

TERCER INFORME DE CALIDAD

AÑO 2017

**“NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA
PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RIO
MAIPO (D.S. N° 53/2013)”**

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE



Contenido

1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	3
3. RED DE CONTROL Y RED DE OBSERVACIÓN.....	4
4. RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA RED DE CONTROL.....	6
5. RESULTADOS DE LA RED DE OBSERVACIÓN.....	10
5.1 Bioindicadores	11
5.1.1 MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.....	11
5.1.2 ÍNDICES BIÓTICOS	13
5.1.3 BIOENSAYOS	13
5.1.4 FAUNA ÍCTICA.....	15
5.1.5 RESULTADOS FISICOQUÍMICOS	15
6. COMENTARIOS FINALES	16
7. REFERENCIAS	17
8. ANEXOS	17

1. RESUMEN

En el contexto de la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y mediante la promulgación del D.S. N° 53/2013 del Ministerio de Medio Ambiente, se establecen las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (en adelante, NSCA) para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del Río Maipo, cuyo objetivo es conservar los ecosistemas hídricos y sus servicios ecosistémicos, a través de la mantención y/o mejoramiento de la calidad de las aguas de la cuenca.

El presente informe de calidad da cuenta de los parámetros físico-químicos incluidos en la NSCA que han sido monitoreados por la Dirección General de Aguas (DGA), a través de la Red de Control de la norma, así como también las estaciones complementarias monitoreadas por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) en la Red de Observación. El periodo analizado da cuenta de las campañas de monitoreo comprendidas entre enero y diciembre del año 2016 para cada una de las áreas de vigilancia establecidas en la norma. Además, en este informe se reportan los resultados de ensayos ecotóxicológicos y muestreo de bioindicadores para diferentes áreas de vigilancia, de acuerdo al art 12 del decreto supremo.

Es importante destacar que este informe corresponde a un resultado referencial del tercer año de implementación de la norma (año 2017) y que no permite establecer el cumplimiento normativo. Lo anterior, ya que, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 7° del D.S. N°53/2013 MMA, se debe considerar un periodo de análisis de tres años consecutivos de monitoreo para elaborar un informe de calidad que señale el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos en el decreto

2. INTRODUCCIÓN

El DS N°53/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, publicado en el Diario Oficial con fecha 04 de julio de 2014, que aprueba las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la cuenca del río Maipo (NSCA de la cuenca río Maipo), establece en su Título VI, Art. N°12, que el control de estas normas, deberá efectuarse de acuerdo a un Programa de Vigilancia, el cual será elaborado por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), con la colaboración del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), la Dirección General de Aguas (DGA) y el Servicio Agrícola Ganadero (SAG). En este contexto, con fecha 06 de marzo de 2018, la SMA, mediante Resolución Exenta N°271, dictó el Programa de Medición y Control de la Calidad Ambiental del agua para las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo (en adelante PMCCA). Asimismo, el D.S. 53/2013 en el Artículo 15 establece que será el Ministerio del Medio Ambiente con la colaboración de la Superintendencia del Medio Ambiente, la Dirección General de Aguas, el encargado de elaborar un Informe de Calidad destinado a divulgar el cumplimiento de las normas secundarias de calidad de las aguas de la cuenca del río Maipo.

El presente documento da cuenta del informe de calidad del agua del tercer año de vigencia de la NSCA de la cuenca del río Maipo y, analiza los parámetros físico-químicos monitoreados por cada área de vigilancia, además de la información de bioindicadores, ensayos ecotoxicológicos y parámetros de la red de observación. Como se mencionó anteriormente, este informe corresponde a los resultados obtenidos del monitoreo para el año 2017 (enero a diciembre), por lo tanto el análisis realizado es sólo referencial pues no incorpora toda la data señalada en el Artículo 7° “Condiciones de excedencia” de la norma.

3. RED DE CONTROL Y RED DE OBSERVACIÓN

El PMCCA incluye dos redes de medición: la Red de Control (o Red Oficial), que permite evaluar el nivel de cumplimiento de las normas, de acuerdo a lo establecido en el D.S. N°53/2013 y la Red de Observación (Red no oficial), que permite evaluar otras condiciones ambientales de la cuenca que son necesarias para la gestión de la calidad del agua. En particular, el monitoreo de la red de observación entrega valiosa información para la incorporación de nuevos parámetros en el proceso de revisión de las normas. En la Red de Control se han establecido 11 áreas de vigilancia y niveles de calidad ambiental para 12 parámetros físico-químicos, los cuales son monitoreados por la Dirección General de Aguas (DGA). Las áreas de vigilancia definidas para la cuenca del río Maipo se describen en la tabla 1.

Tabla N° 1. Estaciones Red de Control, NSCA cuenca del río Maipo

Cauce	Código Área	Coordenadas UTM	
		Norte	Este
Río Maipo	MA - 1	6.253.669	389.123
	MA - 2	6.277.844	374.482
	MA - 3	6.276.367	349.200
	MA - 4	6.266.233	322.141
	MA - 5	6.260.741	265.650
Río Angostura	AN - 1	6.257.192	325.666
Río Mapocho	MP - 1	6.306.676	365.034
	MP - 2	6.271.315	316.634
Estero Lampa	LA - 1	6.298.707	330.082
Estero Puangue	PU - 1	6.302.738	299.385
	PU - 2	6.272.919	283.311

Fuente: elaboración propia a partir D.S.53/2013 MMA

Los parámetros monitoreados en la Red de Control son los establecidos en el Art. 5, Tabla N°2 del D.S. N°53/2013, cuya medición se realizó de forma mensual y corresponden a: Oxígeno Disuelto (mg/L), Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH, Cloruro (mg/L), Sulfato (mg/L), Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L), Nitrato (mg/L), Ortofosfato (mg/L), Plomo Disuelto (mg/L), Níquel Disuelto (mg/L), Zinc Disuelto (mg/L) y Cromo Total (mg/L).

Por otra parte, y con el objeto de complementar el análisis realizado en base a la data reportada en la Red de Control, se incluyó en este informe los resultados de la Red de Observación. Esta red considera parámetros físicos, químicos y biológicos que se han establecido en el PMCCA (ver Tabla N°3) y está distribuida en puntos coincidentes con estaciones DGA de la Red de Control y en estaciones complementarias distribuidas en toda la cuenca del río Maipo, cuya ubicación se detalla a continuación en la tabla N°2.

