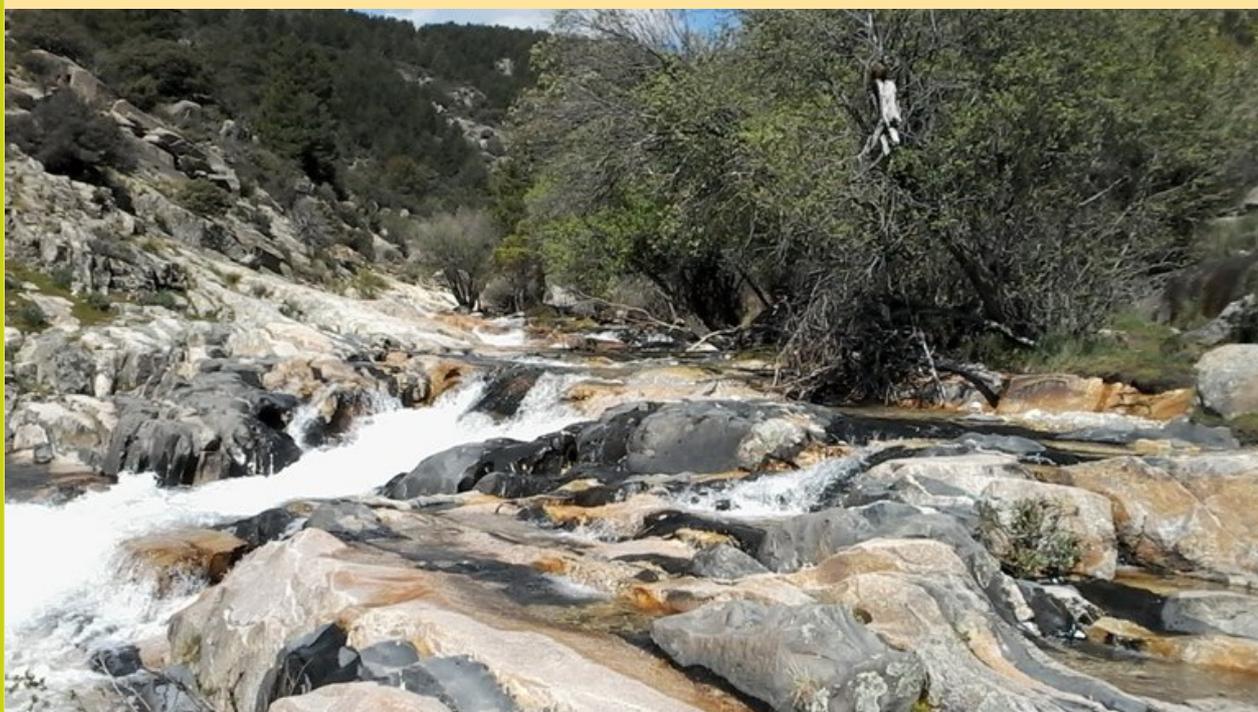


Centro de Investigación, Seguimiento y Evaluación Sierra de Guadarrama

Estado ecológico del río Manzanares en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama

INFORME



Año 2022

CONSEJERIA DE MEDIOAMBIENTE, VIVIENDA Y AGRICULTURA
DIRECCION GENERAL DE BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES

CENTRO DE INVESTIGACIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACION
PARQUE NACIONAL DE LA SIERRA DE GUADARRAMA

*Estado ecológico del Río Manzanares en el
Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama.
Año 2022*

Autor

Ángel Rubio-Romero, CISE

Colaborador

Ignacio Granados, CISE

Coordinación

Juan A. Vielva Juez. Responsable del Centro de Investigación (CISE)

Estado ecológico del Río Manzanares en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Año 2022

V1_octubre 2022

Índice

PREFACIO.....	4
1. Antecedentes	5
2. Estaciones de muestreo	7
3. Metodología	9
3.1. Valores de referencia	10
4. Resultados en la campaña anual 2022	12
4.1. Variables físico-químicas, biológicas e hidromorfológicas.....	12
4.2. Variabilidad interanual: 2014-2022	13
5. Discusión	18
5.1. Variables fisicoquímicas	18
5.2. Variables biológicas.....	18
5.3. Variables hidromorfológicas	24
6. Conclusiones.....	26
7. Bibliografía citada.....	29

Figuras

Figura 1. Estaciones de muestreo en el sector del río Manzanares. En verde claro: Parque Nacional, en rosa pálido Zona Periférica.....	8
Figura 2. Representación gráfica en promedio anual de las principales variables determinadas en el periodo 2014-2022.....	17
Figura 3. Abundancia de heptagénidos (ind/m ²) en el río Manzanares en el periodo 2014-2022.....	20
Figura 4. Abundancia de quironómidos (ind/m ²) en el río Manzanares en el periodo 2014-2022 en las tres estaciones de muestreo.	21
Figura 5. Representación del índice IBMWP en el periodo 2014-2022, en las tres estaciones de muestreo.....	23

Tablas

Tabla 1. Variables determinadas para la caracterización del estado ecológico del río Manzanares.....	9
Tabla 2. Valores de referencia según el Real Decreto 817/2015 (BOE, 2015) en los ríos de la Sierra de Guadarrama. Color representativo y niveles para las variables biológicas (IBMWP), oxígeno disuelto, conductividad, pH, y variables hidromorfológicas (Calidad del Bosque de Ribera: QBR e índice de calidad del Hábitat Fluvial: IHF). Obsérvese que en algunas variables no se exponen la totalidad de los niveles de calidad. 1 Valores ausentes en R.D. 817/2015, extraídos de IPH (BOE,2008). 2 Valores de referencia del índice de Berger, a partir de observaciones en 22 cursos fluviales permanentes de la Sierra de Guadarrama. 3 Valores de referencia del índice de Shannon_Wiener (H') a partir de observaciones en 22 cursos fluviales permanentes de la Sierra de Guadarrama. **Referencia QBR en BOE (2008). * Niveles de referencia QBR en ACA (2006).	10
Tabla 3. Resultados obtenidos en el año 2022, para las diferentes variables físico-químicas, biológicas e hidromorfológicas en las tres estaciones de muestreo.	12
Tabla 4. Promedio anual de las variables determinadas en la estación de muestreo de referencia MAN1210. Periodo 2014-2022.....	13
Tabla 5. Promedio anual de las variables determinadas en la estación de muestreo MAN1076 (Debajo de la Charca Verde). Periodo 2014-2022.....	14
Tabla 6. Promedio anual de las variables determinadas en la estación de muestreo MAN0965 (El Tranco). Periodo 2014-2022.....	15

PREFACIO

El informe que se presenta, lo es sobre el estado ecológico del tramo alto del río Manzanares, río que forma parte de la Red de Alerta Temprana, que se inicia en el año 2003 con el seguimiento ecológico de ríos y arroyos en el Valle de El Páular y curso alto del río Lozoya para extenderse, más tarde, a la totalidad del territorio Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama.

El lamentable estado de conservación que, en el momento de la declaración del parque nacional, presentaba este tramo alto del río Manzanares, motivó el que la Dirección General de Biodiversidad y Recursos Naturales (como se denomina hoy), evacuara una resolución por la que se prohibía el baño, la alteración de las riberas y lechos del río, limitando y regulando algunos accesos a los vehículos a motor.

Fruto de esta resolución tiene lugar el Plan de Restauración del Tramo Alto del río Manzanares en el 2016, fecha desde la que se realizan seguimientos anuales y otras observaciones, hasta la fecha. Comprobándose la efectividad de lo dispuesto por la evolución favorable del estado ecológico, de este tramo del Manzanares en el periodo 2014-2022.

Señalar, finalmente, que además de los datos aportados por las distintas variables estudiadas y que se pormenorizan en este informe, es de destacar que el estudio es consecuencia de una serie de visitas efectuadas por el personal experto afecto a este Centro, lo que añade un plus de conocimiento por las distintas observaciones que se realizan in situ y que se trasladan para ser tenidas en cuenta para la gestión.

JUAN VIELVA JUEZ
RESPONSABLE DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN.

