además de entregar información cualitativa, nos proporciona estimaciones de la contribución relativa de cada componente de fluorescencia (FMax) en la reserva total de DOM. Además se puede obtener una noción sobre el comportamiento de la materia orgánica disuelta y la influencia que tienen las distintas fuentes sobre las intensidades de fluorescencia de los componentes, permitiendo trazar y caracterizar la huella digital de DOM en sistemas loticos que sustentan descargas de pisciculturas.

Las intensidades de fluorescencia (FMax) son expresadas en unidades Raman (R.U.).

Para un mayor entendimiento de los datos, se agruparon los diferentes componentes fluorescentes en 2 categorías: DOM refractarios (sustancias húmicas y fúlvicas) y DOM lábil o proteico (triptófano, proteína y tirosina), permitiendo una visión más global y general sobre la información generada.

ANEXO 15 Metodología detallada sobre muestreo y análisis de macrozoobentos en cada tramo en receptores de efluentes de pisciculturas

ANEXO 15.1 Registro fotográficos de las cada tramo mostreado

Registros fotográficos de las cada tramo en receptores de efluentes de pisciculturas

A. Pisciculturas Zona de Precordillera

Características de las pisciculturas 1 y 2 (Quiman y Pitreño)

- Pendiente: alta; Sustrato dominante: bolones-bloques
- Zona de río: Epiritrón

1. Piscicultura Quiman

Tramo CONTROL



28-02-2017



11-05-2017

Tramo IMPACTO 1



28-02-2017



11-05-2017

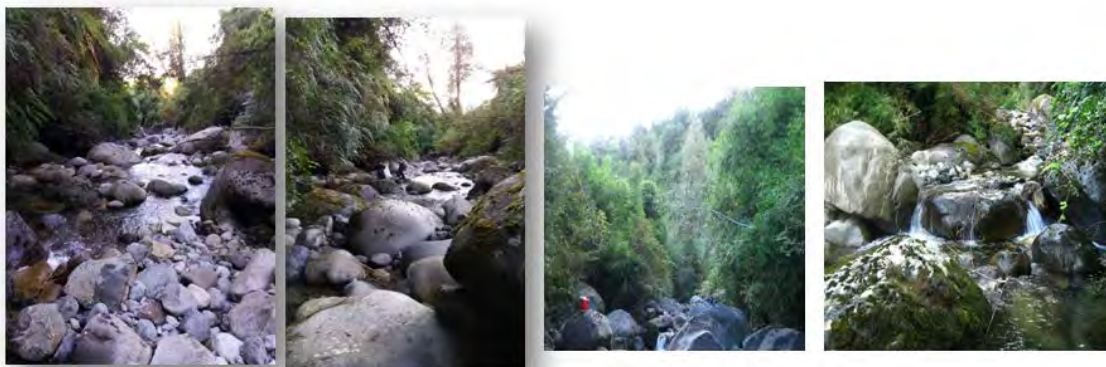
Tramo IMPACTO 2



11-05-2017

2. Piscicultura Pitreño

Tramo CONTROL 2



30-03-2017

Tramo CONTROL 1



10-01-2017

30-03-2017

Tramo IMPACTO



10-01-2017

30-03-2017

B. Pisciculturas Zona de Precordillera y Valle Central

Características de las pisciculturas 1 y 2 (Iculpe y Ignao)

- Pendiente: moderada; Sustrato dominante: bolones
- Zona de río: Meso-ritrón

1. Piscicultura Iculpe

Tramo CONTROL



10-01-2017

Tramo IMPACTO 1



10-01-2017

2. Piscicultura Ignao

Tramo CONTROL



27-02-2017

Tramo IMPACTO 1



27-02-2017

C. Pisciculturas exclusivamente en Zona de Valle

Características de las pisciculturas 1 y 2 (Los Canelos y Cuinco)

- Pendiente: Suave; Sustrato dominante: Arena-Limo
- Zona de río: Hualve

1. Piscicultura Los Canelos

Tramo CONTROL



30-03-2017

Tramo IMPACTO



30-03-2017

2. Piscicultura Cuinco

Tramo CONTROL



10-03-2017

Tramo IMPACTO

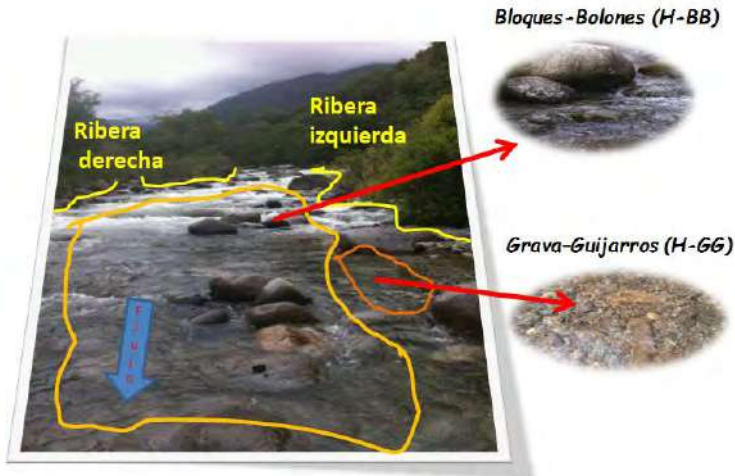


10-03-2017

ANEXO 15.2 Tipo de habitat presente en cada tramo

Se muestra determinación del tipo de habitat presente en cada tramo mostreado y según método de ponderación por consenso