Tabla N° 2. Estaciones Red de Observación, NSCA cuenca río Maipo

Cauce	Código	Coordenadas UTM	
		Norte	Este

Río Volcán	VOL – OBS	6.258.616	387.236
Río Yeso	YESO – OBS	6.260.844	386.146
Río Olivares	OL – OBS	6.294.856	394.602
Río Clarillo	CLAR 1– OBS	6.267.114	363.459
Río Clarillo	CLAR 2– OBS	6.275.845	348.814
Estero Arrayán	EA-OBS	6.311.257	364.173
Estero Yerba Loca	EYL-OBS	6.309.670	373.071
Río San Francisco	FRA – OBS	6.310.343	372.977
Río Molina	MOL-OBS	6.306.438	370.096
Estero Colina	ECO-OBS	6.327.363	347.582
Río Colorado	COL1-OBS	6.293.537	394.882
Río Colorado	COL2-OBS	6.293.537	373.148
Río Maipo	MA-1	6.253.669	389.123
Río Maipo	MA-2	6.277.844	374.482
Río Maipo	MA-2 OBS	6.265.905	379.767
Río Maipo	MA-3	6.276.367	349.200
Río Maipo	MA-3 OBS	6.281.734	361.823
Río Maipo	MA-4	6.266.233	322.141
Río Maipo	MA-5	6.260.741	265.650
Río Maipo	MA-5 OBS	6.265.497	289.204
Río Maipo	MA-6	6.275.690	258.841
Río Angostura	AN -1	6.257.192	325.666
Río Angostura	AN-1 OBS	6.251.722	337.181
Río Mapocho	MP–1	6.306. 676	365.034
Río Mapocho	MP–2	6.271. 315	316.634
Río Mapocho	MP–2.1 OBS	6.306. 994	357.994
Río Mapocho	MP–2.2 OBS	6.297.609	330.571
Río Mapocho	MP-2.3 OBS	6.286.259	328.280
Estero Puangue	PU-1	6.302.738	299.385
Estero Puangue	PU-1 OBS	6.318.119	299.624
Estero Puangue	PU-2	6.272.919	283.311
Estero Manzanito	MZ- 1 OBS	6.309.378	376.153
Río Lampa	LA-1	6.298.707	330.082

Fuente: elaboración propia

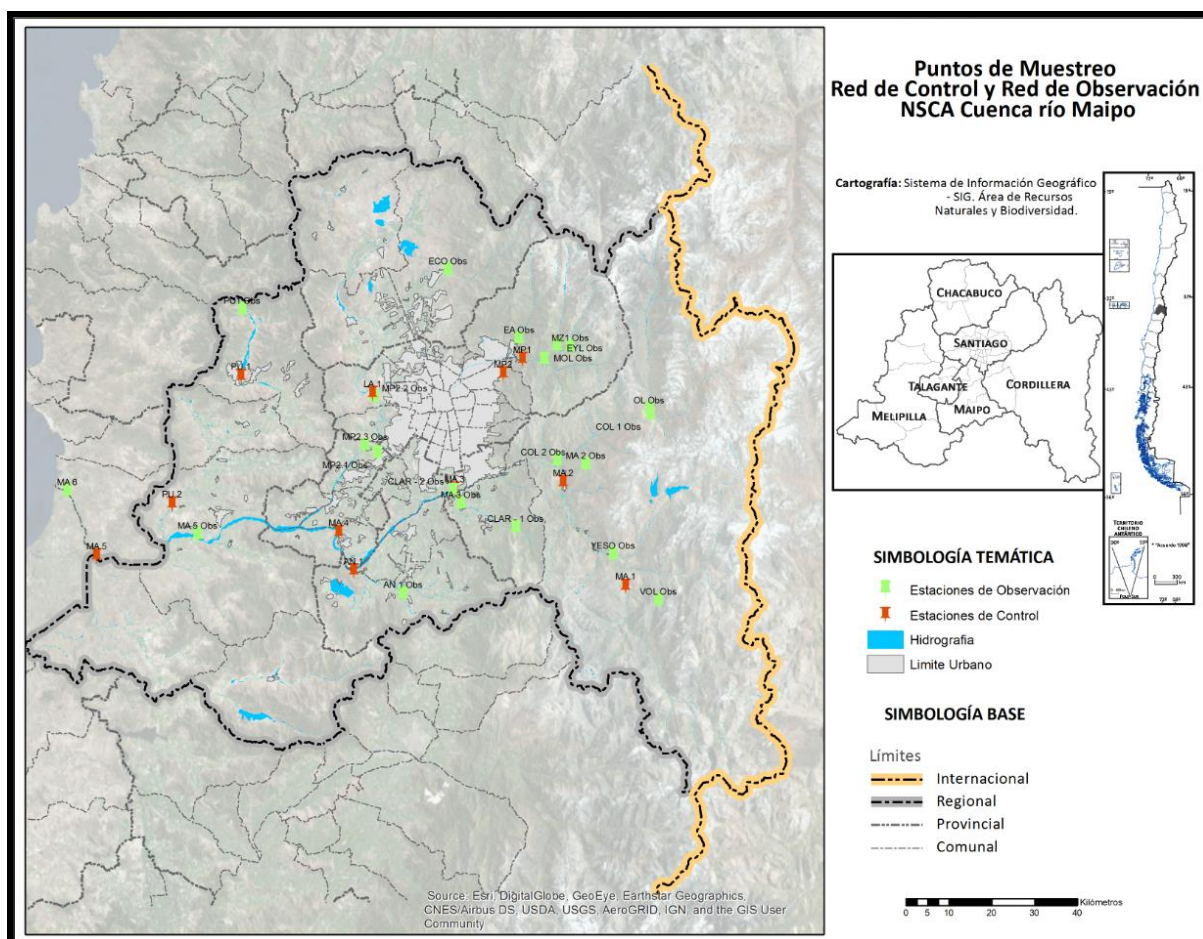


Figura 1. Mapa de ubicación general de los puntos de muestreo Red de Control y Red de Observación.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo establecido en el PMCCA, se han definido 18 áreas de vigilancia (11 áreas monitoreadas en la Red de Control y 7 de la Red de Observación) y 33 estaciones de monitoreo (11 de control y 22 de observación) distribuidas en esas 18 áreas.

4. RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA RED DE CONTROL

El monitoreo para las muestras analizadas para el cumplimiento del D.S. 53/2013 para el año 2017, fue informado por la Dirección General de Aguas (DGA) mediante Ordinario N° 37 del 21 de junio de 2018. Los resultados del monitoreo de aguas superficiales fueron obtenidos durante el año 2017, con frecuencia de muestreo mensual. Es importante mencionar que la DGA, previa validación, entrega los análisis del monitoreo del año 2017 en junio del año siguiente. En los casos de datos no registrados, la DGA señala diferentes causas, tales como: resultado no entregado por preservación, no muestreado, análisis suspendido según técnica no conforme N°8 (TENC N°8), falla en la cámara de gas, análisis no realizado según técnica no conforme N°12 (TENC N°12), entre otras razones (Tabla N°3).

Las metodologías de análisis de parámetros químicos fueron las implementadas por el Laboratorio Ambiental de la DGA (LADGA), excepto los parámetros: demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), cromo

total (Cr total), níquel disuelto (Ni disuelto) y plomo disuelto (Pb disuelto), los cuales fueron externalizados.

Durante el año 2017, la DGA no informó resultados del monitoreo para la estación Puangue en Curacaví (PU-1) dado que el lugar de muestreo se mantuvo sin flujo de agua los meses durante todo el año.

A continuación en la Tabla N°3 se presentan los resultados informados por la DGA.

Tabla N°3 Base de datos parámetros NSCA cuenca río Maipo Muestreo del año 2017

Año	mes	Estación	pH	Conduct	Oxígeno Disuelto	Cl-	SO4-2	Cr total	Ni disuelto	Pb disuelto	Zn disuelto	N - NO3-	P - PO4-	DBO5
			unidades	us/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2017	Enero	MA1	9,30	1295,0	10,02	142,4	340,9	<0,0006	<0,0006	<0,01	0,02	0,219	0,005	-
2017	Febrero	MA1	9,06	1569,0	9,87	207,2	337,2	0,005	<0,0052	<0,01	0,02	0,169	0,011	-
2017	Marzo	MA1	9,26	1761,0	8,33	258,2	378,7	0,002	<0,0017	<0,01	0,02	0,200	0,008	<2
2017	Abril	MA1	7,83	1963,0	10,22	308,8	327,6	0,001	<0,0008	<0,01	0,01	0,261	0,014	<2
2017	Mayo	MA1	8,57	1612,0	8,23	282,6	403,5	<0,0006	<0,0006	<0,01	<0,01	0,242	0,020	<2
2017	Junio	MA1	6,93	902,0	8,06	130,8	356,9	0,001	<0,01	<0,005	0,03	0,359	0,017	4
2017	Julio	MA1	8,12	911,0	8,54	127,4	120,7	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,251	0,012	<2
2017	Agosto	MA1	8,29	972,0	7,45	130,8	237,5	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,255	0,006	2
2017	Septiembre	MA1	8,99	1480,0	8,65	251,3	251,8	0,003	<0,01	<0,005	<0,02	0,310	0,008	<2
2017	Octubre	MA1	8,47	1534,0	8,85	253,0	327,8	0,001	<0,01	<0,005	<0,02	0,261	0,005	2
2017	Noviembre	MA1	8,98	1556,0	8,49	242,8	286,0	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,212	0,013	2
2017	Diciembre	MA1	10,03	1148,0	8,69	152,3	318,3	0,002	<0,01	<0,009	<0,01	0,141	0,010	<2
2017	Enero	MA2	9,12	1109,0	8,86	99,2	341,5	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,213	0,007	-
2017	Febrero	MA2	8,61	1331,0	7,53	140,4	343,0	0,0057	<0,01	<0,005	0,03	0,150	0,012	-
2017	Marzo	MA2	9,46	1483,0	8,10	182,2	390,8	0,0023	<0,01	<0,005	0,02	5,585	0,006	<2
2017	Abril	MA2	8,91	1657,0	9,79	216,0	481,7	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,372	0,019	<2
2017	Mayo	MA2	8,81	1580,0	8,18	222,8	353,7	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,219	0,018	<2
2017	Junio	MA2	7,01	1579,0	10,39	247,9	479,2	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,335	0,016	3
2017	Julio	MA2	8,33	1682,0	10,31	249,6	330,0	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,251	0,003	<2
2017	Agosto	MA2	8,40	1706,0	9,17	254,7	451,2	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,217	0,004	2
2017	Septiembre	MA2	9,05	1272,0	10,95	161,3	263,2	0,0030	<0,01	<0,005	0,02	0,296	0,007	<2
2017	Octubre	MA2	8,16	1200,0	8,89	134,1	288,5	0,0013	<0,01	<0,005	0,021	0,231	0,007	2
2017	Noviembre	MA2	9,12	1289,0	9,21	166,4	291,6	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,174	0,011	2
2017	Diciembre	MA2	9,78	1045,0	10,09	125,9	287,2	0,0031	<0,01	0,008	<0,01	0,171	0,011	<2
2017	Enero	MA3	8,83	943,0	8,79	72,9	292,6	<0,0006	<0,01	<0,005	0,01	0,229	0,011	-
2017	Febrero	MA3	8,71	1156,0	7,43	100,6	340,6	0,0034	<0,01	<0,005	0,03	0,194	0,014	-
2017	Marzo	MA3	9,11	1338,0	8,63	140,1	349,3	0,0034	<0,01	<0,005	0,02	5,561	0,004	<2
2017	Abril	MA3	9,03	1620,0	9,25	182,2	358,6	0,0024	<0,01	<0,005	0,02	0,508	0,025	<2
2017	Mayo	MA3	8,84	1098,0	7,45	136,5	233,2	0,0021	<0,01	0,005	0,02	0,846	0,098	<2
2017	Junio	MA3	7,68	1295,0	8,88	173,2	355,7	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	0,564	0,021	3
2017	Julio	MA3	8,32	1628,0	10,34	220,7	300,0	0,0027	<0,01	<0,005	0,03	0,325	0,013	<2
2017	Agosto	MA3	8,30	1608,0	8,76	224,1	431,3	0,0033	<0,01	<0,005	0,03	0,279	0,010	3

