

Tabla de contenido

Agradecimientos	ii
Tabla de contenido	iii
Índice de tablas	v
Índice de ilustraciones.....	v
1 Introducción.....	1
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivo general.....	2
1.3 Objetivos específicos	2
1.4 Metodología.....	3
1.5 Alcances.....	3
1.6 Organización del informe	4
2 Revisión bibliográfica.....	5
2.1 Impactos ambientales de embalses	5
2.1.1 Aguas abajo.....	5
2.1.2 Aguas arriba	6
2.2 El fenómeno de eutrofización	6
2.2.1 Descripción del fenómeno, causas principales	6
2.2.2 Evolución del fenómeno en el mundo y influencia de la actividad humana	7
2.2.3 Consecuencias ambientales.....	8
2.2.4 Consecuencias sanitarias.....	8
2.3 La operación en hydropeaking.....	8
2.4 Un caso específico: el embalse Rapel.....	9
3 Modelación numérica ELCOM-CAEDYM.....	12
3.1 Escenarios escogidos	12
3.1.1 Periodo de simulación.....	12
3.1.2 Escenarios hidrológicos	12
3.1.3 Modo de operación de la central.....	12
3.2 Modelo ELCOM	14
3.2.1 Grilla del modelo	15
3.2.2 Datos de entrada.....	15
3.2.3 Datos de salida	16
3.3 Módulo CAEDYM	17
3.3.1 Datos de entrada.....	17

3.3.2	Datos de salida	18
3.3.3	Consideraciones	18
4	Resultados obtenidos	20
4.1	Análisis preliminar	20
4.2	Análisis del escenario 1	22
4.3	Eutrofización	27
4.3.1	Influencia de las condiciones hidrológicas	28
4.3.2	Influencia del modo de operación de la central	30
4.4	Análisis de la influencia de la operación de la central en los principales parámetros involucrados en la eutrofización del embalse en condiciones hidrológicas normales y húmedas	32
4.4.1	Temperatura	32
4.4.2	Nutrientes (N y P)	35
4.4.3	Nivel del embalse	41
4.5	Análisis de la anoxia en el embalse	44
4.5.1	Influencia de las condiciones hidrológicas	44
4.5.2	Influencia de la operación de la central en condiciones hidrológicas normales y húmedas	46
4.5.3	Análisis de la evolución de oxígeno disuelto en el embalse y de algunos parámetros claves.	48
5	Discusión	56
6	Conclusiones	58
	Bibliografía	59

Índice de tablas

Tabla 3.1: Presentación de los escenarios considerados.....	14
---	----

Índice de ilustraciones

Figura 2.1: División del embalse Rapel en cubetas y puntos de medición y de simulación	10
Figura 3.1: Caudales efluentes con restricciones ambientales y con hydropeaking bajo condiciones hidrológicas normales.....	14
Figura 4.1: Concentración simulada de fitoplancton en la zona del muro en función del tiempo, escenarios 1, 2, 3, 4, 5 y 6.....	21
Figura 4.2 : Concentración media de fitoplancton y de cianobacterias en la zona del muro en función del tiempo, escenarios 1, 2, 3, 4, 5, 6.....	22
Figura 4.3: Evolución temporal del índice de fitoplancton, escenarios 1, 2 y 3.....	23
Figura 4.4: Evolución temporal del índice de concentración de fitoplancton, escenarios 1 y 4.	24
Figura 4.5: Evolución temporal de la temperatura de la superficie del agua, escenarios 1, 2, 3, 4, 5 y 6.....	25
Figura 4.6: Temperatura máxima del agua y índice de la concentración de fitoplancton en función del tiempo, escenario 1.	26
Figura 4.7: Evolución temporal de la temperatura de la superficie del agua del embalse, en la zona del muro, y del afluente Cachapoal, escenario 1.....	27
Figura 4.8: Evolución temporal del índice de concentración de fitoplancton, escenarios 2 y 3.	28
Figura 4.9: Evolución temporal del índice de concentración de fitoplancton, escenarios 4, 5 y 6.....	29
Figura 4.10: Evolución temporal del índice de concentración de fitoplancton, escenarios 2 y 5.	30
Figura 4.11: Evolución temporal del índice de concentración de fitoplancton, escenarios 3 y 6.	31
Figura 4.12: Temperatura simulada de la superficie del agua cercano al muro en función del tiempo, escenarios 2, 3, 4, 5 y 6.....	32
Figura 4.13: Temperatura en la zona del muro en función de la profundidad del embalse y del tiempo, escenarios 2, 3, 5 y 6.....	33
Figura 4.14: Fitoplancton y temperatura en la zona del muro, en función del tiempo y de la profundidad del embalse, escenarios 2 y 5.	34
Figura 4.15: Fitoplancton y temperatura en la zona del muro, en función del tiempo y de la profundidad del embalse, escenarios 3 y 6.	35