**PISCICULTURA QUIMAN: Río Quiman
HABITAT TRAMO CONTROL**



HABITAT	%
H-BB	80
H:GG	20

HABITAT TRAMO IMPACTO 1



HABITAT	%
H-BB	80
H:GG	20

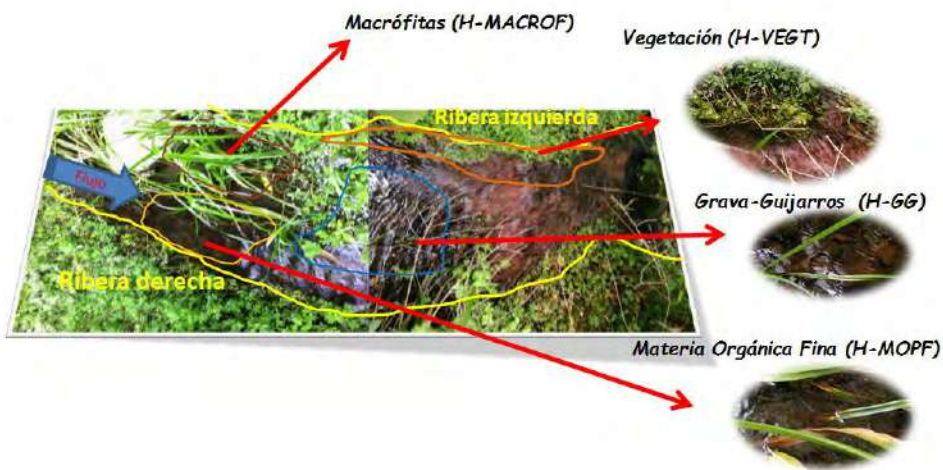
HABITAT TRAMO IMPACTO 2



HABITAT	%
H-BB	80
H:GG	20

PISCICULTURA LOS CANELOS: Estero Sin Nombre HABITAT TRAMO CONTROL

HABITAT	%
H-MOPF	35
H_GG	15
H.VEGT	20
H-MACROF	30

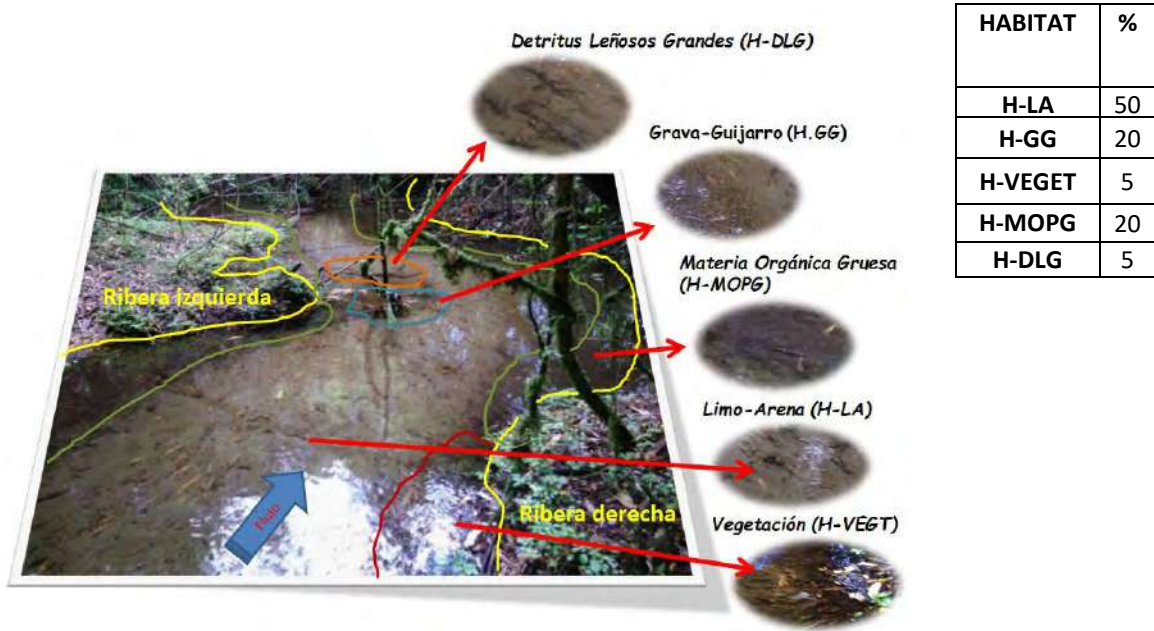


HABITAT TRAMO IMPACTO

HABITAT	%
H-LA	50
H-GG	30
H-VEGET	10
H-MOPG	10

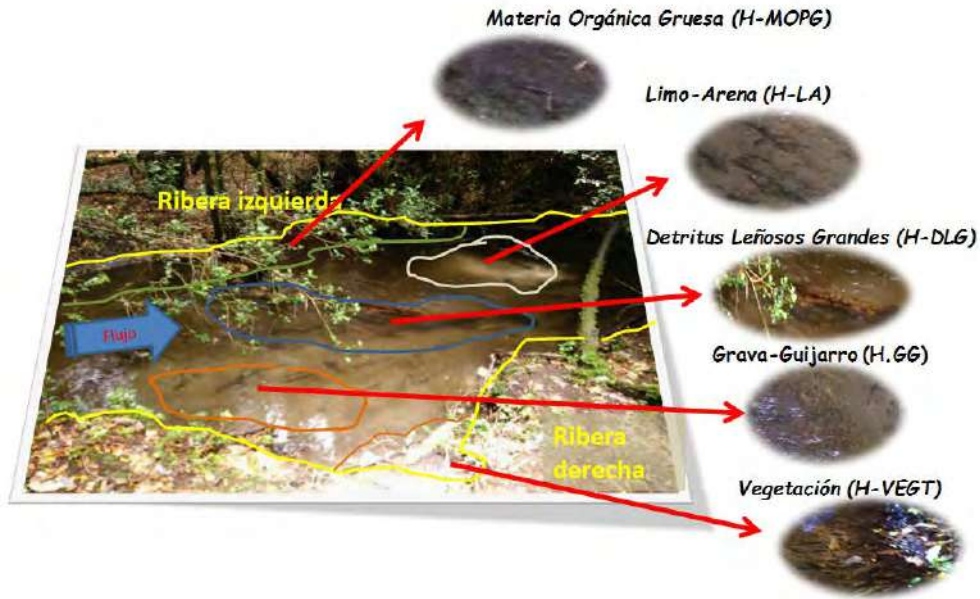


PISCICULTURA CUINCO: Estero Sin Nombre
HABITAT TRAMO CONTROL



HABITAT TRAMO IMPACTO

HABITAT	%
H-LA	50
H-GG	20
H-VEGET	5
H-MOPG	20
H-DLG	5



PISCICULTURA IGNAO: Río Ignao