2017	Septiembre	MA3	8,96	1222,0	8,13	152,8	269,7	0,0027	<0,01	<0,005	0,02	0,379	0,010	<2
2017	Octubre	MA3	8,69	1230,0	6,22	137,5	277,4	0,0016	<0,01	<0,005	0,02	0,295	0,007	3
2017	Noviembre	MA3	9,02	1272,0	7,29	159,6	295,7	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,231	0,033	<2
2017	Diciembre	MA3	9,50	928,0	8,44	86,0	326,8	0,0025	<0,01	0,016	<0,01	0,196	0,010	<2
2017	Enero	MA4	8,62	1017,0	7,58	86,4	336,6	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	0,590	0,015	-
2017	Febrero	MA4	8,67	1364,0	6,22	134,3	316,4	<0,0006	<0,01	<0,005	0,13	2,236	0,181	-
2017	Marzo	MA4	8,74	1447,0	6,73	133,3	310,9	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	5,102	0,087	<2
2017	Abril	MA4	8,82	1490,0	8,20	151,9	285,3	0,0008	<0,01	<0,005	0,01	2,854	0,064	2
2017	Mayo	MA4	8,94	1395,0	8,11	167,1	335,7	0,0008	<0,01	<0,005	0,02	1,331	0,031	2
2017	Junio	MA4	7,83	1273,0	7,55	147,7	419,6	<0,0006	<0,01	<0,005	0,05	1,633	0,036	<2
2017	Julio	MA4	8,33	1412,0	8,74	180,0	307,5	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	1,635	0,034	<2
2017	Agosto	MA4	8,44	1416,0	9,06	173,2	424,7	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	1,419	0,032	<2
2017	Septiembre	MA4	8,27	1234,0	6,96	132,4	304,9	0,0009	<0,01	<0,005	0,02	2,093	0,055	3
2017	Octubre	MA4	8,42	1129,0	7,69	110,4	271,9	0,0009	<0,01	<0,005	0,02	2,294	0,059	<2
2017	Noviembre	MA4	8,56	1170,0	7,38	108,7	96,9	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	2,976	0,069	2
2017	Diciembre	MA4	11,05	1082,0	6,38	101,6	307,0	0,0013	<0,01	<0,005	<0,01	0,850	0,022	<2
2017	Enero	MA5	8,51	1162,0	7,61	108,7	295,1	<0,0017	<0,01	<0,005	0,02	2,343	0,101	-
2017	Febrero	MA5	8,89	1499,0	7,93	160,6	297,0	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	4,221	0,373	-
2017	Marzo	MA5	8,59	1592,0	7,54	173,8	307,3	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	8,146	0,254	4
2017	Abril	MA5	8,53	1596,0	8,74	178,9	288,5	0,0010	<0,01	<0,005	0,01	7,449	0,418	3
2017	Mayo	MA5	8,31	1471,0	4,74	172,9	328,0	0,0008	<0,01	<0,005	0,01	4,458	0,323	<2
2017	Junio	MA5	7,13	1328,0	7,27	157,9	437,5	0,0014	<0,01	<0,005	0,02	5,175	0,258	3
2017	Julio	MA5	7,92	1447,0	7,03	173,2	225,7	0,0006	<0,01	<0,005	0,01	5,760	0,245	3
2017	Agosto	MA5	7,88	1517,0	6,15	181,4	336,3	0,0006	<0,01	<0,005	0,03	7,479	0,362	2
2017	Septiembre	MA5	8,47	1388,0	6,67	156,2	266,8	0,0008	<0,01	<0,005	0,02	6,635	0,298	3
2017	Octubre	MA5	8,29	1387,0	8,96	149,4	303,0	0,0006	<0,01	<0,005	0,02	6,411	0,292	<2
2017	Noviembre	MA5	8,31	1473,0	5,44	161,3	129,1	0,0006	<0,01	<0,005	0,02	7,597	0,383	3
2017	Diciembre	MA5	8,85	1323,0	6,76	168,6	340,9	0,0036	<0,01	<0,005	0,01	5,335	0,249	2
2017	Enero	MP1	6,71	356,0	8,65	5,0	207,1	0,0009	<0,01	<0,005	0,14	0,492	0,003	-
2017	Febrero	MP1	8,74	354,0	8,68	3,4	139,0	<0,0006	<0,01	<0,005	0,12	0,401	0,016	-
2017	Marzo	MP1	8,38	350,0	9,39	9,7	114,7	0,0011	<0,01	<0,005	0,06	0,449	0,003	8
2017	Abril	MP1	7,53	331,0	13,16	22,9	22,0	<0,0006	<0,01	<0,005	0,04	0,537	0,004	<2
2017	Mayo	MP1	9,02	269,0	8,83	11,5	39,3	<0,0006	<0,01	<0,005	0,03	0,716	0,015	<2
2017	Junio	MP1	7,15	241,0	7,95	15,6	211,3	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	1,066	0,018	<2
2017	Julio	MP1	8,50	245,0	9,15	23,1	105,8	<0,0006	<0,01	<0,005	0,03	0,726	0,024	<2
2017	Agosto	MP1	8,41	237,0	8,03	152,8	29,8	<0,0006	<0,01	<0,005	0,03	0,644	0,013	<2
2017	Septiembre	MP1	8,56	142,0	9,04	4,2	29,8	<0,0006	<0,01	<0,005	0,03	0,747	0,029	3
2017	Octubre	MP1	8,67	140,0	7,99	8,2	67,3	<0,0006	<0,01	<0,005	0,03	0,528	0,016	2
2017	Noviembre	MP1	8,14	194,0	10,01	15,6	70,0	<0,0006	<0,01	<0,005	0,05	0,346	0,013	<2
2017	Diciembre	MP1	10,96	342,0	8,34	4,5	148,6	0,0012	<0,01	<0,005	0,13	0,425	0,008	<2
2017	Enero	MP2	8,15	1402,0	6,64	143,8	275,5	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	6,430	0,982	-
2017	Febrero	MP2	8,28	1502,0	5,87	160,0	316,4	0,0008	<0,01	<0,005	0,03	5,311	1,873	-