1. Antecedentes

En el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (PNSG) discurren 336,53 km de ríos y arroyos, tratándose de ecosistemas muy frágiles, dado su alto grado de oligotrofia y baja mineralización, característica de las aguas de la Sierra de Guadarrama. El seguimiento del estado ecológico de los cursos fluviales en la Sierra de Guadarrama se inició en el año 2003 en el valle del Alto Lozoya, como una red de alerta temprana en la gestión del Parque Natural de Peñalara. Con la declaración del Parque Nacional en el año 2013, se extrapola el seguimiento a la totalidad de cuencas del PNSG, incorporando las cuencas del río Guadarrama y Manzanares, en la vertiente sur, además de los ríos en la cara norte de la Sierra de Guadarrama.

A causa de la gran intensidad del uso público en el río Manzanares en La Pedriza, generalmente recreativo, durante el año 2014 se inició un seguimiento intensivo del estado ecológico del río con el fin de evaluar estos ecosistemas, de una manera objetiva, y tomar posibles medidas de gestión. Los resultados del seguimiento durante los años 2014 y 2015, expresaron un deterioro moderado de la calidad ecológica del río Manzanares presuntamente por la presión ejercida sobre estos cursos fluviales en la época estival. Por otro lado, hasta el año 2015 la zona de Charca Verde en el Manzanares fue una zona de baño declarada oficialmente, por lo tanto, legal y localizada en el interior del PNSG. Sin embargo, a pesar de limitarse la zona de baño únicamente al vaso del río en la Charca Verde, el baño se realizaba en todo el cauce del río Manzanares, en el ámbito de La Pedriza.

Por este motivo, en el año 2016 se inició un Plan de Restauración del río Manzanares en el tramo comprendido entre Charca Verde y su desembocadura en el embalse de Santillana, tomándose como medidas de gestión el control de accesos a La Pedriza y la prohibición del baño. Dicha normativa se recoge en la Resolución de 26 de mayo de 2016, del Director General del Medio Ambiente, de la Consejería de Medio Ambiente, Administración Local y Ordenación del Territorio, por la que se restringe el baño en el tramo alto del Río Manzanares, Manzanares el Real, y el tránsito de vehículos en el paraje de La Pedriza. Actualmente dichas medidas de gestión siguen vigentes.

Inmediatamente un año después de tomar medidas, en el año 2016, se observó una mejora significativa del estado ecológico del río, tal y como reflejaron los índices biológicos y de diversidad. Durante los años posteriores, se ha seguido confirmando esta tendencia en la recuperación. Con la finalidad de conocer si las medidas adoptadas siguen teniendo un efecto positivo en la calidad ecológica del río Manzanares, y poder confirmar que la recuperación del ecosistema fluvial ha alcanzado su nivel óptimo de referencia, en el año 2022 el Centro de Investigación, Seguimiento y Evaluación (CISE) ha continuado con la evaluación y caracterización

ecológica, en base a indicadores biológicos, tal y como establecen la reciente legislación europea y nacional de calidad del agua. Este informe expone los resultados obtenidos en los muestreos periódicos mensuales en la época más vulnerable, durante los meses de junio y agosto de 2022, así como la comparación interanual durante los ocho años de seguimiento intensivo (periodo 2014-2022).

2. Estaciones de muestreo

Se han evaluado tres puntos de control - estaciones de muestreo -, a lo largo del río Manzanares en el ámbito del Parque Nacional. La ubicada a mayor altitud, sería la estación de referencia o control. La siguiente, aguas abajo de Charca Verde, fue seleccionada con el objeto de indicar afecciones por la zona de baño existente en años anteriores. Y finalmente, la localizada en el entorno de El Tranco que indicaría las posibles afecciones al río en el ámbito Canto Cochino-El Tranco. La codificación de las estaciones de muestreo hace referencia al topónimo del curso fluvial seguido de cuatro dígitos referido a la altitud media del tramo de muestreo.

- MAN1210. Punto de muestreo ubicado a una altitud de 1210 m.s.n.m., que aparentemente mantenía una escasa presión por baño. Se localiza aguas arriba del ámbito de Charca Verde, exactamente a 1,2 km de ésta. Mantiene una ribera bastante bien conservada, si bien, está limitada por la presencia de afloramientos rocosos tan evidentes en La Pedriza. Es la estación de muestreo control del río Manzanares.
- MAN1076. Este tramo sería indicador de posibles afecciones en la que hasta el año 2015 fue la zona de baño más masificada, Charca Verde y sus inmediaciones. Se localiza a 2,2 km del anterior punto, a 1076 m.s.n.m., y a 1 km aguas abajo de Charca Verde. La ribera presenta afección moderada.
- MAN0965. Este punto de muestreo se ubica en el entorno de El Tranco, recogiendo las posibles afecciones, además de la zona de baño anterior, de las zonas recreativas de Canto Cochino y área de esparcimiento de los aparcamientos de La Pedriza. La altitud media del tramo es de 965 m.s.n.m.



Figura 1. Estaciones de muestreo en el sector del río Manzanares. En verde claro: Parque Nacional, en rosa pálido Zona Periférica.

3. Metodología

La metodología más detallada se puede consultar en Rubio-Romero & Granados (2014, 2015). A modo de resumen, se indican las variables analizadas, así como las pautas seguidas:

- El periodo de seguimiento se ha realizado con una frecuencia mensual hasta el año 2018, periodo en la que el río Manzanares es más vulnerable (mayo a septiembre). A partir del año 2019, se ha muestreado en dos campañas de muestreos, en junio, y a finales de agosto. Por ello, se han realizado 6 muestreos anuales en 2022, alcanzando en el periodo 2014-2022 un total de 90 muestreos de caracterización ecológica.
- El protocolo de seguimiento biológico se ha basado en el publicado por el MAGRAMA en noviembre de 2013. (Protocolo de muestreo y laboratorio de fauna bentónica de invertebrados en ríos vadeables: - CODIGO: ML-Rv-I-2013). Aunque se ha determinado el índice biológico IBMWP, estandarizado a nivel español, se han calculado otra serie de índices de diversidad. Además, se han recogido muestras de agua para determinar la química básica y de nutrientes.
- Los parámetros evaluados para el establecimiento del estado ecológico, y a modo de indicadores (físicos, químicos, biológicos e hidromorfológicos) han sido los siguientes:

Tabla 1. Variables determinadas para la caracterización del estado ecológico del río Manzanares.

Variables Físicoquímicas		
Parámetro	Uds	Indicador
pH		Calidad del agua
Conductividad	μS/cm 25°C	Calidad del agua
Oxígeno Dis	mg/L O ₂	Calidad del agua
% Sat O ₂	%	Calidad del agua
Temperatura	°C	Calidad del agua
Fósforo Reactivo Soluble	μg/L P-PO ₄	Eutrofización/Calidad del agua
Nitratos	μg/L N-NO ₃	Eutrofización/Calidad del agua
Nitritos	μg/L N-NO ₂	Eutrofización/Calidad del agua
Nitrógeno amoniacal	μg/L N-NH ₃	Eutrofización/Calidad del agua
Variables Biológicas		
Índices diversidad	Berger %	Diversidad/Estado del ecosistema
	Shannon (nits/ind)	Diversidad/Estado del ecosistema
Índices Biológicos	IBMWP	Estado ecológico
	IASPT	Estado ecológico
	EPT	Estado ecológico/Diversidad
Variables Hidromorfológicas		
Calidad de la Ribera	QBR	Estado ecológico
Calidad Hábitat Fluvial	IHF	Estado ecológico

3.1. Valores de referencia

Los valores de referencia fijados para el ecotipo fluvial de ríos de montaña mediterránea silíceo, se han basado en el Real decreto 817/2105, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (BOE, 2015).