HABITAT TRAMO CONTROL

HABITAT	%
H-BB	100



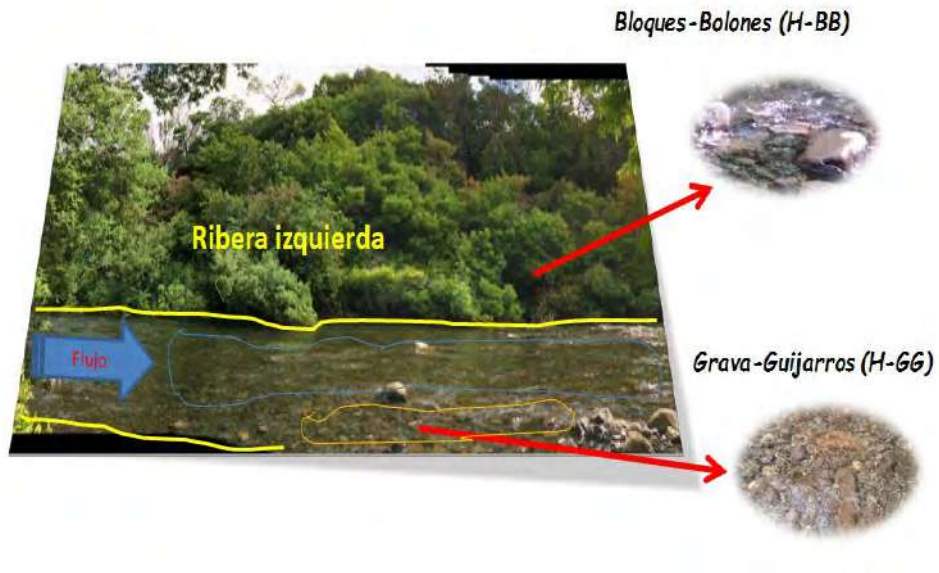
HABITAT TRAMO IMPACTO

HABITAT	%
H-BB	100



PISCICULTURA ICULPE: Río Iculpe
HABITAT TRAMO CONTROL

HABITAT	%
H-BB	80
H:GG	20



HABITAT TRAMO IMPACTO

HABITAT	%
H-BB	80
H:GG	20



PISCICULTURA PITREÑO : Río Pitreño

HABITAT TRAMO IMPACTO 2



HABITAT	%
H-BB	80
H:GG	20

HABITAT TRAMO CONTROL 1



HABITAT	%
H-BB	80
H:GG	20

HABITAT TRAMO IMPACTO



HABITAT	%
H-BB	80
H:GG	20

ANEXO 15.3 Registro fotográfico de la metodología utilizada

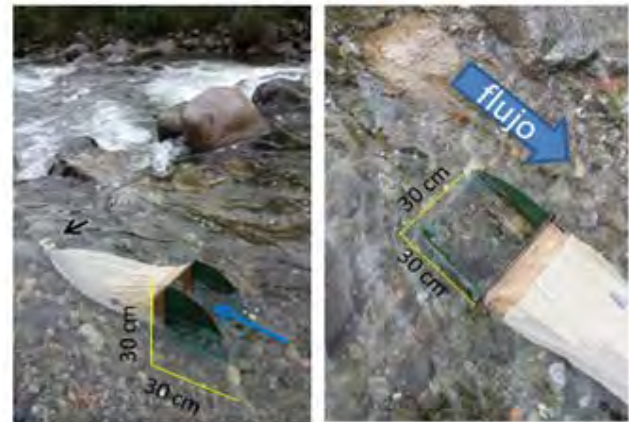
EN CAMPO:

a) Artes usados en diferentes hábitat para obtención de muestras

Red de Pateo



