



**DSS**  
ambiente  
ingeniería  
innovación



**ISO**  
9001:2008

# ANÁLISIS MONITOREOS E INFORMES DE SEGUIMIENTO REALIZADOS A PISCICULTURA KETRUN RAYEN



Los Pensamientos 197, San Pedro de la Paz  
Concepción - Chile  
+56 41 - 2287848  
[www.dss.cl](http://www.dss.cl)

Avda. Nueva Providencia 1363, oficina 1201  
Providencia, Santiago - Chile  
+56 2 - 23494104  
[www.dss.cl](http://www.dss.cl)



**DSS**  
ambiente  
ingeniería  
innovación



**ISO**  
9001:2008

## INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. OBJETIVO .....	4
3. ANÁLISIS DE INFORMES DE MONITOREO A RÍO CALIBORO EN ZONA DEL PROYECTO.....	4
3.1 MONITOREO DE LA SALUD BENTÓNICA. REALIZADO POR INGENAT, OCTUBRE 2016 – OCTUBRE 2017. ....	4
3.2 EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE FORMALINA EN AGUA DE EFLUENTE POSTERIOR A UN TRATAMIENTO. REALIZADO POR AQUAGESTIÓN, OCTUBRE 2017. ....	5
3.3 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL, REALIZADO POR AQUAGESTIÓN, DICIEMBRE 2017.....	6
3.4 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL, REALIZADO POR AQUAGESTIÓN, FEBRERO 2018.	6
3.5 INFORME DE MEDIO BIÓTICO LIMNOLOGÍA, REALIZADO POR ECOMETRIC, FEBRERO 2018.	7
3.5.1 FLORA ACUÁTICA.....	9
4. ANÁLISIS ESCENARIO ACTUAL DE PEOR CONDICIÓN SOBRE EL USO DE FORMALDEHÍDO EN PISCICULTURA KETRUN RAYEN.....	12
4.1 RESULTADOS MEDICIÓN FORMALDEHÍDO, AQUAGESTIÓN, ABRIL 2018. ....	12
4.2. CARACTERÍSTICAS RÍO CALIBORO .....	14
4.3. DETERMINACIÓN LONGITUD ZONA DE MEZCLA.....	17
9. CONCLUSIÓN .....	20

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resultados concentración formaldehído .....	6
<b>Tabla 2.</b> Especies registradas en el área de estudio .....	8
<b>Tabla 3.</b> Presencia de especies en estaciones de monitoreo .....	9
<b>Tabla 4.</b> Abundancia de comunidades fitoplanctónicas por estaciones.....	10
<b>Tabla 5.</b> Abundancia de perifiton .....	11
<b>Tabla 6.</b> Resultados concentración formaldehído en río Caliboro.....	13
<b>Tabla 7.</b> Perfil transversal río Caliboro desde el punto de descarga hacia aguas abajo. ....	15
<b>Tabla 8.</b> Longitud de mezcla para escenario de caudal medio de verano .....	19
<b>Tabla 9.</b> Participantes .....	21

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Zona de mezcla en cuerpos naturales de agua lóaticos ..... 17

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente informe da cuenta de una evaluación realizada de los resultados de monitoreos e informes de seguimientos desde el 2016 a la fecha que han sido realizados a la Piscicultura Ketrún Rayén, con la finalidad de determinar si el proceso de desinfección genera efectos negativos sobre la calidad del agua para la vida acuática.

## **2. OBJETIVO**

Determinar si el procedimiento de desinfección a través del uso de formaldehído en la Piscicultura Ketrún Rayén ha generado efectos negativos sobre la calidad del agua para la vida acuática.

## **3. ANÁLISIS DE INFORMES DE MONITOREO A RÍO CALIBORO EN ZONA DEL PROYECTO**

A continuación se realizará un análisis respecto de la información de seguimiento existente para la Piscicultura Ketrún Rayén, enfocado en monitoreos e informes que se refieren al seguimiento aguas arriba y aguas abajo de la descarga de la Piscicultura.

### **3.1 MONITOREO DE LA SALUD BENTÓNICA. REALIZADO POR INGENAT, OCTUBRE 2016 – OCTUBRE 2017.**

La evaluación fue realizada en 2 estaciones de muestreo en el cauce del río Caliboro, correspondientes a:

- Estación 1: 250 m aguas arriba de la descarga
- Estación 2: 53 m aguas abajo de la descarga

Estos muestreos fueron realizados con fecha 29 de Septiembre de 2016 y posteriormente el 09 de Septiembre de 2017.

Con la información obtenida de los monitoreos realizados durante el año 2016 y 2017 se evaluó la existencia de cambios en cuanto a la calidad del agua del río Caliboro, utilizándose organismos indicadores de calidad.