Tabla 2. Valores de referencia según el Real Decreto 817/2015 (BOE, 2015) en los ríos de la Sierra de Guadarrama. Color representativo y niveles para las variables biológicas (IBMWP), oxígeno disuelto, conductividad, pH, y variables hidromorfológicas (Calidad del Bosque de Ribera: QBR e índice de calidad del Hábitat Fluvial: IHF). Obsérvese que en algunas variables no se exponen la totalidad de los niveles de calidad. 1 Valores ausentes en R.D. 817/2015, extraídos de IPH (BOE,2008). 2 Valores de referencia del índice de Berger, a partir de observaciones en 22 cursos fluviales permanentes de la Sierra de Guadarrama. 3 Valores de referencia del índice de Shannon_Wiener (H') a partir de observaciones en 22 cursos fluviales permanentes de la Sierra de Guadarrama. **Referencia QBR en BOE (2008). * Niveles de referencia QBR en ACA (2006).

Estado ecológico	Calidad	IBMWP	Oxígeno Disuelto mg/L O ₂	Conductiv. ¹ µS/cm 25°C	pH	Ribera QBR	Hábitat Fluvial ¹ IHF	Ind. Berger ² %	Ind. H' ³ nits/ind
Muy Bueno	Buena. Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible.	>158	> 8,5 ¹	<250 ¹	6,5-8,7	>79,9** ≥95*	> 65 ¹	<30%	>2,10
Bueno	Aceptable. Son evidentes algunos efectos de perturbación	158-96,5	5	250-400 ¹	6-9	90-75*		30-55%	2,10-1,60
Moderado	Dudosa. Aguas contaminadas.	96,5-60		>400 ¹		70-55*		>55%	<1,60
Deficiente	Crítica. Aguas muy contaminadas.	59-23				50-30*			
Malo	Muy crítica. Aguas fuertemente contaminadas.	23-0				≤25*			

Sin embargo, algunas de las variables determinadas, como por ejemplo los índices de diversidad, no se contemplan en dicho Real Decreto. Por ello, desde el Centro de Investigación, Seguimiento y Evaluación se dispone de una serie de datos limnológicos que determina cuáles son los umbrales del estado ecológico en los ríos y arroyos de la Sierra de Guadarrama (Rubio-Romero, A. & Granados, I., 2019).

En el caso del índice QBR, o calidad del bosque de ribera, el decreto establece únicamente un acotamiento del índice entre los niveles bueno-muy bueno. Por ello, se ha seguido la baremación inicial establecida por el propio índice QBR (ACA, 2006), ya que acota los valores para los cinco

niveles de calidad riparia. En función de los resultados existen 5 clases de calidad, adaptadas a la legislación europea del agua (2000/60/CEE).

4. Resultados en la campaña anual 2022

A lo largo del año 2022 se ha continuado con el seguimiento ecológico del río Manzanares en las tres estaciones de muestreo. Durante el periodo 2014-2018, la intensidad de los muestreos fue mensual en la época estival. En el periodo 2019-2022 se han realizado dos campañas de muestreo, una en primavera, y otra campaña en el verano tardío.

Las variables en las que no existen condiciones de referencia definidas para dicho ecotipo fluvial, se presentan sin color representativo, a excepción de los índices de diversidad (Berger y Shannon) que se ha representado coloreados en función de la distancia al valor de referencia de la estación de control (MAN1210), y de las observaciones promedio de la base de datos del CISE en los ríos similares de la Sierra de Guadarrama.

4.1. Variables físico-químicas, biológicas e hidromorfológicas

Tabla 3. Resultados obtenidos en el año 2022, para las diferentes variables físico-químicas, biológicas e hidromorfológicas en las tres estaciones de muestreo.

Variables Físico-químicas					
Parámetro	Uds	Mes	MAN1210	MAN1076	MAN0965
Conductividad	$\mu\text{S/cm } 25^\circ\text{C}$	Junio	15	17	19
		Agosto	23	24	40
Oxígeno Dis	mg/L O_2	Junio	8,35	8,18	8,31
		Agosto	8,08	7,76	8,32
% Sat O2	%	Junio	91,4	91,2	92,2
		Agosto	97,8	95,6	101,4
pH		Junio	7,22	7,38	7,28
		Agosto			
Temperatura Agua	$^\circ\text{C}$	Junio	13,5	14,5	15
		Agosto	17	18,8	19,4
Caudal	m^3/s	Junio	0,058	0,072	0,092
		Agosto	0,014	0,016	0,022
Fósforo Reactivo Soluble	$\mu\text{g/L P} - \text{PO}_4$	Junio	1	1	3
		Agosto	2	1	3
Nitratos	$\mu\text{g/L N-NO}_3$	Junio	78	72	84
		Agosto	49	44	50
Nitritos	$\mu\text{g/L N-NO}_2$	Junio	1	1	1
		Agosto	2	2	3
Amoniaco	$\mu\text{g/L N-NH}_3$	Junio	7	0	13
		Agosto	5	11	20

Variables Biológicas					
Parámetro	Índice	Mes	MAN1210	MAN1076	MAN0965
Índices diversidad	Berger %	Junio	31,5	32,9	50,4
		Agosto	21,8	22,8	36,3
	Shannon (nits/ind)	Junio	2,69	2,41	1,91
		Agosto	2,43	2,60	1,92
Índices Biológicos	IBMWP	Junio	184	187	166
		Agosto	182	176	141
	IASPT	Junio	6,3	6,2	6,1
		Agosto	6,1	5,9	6,1
	EPT	Junio	15	13	11
		Agosto	12	10	8
Variables Hidromorfológicas					
Parámetro	Índice	Mes	MAN1210	MAN1076	MAN0965
Índice Calidad Riparia	QBR	Junio	85	80	75
		Agosto	75	80	70
Índice Hábitat Fluvial	IHF	Junio	70	68	68
		Agosto	68	73	65

4.2. Variabilidad interanual: 2014-2022

Con el fin de evaluar si han sido efectivas las medidas de gestión adoptadas en la recuperación de la calidad ecológica del río Manzanares en el entorno de la Pedriza, se ha comparado la evolución del estado ecológico en el periodo 2014-2022, a partir del promedio anual de las variables en cada estación muestreo.

En la siguiente tabla, se ha mantenido el baremo a modo de colores representativos, citado anteriormente en la metodología, a fin de hacer más interpretativos los resultados. A continuación se han seleccionado las variables más significativas en cuanto al estado ecológico e índices de diversidad. También se incluyen los gráficos de las variables hidromorfológicas y de algunas variables fisicoquímicas. En el apartado de conclusiones se detalla lo más relevante de la comparativa interanual.

Tabla 4. Promedio anual de las variables determinadas en la estación de muestreo de referencia MAN1210. Periodo 2014-2022.

Variable	MAN1210									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
IBMWP	192,8	159	172	180,8	176,8	164	183,5	182	183	
IASPT	6,17	6,03	6,2	6,2	6,3	6,1	6,35	6,18	6,2	

Berger %	16,3	22,2	20,4	20,4	26,7	27,4	28,2	26,9	26,6
Shannon (Nits/ind)	2,78	2,6	2,53	2,69	2,37	2,38	2,37	2,5	2,56
EPT (nº taxa)	13,8	11,8	13,3	15,8	14,3	10,5	14	14	13,5
Variables Fisicoquímicas									
pH	6,23	7,45	7,29	7,37	7,2	sd	6,99	6,44	7,22
Oxígeno Dis (mg/L O₂)	10,3	9,28	8,75	8,9	8,8	9,07	9,74	9,42	8,21
% Sat O₂	114,4	103,5	100,4	99,5	95,1	97,1	105,35	106	94,6
Amoniaco (µg/L N-NH₃)	18,8	18,8	13,9	19,7	4,0	15,3	0,0	9,0	6,0
Conductividad	19,5	17,35	19,6	18,1	18,4	20,5	19	25	19
Fósforo Reactivo Soluble (µg/L P-PO₄)	2	2,8	2,6	1,8	1,6	1	2	2	1,5
Nitratos (µg/L N-NO₃)	24,1	35,4	36,2	37,5	45,5	48,2	52,5	43,1	63,5
Nitritos (µg/L N-NO₂)	0,8	1,1	1,3	2	0,7	2,3	1,5	1,7	1,5
Variables Hidromorfológicas									
QBR (0-100)	90	81,3	85	78,8	78,8	80	77,5	75	80
IHF (0-100)	74,3	69,3	72,5	68	67,5	70	67,5	68,5	69

Tabla 5. Promedio anual de las variables determinadas en la estación de muestreo MAN1076 (Debajo de la Charca Verde). Periodo 2014-2022.