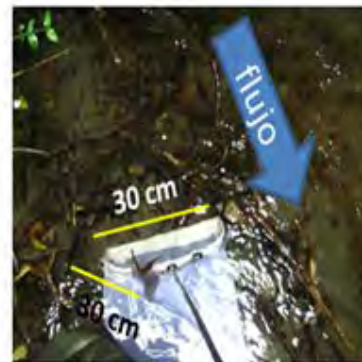
Red Surber



Red de Mano



Red D



b) Preservación de la muestra y etiquetado para traslado a laboratorio

Obtención de la muestra



Envase



Etiquetado



Preservación: alcohol



Preparación traslado Lab.



Recepción Lab.



EN LABORATORIO

a) Método de obtención de muestras para análisis sin fraccionamiento

Muestras de terreno



Separación y orden



Eliminación de fijador



Lavado



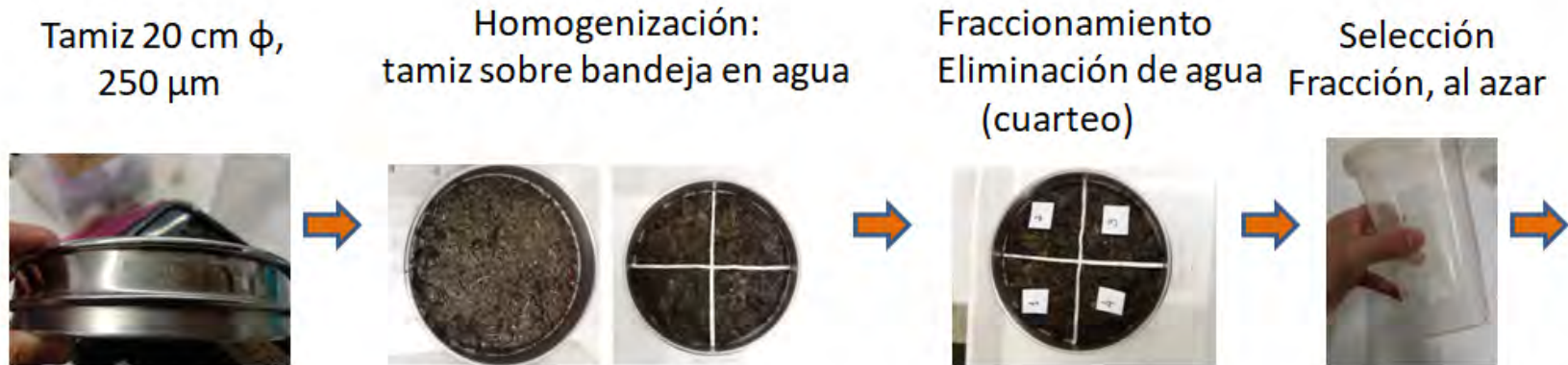
Separación



Muestra para análisis sin fracción



b) Método de obtención de muestras para con fraccionamiento



ANEXO 15.4 Protocolos para caracterización de sitio, calidad de haibat y vegetación ribereña