El muestreo realizado durante el año 2016 y 2017 permiten identificar la presencia de especies sensibles a la contaminación aguas abajo de la descarga, como lo son las Ephemeroptera, cuyos insectos resisten muy mal a la contaminación porque su tegumento es muy fino, siendo buenos indicadores de calidad de agua. Normalmente habitan en los cursos altos de agua porque es donde las aguas presentan menor probabilidad de estar contaminadas. De acuerdo a esto, a los 50 m aguas abajo de la descarga se presentó este tipo de macroinvertebrado, siendo una buena señal de

que la calidad del agua en ese punto es óptimo para el desarrollo de la familia. Otro macroinvertebrado registrado aguas abajo de la descarga son los Plecópteros, cuya especie responde ante cambios en el ambiente, ya que su sensibilidad generalmente los convierte en indicadores de buena calidad del agua. Del mismo modo se registró la especie Trichoptera, los cuales son bioindicadores de la calidad del agua y salud del ecosistema ya que corresponden a especies sensibles a la contaminación del agua y a la alteración de su hábitat.

Otro parámetro importante registrado fue la concentración de oxígeno disuelto, registrándose aguas arriba una concentración de 10,3 mg/l y de 14,5 mg/l para medición del año 2016 y 2017 respectivamente; y aguas abajo de la descarga de 10,4 mg/l y 13,8 mg/l para el año 2016 y 2017 respectivamente. De acuerdo a los requisitos de las aguas dulces destinadas a ser usadas para la vida acuática, la NCh 1333 establece como requisito mínimo una concentración de 5 mg/l para oxígeno disuelto. De esta forma aguas abajo de la descarga, se cumple con la condición para el desarrollo de la vida acuática en función del parámetro determinado, descartándose la afectación en los sistemas acuáticos tras agotamiento de oxígeno.

### **3.2 EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE FORMALINA EN AGUA DE EFLUENTE POSTERIOR A UN TRATAMIENTO. REALIZADO POR AQUAGESTIÓN, OCTUBRE 2017.**

La evaluación fue realizada en 5 zonas distribuidas aguas arriba y abajo de la descarga, en diversos tiempos, después de la aplicación del desinfectante, formaldehído.

Los puntos monitoreados son los siguientes:

- Punto 1: Salida de un estanque
- Punto 2 : Mezcla de los 10 estanques del módulo de 200 m<sup>3</sup>
- Punto 3 : Mezcla de las descargas de todos los módulos de la Piscicultura
- Punto 4 : Salida del filtro rotatorio
- Punto 5 : 50 m aguas abajo de la descarga

Los resultados obtenidos para la evaluación de la descarga da cuenta que el formaldehído es soluble en agua, tal como lo indica la literatura, presentándose una baja presencia del compuesto aguas abajo de la descarga. Adicional a lo anterior, no fue detectable la presencia de formaldehído en el Punto 5 correspondiente a 50 m aguas abajo de la descarga. Lo anterior se describe en Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados concentración formaldehído

	Tiempo (Min)	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
<b>Formaldehído (mg/L)</b>	0	85,3	75,4	---	---	---
	15	70,3	73,2	27,4	10,4	<0,1
	30	49,2	59,6	19,3	4,3	<0,1
	45	46,1	44,6	16,3	3,3	<0,1
	60	20,9	36,6	14,2	1,4	<0,1
	90	16,2	17,7	9,5	1,2	<0,1
	120	8,2	11,5	7,2	<0,1	<0,1
	180	4,6	5,4	3,1	<0,1	<0,1

### **3.3 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL, REALIZADO POR AQUAGESTIÓN, DICIEMBRE 2017.**

La evaluación fue realizada en 3 zonas distribuidas aguas arriba y abajo de la descarga, siendo estos:

- Estación 1: Aguas arriba de la descarga (app 150 m)
- Estación 2 : Punto de descarga
- Estación 3 : 100 m aguas abajo de la descarga

Los resultados obtenidos indican que, respecto de los parámetros fisicoquímicos se logró determinar que el oxígeno disuelto presentó concentraciones entre 9,9 y 10,7 mg/L, siendo el menor valor registrado en la Estación "aguas arriba de la descarga" y la mayor concentración en la Estación "Punto de descarga". Con lo anterior se determina la no afectación de la descarga sobre los sistemas acuáticos tras agotamiento de oxígeno.

### **3.4 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL, REALIZADO POR AQUAGESTIÓN, FEBRERO 2018.**

La evaluación fue realizada en 7 estaciones de muestreo, correspondientes a:

- Estación 1: Bocatoma
- Estación 2: 100 m aguas arriba de la compuerta
- Estación 3 : 100 m abajo la descarga
- Estación 4: 100 m aguas arriba de la descarga
- Estación 5: Punto de descarga
- Estación 6: 30 m aguas abajo de la descarga
- Estación 7 : 50 m aguas abajo de la descarga

De acuerdo a esta medición, los resultados de los parámetros fisicoquímicos, principalmente la concentración de oxígeno disuelto, presenta desde el punto de descarga hacia aguas abajo valores por sobre lo establecido en la NCh 1333 para la vida acuática. Lo anterior, en conjunto a informes realizados con anterioridad durante muestreos realizados durante el año 2016 y 2017, permiten acreditar el no agotamiento de este parámetro.

