

**V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS**

Entendiendo la dinámica de los lagos para una mejor gestión del recurso hídrico: el rol de la modelación y el pronóstico.

Ricardo Marroquín Paíz, Ph.D.



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

La dinámica de los lagos responde a factores externos (clima, suelo, subsuelo, aportes desde la cuenca) y a factores internos (procesos que ocurren dentro del lago), que a menudo se subestiman.



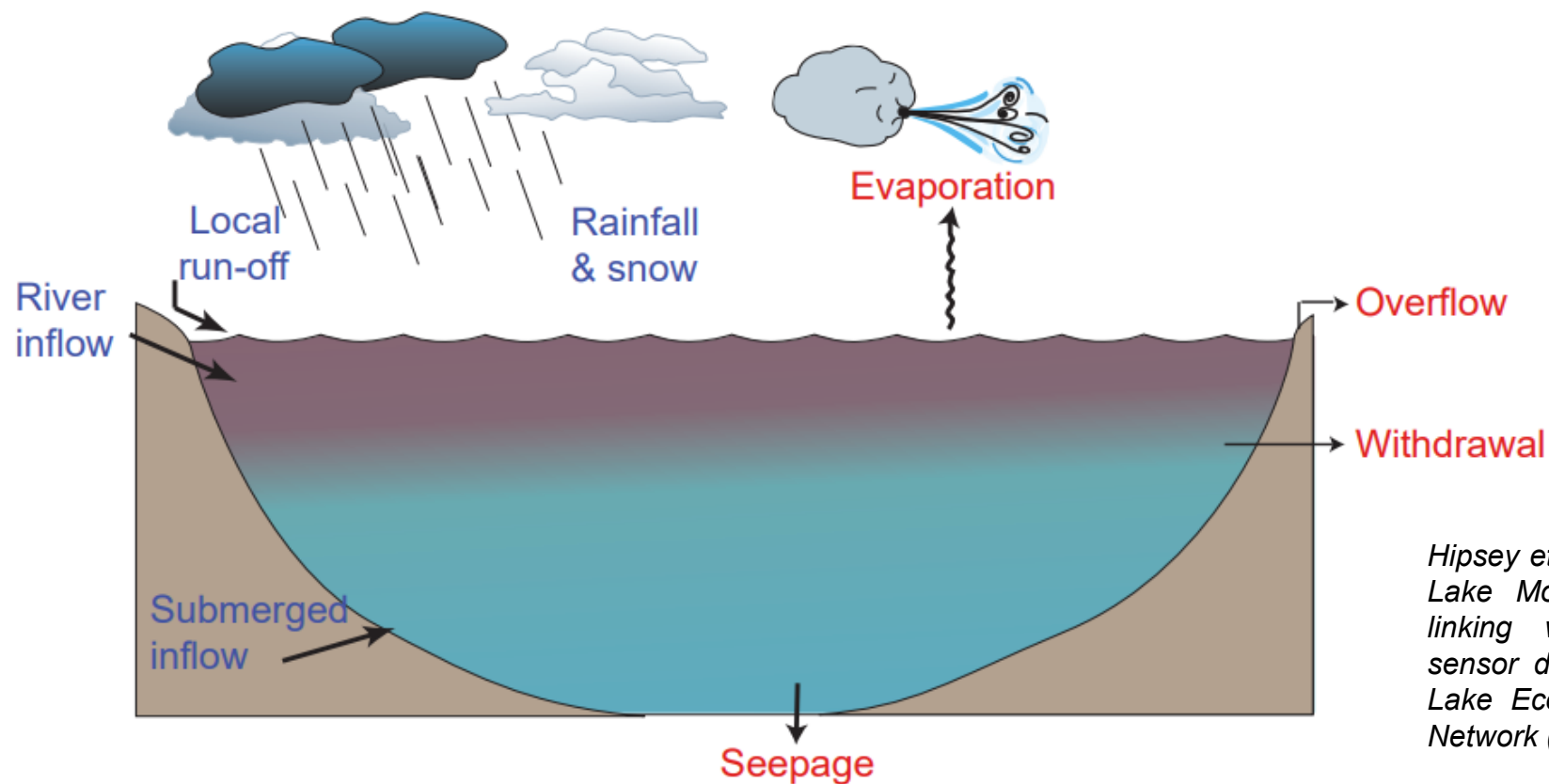
*Lago de Amatitlán, Guatemala
Fuente: René Hernández; flickr.com*



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

En los lagos se presentan intercambios continuos de agua y energía.