Protocolo de Campo Para Muestreo de Macroinvertebrados Hoja 1

Nombre Sitio:		Código :	
Información Tramo de río		NR Control:	
Evaluadores / Investigadores:			
Fecha:	/ /	Hora (Inicio):	Hora (Final):
Nombre Río:		Altitud (m.s.n.m.):	
Cuenca (Nombre):		Orden Río (5to tramo):	
Geología (Tipo dominante):		Registro Fotográfico: (Registro código sitio)	Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/>
Morfología:	Valle Meandro <input type="radio"/> Cañón <input type="radio"/> Valle en V <input type="radio"/> Canal <input type="radio"/> Valle en U <input type="radio"/> Llanura <input type="radio"/>	Forma Río:	Meandro <input type="radio"/> Ramificado <input type="radio"/> Trenzado <input type="radio"/> Lineal Natural <input type="radio"/> Sinuoso <input type="radio"/> Artificial <input type="radio"/>
Régimen del Río:	Nival <input type="radio"/> Pluvial <input type="radio"/> Mixto <input type="radio"/> Aporte de Acuífero <input type="radio"/>	Tipo Hidrológico:	Permanente <input type="radio"/> Estacional <input type="radio"/>
Erosión:	Leve <input type="radio"/> Moderada <input type="radio"/> Severa <input type="radio"/>	Vegetación Ribereña:	Macrófitas <input type="radio"/> Bosque Ribereño <input type="radio"/> Algas <input type="radio"/>
Uso de suelo:	Agrícola <input type="radio"/> Acuicultura <input type="radio"/> Ganadería <input type="radio"/> Minero <input type="radio"/> Forestal <input type="radio"/> (Otro) _____		
Zonación río:	Crenión <input type="checkbox"/>	Ritron <input type="checkbox"/>	Potamon <input type="checkbox"/>
Vegetación Dominante:			
Condiciones de Tramo de Muestreo:			
T° Atmosférica [°C]:			
Clima:	Tormenta <input type="radio"/> Lluvia <input type="radio"/> Lluvia leve <input type="radio"/> Viento <input type="radio"/> Claro <input type="radio"/> Soleado <input type="radio"/>	% Cobertura Nubes	TRC: _____ Otro: _____
Lluvia:	Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/>	Presión Atmosférica [hPa]:	
Turbidez:		Olores:	
Profundidad media [m]:		Velocidad media [m/s]:	
Acceso:	Expedito <input type="radio"/> Dificultoso <input type="radio"/>	Ancho medio [m]:	
Presencia de Afluentes:	Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/>	Presencia de Efluentes:	Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/>
Condiciones 7 Dias Antes :			

Descripción sitio de muestreo:

Ribera Derecha

← Dirección de flujo → Río

Ribera Izquierda

Criterio

		Pendiente (%)	
Inicio 0 m	Lat (y) E.:	Final: 50m <input type="radio"/> 100m <input type="radio"/>	Lat (y) E.:
Coordenadas (UTM):	Long (x) N:	Coordenadas (UTM):	Long (x) N:
Huso:		Huso:	

Esquema

Foto (Código):

PROTOCOLO
INDICE CBR (Índice de Calidad del Bosque de Ribera)
(adaptado de Jáimez-Cuellar et al., 2004)

Físico-Químicos In situ:		
Temperatura Río [°C]:	O ₂ [mg/l]:	Nº Microhábitat Presentes:
Saturación Oxígeno [%]:	pH:	Conductividad [µS/cm]:
Olor :	Otro:	Otro:

Zona	Valle <input type="radio"/>	Precordillera <input type="radio"/>
Tipos Hábitat	Rápido <input type="radio"/>	Lento <input type="radio"/>
Orgánico %	Inorgánico %	
Materia Orgánica Particulada Gruesa (MOPG) = Hojarasca, raíces	Limo - Arena = < 0,2cm (aspero)	<input type="checkbox"/>
Partes Vivas = Vegetación terrestre, raíces y hojas	Grava - Guijarros = 0,2 - 6cm (1 uña y 1 dedo)	<input type="checkbox"/>
Partes Vivas = Vegetación terrestre, raíces y hojas	Bolones - Bloques = > 6cm (más de un dedo)	<input type="checkbox"/>
Otro	Otro	<input type="checkbox"/>

	Ribera izquierda:	Ribera derecha:
Presencia de Vegetación 25%-50%-75%-100%:		
Bosque (Nativo/Introducido/Mixto):		
Cobertura de la Vegetación de Ribera 25%-50%-75%-100%:		
Tipo de Cobertura (%):	Arbórea <input type="radio"/> Arbustiva <input type="radio"/> Herbácea <input type="radio"/>	Arbórea <input type="radio"/> Arbustiva <input type="radio"/>
Presencia de Descargas: Lechería Ganadería Piscícola	Lechería <input type="radio"/> Piscicultura <input type="radio"/> Indicar nombre _____	Quesería <input type="radio"/> PTA <input type="radio"/> Indicar nombre _____
Llanura de inundación:	Regular <input type="radio"/> Irregular <input type="radio"/>	Regular <input type="radio"/> Irregular <input type="radio"/>
Árboles/Arbustos/Agrícola:		

Observaciones:

Consideraciones:

- o Seleccionar el área de observación: tramo de 100 mts. Se delimitará visualmente la orilla y la ribera de la zona riparia.
- o Cálculo de bloque: se escoge una opción dentro de las cuatro que cumpla con las condición exigida (de arriba hacia abajo) no superando los 25. La puntuación final dependerá de la suma de la parte inferior de cada bloque, tantas veces como se cumpla la condición.
- o Puntuación final: será el resultado de la suma de los cuatro bloques, variando de 0 a 100.