Del mismo modo se evidenció macrofauna bentónica en el punto de descarga y aguas abajo pertenecientes al orden de Ephemeroptera y Trichoptera, cuyas especies son consideradas como indicadores de buena calidad del agua debido a su alta sensibilidad.

A su vez, este estudio permitió determinar el índice Biótico por Familia, determinándose que en la estación "100 m aguas arriba de la compuerta" las características ambientales corresponde a una zona con malas condiciones que presenta perturbación lo cual se mantiene hacia aguas abajo de la descarga. Lo anterior indica que las condiciones existentes en la zona definida como área de influencia del proyecto provienen aguas arriba de la descarga.

### **3.5 INFORME DE MEDIO BIÓTICO LIMNOLOGÍA, REALIZADO POR ECOMETRIC, FEBRERO 2018.**

La evaluación fue realizada en 6 estaciones de muestreo posterior al tratamiento de desinfección para determinar el medio biótico existente en el río Caliboro, correspondientes a:

- Estación 1: 1,5 km aguas arriba de la descarga
- Estación 2: 100 m aguas arriba de la descarga
- Estación 3: Punto de descarga
- Estación 4: 100 m aguas abajo de la descarga
- Estación 5: 500 m aguas abajo de la descarga
- Estación 6: 1000 m aguas abajo de la descarga

De acuerdo a esta medición se determinó que las estaciones estudiadas presentan homogeneidad entre muestras, donde el río se presentó como un rápido profundo y con sustrato principalmente arenoso, con presencia de bolones de origen introducido para la estación 1 "1,5 km aguas arriba de la descarga".

En cuanto a las estaciones E-3 a E-6 que comprenden a las estaciones desde el punto de descarga hacia aguas abajo del río Caliboro, se indica que el mayor porcentaje de sustrato registrado comprende a arena, siendo de un 80%, y un 20% comprende a Limo.

En cuanto a los resultados de parámetros fisicoquímicos, se indica que el parámetro esencial para determinar la calidad de las aguas comprende la concentración de oxígeno disuelto, este parámetro presentó desde el punto de descarga hacia aguas abajo valores por sobre lo establecido en la NCh 1333 para vida acuática. Lo anterior, en conjunto a informes realizados con anterioridad durante muestreos realizados en el año 2016, 2017 y 2018 por servicios externos para la Piscicultura, permiten acreditar el no agotamiento de este parámetro.

Del mismo modo se evidenció macrofauna bentónica en el punto de descarga y aguas abajo pertenecientes al orden de Ephemeroptera y Trichoptera, cuyas especies son consideradas como indicadores de buena calidad del agua debido a su alta sensibilidad

A su vez, este estudio permitió determinar el índice Biótico por Familia, determinándose que en la estación "1,5 km aguas arriba de la descarga" las características ambientales corresponde a una zona con mala calidad de agua y muy mala calidad de ambiente, lo cual se mantiene hacia aguas abajo de la descarga. Lo anterior coincide con el informe realizado por Aquagestión en Febrero de 2018, donde se determina que el río Caliboro aguas arriba de la Piscicultura presenta una mala calidad la cual se mantiene aguas abajo, de acuerdo al IBF.

En cuanto a las especies ícticas capturadas, se indica la existencia de 7 especies, de las cuales 5 corresponden a especies nativas y 2 son de origen introducido, las que se presentan en Tabla 2.

**Tabla 2.** Especies registradas en el área de estudio

Especies	Estado de conservación (RCE)	Referencia o Decreto
<b>Especies Nativas</b>		
<i>Brachygalaxias bulloki</i>	VU	(DS 38/2015 MMA)
<i>Basilichthys australis</i>	NT	(DS 19/2012 MMA)
<i>Percilia gillissi</i>	EN	(DS 33/2011 MMA)
<i>Nematogenys inermis</i>	EN	(DS 38/2015 MMA)
<i>Cheirodon galusdae</i>	VU	(DS 51/2008 MINSEGPRES)
<b>Especies Introducidas</b>		
<i>Gambusia holbrooki</i>	No Aplica	-
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	No Aplica	-

En cuanto a su distribución espacial en cada una de las estaciones de muestreo se obtuvo:

**Tabla 3.** Presencia de especies en estaciones de monitoreo

Estación	<i>B.australis</i>	<i>P. gillissi</i>	<i>O. mykiss</i>	<i>N.inermis</i>	<i>B. bullocki</i>	<i>G. holbrooki</i>	<i>C. galusdae</i>
E-1	X	X	X				
E-2	-	X					
E-3							
E-4				X			
E-5	X				X		
E-6				X	X	X	X
Porcentaje de ocurrencia	33%	33%	17%	33%	33%	17%	17%

De acuerdo a lo presentado en Tabla 3 se indica que en la Estación 3 “Punto de descarga” las condiciones del río no presentan condiciones óptimas para monitoreo Limnológico, ya que las profundidades y velocidades de la columna de agua en esta estación de monitoreo no son propicios para un monitoreo de este tipo. Por cuanto los muestreos realizados pudiesen tener un sesgo metodológico, ya que las profundidades del sector superan 1 m.