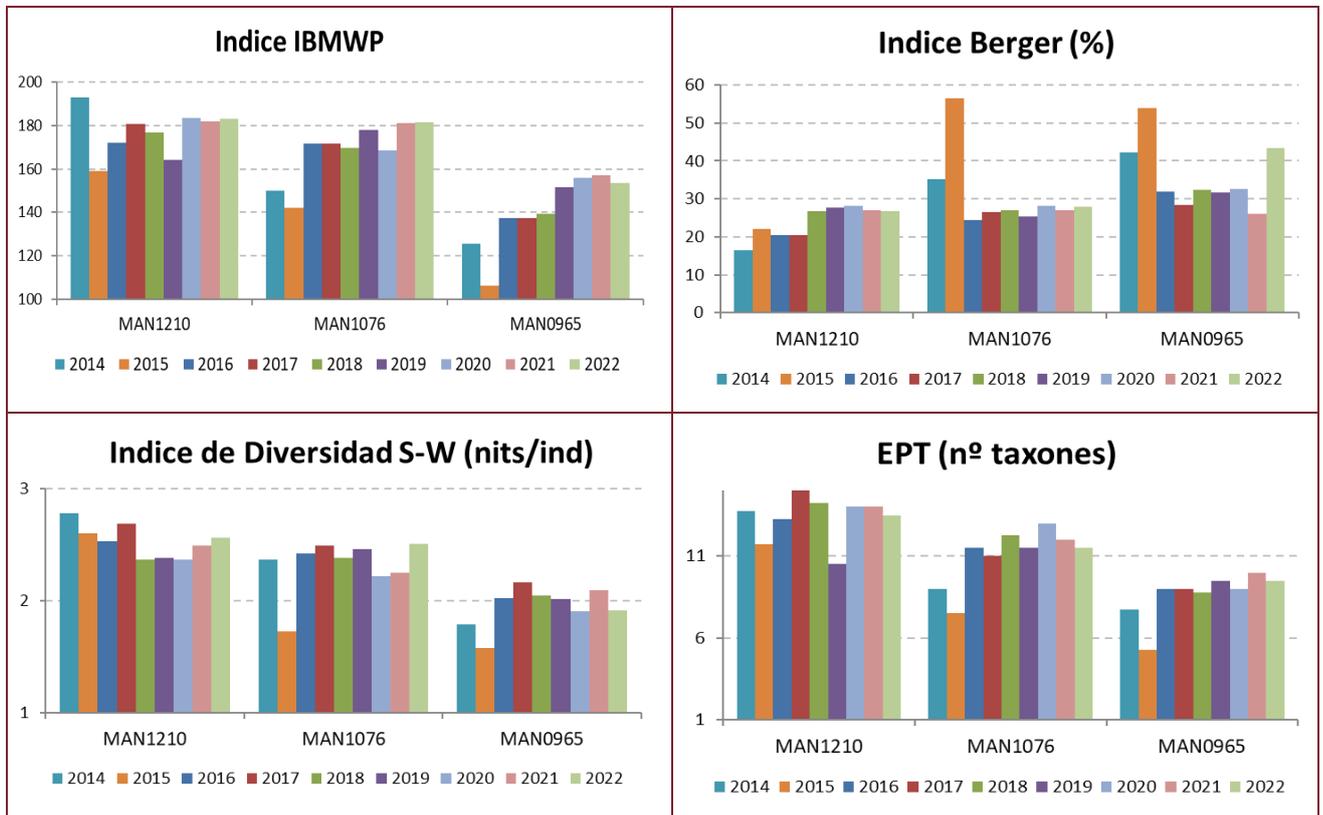
Variable	MAN1076									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
IBMWP	150	142	171,8	171,5	169,5	178	168,5	181	181,5	
IASPT	5,47	5,4	5,6	5,9	5,8	5,95	5,8	6,23	6,05	
Berger %	35,2	56,5	24,4	26,6	27	25,35	28,3	26,9	27,8	
Shannon (Nits/ind)	2,37	1,73	2,42	2,49	2,38	2,46	2,22	2,25	2,5	
EPT (nº taxa)	9	7,5	11,5	11	12,3	11,5	13	12	11,5	
Variables Fisicoquímicas										
pH	6,61	7,48	7,23	7,43	7,15	sd	7	6,72	7,38	

Oxígeno Dis (mg/L O₂)	9,14	9,12	8,61	8,67	8,8	8,99	9,62	9,35	7,97
% Sat O₂	104,4	104,9	99,6	100,7	95,5	96,2	104,85	106,1	93,4
Amoniaco (µg/L N-NH₃)	10,32	25,93	16,1	26,4	3,6	20,7	10	14,3	5,5
Conductividad	20	19,43	20,9	19,2	18,9	20,6	19,5	32	20,5
Fósforo Reactivo Soluble (µg/L P-PO₄)	3,8	4	2,4	1,7	1,2	0,5	1,5	1	1
Nitratos (µg/L N-NO₃)	28,2	40,3	34,9	39,9	39,7	52,1	51,5	40,3	58
Nitritos (µg/L N-NO₂)	1,6	1,6	1,7	1,4	0,5	1,8	1	1,2	1,5
Variables Hidromorfológicas									
QBR (0-100)	90	81,3	85	78,8	78,8	80	77,5	77,5	80
IHF (0-100)	74,3	69,3	72,5	68	67,5	70	67,5	69	70,5

Tabla 6. Promedio anual de las variables determinadas en la estación de muestreo MAN0965 (El Tranco). Periodo 2014-2022.

Variable	MAN0965									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
IBMWP	125,5	106	137,5	137,3	139,5	151,5	156	157	153,5	
IASPT	6,05	5,93	6	6,2	5,9	6,05	6,35	6,04	6,14	
Berger %	42,3	54	32	28,4	32,4	31,5	32,65	26,1	43,3	
Shannon (Nits/ind)	1,79	1,58	2,03	2,17	2,05	2,05	1,9	2,09	1,91	
EPT (nº taxa)	7,8	5,3	9	9	8,8	9,5	9	10	9,5	
Variables Físicoquímicas										
pH	6,64	7,43	7,26	7,48	6,97	sd	7,1	6,58	7,28	
Oxígeno Dis (mg/L O₂)	9,47	9,14	8,69	8,79	8,8	8,95	9,69	9,33	8,31	
% Sat O₂	109	102,1	100,1	98,9	95,7	96,4	104,1	105,8	96,8	
Amoniaco (µg/L N-NH₃)	14,33	26,42	14,8	34,5	8,1	17,9	14,5	14,6	16,5	
Conductividad	26	25,53	27,4	23,4	23,2	25,1	29,5	32	29,5	

Fósforo Reactivo Soluble ($\mu\text{g/L P-PO}_4$)	2,6	2,8	2,4	1,6	1,6	0,5	1,5 \leq	1,5	3
Nitratos ($\mu\text{g/L N-NO}_3$)	18,4	43,8	38,4	43,6	49,3	49,1	61,5	42,01	67
Nitritos ($\mu\text{g/L N-NO}_2$)	1,7	1,2	1,4	1	0,4	1,3	1	1,9	2
Variables Hidromorfológicas									
QBR (0-100)	71,7	67,5	66,3	72,5	75	75	62,5	72,5	72,5
IHF (0-100)	66,3	65,3	64	66,5	66	65	65,5	67,5	66,5