Nota: Puentes y caminos utilizados para acceder a la estación de muestreo no se tendrán en cuenta en la evaluación.

Sitio/Estación:	Fecha
------------------------	--------------

BLOQUE I. GRADO DE CUBIERTA DE LA ZONA DE RIBERA

Se contabiliza el porcentaje de toda la vegetación, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Se consideran en forma conjunta. Hay que tener en cuenta también la conectividad entre el bosque de la ribera y el ecosistema forestal adyacente para sumar o restar puntos. Nos interesa puntuar la cobertura del terreno por la vegetación, sin tener en cuenta su estructura vertical

	Cont	Imp.
>80% de cubierta vegetal de la zona de la ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	25	25
Entre 50 y 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	10	10
Entre 10 y 50% de cubierta de la zona de ribera	5	5
< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	0	0

Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema adyacente es total	+10	+10
Si la conectividad entre el bosque de ribera y ecosistema forestal adyacente es superior al 50%	+5	+5
Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente entre el 25 y 50 %	-5	+5
Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%	-10	+10

La puntuación NO puede ser negativa NI exceder de 25) **SUMATORIA DEL BLOQUE** _____

BLOQUE II. ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA

La puntuación se realizara según el porcentaje de cobertura de árboles y en ausencia de estos, arbustos sobre la totalidad de la zona a estudiar. Se considera riberas a ambos márgenes del río. Elementos como la linealidad en los pies de los árboles (síntomas de plantaciones), o las coberturas distribuidas no uniformemente y formando manchas se penalizan en el índice, mientras que la presencia de helófitos en la orilla y la conexión entre árboles y arbustos en la ribera, se potencian.


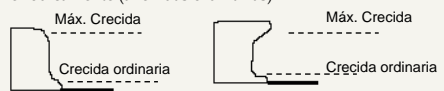

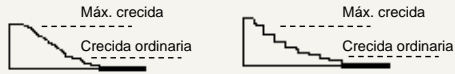
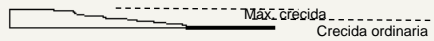

	Cont	Imp.
cobertura de árboles superior al 75%	25	25
cobertura de árboles entre el 50 y 75%, o bien entre el 25 y 50% y el resto de la cubierta los arbustos superan el 25%	10	10
cobertura de árboles inferior al 50%, y el resto de la cubierta de arbustos es entre 10 y 25%	5	5
Sin árboles y arbustos por debajo del 10%	0	0

Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50%	+10	+10
Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50%	+5	+5
Si los árboles tienen un sotobosque arbustivo	+5	+5
Si hay una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es >50%	-5	-5
Si los árboles y arbustos se distinguen en manchas, sin una continuidad	-5	-5
Si hay una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es <50%	-10	-10

(La puntuación NO puede ser negativa NI exceder de 25) **SUMATORIA DEL BLOQUE** _____

Antes de continuar con el bloque tres es necesario definir el tipo geomorfológico del tramo a estudiar, puntuaremos el margen izquierdo y derecho en función de su desnivel y forma. La puntuación final se obtiene sumando los valores de ambos márgenes y complementando este valor con las restas y las sumas de los ítems inferiores. Se determina izquierdo y derecho observando a favor de la corriente del río.

TIPOS DE DESNIVEL DE LA ZONA RIPARIA

	PUNTAJES		PUNTAJES	
	Cont.	Imp.	Cont.	Imp.
	Ribera : Izq	Der	Ribera : Izq	Der
Vertical/cóncavo (pendiente >75°), con una altura no superable por las máximas avenidas.	6	6	6	6
				
Igual pero con un pequeño talud u orilla inundable Periódicamente (avenidas ordinarias)	5	5	5	5
				
Pendiente entre el 45 y 75°, escalonado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta entre la orilla y el último punto de la ribera.	3	3	3	3
				
Pendiente entre el 20 y 45°, escalonado o no.	2	2	2	2
				
Pendiente <20°, ribera uniforme y llana	1	1	1	1
				
EXISTENCIA DE UNA ISLA O ISLAS EN EL MEDIO DEL LECHO DEL RÍO				
PUNTAJES				
	Anchura conjunta "a" > 5 m.	-2		-2
	Anchura conjunta "a" entre 1 y 5 m.	-1		-1
PORCENTAJE DE SUSTRATO DURO CON INCAPACIDAD PARA ENRAIZAR UNA MASA VEGETAL PERMANENTE				
>80%	No se puede medir			
60 - 80%	+6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
30 - 60%	+4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
20 - 30%	+2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Puntuación total: _____				

TIPO GEOMORFOLÓGICO SEGÚN LA PUNTAJACIÓN

>8 **TIPO 1** : Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad de un extenso bosque de ribera

Entre 5 y 8 **TIPO 2** : Riberas con potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de los ríos

<5 **TIPO 3** : Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso

BLOQUE III. CALIDAD DE LA CUBIERTA

Luego de haber seleccionado el tipo geomorfológico, contaremos el número de especies arbóreas o arbustivas nativas riparias. Los bosques en forma de túnel a lo largo del río suponen un aumento de la puntuación, dependiendo del porcentaje de cobertura a lo largo del tramo estudiado.