2017	Marzo	MP2	8,55	1566,0	6,98	173,8	301,9	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	8,878	0,787	<2
2017	Abril	MP2	8,41	1601,0	6,45	177,2	275,2	0,0015	<0,01	<0,005	0,02	9,770	0,901	3
2017	Mayo	MP2	8,52	1582,0	7,17	184,7	315,2	0,0018	<0,01	<0,005	0,02	5,419	0,982	<2
2017	Junio	MP2	7,78	1425,0	7,14	166,4	461,3	0,0016	<0,01	<0,005	0,02	5,034	0,799	3
2017	Julio	MP2	7,59	1584,0	7,39	190,2	307,5	0,0011	<0,01	<0,005	0,03	5,878	0,889	4
2017	Agosto	MP2	7,91	1626,0	6,09	181,7	398,1	0,0010	<0,01	<0,005	0,02	4,740	1,149	<2
2017	Septiembre	MP2	8,17	1414,0	6,67	159,6	261,8	0,0015	<0,01	<0,005	0,03	5,554	1,108	3
2017	Octubre	MP2	7,94	1377,0	7,13	142,6	309,2	0,0012	<0,01	<0,005	0,03	4,390	0,840	<2
2017	Noviembre	MP2	8,39	1483,0	7,37	169,8	126,6	0,0008	<0,01	<0,005	0,02	6,169	0,807	3
2017	Diciembre	MP2	11,89	1299,0	5,97	160,5	298,5	0,0016	<0,01	<0,005	<0,01	4,793	0,792	2
2017	Enero	LA1	8,06	1546,0	4,78	152,5	336,6	<0,0006	<0,01	<0,005	0,01	1,472	0,453	-
2017	Febrero	LA1	8,34	1486,0	4,72	147,1	293,5	<0,0006	<0,01	<0,005	0,03	0,869	0,276	-
2017	Marzo	LA1	8,28	1493,0	5,07	165,4	322,9	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	0,944	0,179	7
2017	Abril	LA1	8,46	1574,0	6,27	178,9	341,5	0,0007	<0,01	<0,005	0,02	0,808	0,153	<2
2017	Mayo	LA1	8,20	1252,0	5,31	140,9	292,1	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	1,036	0,201	3
2017	Junio	LA1	7,43	1075,0	7,86	125,7	398,1	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	1,508	0,354	<2
2017	Julio	LA1	7,48	1121,0	9,10	118,9	255,0	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	1,616	0,271	<2
2017	Agosto	LA1	8,30	1489,0	8,20	189,5	317,2	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	1,160	0,146	<2
2017	Septiembre	LA1	8,04	1025,0	4,53	103,6	149,9	0,0007	<0,01	<0,005	0,02	1,736	0,246	3
2017	Octubre	LA1	7,85	1049,0	6,69	112,1	227,6	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	1,579	0,215	<2
2017	Noviembre	LA1	7,74	1271,0	5,07	130,8	329,8	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	1,455	0,221	<2
2017	Diciembre	LA1	9,79	1405,0	5,42	136,1	348,2	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	4,415	0,611	<2
2017	Septiembre	PU1	8,37	294,0	6,07	<0,4	30,6	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	0,388	0,003	3
2017	Octubre	PU1	8,61	306,0	6,96	7,5	65,9	0,0183	<0,01	<0,005	0,11	0,003	0,018	<2
2017	Noviembre	PU1	8,66	314,0	6,77	8,8	46,7	0,0105	<0,01	<0,005	0,08	0,007	0,011	<2
2017	Enero	PU2	8,32	1592,0	6,48	175,5	316,5	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	8,537	0,609	-
2017	Febrero	PU2	8,58	1689,0	5,73	187,6	306,1	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	8,209	1,326	-
2017	Marzo	PU2	8,28	1775,0	6,00	209,2	326,5	0,0009	<0,01	<0,005	0,03	19,024	0,606	6
2017	Abril	PU2	8,19	1789,0	4,27	209,2	320,1	0,0012	<0,01	<0,005	0,02	11,028	0,889	4
2017	Mayo	PU2	7,98	1676,0	10,12	204,4	322,9	0,0015	<0,01	<0,005	0,02	8,211	0,627	<2
2017	Junio	PU2	7,15	1399,0	5,98	174,9	431,5	0,0018	<0,01	<0,005	0,03	7,416	0,708	3
2017	Julio	PU2	7,75	1688,0	7,46	219,0	390,0	<0,0006	<0,01	<0,005	0,03	7,785	0,540	4
2017	Agosto	PU2	7,87	1783,0	6,81	223,8	364,5	0,0011	<0,01	<0,005	0,02	9,207	0,764	<2
2017	Septiembre	PU2	7,94	1464,0	5,36	178,3	295,5	0,0013	<0,01	<0,005	0,03	9,925	0,558	2
2017	Octubre	PU2	8,26	1532,0	7,85	178,3	377,6	0,0039	<0,01	<0,005	0,03	9,791	0,562	<2
2017	Noviembre	PU2	8,08	1596,0	5,39	188,5	134,5	0,0011	<0,01	<0,005	0,02	10,254	0,758	<2
2017	Diciembre	PU2	8,83	1521,0	6,95	176,0	320,0	0,0036	<0,01	<0,005	0,01	8,505	0,690	<2
2017	Enero	AN1	8,40	1274,0	6,61	116,1	324,4	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	3,143	0,073	-
2017	Febrero	AN1	8,60	1397,0	6,18	133,0	343,0	<0,0006	<0,01	<0,005	0,02	2,646	0,291	-
2017	Marzo	AN1	8,48	1448,0	7,22	140,1	337,9	0,0016	<0,01	<0,005	0,03	2,649	0,139	<2
2017	Abril	AN1	8,68	1522,0	8,47	156,9	305,5	<0,001	<0,01	<0,005	0,01	3,018	0,102	3
2017	Mayo	AN1	8,59	1253,0	6,54	119,2	281,9	<0,0006	<0,01	<0,005	0,01	4,095	0,081	<2