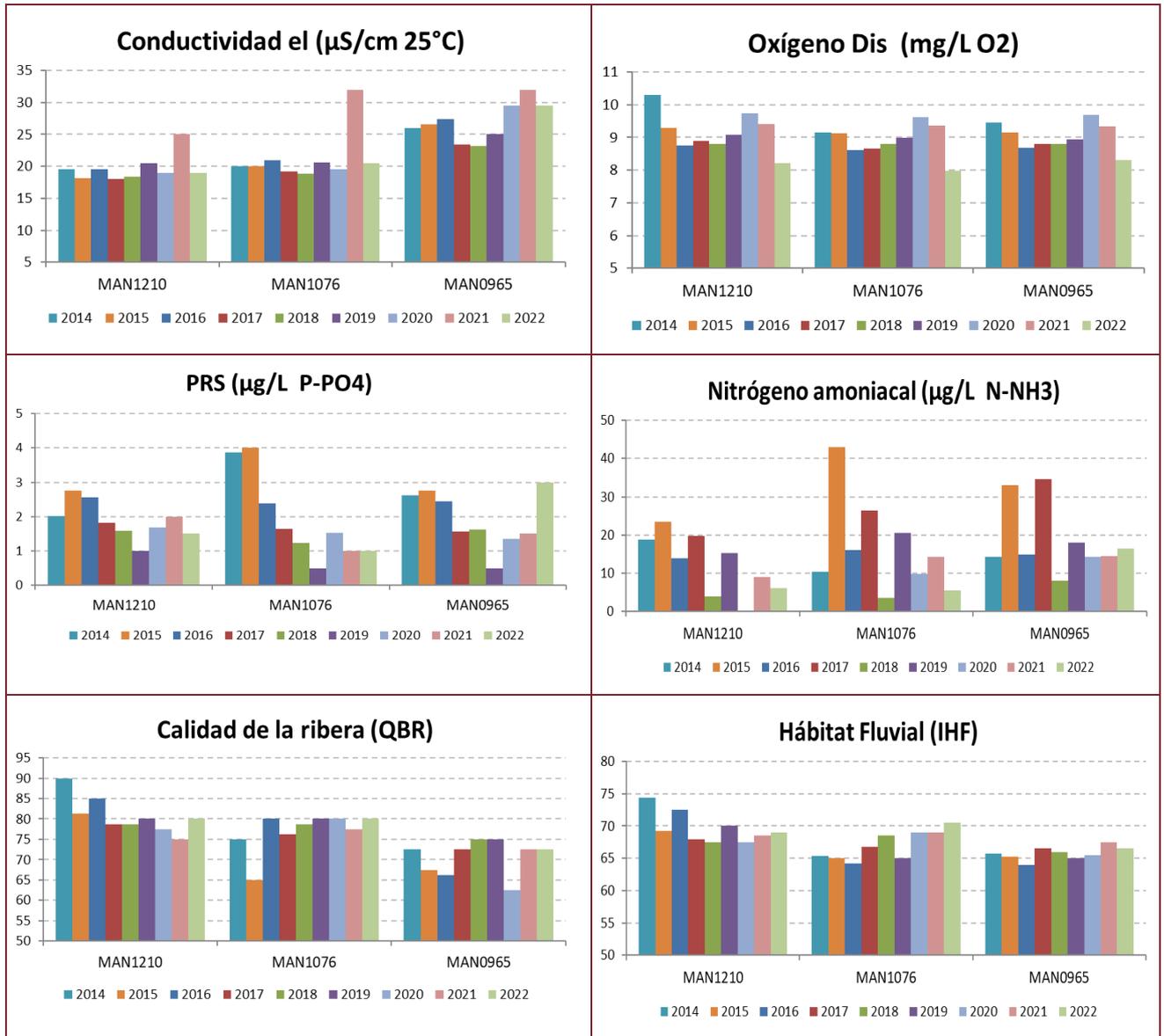


Figura 2. Representación gráfica en promedio anual de las principales variables determinadas en el periodo 2014-2022.

5. Discusión

5.1. Variables fisicoquímicas

Durante el año 2022, las variables fisicoquímicas reflejan un estado de conservación excelente. Al igual que en años anteriores, se trata de aguas propias de ríos de montaña de la Sierra de Guadarrama, bien oxigenadas, oligotróficas, con muy baja mineralización. Si bien, en los últimos años los nutrientes mantienen una ligera tendencia a la disminución, durante el año 2022 se ha notado un leve incremento en la concentración tanto del nitrógeno (nitratos) como del fósforo, aunque es destacable que en todo el periodo siempre mantuvo valores muy bajos. Si bien es destacable que el año 2022 se ha caracterizado por ser más seco y más cálido de lo normal, con el consecuente descenso del caudal circulante, que ha podido ser causa de una mayor concentración de nutrientes. Este incremento es más acusado en la estación MAN0965, siendo la tendencia de descenso en las restantes de muestreo.

En este sentido, la concentración de amonio en el año 2022 expresa una tendencia de descenso interanual, a excepción de MAN0965 que en 2022 ha sido levemente superior a años anteriores. La tendencia interanual es de descenso de la concentración de amonio, con los máximos valores en los años 2015 y 2017. Durante el año 2022 el valor máximo se ha registrado en verano en MAN0965 con 20 µg/L N-NH₃. En cualquier caso, los valores en todo el periodo de seguimiento están acordes con las características propias de ríos inalterados de la montaña mediterránea silícea.

El oxígeno disuelto en el agua está relacionado con la temperatura del agua. En condiciones normales, a medida que se adentra el verano, la concentración de oxígeno disminuye, con mínimos en el mes de agosto. El promedio anual de 2022 se sitúa en los 8,17 mg/L, valor por debajo de lo observado en años anteriores.

En cuanto a pH, conductividad, y saturación de oxígeno, se mantienen en unos valores similares a los de años precedentes, y en todo caso acorde con lo esperado para el ecotipo de río de la Sierra de Guadarrama.

5.2. Variables biológicas

Índices de diversidad

En los ríos de la Sierra de Guadarrama, el promedio del *índice de Berger* observado, se sitúa en un 27,2% (n=156). Es un indicador de la estructura de las poblaciones biológicas, en donde

valores elevados indicarían una sobredominancia de un taxon respecto a los otros. Valores normales coincidirían con un índice de Berger $<30\%$. Este índice es probablemente el que mejor indica que ocurrió en las aguas del río Manzanares.

Durante el año 2022, en la estación MAN0965, se ha observado un incremento del índice de Berger respecto a años anteriores, con un promedio anual de un 43,3%. Aunque la tendencia sigue siendo una mejora en la dominancia respecto al año 2015, que fue máxima (54%). En el caso de la estación MAN1076 se mantiene estable desde el año 2016, en torno al 24-28%, resultando el promedio anual de 2022 en el 27,8%. Por lo tanto, se sigue confirmando la recuperación de la sobredominancia detectada en el año 2015 (56,5% en MAN1076). En el caso de la estación MAN1210, como punto de control, en el año 2022 se mantiene en el 26,6%, valores similares a los detectados desde el inicio del seguimiento.

Otra observación es el taxón dominante. En los años 2014 y 2015, los dípteros quironómidos fueron predominantes, alcanzando en el mes de septiembre del año 2015 el 82% en la estación de muestreo localizada aguas abajo de Charca Verde. En años posteriores, una vez limitada la actividad del baño, esta dominancia sigue compartiéndose con otros taxones. En el año 2022, el taxón dominante ha sido el plecóptero *Leuctra* sp. durante la campaña estival, seguido de los dípteros quironómidos, que fue dominante en la campaña primaveral.

El *índice de diversidad de Shannon-Wiener (H')* expresa la diversidad de las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos en términos de riqueza de taxones, así como la densidad de éstos. En el año 2022, la tendencia, a nivel espacial, ha sido de descenso del índice de diversidad en sentido aguas abajo, al igual que en años anteriores. A una escala temporal, las estaciones de muestreo más afectadas, MAN1076 y MAN0965, han mostrado de nuevo un incremento en el valor del índice H' , llegando en el caso de MAN1076 al máximo del periodo (2,50 nits/ind). Si bien, la localizada en El Tranco que mantenía una tendencia al alza del índice H' , en el año 2022 se ha detectado un descenso leve respecto a años anteriores, con un valor medio anual de 1,91 nits/ind.

Las estaciones MAN1076 y MAN1210 se sitúan en valores similares al promedio acumulado, para 26 cursos fluviales de la Sierra de Guadarrama, cuyo valor de referencia observado en los últimos años ha sido de 2,44 nits/ind ($n=156$, fuente: CISE). En el año 2022 los resultados medios anuales han sido de 2,56 y 2,50 nits/ind respectivamente. En cuanto a la estación localizada en El Tranco (MAN0965), en el año 2021 se ha situado en 1,91 nits/ind, indicando un valor menor que los observados en años precedentes, aunque por encima de lo observado en el año 2015 (1,59 nits/ind).

