

# Tabla de Contenido

Capítulo 1 : Introducción .....	1
1.1 Motivación .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 General .....	2
1.2.2 Específicos .....	2
Capítulo 2 : Revisión de antecedentes .....	3
2.1 Campañas de medición en terreno.....	3
2.1.1 Sitio de estudio .....	3
2.1.2 Instrumentación.....	4
2.1.3 Mediciones .....	6
2.2 Procesos involucrados en la evolución intradiaria de CO <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> .....	14
2.2.1 Transferencia de masa en interfaces.....	14
2.2.2 Procesos biológicos en el agua.....	19
2.3 Modelo de CO <sub>2</sub> y O <sub>2</sub> (Hull et. al, 2008). .....	23
2.3.1 Oxígeno disuelto .....	25
2.3.2 Dióxido de carbono .....	28
2.3.3 Biomasa.....	29
2.3.4 Detritos.....	29
Capítulo 3 : Metodología.....	30
Capítulo 4 : Resultados.....	31
4.1 Modelo propuesto.....	31
4.1.1 Oxígeno disuelto .....	32
4.1.2 Dióxido de carbono .....	37
4.1.3 Biomasa.....	38
4.1.4 Detritos.....	39
4.1.5 Efecto del hielo.....	39
4.2 Calibración .....	40
4.2.1 Parámetros utilizados en el modelo.....	40
4.2.2 Condiciones iniciales.....	42
4.2.3 Resultados calibración.....	43
4.3 Validación .....	43
4.4 Análisis de sensibilidad.....	44

4.4.1 Procesos.....	45
4.4.2 Parámetros.....	46
Capítulo 5 : Discusión de resultados .....	48
5.1 Evoluciones intradiarias de las variables de estado.....	48
5.2 Tasas de intercambio de gases entre la atmósfera y el agua para el dióxido de carbono ..	52
5.3 Tasas de intercambio de gases entre la atmósfera y el agua para el oxígeno .....	54
5.4 Consumo de O <sub>2</sub> .....	56
Capítulo 6 : Conclusiones y comentarios .....	59
Nomenclatura.....	62
Bibliografía.....	66

# Índice de Tablas

TABLA 2.1: RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS EN AMBAS CAMPAÑAS.....	5
TABLA 2.2: COEFICIENTES ADIMENSIONALES DE LA ECUACIÓN DE SALINIDAD.....	8
TABLA 2.3: TABLA EXPLICATIVA DE LOS PROCESOS DE LA FIGURA 2.14. ....	24
TABLA 4.1: TABLA EXPLICATIVA DE LOS PROCESOS DE LA FIGURA 4.1. ....	31
TABLA 4.2: VALORES DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS EN EL MODELO.....	40
TABLA 4.3: CONDICIONES INICIALES UTILIZADAS EN EL MODELO. ....	42
TABLA 4.4: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LOS DISTINTOS PROCESOS HIDRODINÁMICOS. S <sub>O2</sub> : SENSIBILIDAD PARA EL OXÍGENO DISUELTO; S <sub>CO2</sub> : SENSIBILIDAD PARA EL DIÓXIDO DE CARBONO; S <sub>CO2SED</sub> : SENSIBILIDAD PARA EL DIÓXIDO DE CARBONO. SE PRESENTAN LOS VALORES DE SENSIBILIDAD PROMEDIO EN EL TIEMPO. ....	45
TABLA 4.5: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LOS DISTINTOS PARÁMETROS CONSIDERANDO UN AUMENTO DEL 50%. S <sub>O2</sub> : SENSIBILIDAD PARA EL OXÍGENO DISUELTO; S <sub>CO2</sub> : SENSIBILIDAD PARA EL DIÓXIDO DE CARBONO; S <sub>CO2SED</sub> : SENSIBILIDAD PARA EL DIÓXIDO DE CARBONO. SE PRESENTAN LOS VALORES DE SENSIBILIDAD PROMEDIO EN EL TIEMPO. .....	46
TABLA 4.6: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD PARA LOS DISTINTOS PARÁMETROS CONSIDERANDO UNA DISMINUCIÓN DEL 50%. S <sub>O2</sub> : SENSIBILIDAD PARA EL OXÍGENO DISUELTO; S <sub>CO2</sub> : SENSIBILIDAD PARA EL DIÓXIDO DE CARBONO; S <sub>CO2SED</sub> : SENSIBILIDAD PARA EL DIÓXIDO DE CARBONO. SE PRESENTAN LOS VALORES DE SENSIBILIDAD PROMEDIO EN EL TIEMPO. .....	46