### 3.5.1 FLORA ACUÁTICA

#### a) Fitoplancton

Durante el monitoreo se registró un total de 46 especies de microalgas fitoplanctónicas. Los taxa registrados corresponden al grupo de las Diatomeas, Cianófitas, Dinoflagelados, Euglenófitas, Clorófitas y Carófitas. De las Diatomeas registradas, el género que registró la mayor abundancia fue *Fragilaria crotonensis*.

Es importante mencionar que en la Estación 1 “1,5 km aguas arriba de la descarga” y Estación 3 “Punto de descarga” fue detectada la presencia de *Didymosphenia geminata*, microalga unicelular perteneciente al grupo de las diatomeas, comúnmente conocido como “Didymo”. Esta especie tiene la capacidad de modificar ecosistemas acuáticos dulceacuícolas, volviéndose altamente invasiva.

A continuación en Tabla 4 se presenta detalle de la abundancia de las comunidades fitoplanctónicas que fueron registradas en cada una de las estaciones.

**Tabla 4.** Abundancia de comunidades fitoplanctónicas por estaciones.

Diatomeas	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total
<i>Amphora spp.</i>	6	-	-	-	-	-	6
<i>Asterionella formosa</i>	128	10	38	96	8	114	394
<i>Aulacoseira granulata</i>	208	58	302	139	66	84	857
<i>Cocconeis spp.</i>	720	2784	256	418	928	736	5842
<i>Cyclotella spp.</i>	348	1949	92	278	788	304	3759
<i>Cymatopleura solea</i>	-	-	-	-	-	-	0
<i>Cymbella spp.</i>	20	418	46	42	116	371	1013
<i>Diatoma spp.</i>	12	279	-	20	20	26	357
<i>Diatoma vulgare</i>	23	209	-	22	18	26	298
Diatomeas	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total
<i>Didymosphenia geminata</i>	-	-	-	-	-	-	0
<i>Diploneis spp.</i>	-	-	-	-	-	-	0
<i>Epithemia sorex</i>	3	8	-	-	-	-	11
<i>Epithemia spp.</i>	3	-	-	-	-	-	3
<i>Eunotia spp.</i>	2	-	-	-	-	-	2
<i>Fragilaria crotonensis</i>	21530	1902	8886	9419	3596	7494	52827
<i>Fragilaria spp.</i>	140	70	162	162	70	18	622
<i>Frustulia spp.</i>	2	-	-	-	-	-	2
<i>Gomphonopsis minuta</i>	256	382	348	96	58	110	1250
<i>Gomphonema spp.</i>	141	325	56	162	160	464	1308
<i>Hannaea arcus</i>	3	14	-	-	8	10	35
<i>Melosira varians</i>	186	222	128	92	16	38	682
<i>Naviculales</i>	256	789	278	256	928	1926	4433
<i>Nitzschia acicularis</i>	5	-	-	-	-	-	5
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	34	-	20	36	6	12	108
<i>Nitzschia spp.</i>	162	348	-	46	209	512	1277
<i>Pinnularia spp.</i>	-	-	-	-	-	-	0
<i>Pleurosigma spp.</i>	-	-	-	-	-	-	0
<i>Rhoicosphenia spp.</i>	186	557	58	92	370	302	1565
<i>Rhopalodia gibba</i>	2	10	-	-	-	-	12
<i>Surirella spp.</i>	-	-	-	-	-	-	0
<i>Tabellaria fenestrata</i>	6	-	-	-	-	-	6
<i>Tabellaria flocculosa</i>	-	-	-	-	-	-	0
<b>Total por estación</b>	<b>24382</b>	<b>10334</b>	<b>10670</b>	<b>11376</b>	<b>7365</b>	<b>12547</b>	<b>76674</b>
Dinoflagelados	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total
<i>Peridinium spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total por estación</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Cianófitas	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total
<i>Aphanocapsa spp.</i>	6	-	-	16	-	-	22
<i>Dolichospermum spp.</i>	2	-	-	-	-	-	2
<i>Microcystis spp.</i>	-	-	-	-	-	-	0
<i>Oscillatoria spp.</i>	4	-	-	-	-	-	4
<i>Pseudoanabaena spp.</i>	2	-	-	-	-	-	2
<b>Total por estación</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>30</b>
Euglenofíceas	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total
<i>Trachelomonas spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total por estación</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Clorófitas	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total
<i>Chlamydocapsa spp.</i>	18	-	-	36	-	-	54
<i>Eudorina spp.</i>	146	-	26	208	6	7	393
<i>Oocystis spp.</i>	4	-	-	-	-	-	4
<i>Pandorina spp.</i>	18	-	-	10	-	-	28
<i>Pediastrum spp.</i>	2	-	-	-	-	-	2
<i>Scenedesmus spp.</i>	-	-	-	-	-	-	0
<b>Total por estación</b>	<b>188</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>254</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>481</b>
Diatomeas	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total
Carófitas	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	Total
<i>Cosmarium spp.</i>	20	-	-	-	-	13	33
<b>Total por estación</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>13</b>	<b>33</b>