Presuntamente podría mejorar aún más la diversidad del ecosistema fluvial, sin embargo, cada río, y dentro de éste cada tramo, poseen unas características físicas y biológicas particulares, por lo que hay que tomar con cautela dichos valores.

Taxones indicadores

Uno de los taxones que ilustran muy bien la problemática asociada a la actividad del baño es la familia de **efemerópteros heptagénidos (Heptageniidae)**, representado por dos taxones en el río Manzanares (*Epeorus* sp. y *Ecdyonurus* sp.). Esta familia se caracteriza por ser muy poco tolerante a la contaminación, habitando las rocas en zonas lóxicas de ríos y arroyos.

A continuación, se representa la densidad (ind/m²) de la familia de los efemerópteros heptagénidos, en las tres estaciones de seguimiento del río Manzanares. Hay que recordar, que en el año 2015 esta familia desapareció de las estaciones MAN1076 y MAN0965 en la época estival, presumiblemente por la presión a la que estaba sometido el río Manzanares a medida que la afectación del cauce se magnificaba a lo largo del periodo estival, a causa de una alteración del hábitat fluvial por la actividad del baño.

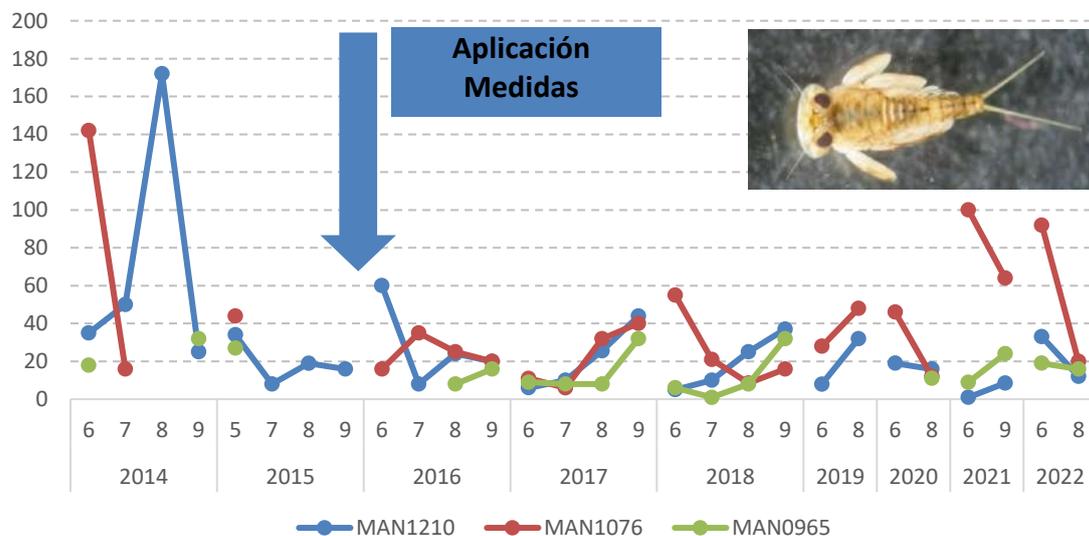


Figura 3. Abundancia de heptagénidos (ind/m²) en el río Manzanares en el periodo 2014-2022.

En los años 2014 y 2015 los heptagénidos estaban presentes al inicio de cada temporada anual. Sin embargo, desaparecían a medida que se adentraba el verano, únicamente en las estaciones MAN1076 y MAN095. Se trata de taxones que viven debajo de rocas en zonas de corriente, en las que eran utilizadas por los bañistas para represar el cauce del río. Únicamente se

encontraban de manera permanente en la estación de referencia, MAN1210. A partir del año 2016, se puede apreciar como los heptagénidos permanecen en el río a lo largo de todo el verano aunque en el año 2019, no se observó en la estación MAN0965. Sin embargo, en la estación MAN1076 la presencia de estos efemerópteros se observan de manera permanente desde el año 2016 hasta la actualidad. Es destacable como a partir del año 2021, la abundancia de los heptagénidos es superior a la estación de referencia, MAN1076.

Otro taxón indicador es el de los **dípteros quironómidos**, aunque en este caso se vio favorecido por la actividad del baño.

Durante los años 2014 y 2015, su abundancia se incrementó en los meses estivales hasta un máximo de 1854 ind/m² (MAN1076). Por este motivo, los índices de diversidad descendieron drásticamente. Una vez tomadas las medidas de conservación en el año 2016 (limitación del baño y control de accesos a la Pedriza) las abundancias se normalizan a valores propios de cursos fluviales de la Sierra de Guadarrama (oscilando entre 144-688 ind/m²), así como como a la estación de control MAN1210, en donde no se registraron abundancias tan elevadas.

Durante 2022, el máximo valor de abundancia registrado ha sido en MAN0965, en verano, con 624 ind/m², muy por debajo de lo observado en los años 2014 y 2015. En los seis últimos años se mantiene un patrón de abundancia similar en las tres estaciones de muestreo.

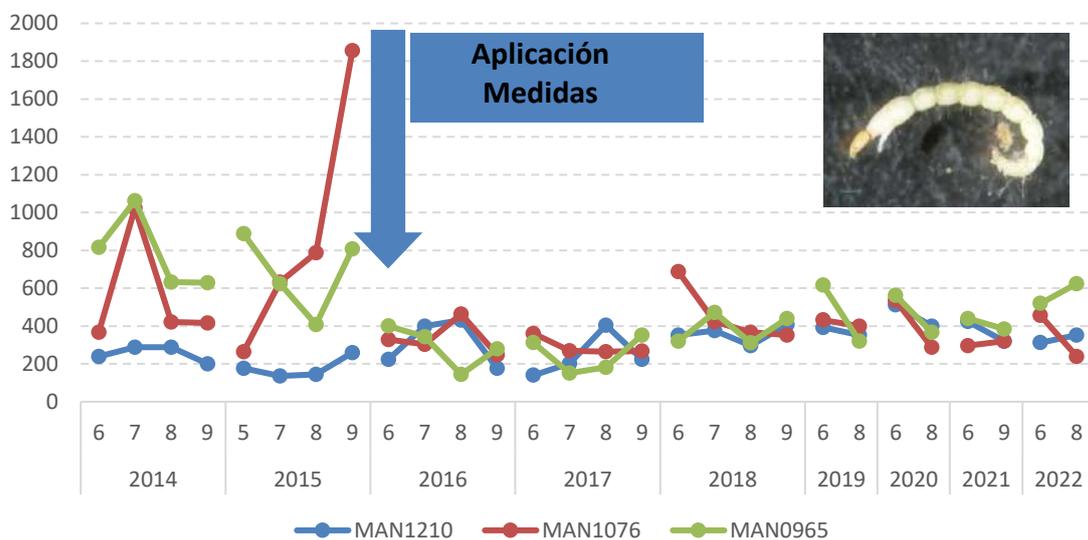


Figura 4. Abundancia de quironómidos (ind/m²) en el río Manzanares en el periodo 2014-2022 en las tres estaciones de muestreo.

Índices biológicos

De acuerdo con el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (BOE, 2015), el índice biológico de macroinvertebrados **IBMWP** es el índice de referencia estandarizado a nivel nacional en la determinación del estado ecológico.

Los resultados del año 2022 expresan un estado ecológico muy bueno en la campaña primaveral en las tres estaciones de muestreo. A medida que avanza la época estival, el índice IBMWP desciende levemente en las tres estaciones, aunque en MAN1210, es prácticamente estable a lo largo del ciclo anual. La estación MAN0965 es la que denota un mayor descenso del índice, en torno al 15% (25 puntos).

En términos medios anuales, las estaciones MAN1210 y MAN1076 mantienen un buen estado ecológico durante todo el ciclo anual, permaneciendo en el Tranco (MAN0965) en un estado Bueno, aunque muy cercano al límite Muy Bueno. De nuevo, en esta estación de muestreo, la campaña primaveral registró un estado Muy Bueno, al igual que en los años 2020 y 2021.