# Índice de Figuras

FIGURA 2.1: MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO (ACOSTA & CUSTODIO 2008). ....	3
FIGURA 2.2: LAGUNA DEL SALAR DEL HUASCO (ZONA DE ESTUDIO). <i>FOTOGRAFÍA DE ALBERTO DE LA FUENTE</i> . ....	4
FIGURA 2.3: INSTALACIÓN INSTRUMENTAL EN TERRENO, MAYO 2016 (VERGARA 2017). ....	5
FIGURA 2.4: VARIABLES MEDIDAS EN LAS CAMPAÑAS DE TERRENO. A LA IZQUIERDA ESTÁN LAS MEDIDAS PARA EL AÑO 2015 Y A LA DERECHA LAS DEL AÑO 2016. EN A) Y B) SERIES DE TEMPERATURA DEL AGUA; EN C) Y D) RADIACIÓN INCIDENTE; EN E) Y F) LA VELOCIDAD DEL VIENTO. ....	7
FIGURA 2.5: SERIES DE TIEMPO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y LA SALINIDAD PARA DOS SENSORES UTILIZADOS EN LA CAMPAÑA DEL 2016. ....	9
FIGURA 2.6: A LA IZQUIERDA, VALORES OBTENIDOS PARA EL SENSOR UNO; A LA DERECHA, VALORES OBTENIDOS PARA EL SENSOR 2. A) Y B) PRESENTAN LAS EVOLUCIONES TEMPORALES DE TEMPERATURA DEL AGUA Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA MUESTRA DE REFERENCIA (ECUACIÓN (2.4)), C) Y D) LA EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA SALINIDAD. ....	9
FIGURA 2.7: SERIES DE TIEMPO PARA OXÍGENO DISUELTOS Y TEMPERATURA DEL AGUA PARA 3 SENSORES, AÑO 2016. LA ZONA AZUL REPRESENTA LAS HORAS DE PRESENCIA DE HIELO. ....	10
FIGURA 2.8: SERIES DE TIEMPO PARA OXÍGENO DISUELTOS Y RADIACIÓN INCIDENTE PARA 3 SENSORES, AÑO 2016. LA ZONA AZUL REPRESENTA LAS HORAS DE PRESENCIA DE HIELO. ....	11
FIGURA 2.9: SERIES DE TIEMPO PARA EL INTERCAMBIO DE CO <sub>2</sub> ENTRE LA ATMÓSFERA Y LA COLUMNA DE AGUA, Y RADIACIÓN INCIDENTE PARA LAS CAMPAÑAS 2015 Y 2016. LA ZONA AZUL REPRESENTA LAS HORAS DE PRESENCIA DE HIELO. VALORES NEGATIVOS DEL FLUJO SIGNIFICAN UN INGRESO DE GAS DESDE LA ATMÓSFERA AL AGUA. ....	12
FIGURA 2.10: SERIES DE TIEMPO PARA EL INTERCAMBIO DE CO <sub>2</sub> ENTRE LA ATMÓSFERA Y LA COLUMNA DE AGUA, Y VELOCIDAD DE CORTE PARA LAS CAMPAÑAS 2015 Y 2016. LA ZONA AZUL REPRESENTA LAS HORAS DE PRESENCIA DE HIELO. VALORES NEGATIVOS DEL FLUJO SIGNIFICAN UN INGRESO DE GAS DESDE LA ATMÓSFERA AL AGUA. ....	13
FIGURA 2.11: ESQUEMA CAPA LÍMITE DE CONCENTRACIÓN (RAYO 2009). ....	16
FIGURA 2.12: ESQUEMA CONCEPTUAL DE LOS PROCESOS DE TRANSPORTE DE MASA A TRAVÉS DE LA INTERFAZ AGUA-SEDIMENTOS (ORDÓÑEZ 2014). ....	17
FIGURA 2.13: ESQUEMA CONCEPTUAL PARA EL TRANSPORTE DE OXÍGENO A TRAVÉS DE LA INTERFAZ AGUA-SEDIMENTOS (ORDÓÑEZ 2014). ....	18
FIGURA 2.14: ESQUEMA EXPLICATIVO DE CÓMO INTERACTÚAN LAS DISTINTAS VARIABLES DE ESTADO SEGÚN LOS PROCESOS HIDRODINÁMICOS CONSIDERADOS EN EL MODELO DE HULL ET AL. (2008). ....	24
FIGURA 4.1: ESQUEMA EXPLICATIVO DE CÓMO INTERACTÚAN LAS DISTINTAS VARIABLES DE ESTADO SEGÚN LOS PROCESOS HIDRODINÁMICOS QUE OCURREN EN EL SALAR. LAS VERDES CORRESPONDEN A VARIABLES DE LAS CUALES SE TIENE INFORMACIÓN DISPONIBLE Y EN NARANJO LAS QUE NO. ....	32