b) Perifiton

Se realizó la caracterización del perifiton en las 6 estaciones de muestreo, allí se registró un total de 38 taxa de diferentes microalgas perifíticas en el área de estudio durante la campaña de verano. Las diatomeas fueron el grupo dominante en la zona periférica del río Caliboro, destacando las diatomeas de especie *Naviculales* y de las Cianófitas de la especie *Oscillatorio spp.*

A continuación se presenta la abundancia de perifiton expresado en cel/m<sup>2</sup>

**Tabla 5.** Abundancia de perifiton

Diatomeas	E-1 (cel/cm <sup>2</sup> )	E-2 (cel/cm <sup>2</sup> )	E-3 (cel/cm <sup>2</sup> )	E-4 (cel/cm <sup>2</sup> )	E-5 (cel/cm <sup>2</sup> )	E-6 (cel/cm <sup>2</sup> )	Total
<i>Asterionella Formosa</i>	-	-	-	-	2	-	2
<i>Aulacoseira granulata</i>	-	-	7	224	52	-	283
<i>Cocconeis spp.</i>	23	54	275	3779	412	46	4589
<i>Cyclotella spp.</i>	140	160	206	848	710	22	2086
<i>Cymbella spp.</i>	696	22	366	732	114	627	2557
<i>Diatoma spp.</i>	-	9	9	24	22	1191	1255
<i>Diatoma vulgare</i>	20	14	114	88	52	8	296
<i>Diploneis spp.</i>	-	-	-	2	1	-	3
<i>Epithemia sorex</i>	-	1	-	16	6	14	37
<i>Epithemia spp.</i>	-	-	1	10	4	2	17
<i>Eunotia spp.</i>	-	-	-	4	4	2	10
<i>Fragilaria crotonensis</i>	36	62	62	172	60	12	404
<i>Fragilaria spp.</i>	108	6	274	126	92	24	630
<i>Frustulia spp.</i>	-	-	1	4	-	-	5
<i>Gomphonema minuta</i>	80	10	194	354	58	8	704
<i>Gomphonema spp.</i>	325	11	344	2840	60	28	3608
<i>Hannaea arcus</i>	-	-	6	8	6	-	20
<i>Melosira varians</i>	68	10	216	190	24	5	513
<i>Naviculales</i>	674	288	4998	3508	8266	2977	20711
<i>Nitzschia acicularis</i>	2	-	-	-	-	-	2
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	-	-	2	4	6	-	12
<i>Nitzschia spp.</i>	348	6	389	298	6406	1008	8455
<i>Pinnularia spp.</i>	-	-	-	-	4	4	8
<i>Pleurosigma spp.</i>	-	1	-	-	-	-	1
<i>Rhoicosphenia spp.</i>	5429	10	320	1512	62	4	7337
<i>Rhopalodia gibba</i>	-	-	-	6	14	-	20
<i>Tabellaria flocculosa</i>	-	-	-	2	2	-	4
<b>Total por estación</b>	<b>7949</b>	<b>664</b>	<b>7784</b>	<b>14751</b>	<b>16439</b>	<b>5982</b>	<b>53569</b>
Diatomeas	E-1 (cel/cm <sup>2</sup> )	E-2 (cel/cm <sup>2</sup> )	E-3 (cel/cm <sup>2</sup> )	E-4 (cel/cm <sup>2</sup> )	E-5 (cel/cm <sup>2</sup> )	E-6 (cel/cm <sup>2</sup> )	Total
<b>Cianófitas</b>							
<i>Aphanocapsa spp.</i>	12	-	-	-	-	-	12
<i>Dolichospermum spp.</i>	-	-	-	-	-	-	0
<i>Oscillatoria spp.</i>	20	8	8	4	12	214	266
<i>Spirulina spp.</i>	-	-	-	-	-	-	0
<b>Total por estación</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>214</b>	<b>278</b>
<b>Euglenofíceas</b>							
<i>Trachelomonas spp.</i>	-	-	6	-	-	-	6
<b>Total por estación</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Clorófitas</b>							
<i>Acutodesmus spp.</i>	18	6	5	2	-	1	32
<i>Chlamydocapsa spp.</i>	-	-	-	-	-	-	0
<i>Chlamydomonas spp.</i>	52	4	2	-	11	6	75
<i>Scenedesmus spp.</i>	-	-	-	-	-	2	2
<b>Total por estación</b>	<b>70</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>109</b>
<b>Carófitas</b>							
<i>Cosmarium spp.</i>	-	-	4	-	-	-	4
<b>Total por estación</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4</b>

De los resultados presentados correspondientes a flora acuática se destaca la presencia de Diatomeas, cuyo género que registró la mayor abundancia fue *Fragilaria crotonensis*, cuya especie es un indicador de niveles altos de nitrógeno.