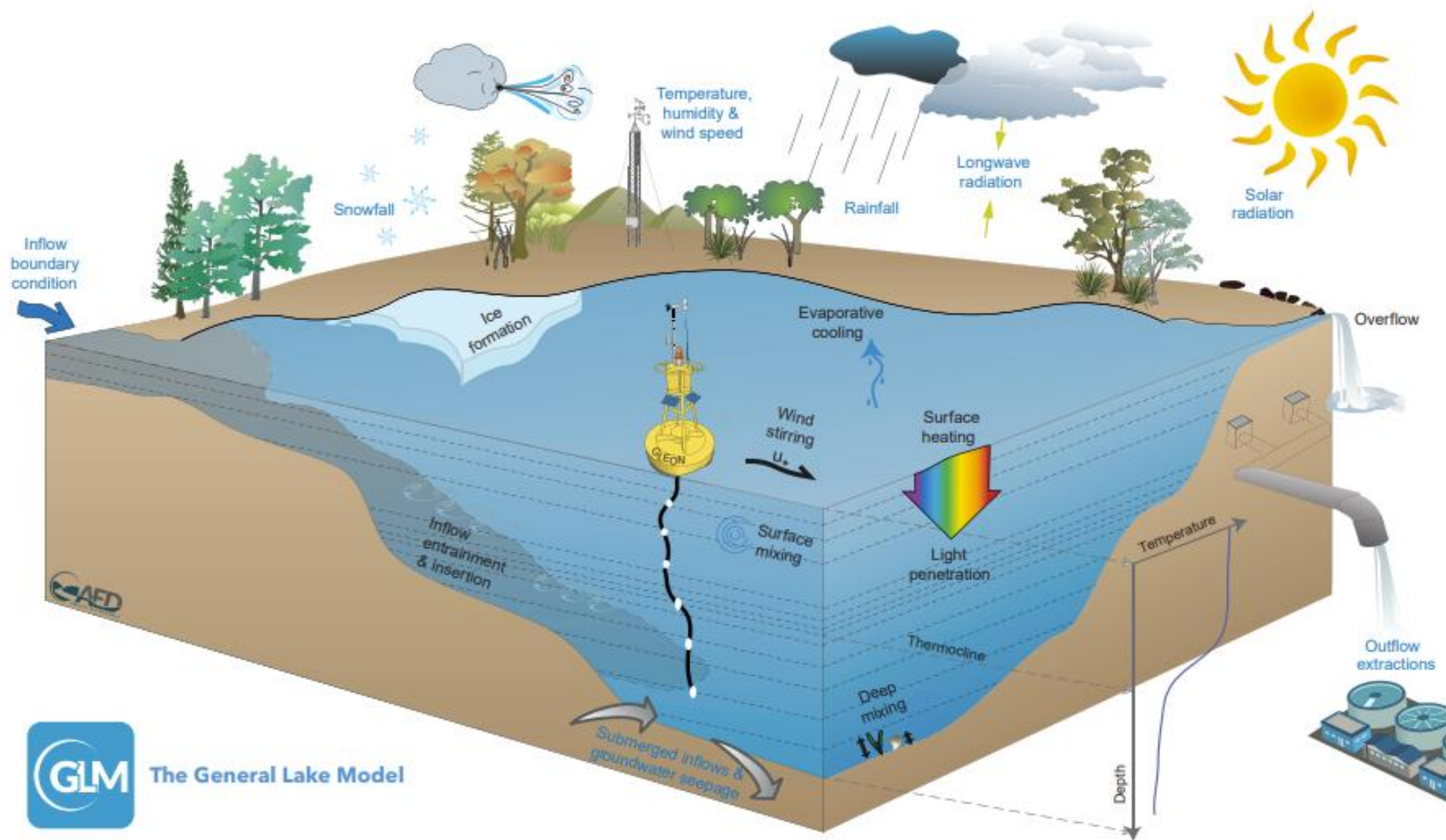
Estos procesos condicionan la distribución de oxígeno, nutrientes, algas y materia orgánica, con efectos directos sobre la biodiversidad, la calidad del agua y sus distintos usos.