Figura 4.16: Concentración simulada de nitrógeno en la zona del muro en función del tiempo y de la profundidad, escenarios 2, 3, 5 y 6.....	36
Figura 4.17: Concentración simulada de fósforo en la zona del muro en función del tiempo y de la profundidad, escenarios 2, 3, 5 y 6.....	37
Figura 4.18: Concentración media simulada de nitrógeno y de la concentración máxima de fitoplancton cercano al muro en función del tiempo, escenarios 2 y 5.....	38
Figura 4.19: Concentración media simulada de fósforo y de la concentración máxima de fitoplancton cercano al muro en función del tiempo, escenarios 2 y 5.....	39
Figura 4.20: Concentración media simulada de nitrógeno y de la concentración máxima de fitoplancton cercano al muro en función del tiempo, escenarios 3 y 6.....	40
Figura 4.21: Concentración media simulada de fósforo y de la concentración máxima de fitoplancton cercano al muro en función del tiempo, escenarios 3 y 6.....	41
Figura 4.22: Nivel del embalse y del índice de fitoplancton en función del tiempo, escenarios 2 y 5 (el nivel 0 corresponde al nivel inicial del embalse).....	42
Figura 4.23: Nivel del embalse y del índice de fitoplancton en función del tiempo, escenarios 3 y 6 (el nivel 0 corresponde al nivel inicial del embalse).....	43
Figura 4.24: Concentración de oxígeno disuelto al fondo del embalse en la zona del muro en función del tiempo, escenarios 4, 5 y 6.....	45
Figura 4.25: Concentración de oxígeno disuelto disuelto al fondo del embalse en la zona del muro en función del tiempo, escenarios 2 y 5.	46
Figura 4.26: Concentración de oxígeno disuelto disuelto al fondo del embalse en la zona del muro en función del tiempo, escenarios 3 y 6.	47
Figura 4.27: Oxígeno disuelto y temperatura en la zona del muro, en función del tiempo y de la profundidad del embalse, escenarios 2 y 5.	49
Figura 4.28: Oxígeno disuelto y temperatura en la zona del muro, en función del tiempo y de la profundidad del embalse, escenarios 3 y 6.	50
Figura 4.29: Oxígeno disuelto y concentración de fitoplancton en la zona del muro, en función del tiempo y de la profundidad del embalse, escenarios 2 y 5.....	51
Figura 4.30: Oxígeno disuelto y concentración de fitoplancton en la zona del muro, en función del tiempo y de la profundidad del embalse, escenarios 3 y 6.....	52
Figura 4.31: Oxígeno disuelto y concentración de NH ₄ en la zona del muro, en función del tiempo y de la profundidad del embalse, escenarios 2 y 5.....	53
Figura 4.32: Oxígeno disuelto y concentración de NH ₄ en la zona del muro, en función del tiempo y de la profundidad del embalse, escenarios 3 y 6.....	53
Figura 4.33: Oxígeno disuelto y concentración de NO ₃ en la zona del muro, en función del tiempo y de la profundidad del embalse, escenarios 2 y 5.....	54
Figura 4.34: Oxígeno disuelto y concentración de NO ₃ en la zona del muro, en función del tiempo y de la profundidad del embalse, escenarios 3 y 6.....	55