Además, aguas arriba y en el punto de descarga fue detectada la presencia *Didymosphenia geminata*, perteneciente al grupo de las diatomeas, comúnmente conocido como "Didymo". Esta especie tiene la capacidad de modificar ecosistemas acuáticos dulceacuícolas, volviéndose altamente invasiva. Su presencia masiva produce disminución en la concentración de oxígeno disponible y alteración de hábitat existente, afectando la biodiversidad, en especial la biota nativa y las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos y peces.

Es posible que los resultados obtenidos se deba a las condiciones propias del río, las que no presentan condiciones óptimas para monitoreo Limnológico, ya que las profundidades y velocidades de la columna de agua como lo es en la estación "Punto de descarga" cuya estación posee profundidades superior a 1 m, siendo una condición para muestras de Perifiton no óptima ya que se requiere de la obtención de sustrato pedregoso para la obtención de muestras para análisis. Por cuanto los muestreos realizados pudiesen tener un sesgo metodológico, producto de las profundidades del sector.

#### **4. ANÁLISIS ESCENARIO ACTUAL DE PEOR CONDICIÓN SOBRE EL USO DE FORMALDEHÍDO EN PISCICULTURA KETRUN RAYEN**

##### **4.1 RESULTADOS MEDICIÓN FORMALDEHÍDO, AQUAGESTIÓN, ABRIL 2018.**

Ketrun Rayen realizó procedimiento de desinfección en Abril de 2018 evaluando como peor condición el tratamiento simultáneo de 5 estanques iniciales y posteriormente el tratamiento de otros 5 estanques en un mismo día, lo anterior con la finalidad de poder evaluar la concentración de formaldehído en la descarga y hacia aguas abajo del río pudiendo determinar la afectación de este compuesto para la vida acuática.

El muestreo consistió en la medición de 6 estaciones distribuidas hacia aguas abajo del punto de descarga, midiendo a distintos tiempos cada muestra (T0, T15, T30, T45, T60, T120), siendo estos:

- Punto 1: 0m de la descarga
- Punto 2: 50 m de la descarga
- Punto 3: 100 m de la descarga
- Punto 4: 200 m de la descarga

- Punto 5: 500 m de la descarga
- Punto 6: 1000 m de la descarga

De acuerdo al muestreo realizado en el río Caliboro a distintas distancias desde el punto de descarga y a distintos tiempos, se pudo constatar la rápida solubilidad y volatilidad del compuesto, ya que las concentraciones desde el Punto 1 "0 m de la descarga" hacia aguas abajo disminuyen considerablemente, tal como se presenta en Tabl6.

**Tabla 6.** Resultados concentración formaldehído en río Caliboro

Tratamiento 1						
minutos	metros					
	0	50	100	200	500	1000
T0	1,0	0,2	0,2	<0.1	<0.1	<0.1
T15	1,3	0,6	0,5	0,6	0,2	<0.1
T30	1,2	0,7	0,6	0,7	0,5	<0.1
T45	0,9	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
T60	0,9	0,4	0,3	0,4	0,4	0,6
T120	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Tratamiento 2						
minutos	metros					
	0	50	100	200	500	1000
T0	1,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
T15	1,3	0,8	0,8	0,9	0,6	0,4
T30	1,2	0,7	0,7	0,8	0,9	0,4
T45	1,0	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8
T60	1,2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7
T120	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3

## 4.2. CARACTERÍSTICAS RÍO CALIBORO

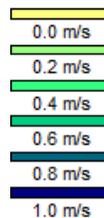
De acuerdo a análisis preliminar de modelación hidráulica desarrollado por DSS S.A, se puede indicar que las características con que cuenta el río Caliboro aguas arriba comparada con aguas abajo presentan diferencias unas con otras, no siendo uniforme el tramo estudiado, siendo en la Estación 3 "Punto de descarga" la sección más angosta para posteriormente ensancharse hacia aguas abajo. Lo anterior confirma lo planteado anteriormente respecto de las malas condiciones para los monitoreos limnológicos que se establece en la Estación 3 ya que las profundidades y velocidades de la columna de agua en esta sección no son propicias para este tipo de monitoreo, del mismo modo se indica que el sustrato registrado en las estaciones de muestreo corresponde principalmente al tipo arenoso - limoso, con inexistencia de bolones en el tramo muestreado se, siendo éste el hábitat propicio para los perifiton y de macroinvertebrados.

Por otra parte, se indica que en la Estación 3 se registró presencia de Didymo, cuya especie de acuerdo a literatura afecta la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos.

A continuación se presentan perfiles transversales del río Caliboro, con la profundidad para caudal mínimo del río (caudal mínimo de verano estimado).