Hipsey et. al 2019. A General Lake Model (GLM 3.0) for linking with high-frequency sensor data from the Global Lake Ecological Observatory Network (GLEON)



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS



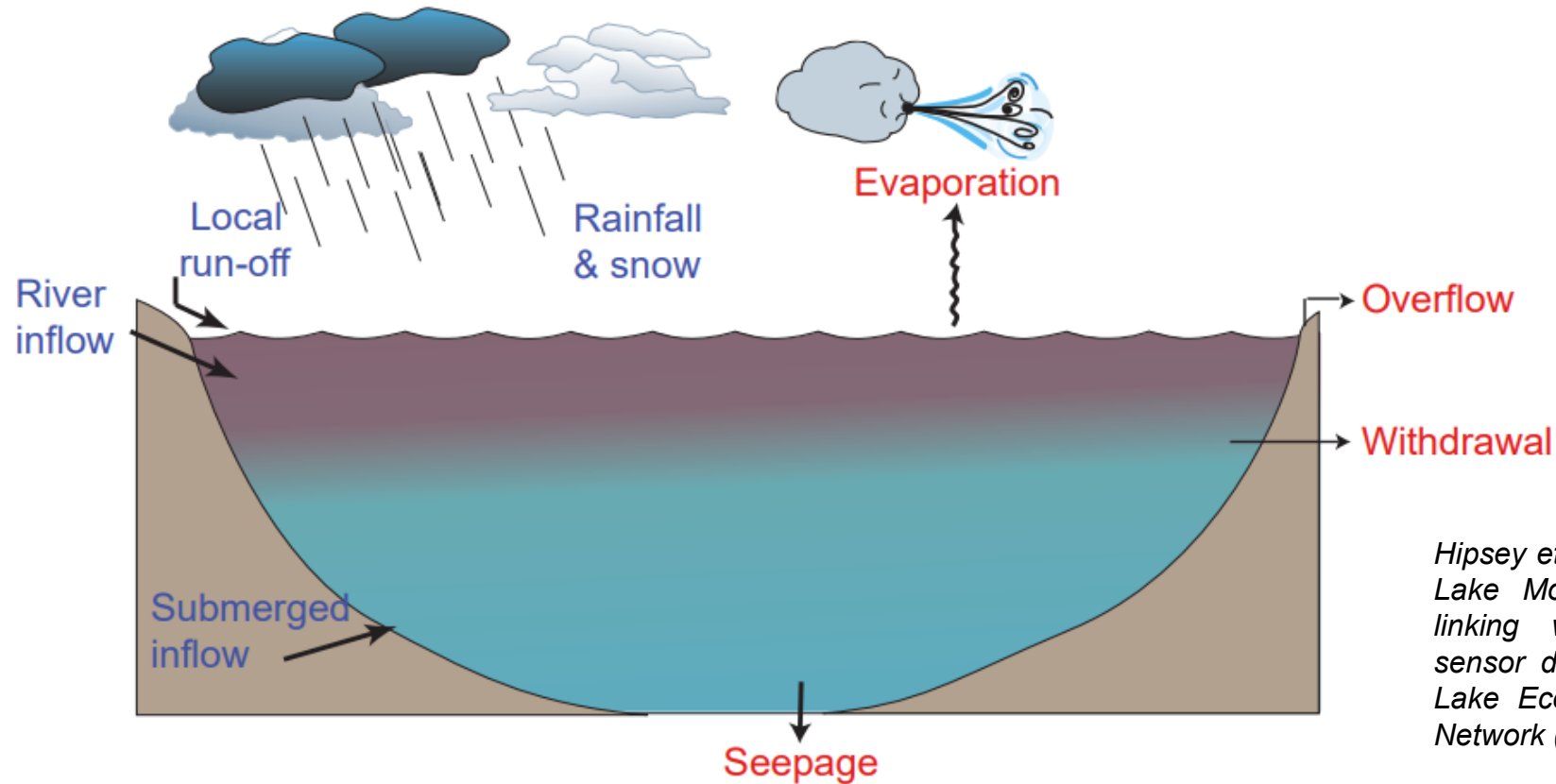
The General Lake Model

Hipsey et. al 2019. A General Lake Model (GLM 3.0) for linking with high-frequency sensor data from the Global Lake Ecological Observatory Network (GLEON)