2017	Junio	AN1	7,87	1046,0	7,86	88,3	373,0	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	3,870	0,117	<2
2017	Julio	AN1	8,08	1155,0	8,17	105,3	330,0	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	4,072	0,113	2
2017	Agosto	AN1	8,13	1150,0	7,48	100,2	418,1	<0,0006	<0,01	<0,005	<0,01	3,765	0,106	<2
2017	Septiembre	AN1	8,45	1210,0	7,19	124,0	231,7	0,0010	<0,01	<0,005	0,02	2,530	0,080	3
2017	Octubre	AN1	8,32	999,0	6,83	93,4	271,2	0,0010	<0,01	<0,005	0,02	2,383	0,066	<2
2017	Noviembre	AN1	8,74	1175,0	6,96	105,3	89,8	0,0007	<0,01	<0,005	0,02	3,215	0,095	2
2017	Diciembre	AN1	8,83	1521,0	6,95	176,0	320,0	0,0027	<0,01	0,037	0,01	8,505	0,690	2

Fuente: Elaboración propia obtenida de los Informes de la DGA

5. RESULTADOS DE LA RED DE OBSERVACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, y con el objeto de contar con una herramienta de apoyo que permita caracterizar no sólo las concentraciones ambientales de ciertos parámetros sino también la condición biológica de las áreas de vigilancia de la cuenca del río Maipo, se ha establecido una Red de Observación (tabla N°4). Esta red de monitoreo complementa la información físico-química con monitoreos de otros parámetros físicos y químicos, ensayos ecotoxicológicos, información de bioindicadores y peces.

Tabla 4. Monitoreo de bioindicadores (MBIO), ensayos ecotoxicológicos (MEB) y de fauna íctica (FI).

Cauce	Punto de monitoreo	2017		
		MBIO	MEB	FI
Río Maipo	MA – 1	X	X	X
	MA-1 OBS *	--	--	--
	MA – 2	X	X	--
	MA – 3	X	X	--
	MA-3 OBS	--	--	--
	MA – 4	X	X	X
	MA – 5	X	X	X
	MA-5 OBS	--	--	--
Río Angostura	AN – 1	X	X	--
	AN-1 OBS	--	--	--
Río Mapocho	MP – 1	X	X	--
	MP – 2	X	X	--
	MP-2.2 OBS	--	--	--
	MP-2.3 OBS	--	--	--
Estero Lampa	LA – 1	X	X	--
Estero Puangue	PU - 1 *	X	X	--
	PU-1 OBS	--	--	--

	PU – 2	X	X	--
Río Volcán	VOL – OBS	--	--	--
Río Yeso	YESO – OBS	--	--	--
Río Olivares	OL – OBS*	--	--	--
Río Clarillo	CLAR – OBS	--	--	--
Estero	EA-OBS	--	--	--
Estero Yerba Loca	EYL-OBS	--	--	--
Río San Francisco	FRA – OBS	--	--	--
Río Molina	MOL-OBS	--	--	--
Estero Colina	ECO-OBS	--	--	--
Río Colorado	COL- OBS	--	--	--
Río Colorado	COL1-OBS**	--	--	--

Fuente: Elaboración propia a partir de Reporte Técnico sobre el monitoreo calidad de las aguas de la Cuenca del Río Maipo
(*) Sin agua, (**) Cambio en coordenada

5.1 Bioindicadores

5.1.1 Macroinvertebrados bentónicos

Se realizó el monitoreo de macroinvertebrados con el fin de calcular y analizar Índices Bióticos utilizados como bioindicadores del estado ecológico del ecosistema. Los índices utilizados fueron ChSIGNAL2 (Chessman 2001) y ChBMWP (según adaptación de Figueroa et al. 2007), además de medir datos de riqueza específica (por familia) y abundancia total. Estos datos fueron obtenidos para la estación de primavera (octubre).

En total fueron contabilizados e identificados 24 taxa de macroinvertebrados bentónicos en los 11 puntos de monitoreo. Los taxa más representativos fueron dípteros, tricópteros y efemerópteros. Las familias más abundantes fueron *Chironomidae*, presentes en todas las estaciones de monitoreo; *Elmidae* y *Baetidae*. La comparación entre estaciones de monitoreo (Tabla N°5), mostró que los individuos de la *Elmidae* fueron más abundantes en estación MA-4, la familia *Physidae* fue más abundante en la estación PU-1, *Baetidae* fue más abundante en la estación MP-1 (estación Los Almendros de la DGA) y los nemátodos fueron más abundantes en la estación MP-2 ubicada cercana a la desembocadura del río Mapocho en Leida.

Tabla 5. Abundancia total de familias de macroinvertebrados presentes en las 11 estaciones de monitoreo en la cuenca del río Maipo.

Orden	Familia	MA-1	MA-2	MA-3	MA-4	MA-5	MP-1	MP-2	LA-1	AN-1	PU-1	PU-2
Basommatophora	Physidae	0	0	0	0	0	0	0	0	7	11	0

Ostracoda		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Amphipoda	Hyalella	0	0	0	0	0	0	2	0	0	10	0
Trichoptera	Hydroptilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1
Trichoptera	Hydropsychidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Trichoptera	Hydrobiosidae	1	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Coleoptera	Elmidae	0	0	1	38	4	0	1	0	4	1	0
Diptera	Athericidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Diptera	Ephydriidae	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Empididae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Diptera	Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Diptera	Culicidae	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0
Diptera	Simuliidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Diptera	Limoniidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Tipulidae	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0
Diptera	Blephariceridae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Diptera	Chironomidae	6	7	5	4	78	8	36	4	21	82	26
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	0	1	0	0	0	3	0	0	1	3	0
Ephemeroptera	Baetidae	0	12	2	0	0	19	0	0	7	3	0
Odonata	Zygoptera	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Plecoptera	Gryopterigidae	0	4	0	0	0	1	3	0	0	0	0
Glossiphoniidae	Helobdella	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Clitellata	Tubificidae	0	0	0	0	0	0	4	6	0	0	0
Nematoda		0	0	0	3	2	5	48	0	0	10	25

Al comparar los diferentes parámetros de diversidad se observó que la mayor riqueza de taxa de macroinvertebrados bentónicos fue encontrada en el sitio PU-1 (Puangue-1 con 11 taxa y en AN-1 (río Angostura) con 9 taxa. La abundancia fluctuó entre 126 (PU-1) y 9 (MA-1). La diversidad de Shannon fluctuó entre 1,699 (MA-3) y 0,3632 (MA-5). Finalmente, la equidad fluctuó entre 0,3387 (PU-1) y 0,916 (LA-1) (Tabla N°7).