Los colores presentados corresponden a la velocidad del agua según la escala:

### Escala de velocidad del flujo:



**Tabla 7.** Perfil transversal río Caliboro desde el punto de descarga hacia aguas abajo.

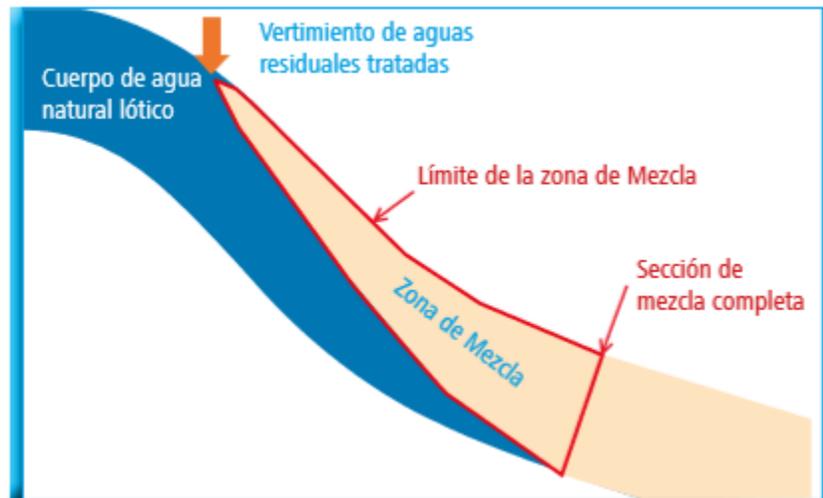
Caudal de verano: 10.25 m<sup>3</sup>/s , más caudal de descarga de 1.5 m<sup>3</sup>/s

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sección: <b>Punto de descarga</b></li> <li>- Profundidad max verano: 1.37m</li> <li>- Profundidad max invierno: 1.57m</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sección: <b>25 m aguas abajo descarga</b></li> <li>- Profundidad max verano: 1.03m</li> <li>- Profundidad max invierno: 1.22m</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sección: <b>75 m aguas abajo descarga</b></li> <li>- Profundidad max verano: 0.82m</li> <li>- Profundidad max invierno: 0.9m</li> </ul>

	<p>- Sección: <b>125 m aguas abajo</b></p> <p><b>descarga</b></p> <p>- Profundidad max verano: 0.81m</p> <p>- Profundidad max invierno: 0.97 m</p>
	<p>- Sección: <b>225 m aguas abajo</b></p> <p><b>descarga</b></p> <p>- Profundidad max verano: 1.58m</p> <p>- Profundidad max invierno: 1.73m</p>
	<p>- Sección: <b>325 m aguas abajo</b></p> <p><b>descarga</b></p> <p>- Profundidad max verano: 1.22m</p> <p>- Profundidad max invierno: 1.35m</p>
	<p>- Sección: <b>525 m aguas abajo</b></p> <p><b>descarga</b></p> <p>- Profundidad max verano: 1.76m</p> <p>- Profundidad max invierno: 1.87m</p>

### 4.3. DETERMINACIÓN LONGITUD ZONA DE MEZCLA

La longitud de mezcla indica la distancia en que el efluente se ha mezclado totalmente con las aguas del río, presentando una concentración homogénea en la sección transversal.



**Figura 1.** Zona de mezcla en cuerpos naturales de agua lóticos

**Fuente:** Guía para la determinación de la zona de mezcla y evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales tratadas a un cuerpo natural de agua, Autoridad Nacional del Agua, Perú (2017).

Respecto a la normativa nacional, no existe regulación respecto a la zona de mezcla de forma explícita, aunque se han discutido algunos aspectos de forma somera en los comités de normas secundarias, debido a la complejidad de abordar este tópico, no se ha llegado a un acuerdo donde se limite la extensión de la zona de mezcla asociada a la descarga de un efluente.

Según la Agencia de Protección del Ambiente Norteamericana (EPA, 1991) en su documento 'Technical support document for water quality-based toxics control', la distancia requerida para que se alcance la condición de mezcla completa debe ser estimada a partir de las condiciones hidráulicas del flujo y la ubicación del efluente.

Para estimar la longitud de mezcla, esta se ha definido como la distancia en la cual la diferencia entre el valor máximo y mínimo de concentración de una sección transversal se encuentra dentro de un rango de 10%, es decir, cuando se ha mezclado completamente.

Finalmente, la longitud de la zona de mezcla está dada por la ecuación:

$$L_m = \frac{mW^2u}{D_y}$$

Dónde:

- $W$  es el ancho del río
- $u$  es la velocidad media del río
- $D_y$  es el coeficiente de esparcimiento lateral
- $m$  es un parámetro cuyo valor depende en el grado de uniformidad usado para definir 'mezcla completa' y en la ubicación transversal de la salida en el río que varía entre 0.1 y 0.4.

Esta ecuación semi-empírica ha sido estudiada por múltiples investigadores y, debido a su concordancia con las observaciones, es ampliamente utilizada por el USGS de Estados Unidos y muchos organismos ambientales, siendo explícitamente recomendado su uso por la Autoridad Nacional del Agua de Perú en su "Guía para la determinación de la zona de mezcla y la evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales tratadas a un cuerpo natural de agua" (2017).