Número de especies de árboles o arbustos autóctonos	>1	>2	>3	25	25
Número de especies de árboles o arbustos autóctonos	1	2	3	10	10
Número de especies de árboles o arbustos autóctonos	--	1	1-2	5	5
Número de especies de árboles o arbustos autóctonos	--	--	--	0	0
Si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial es más del 75% de la longitud del tramo				+10	+10
Si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial entre 50 y 75% de la longitud del tramo				+5	+5
Si las distintas especies se disponen en bandas paralelas al río				+5	+5
Si el número de especies arbustivas es:	>2	>3	>4	+5	+5
Si hay estructuras construidas por el hombre				-5	-5
Si hay alguna especie de árbol y/o arbusto alóctono aislado				-5	-5
Si hay especies de árboles y/o arbustos alóctonos formando comunidad				-10	-10
Si hay vertidos de basura				-10	-10

(La puntuación NO puede ser negativa NI exceder de 25) **SUMATORIA DEL BLOQUE** _____

Especies frecuentes alóctonas

- *Eucalyptus globulus* - Eucalipto.
- *Acacia melanoxylon* - Aromo australiano.
- *Acer pseudoplatanus* - Arce.

BLOQUE IV GRADO DE NATURALIDAD DEL CANAL FLUVIAL

La modificación de las terrazas adyacentes al río supone la reducción del cauce, el aumento de la pendiente de los márgenes y la pérdida de sinuosidad en el río. Los campos de cultivo cercanos al río y las actividades extractivas producen este efecto. Cuando existan estructuras sólidas, como paredes, muros, etc., los signos de alteración son más evidentes y la puntuación baja

	Cont.	Imp.
	Puntuación	
Canal del río sin modificación	25	25
Modificaciones de la terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	10	10
Signos de alteración y estructuras rígidas internamente que modifican el canal del río	5	5
Río canalizado en la totalidad del tramo	0	0

Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	-10	-10
Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río	-10	-10

SUMATORIA DEL BLOQUE: _____

PUNTAJÓN FINAL (suma de los cuatro bloques anteriores):

NIVEL DE CALIDAD	CBR	COLOR REPRESENTATIVO
de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥ 95	Azul
ligeramente perturbado, calidad buena	75 - 90	Verde
alteración importante, calidad intermedia	55 - 70	Amarillo
alteración fuerte, mala calidad	30 - 50	Naranja
alteración extrema, calidad pésima	≤ 25	Rojo

PROTOCOLO ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF)

Consideraciones previas a tener en cuenta en la aplicación del índice:

- Seleccionar el área de selección: el tramo de río evaluado deberá tener una longitud de 100 mts
- Independencia de los bloques a analizar: los siete bloques en los que esta basado el índice son independientes y la puntuación de cada uno de ellos no puede ser superior a: 10, 10, 20, 10, 10, 10, 30; respectivamente.
- En cada bloque se valorará solamente la presencia de cada uno de los parámetros indicados, no la ausencia.
- Puntuación final: será el resultado de la suma de los siete bloques, y por lo tanto nunca puede ser superior a 100.

SITIO/ESTACIÓN: _____ **Fecha:** _____

BLOQUE I. INCLUSIÓN RÁPIDOS _SEDIMENTACIÓN POZAS

Inclusión: se contabiliza el grado en que las partículas del sustrato están fijadas (hundidas) en el lecho del río. Se mide en la parte central de rápidos y zonas de piedra, donde no exista una deposición de sedimentos y la distribución de las partículas del sustrato pueda verse con mayor claridad. Sedimentación: consiste en la deposición de material fino en zonas más lénticas del río.

		Cont.	Imp.
		Puntuación	
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0-30%	10	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30-60%	5	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión >60%	0	0
	Sólo Pozas		
	Sedimentación 0-30%	10	10
	Sedimentación 30-60%	5	5
	Sedimentación >60%	0	0

SUMATORIA DEL BLOQUE: _____

(La puntuación obtenida de este bloque no puede exceder los 10 puntos)

BLOQUE II. FRECUENCIA DE RAPIDOS

Se hace una estimación promedio de la aparición de rápidos con respecto a la presencia de zonas más remansadas. En este apartado se pretende evaluar la heterogeneidad del curso del río. El que se produzca de forma frecuente la alternancia de rápidos con pozas a la escala de tramo fluvial, asegura la existencia de una mayor diversidad de hábitat para la comunidad de organismos acuáticos.