Tabla 6. Parámetros registrados en los distintos puntos de monitoreo en río Maipo (Octubre 2017)

Parámetros	Riqueza	Abundancia	Índice de Shannon	Equidad
MA-1	3	9	0,8487	0,7789
MA-2	6	29	1,487	0,7372
MA-3	7	12	1,699	0,781
MA-4	5	49	0,8231	0,4555
MA-5	4	85	0,3632	0,3595
MP-1	8	40	1,556	0,5926
MP-2	7	97	1,19	0,4694
LA-1	3	12	1,011	0,9165
AN-1	9	46	1,654	0,5811
PU-1	11	126	1,315	0,3387

PU-2	3	52	0,7747	0,7233
------	---	----	--------	--------

5.1.2 Índices bióticos

Los resultados para los dos índices bióticos utilizados mediante el muestro y análisis de comunidades de macroinvertebrados bentónicos se muestran en la Tabla Nº8. Ambos índices indicaron tres categorías de calidad ecológica para las estaciones muestreadas, esto es, muy malo o fuertemente perturbado (color rojo), malo o muy perturbado (color naranja) y regular o medianamente perturbado (color amarillo). Solo las estaciones MA-2 (Maipo), MP-1 (Mapocho), AN-1 (Angostura) y PU-1 (Puangue) mostraron clases de calidad medianamente perturbada.

Tabla Nº 7. Resultados de índices bióticos aplicados a las estaciones de monitoreo

Estación	ChBMWP	ChSIGNAL2
MA-1	15	1,6
MA-2	36	6
MA-3	31	4,4
MA-4	18	3,6
MA-5	17	4,25
MP-1	46	5,75
MP-2	29	4,1
LA-1	9	3
AN-1	45	5
PU-1	54	4,9
PU-2	10	3,3

5.1.3 Bioensayos

El protocolo de este bioensayo realizado se basa en la Norma Chilena Oficial NCh2706.Of2002: Calidad del agua - Bioensayo de inhibición de crecimiento de algas en agua dulce con el micro alga *Selenastrum capricornutum*.

Los resultados del bioensayo de toxicidad crónica con *Selenastrum capricornutum* expuesta a las muestras del agua del río Maipo son presentados en la Tabla Nº8.

Se observó que las mayorías de las muestras de agua ensayadas al 100% de su concentración manifestaron una leve inhibición del crecimiento de la microalga con diferencias de crecimiento con respecto al control. Estos resultados fueron estadísticamente significativos en todas las estaciones, excepto en la muestra MA-4 (Río Maipo). Las muestras MA-1, MA-2 y MA-3, ensayadas al 100% de su concentración manifestaron una leve inhibición del crecimiento de la microalga con una diferencia entre 4,7 y 5,9% de crecimiento inferior al registrado en el control, estas diferencias son estadísticamente significativas. Por su parte, las muestras PU-1 y MP-1 mostraron una leve inhibición del crecimiento del alga con una diferencia de 3,3 y 3,8 % de crecimiento inferior al registrado en el control. En el análisis de los datos se utilizó ANOVA seguido del test Dunnett del paquete estadístico Toxstat.

Tabla Nº 8. Tasas de crecimiento (k, div./dia) de *S. capricornutum*

Tratamiento	Réplica	N (células ml ⁻¹) x10 ⁵	K (div.día ⁻¹)	% k	% inhibición k
Control	1	6,96			
	2	6,48			
	3	7,17			
Prom		6,87	2,03	100	-
AN-1	1	4,05			
	2	3,40			
	3	3,78			
Prom		3,74	1,74	85,8	14,2*
LA-1	1	5,27			
	2	4,71			
	3	4,78			
Prom		4,92	1,87	92,3	7,7*
MA-5	1	4,98			
	2	5,84			
	3	4,27			
Prom		5,03	1,88	92,8	7,2*
MP-2	1	4,07			
	2	3,83			
	3	3,48			
Prom		3,79	1,75	86,1	13,9*
MA-4	1	6,32			
	2	7,22			
	3	6,35			
Prom		6,63	2,02	99,3	0,7
PU-2	1	4,53			
	2	5,67			
	3	4,51			
Prom		5,24	1,90	93,8	6,2*
MA-1	1	9,87			
	2	9,73			
	3	10,07			
Prom		9,89	1,66	94,1	5,9
MA-2	1	10,79			
	2	10,44			
	3	10,14			
Prom		10,46	1,68	95,3	4,7
MA-3	1	10,35			
	2	10,05			
	3	10,51			
Prom		10,30	1,67	95	5,0
MP-1	1	12,10			
	2	11,94			
	3	12,36			
Prom		12,10	1,73	96,2	3,8
PU-1	1	12,70			
	2	12,45			
	3	12,18			

Prom		12,40	1,74	96,7	3,3
------	--	-------	------	------	-----

5.1.4 Fauna íctica

Complementario al análisis de fauna bentónica, se realizaron 3 muestreos de fauna íctica en las estaciones M-1, M-4 y M-5. Para ello, una sección del río en cada uno de estos puntos fue barrida con un equipo de pesca eléctrica por un periodo de 30 minutos. A pesar del esfuerzo de muestreo, el barrido no arrojó ningún individuo del grupo peces, en ninguno de los tres puntos monitoreados.

5.1.5 Resultados Fisicoquímicos

De forma complementaria y con el objeto de evaluar otras condiciones de la cuenca para la gestión de la calidad del agua, en particular para aportar con mayores antecedentes en un nuevo proceso de revisión de las normas, se monitorearon parámetros complementarios en la Red de observación para el año 2017.

En las siguientes tablas se presentan los resultados del monitoreo de parámetros físico-químicos obtenidos de las campañas realizadas para la red de observación. Estos resultados son resultados solo referenciales y complementarios a la Red de Control (tabla N°9 a 15).

La calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas fue evaluada por mediciones in situ y en laboratorio en las 11 estaciones correspondientes a las áreas de vigilancia de la norma. Los análisis de las muestras resultantes de terreno fueron realizados en: Laboratorio Ambiental de Algoritmos S.A., Laboratorio Ambiental de la DGA e Hidrolab.

Los resultados de las mediciones de parámetros in situ se muestran en la Tabla N°9. Se observa que el pH fue relativamente similar entre los 11 sitios y fluctuó entre 7,74 (MP-2) y 8,32 (LA-1), la temperatura varió entre 7,8 °C en la estación ubicada en la parte alta del río Maipo (MA-1) y 22,4 en estación MA-4. La conductividad fluctuó entre 100 us/cm en AN-1 y 281,7 us/cm en PU-2, y el oxígeno disuelto fluctuó entre 68,9 % (ó 5,83 mg/L) en estación MP-2 y 114,4 % (ó 11 mg/L) en estación PU-2.

Tabla N°9. Resultados de medición de parámetros in situ

Estación	Fecha	Hora	pH	T (°C)	CE (uS/cm)	O.D. (%)	O.D. (mg/L)
MA-1	24-10-2017	10:49	8,00	7,8	147,5	89,4	8,94

MA-2	24-10-2017	13:21	8,31	10,7	112,6	88,6	8,79
MA-3	24-10-2017	15:06	8,29	18,2	115,5	85,0	7,45
MA-4	25-10-2017	16:48	8,21	22,4	108,1	89,1	7,48
MA-5	25-10-2017	12:23	8,22	18,3	131,2	89,5	8,38
AN-1	24-10-2017	17:09	7,91	18,3	100,0	79,3	7,14
LA-1	24-10-2017	18:15	8,32	18,6	107,7	80,9	7,14
MP-1	30-10-2017	13:10	8,10	10,2	125,2	106,8	11,98
MP-2	25-10-2017	15:51	7,74	21,7	124,5	68,9	5,83
PU-1	30-10-2017	14:30	7,87	18,8	281,7	114,4	10,90
PU-2	25-10-2017	14:29	7,79	19,1	147,9	73,8	6,73

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los parámetros analizados en laboratorio se muestran la tabla N°10. En relación al parámetro sólidos suspendidos totales (SDT), los valores más altos fueron encontrados en estaciones las MA-1 y LA-1. Para aceites y grasa, los dos valores estuvieron bajo el límite de detección de la técnica analítica. En el caso de coliformes fecales los valores fluctuaron entre 23 NMP/100 ml en el estero Puangue en Curacaví (PU-1) y 2400 NMP/100 ml en las estaciones ubicadas en Isla de Maipo (MA-4), El Monte (MP-2) y Estero Lampa (LA-1). Por su parte, nitrógeno amoniacal fluctuó entre 0,48mg/L (PU-2) y 3,62 (MP- 2).

Tabla N°10. Resultados de parámetros analizados en laboratorio

Parámetro	MA-1	MA-2	MA-3	MA-4	MA-5	AN-1	MP-1	MP-2	LA-1	PU-1	PU-2
AyG (mg/L)				<5	<5						
Alcalinidad (mg/L)	104,1	101,8	40,9	128,3	156,5	138,6	40,9	134,6	135,2	133	149
CF (NMP/100)				2400	240	23		2400	2400	23	240
N amoniacal (mg/L)								3,62			0,48
SDT (mg/L)	1110								770		
SST(mg/L)	308	434	1328	564	60	266	26	232	84	70	178
T°C	7,8	10,7	18,2	22,4	18,3	18,3	10,2	21,7	18,6	18,8	19,1
Turbiedad (NTU)			1795								

Fuente: Elaboración propia en base a Algoritmo 2017.

6. COMENTARIOS FINALES

En el caso de los bioensayos de toxicidad, se observó que las mayorías de las muestras de agua ensayadas al 100% de su concentración manifestaron una leve inhibición del crecimiento de la microalga con diferencias estadísticamente significativas en comparación al control en todas las estaciones, excepto en la muestra MA-4. Las muestras MA-1, MA-2 y MA-3, ensayadas al 100% de su concentración manifestaron una leve inhibición del crecimiento de la microalga con una diferencia entre 4,7 y 5,9% de crecimiento inferior al registrado en el control, estas diferencias son estadísticamente significativas. Por

su parte, las muestras PU-1 y MP-1 mostraron una leve inhibición del crecimiento del alga con una diferencia de 3,3 y 3,8 % de crecimiento inferior al registrado en el control.

En el caso de invertebrados bentónicos, fueron identificados un total de 24 taxa de macroinvertebrados bentónicos en los 11 puntos de monitoreo. Los taxa más representativos fueron dípteros, tricópteros y efemerópteros; y las familias más abundantes fueron Chironomidae, presentes en todas las estaciones de monitoreo; Elmidae y Baetidae. La comparación entre estaciones de monitoreo mostró que Elmidae fueron abundantes en estación MA-4. Physidae fue más abundante en la estación PU-1. Baetidae fue más abundante en la estación MP-1 (estación Los Almendros de la DGA) y los nemátodos fueron más abundantes en la estación MP-2 ubicada cercana a la desembocadura del río Mapocho en Leida. Los resultados del muestreo del año 2017 no permiten establecer relaciones específicas entre la calidad del agua medida por parámetros físico-químicos y la estimación de índice bióticos, ya que se requiere analizar una data de calidad más extensa que permita establecer correlaciones entre indicadores.

7. REFERENCIAS

DS. N°53/2013, Establece Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo del Ministerio del Medio Ambiente.

DGA (2017). Informe Técnico Antecedentes para elaborar Informe de Calidad, Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las aguas continentales superficiales de la Cuenca del río Maipo.

Ministerio del Medio Ambiente (2017). Informe Final “Red norma secundaria calidad ambiental Río Maipo”.Algoritmo. 253 págs.

SMA (2018). Resolución Exenta N°271/2018 de la SMA, que dicta el programa de medición y control de la calidad ambiental de aguas para las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Maipo.

8. ANEXOS

ANEXO 1. PMCCA disponible en <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1116070>