FIGURA 4.2: AJUSTE LINEAL PARA CALCULAR EL CONSUMO EN LOS SEDIMENTOS EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA, INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95% EN COLOR NARANJO, E INTERVALOS DE PROBABILIDAD AL 95% EN ROJO. DATOS OBTENIDOS DE DE LA FUENTE (2014). .....	36
FIGURA 4.3: OXÍGENO DISUELTO Y DIÓXIDO DE CARBONO SIMULADOS Y MEDIDOS PARA EL AÑO 2016.....	43
FIGURA 4.4: OXÍGENO DISUELTO Y DIÓXIDO DE CARBONO SIMULADOS Y MEDIDOS PARA EL AÑO 2015.....	44
FIGURA 5.1: VALORES PARA EL FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO ENTRE LA ATMÓSFERA Y EL AGUA SIMULADOS POR EL MODELO COMPARADO CON VALORES MEDIDOS EN CAMPAÑAS 2015 Y 2016. ....	49
FIGURA 5.2: VALORES PARA EL OXÍGENO DISUELTO SIMULADOS POR EL MODELO COMPARADO CON VALORES MEDIDOS EN 2016. ....	50
FIGURA 5.3: VALORES PARA EL DIÓXIDO DE CARBONO DISUELTO MODELADO Y LA VELOCIDAD DE CORTE MEDIDA EN TERRENO. ....	50
FIGURA 5.4: VALORES PARA EL DIÓXIDO DE CARBONO EN LOS SEDIMENTOS MODELADO Y LA VELOCIDAD DE CORTE MEDIDA EN TERRENO.....	51
FIGURA 5.5: VALORES PARA LA BIOMASA TOTAL OBTENIDOS POR EL MODELO.....	51
FIGURA 5.6: VALORES PARA LOS DETRITOS OBTENIDOS POR EL MODELO. ....	52
FIGURA 5.7: COMPARACIÓN ENTRE LA MÍNIMA TASA DE TRANSFERENCIA DE GASES ENTRE LA ATMÓSFERA Y EL AGUA PARA EL DIÓXIDO DE CARBONO, Y LA OBTENIDA SEGÚN LA LITERATURA (LISS 1973; ZAPPA ET AL. 2007). ....	53
FIGURA 5.8: FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO EN LA INTERFAZ AGUA-SEDIMENTOS, CONSIDERANDO $A_{CO_2} = 0.4$ .....	53
FIGURA 5.9: OXÍGENO DISUELTO Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE OXÍGENO PARA LA CAMPAÑA DE 2016 CONSIDERANDO $A_{O_2} = 0.4$ . ....	55
FIGURA 5.10: TASAS DE TRANSFERENCIA EN LA INTERFAZ AIRE-AGUA PARA EL OXÍGENO Y EL DIÓXIDO DE CARBONO, EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO; •-----• PARA EL OXÍGENO, +-----+ PARA EL DIÓXIDO DE CARBONO (LISS 1973).....	56
FIGURA 5.11: VALORES PARA EL OXÍGENO DISUELTO CONSIDERANDO $r = 0$ . ....	57
FIGURA 5.12: CONSUMO DE OXÍGENO EN LOS SEDIMENTOS, SEGÚN AJUSTE REALIZADO CON LAS MEDICIONES EN TERRENO DE DE LA FUENTE. (2014).....	58