Se sigue observando una **estabilidad del estado ecológico en las tres estaciones de muestreo** a lo largo del presente año, al igual que se ha observado en los años 2016-2021.

A modo interanual, la estación de referencia MAN1210 se ha mantenido desde el inicio del periodo de seguimiento (2014-2022) en un muy buen estado ecológico.

En cuanto a la estación de muestreo localizada aguas abajo de Charca Verde, MAN1076, en los veranos de los años 2014 y 2015, se pudo observar una disminución del estado ecológico a un nivel inferior, desviado de ligera a moderadamente de las condiciones de referencia. Sin embargo, a partir del año 2016, y hasta la actualidad se ha notado una estabilidad del índice a lo largo del año, manteniéndose un estado ecológico muy bueno desde la aplicación de las medidas de gestión en el año 2016. **En promedio anual, la mejora, o incremento del estado ecológico respecto al año 2015 es de un 28%.**

Otro ámbito muy afectado por la actividad del baño, fue la zona de El Tranco. En este tramo, la estación MAN0965, detectó en el verano de 2015 un nivel de calidad ecológica desviado moderadamente de su estado de referencia. Desde el año 2016 se ha venido observando un incremento gradual anual, alcanzando el máximo anual en promedio en el año 2021 (157 puntos). En términos medios anuales la clase de estado ecológico es Bueno, aunque según el baremo del índice

(estado muy bueno = 158 puntos), se sitúa prácticamente en promedio anual muy próximo a dicho estado del nivel superior.

En el año 2022 el incremento del índice IBMWP respecto al año 2015, ha sido de un 45%, con un valor medio anual de 153,5 puntos.

En la Figura 5 se ha representado los resultados el índice IBMWP en todas las estaciones de muestreo, así como los límites de clase del estado ecológico según el Real Decreto 817/2015. Es sin duda, la representación más gráfica de lo acontecido en el río Manzanares: la aplicación de medidas, y su evolución interanual, antes y después de la aplicación de éstas. Es destacable como a medida que se adentraba el verano, se desencadenaba un descenso muy acusado del índice IBMWP en todas las estaciones, aunque más acusado en MAN1076 y principalmente en MAN0965. Este comportamiento se revirtió de forma progresiva a partir de la toma de medidas relacionadas con el baño y el control de accesos. Es evidente una tendencia de incremento del estado ecológico en las tres estaciones de muestreo, con mayor intensidad en el tramo fluvial de El Tranco.

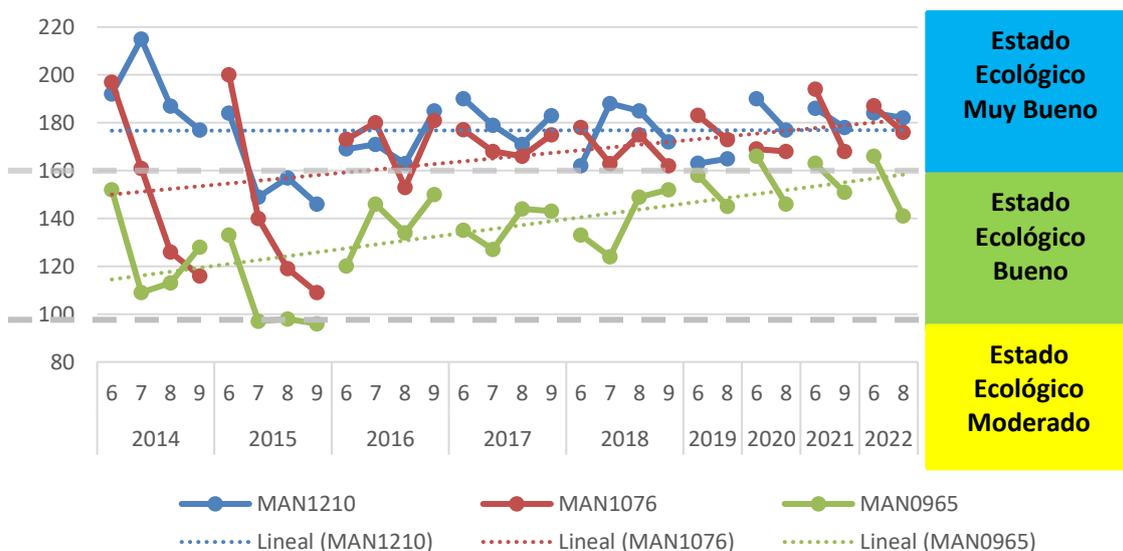


Figura 5. Representación del índice IBMWP en el periodo 2014-2022, en las tres estaciones de muestreo.

Otro indicador biológico complementario es el EPT (suma de taxones de efemerópteros, plecópteros y tricópteros). En general, los taxones que engloban estos órdenes son intolerantes a la contaminación. En este sentido, nos informa sobre el estado de conservación del ecosistema fluvial. El valor promedio anual del EPT en los cursos fluviales de la Sierra de Guadarrama es de

13,3, taxones (n=149) en base a los resultados del seguimiento que se realiza desde el Centro de Investigación del Parque (CISE).

En el año 2022, a una escala intraanual, el indicador desciende hacia la época estival, estando muy relacionado con la fenología de dichos órdenes de insectos. En promedio anual, la estación MAN1210 se sitúa en los 13,5 taxones. La estación MAN1076 registra 11,5 taxones en promedio, siendo menor en El Tranco con 9,5 taxones. A una escala espacial, se ha observado una tendencia de descenso del EPT en sentido aguas abajo.

Sin embargo, es realmente interesante, que **interanualmente** el EPT ha notado una mejora considerable desde el año de mayor afección, incrementándose en 2022, en términos porcentuales, un 53% en MAN1076, y un 80% en la estación MAN0965 respecto al año 2015. Todo ello indica una recuperación muy importante de taxones sensibles a las perturbaciones, fundamentalmente en los tramos que estuvieron más influenciadas por el baño: aguas abajo de Charca Verde y El Tranco. Esta mejora se viene observando desde el año 2016, con una tendencia interanual de incremento del EPT, aunque en el año 2022 ha sido muy levemente inferior a la del año precedente.

5.3. Variables hidromorfológicas

La valoración del hábitat fluvial (**índice IHF**) durante 2022 ha permanecido más o menos estable a lo largo del año, con valores similares en las tres estaciones de muestreo, oscilando entre los 67,5 y 69 puntos en MAN0965 y MAN1076 respectivamente. En este sentido, los máximos del índice se han registrado en la estación MAN1076. Por el contrario la estación con una menor diversidad de hábitat fluvial es la localizada en El Tranco (MAN0965) siendo evidente un ligero descenso de la diversidad del hábitat fluvial en sentido aguas abajo. Es destacable que a lo largo de los años se observa una menor diferencia entre estaciones de muestreo.

La **tendencia interanual** en MAN1210 es de descenso leve de la calidad del hábitat fluvial. Por el contrario, la estación MAN1076 incrementa interanualmente la calidad del hábitat fluvial, manteniéndose estable en la estación MAN0965.

Se ha comentado en informes anteriores algunas de las limitaciones de este índice, en la aplicación a los ríos y arroyos de la Sierra de Guadarrama, al estar diseñado para una evaluación global de los ríos españoles. Una de las principales limitaciones de este índice es la cobertura de vegetación acuática, especialmente los macrófitos, prácticamente ausentes o en muy baja cobertura en todo el Alto Manzanares, aunque especialmente en los tramos más bajos evaluados. Es destacable además la ausencia de la fanerógama *Ranunculus fluitans*, muy

frecuente en tramos medios de ríos y arroyos montanos de la zona, ausente en el río Manzanares, aunque sí son evidentes algunas poblaciones aisladas de la apiácea *Oenanthe crocata*, también típica de los ríos y arroyos submontanos.

Sin embargo, hay que dar tiempo al propio curso fluvial, ya que podría deberse a una propia limitación natural, más que una afección antrópica, en cuanto a la valoración de este índice se refiere.