	Cont.	Imp.
	Puntuación	
Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos/ anchura del río <7	10	10
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos /anchura del río 7-15	8	8
Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos/anchura del río 15-25	6	6
Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4	4
Sólo pozas	2	2

SUMATORIA DEL BLOQUE: _____

(La puntuación obtenida de este bloque no puede exceder los 10 puntos)

BLOQUE III. COMPOSICION DEL SUSTRATO

Se hace una estimación visual aproximada de la composición media del sustrato, siguiendo las categorías del RIVPACS. El diámetro considerado de partícula es el siguiente:

- Bloques y bolones: > 64 mm.
- Guijarros y gravas: 2 - 64 mm.
- Arena: 0.6 - 2 mm.
- Limo y arcilla: < 0.6 mm.

	Cont.	Imp.	
	Puntuación		
% bloques y Bolones	1-10 %	2	2
	>10 %	5	5
% Guijarros y gravas	1-10 %	2	2
	>10 %	5	5
% arena	1-10 %	2	2
	>10 %	5	5
% limo y arcilla	1-10 %	2	2
	>10 %	5	5

SUMATORIA DEL BLOQUE: _____

(La puntuación obtenida de este bloque no puede exceder los 20 puntos)

BLOQUE IV. REGIMENES DE VELOCIDAD / PROFUNDIDAD

La presencia de una mayor variedad de regímenes de velocidad y profundidad proporciona una mayor diversidad de hábitat disponible para los organismos. Como norma general se considera una profundidad de 0.5 mts. Para distinguir entre profundo y somero; y una velocidad de 0.3 m/s para separar rápido de lento.

Conf.	Imp.
-------	------

Puntuación

4 categorías: lento-profundo, lento-somero, rápido- profundo y rápido somero	10	10
Sólo 3 de las cuatro categorías	8	8
Sólo 2 de las cuatro categorías	6	6
Sólo 1 de las cuatro categorías	4	4

SUMATORIA DEL BLOQUE: _____

(La puntuación obtenida de este bloque no puede exceder los 10 puntos)

BLOQUE V. PORCENTAJE DE SOMBRA EN EL CAUCE

Estima de forma visual, la sombra proyectada por la cubierta vegetal adyacente, que determina la cantidad de luz que alcanza el canal del río e influencia el desarrollo de los productores primarios

Conf.	Impn
-------	------

Puntuación

sombreado con ventanas	10	10
Totalmente en sombra	7	7
Grandes claros	5	5
Expuestos	3	3

SUMATORIA DEL BLOQUE: _____

(La puntuación obtenida de este bloque no puede exceder los 10 puntos)

BLOQUE VI. ELEMENTOS HETEROGENEIDAD

Mide la presencia de elementos tales como hojas, ramas, troncos o raíces dentro del lecho del río. Estos elementos proporcionan el hábitat físico que puede ser colonizado por los organismos acuáticos, a la vez que constituyen una fuente de alimento para los mismos. Se tendrán en cuenta únicamente la aparición de los elementos indicados. Si no existiesen no se les daría ninguna puntuación.

Conf	Impn
------	------

Puntuación

Hojarascas	entre 10- 75 % <10 % ó >75%	4	4
Presencia de troncos y ramas		2	2
Raíces expuestas		2	2
Diques naturales		2	2

SUMATORIA DEL BLOQUE: _____

(La puntuación obtenida de este bloque no puede exceder los 10 puntos)

BLOQUE VII. COBERTURA DE VEGETACIÓN ACUÁTICA

Mide la cobertura de la vegetación acuática en el cauce fluvial. La mayor diversidad de morfologías en los productores primarios incrementa la disponibilidad de hábitat y de fuentes de alimento para muchos organismos. En la misma medida la dominancia de un grupo sobre el total de la cobertura no debería superar el 50%.

Conf.	Impn.
-------	-------

Puntuación

% Plocon (sujetos por rizoide) + briófitos	Entre 10 -50 % <10 % ó > 50%	10	10
% Perifiton (pecton: talos aplanados laminares o esféricos, e. Nostoc)	Entre 10 -50 % <10 % ó > 50%	10	10
% fanerógamas (e. Potamogeton) + Charales	Entre 10 -50 % <10 % ó > 50%	10	10
		5	5

SUMATORIA DEL BLOQUE: _____

(La puntuación obtenida de este bloque no puede exceder los 30 puntos)

PUNTAJÓN FINAL (Suma de los siete bloques anteriores):

--	--

Valor IHF	CALIDAD
81 - 100	Muy Bueno
61 - 80	Bueno
41 - 60	Regular
21 - 40	Malo
0 - 20	Muy Malo