El coeficiente de esparcimiento lateral, para la mayoría de los ríos puede estimarse aproximadamente por medio de la ecuación:

$$D_y = c d u^*$$

El coeficiente ( $c$ ) puede variar de 0.3 a 1.0 dependiendo del tipo y grado de irregularidad de las secciones transversales del río. Los más rectos y uniformes cauces se caracterizan por valores bajos de dicho coeficiente y los más irregulares, que poseen curvas o interferencias en las riberas, se representan por valores altos cercanos a la unidad. Típicamente los cauces que exceden la unidad son aquellos que se separan en meandros.

La velocidad de corte  $u^*$  se obtiene de la expresión:

$$u^* = \sqrt{g d s}$$

Donde,  $g$  aceleración de gravedad,  $s$  pendiente del lecho del río y  $d$  es la profundidad del río.

**Tabla 8.** Longitud de mezcla para escenario de caudal medio de verano

	Unidad	Símbolo	Q Verano	Q Invierno
Ancho del río	m	W	26.41	27.70
Velocidad media del río	m/s	u	0.59	0.69
Parámetro ubicación de descarga	adim	m	0.10	0.10
Aceleración de gravedad	m/s <sup>2</sup>	g	9.81	9.81
Pendiente del lecho del río	m/m	s	0.0039	0.0039
Profundidad del río	m	d	1.47	1.63
Velocidad de corte	adim	u*	0.237	0.25
Coefficiente curvatura	adim	c	0.60	0.60
Coefficiente de dispersión lateral	adim	Dy	0.21	0.24
Longitud zona de mezcla	m	m	197	217

**Fuente:** DSS S.A.

En la Tabla 8 se presentan los parámetros característicos del río, de acuerdo a esto y atendidas las características de solubilidad del compuesto en análisis y contando con los resultados de la longitud de mezcla que varía entre 197 m y 217 m para caudal mínimo de verano y caudal de invierno respectivamente, se considera que dichos coeficientes son sensibles a variaciones por lo anterior se propone que la longitud de la zona de mezcla fluctúe entre 150m y hasta 250 m aguas abajo de la descarga.

## 9. CONCLUSIÓN

De acuerdo a todos los informes de monitoreos presentados en función de la Piscicultura Ketrún Rayén, enfocados en el río Caliboro, es posible determinar que:

- El río Caliboro presenta altas pendientes en las riberas, y que aumenta su profundidad en su perfil longitudinal.
- La composición del sustrato inorgánico se encuentra constituido principalmente por arena y limo, previo y posterior a la descarga, por cuanto no es una condición que se genere a partir de dicha descarga.
- En el punto de descarga se presentó una profundidad máxima en verano de 1.37 m y máxima de invierno de 1.57, pudiendo ser este un factor para la inexistencia de comunidades bióticas, tal como fue explicado anteriormente pudiendo ser un factor clave de los resultados de monitoreo Limnológico.
- Los valores registrados para el parámetro físicoquímicos oxígeno disuelto, vital para el desarrollo de la vida acuática, en cada uno de los muestreos realizados dan cuenta de la no alteración de la calidad del agua en el cuerpo receptor, dando cumplimiento con los estándares establecidos en la NCh 1333 para vida acuática.
- De acuerdo a las concentraciones de formaldehído medido en la zona de mezcla del río Caliboro se indica que la Piscicultura cumple con los niveles de toxicidad para el cuerpo de agua receptor, de acuerdo a los niveles de toxicidad crónico y aguda establecido en la Hoja de datos de seguridad y en el límite máximo para consumo de agua establecido en el D.S 735.

Finalmente se indica que, en la zona de descarga del río y aguas abajo de éste se registró la existencia de especies consideradas como buenos indicadores de calidad de agua, siendo éstos principalmente del Orden Ephemeroptera y Trichoptera, lo cual indica que las concentraciones puntuales de formaldehído vertido al río Caliboro, tanto en tiempo como en espacio, en las condiciones actuales de la Piscicultura no afecta significativamente a la vida acuática al registrarse estas especies aguas abajo de la descarga.

## 10. PARTICIPANTES

A continuación se presenta el equipo de profesionales que participaron del análisis respecto de la información de seguimiento existente para la Piscicultura Ketrún Rayén, enfocado en monitoreos e informes que se refieren al seguimiento aguas arriba y aguas abajo de la descarga de la Piscicultura.

**Tabla 9.** Participantes

Participantes	Profesión	Actividad
Carmen Acuña	Químico Ambiental	Elaboración documento – Revisión y análisis de informes
Valentín Alvarado	Biólogo	Revisión y análisis de informes
Claudia Sanhueza	Ingeniera Civil	Modelación hidráulica – Determinación zona de mezcla
Carolina Cartes	Biólogo Marino	Revisión Final