La **vegetación de ribera** condiciona la biodiversidad y funcionamiento del río, aportando en el caso de los ríos de montaña, la materia orgánica como principal fuente de energía del río. Durante el año 2022 el índice de calidad de la ribera (QBR) se ha mantenido similar a años precedentes. De acuerdo con la clasificación del índice, el estado de conservación es Bueno en las tres estaciones de muestreo, si bien se observa una tendencia de descenso en sentido aguas abajo. El máximo valor medio anual se ha registrado en las estaciones MAN1210 y MAN1076, con 80 puntos en ambos casos, siendo menor en MAN0965 con 72,5 puntos.

Interanualmente, la tendencia del índice QBR en la estación MAN1076 **es de mejora de la calidad** de ésta. Sin embargo, en MAN1210 la tendencia es contraria, parece estar muy relacionado con una importante herbivoría del estrato arbustivo y herbáceo en la zona riparia. Tomando como criterio los niveles del índice QBR, las tres estaciones se encuentran en un estado de conservación bueno, aunque más cerca del estado de conservación inferior, o inicio de alteración importante. Durante el año 2022 el estado de conservación de la ribera en MAN0965 ha mantenido el estado del año anterior, sin una tendencia clara interanual. Ya se comentó en informes anuales precedentes, que la mejora en cortos periodos de tiempo está limitada al desarrollo de esta vegetación leñosa, que necesita periodos más largos para su establecimiento y desarrollo.

Por otro lado, el índice QBR penaliza la presencia de vegetación perenne alóctona. En el caso del ámbito de La Pedriza es destacable las masas de cupresáceas por lo que la presencia de éstas en la ribera, a menudo frecuentes, influyen negativamente en la puntuación del índice, siendo más boscosas cuanto menor es la altitud.

Los resultados de la ribera hay que tomarlos con cautela, ya que no se puede extrapolar la evaluación de un tramo, al estado general del curso fluvial.

6. Conclusiones

Recuperación del estado ecológico

Los resultados del año 2022 expresan un estado ecológico muy bueno en la campaña primaveral en las tres estaciones de muestreo.

En las estaciones de muestreo más afectadas por el baño, Charca Verde y El Tranco, la recuperación del estado ecológico del río es progresiva desde el año 2016, cuando se aplicaron las medidas de conservación. En la estación de muestreo MAN1076, aguas abajo de Charca Verde, se mantiene en un estado similar a la estación de referencia MAN1210, situándose en un estado de acuerdo con el Real Decreto 817/2015, como Muy Bueno, e incrementándose un 28% respecto al año 2015.

En el entorno de El Tranco, (MAN0965) se sigue confirmando la recuperación de una manera gradual, siendo un 45% superior, en cuanto a los valores del índice IBMWP se refiere. Se ha registrado en la campaña primaveral un estado ecológico Muy Bueno, valor similar al observado en los años 2020 y 2021.

Otros parámetros que también confirman la recuperación son los índices de diversidad, tanto de Berger como de Shannon; así como los índices biológicos IASPT y EPT.

Recuperación del equilibrio y la dominancia del ecosistema fluvial

En el año 2015 la dominancia fue muy elevada, en donde un único taxón representaba más de la mitad de los individuos presentes en las estaciones MAN1076 y MAN0965, con el 56,5% y 54% respectivamente.

En el año 2022 estos valores de dominancia, o del índice de Berger, para las estaciones de muestreo anteriores, se sitúan en valores del 27,8% y 43,3%, lo que supone una reducción a la mitad respecto al año 2015, en el caso de MAN1076. Sin embargo, en la estación MAN0965, aunque la dominancia es inferior al año 2015, se ha observado en 2022 un incremento en la dominancia respecto a años anteriores, cuando se situaba por debajo del 30%, que es el valor de referencia para los ríos de la Sierra de Guadarrama.

Lo más relevante ha sido los taxones indicadores favorecidos por la actividad del baño, que se debió exclusivamente a los dípteros quironómidos. En el año 2015 la abundancia alcanzó los 1854 ind/m² y una dominancia del 82%. Actualmente la abundancia de este grupo esa oscilado entre los

240-624 ind/m² y una dominancia máxima del 50,4% en primavera en la estación MAN0965. En sentido contrario, los efemerópteros heptagénidos, excelentes indicadores de la calidad del agua, siguen permaneciendo de una manera estable desde el año 2016, mientras que en los años 2014 y 2015 desaparecían del río en la época estival, muy probablemente debido al baño. En el año 2022, el taxón dominante ha sido el plecóptero *Leuctra* sp. durante la campaña estival, seguido de los dípteros quironómidos, que fue dominante en la campaña primaveral.

Incremento de la diversidad.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener sigue confirmando una buena diversidad en la estación MAN1076 (2,50 nits/ind) siendo la mayor diversidad observada desde el inicio del seguimiento. En cuanto al ámbito de El Tranco (MAN0965) ha mejorado notablemente, del 1,59 en año 2015, al 1,91 nits/ind en el año 2022, aunque es una diversidad menor que la observada en el año 2021.

En cuanto al EPT ha mejorado considerable respecto al año 2015, incrementándose en el año 2022 en términos porcentuales en un 53% y 808% en las estaciones más afectadas por la actividad del baño: MAN1076 y MAN0965, respectivamente. Estos valores son levemente inferiores a los observados en 2021, que fueron los máximos observados.

Estabilidad anual de las variables biológicas.

En base a los resultados anteriores, se confirma una marcada estabilidad anual en los resultados de los índices biológicos y de diversidad durante el año 2022, ya iniciada en el año 2016. En los años 2014 y 2015 en los que la actividad del baño estaba permitida se apreciaba una marcada variabilidad intraanual de estas variables.

Variables físico-químicas

En cuanto a las **variables fisicoquímicas, expresan una buena calidad del agua** tratándose de aguas bien oxigenadas, oligotróficas, con muy baja mineralización, propias de ríos de montaña de la Sierra de Guadarrama. Si bien en 2022 se ha notado un leve descenso de la concentración de oxígeno disuelto.

Variables hidromorfológicas

Sigue siendo pronto como para detectar una mejora notable en los valores de los índices del estado de la ribera y del hábitat fluvial. Estas variables, previsiblemente, mejorarán su estado en un medio-largo plazo.

7. Bibliografía citada

- ACA. AGENCIA CATALANA DEL AGUA. 2006. HIDRI: Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos. Agència Catalana de l'Algua. 160 págs.
- BOE. 2008. Nº 229. ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.
- BOE. 2015. Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental,
- MAGRAMA, 2013a. Protocolo de cálculo del índice IBMWP. http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/IBMWP-2013_24_05_2013_tcm7-177549.pdf
- MAGRAMA, 2013b. PROTOCOLO DE MUESTREO Y LABORATORIO DE FAUNA BENTÓNICA DE INVERTEBRADOS EN RÍOS VADEABLES. http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/ML-Rv-I-2013_Muestreo_y_laboratorio_Fauna_bent%C3%B3nica_de_invertebrados_R%C3%ADos_vadeables_24_05_2013_tcm7-177541.pdf (consultado el día 13/01/2014)
- PARDO, I., ÁLVAREZ, M., CASAS, J.J., MORENO, J.L., VIVAS, S., BONADA, N., ALBA-TERCEDOR, J., JÁIMEZ, P., MOYÁ, G., PRAT, N., ROBLES, S., TORO, M. y VIDAL-ABARCA, M.R., 2004. El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(3-4), 2002: 115- 133.
- RUBIO-ROMERO, A. & GRANADOS, I. 2014. Seguimiento ecológico de los cursos fluviales. Vertiente madrileña del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Año 2014. Centro de Investigación Seguimiento y Evaluación de la Sierra de Guadarrama. Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. 96 Págs.
- RUBIO-ROMERO, A. & GRANADOS, I. 2015. Seguimiento ecológico de los cursos fluviales. Vertiente madrileña del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Año 2015. Centro de Investigación Seguimiento y Evaluación de la Sierra de Guadarrama. Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. 95 Págs.
- RUBIO-ROMERO, A. & GRANADOS, I. 2019. Informe Rangos de las clases de calidad ecológica aplicables a los cursos fluviales del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Centro de Investigación Seguimiento y Evaluación de la Sierra de Guadarrama. Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. 96 Págs.