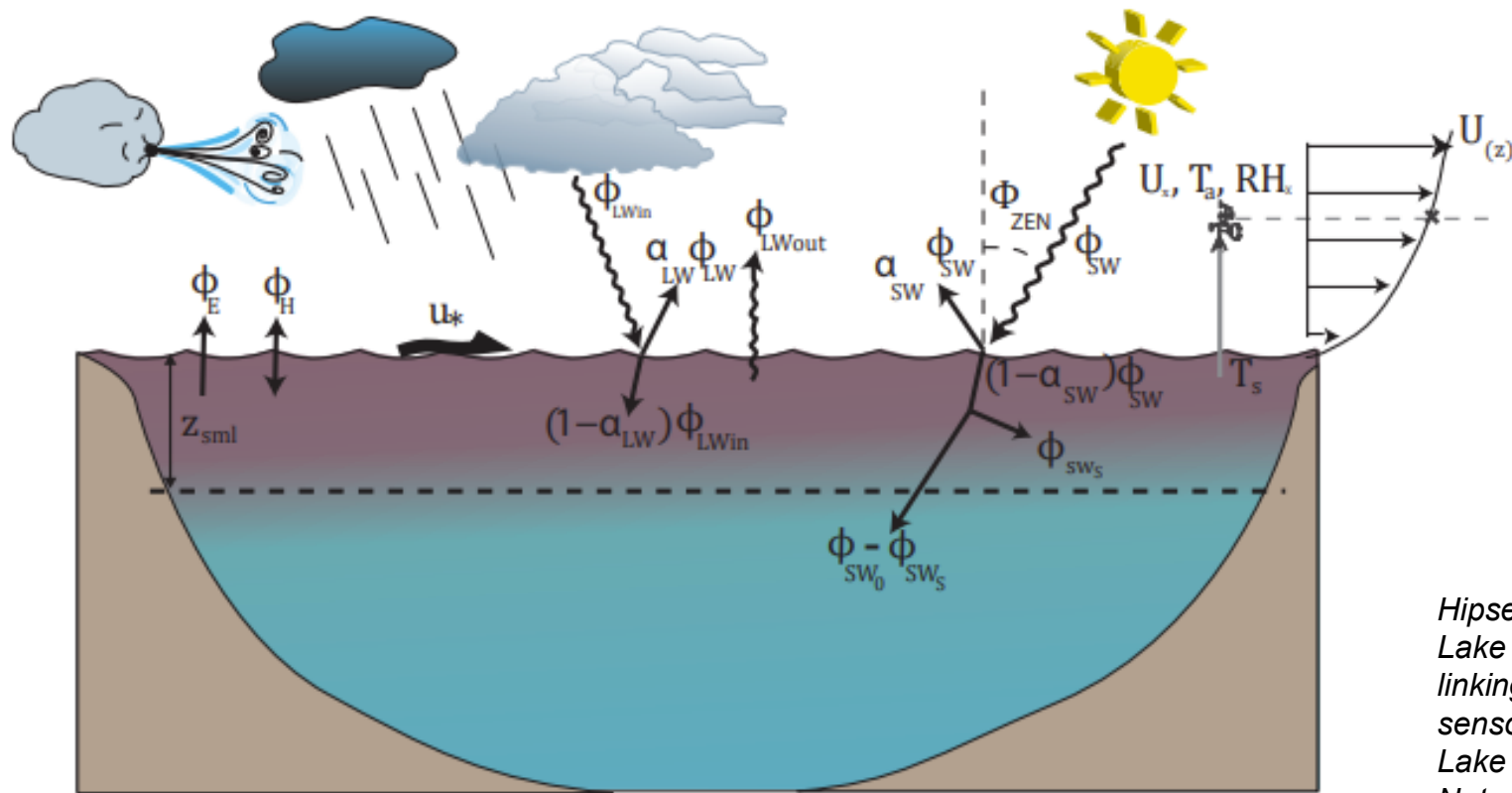
V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

Aunque son procesos complejos, la integración del conocimiento científico y los avances tecnológicos ha permitido desarrollar modelos capaces de representar y simular la dinámica de los lagos.



Hipsey et. al 2019. A General Lake Model (GLM 3.0) for linking with high-frequency sensor data from the Global Lake Ecological Observatory Network (GLEON)

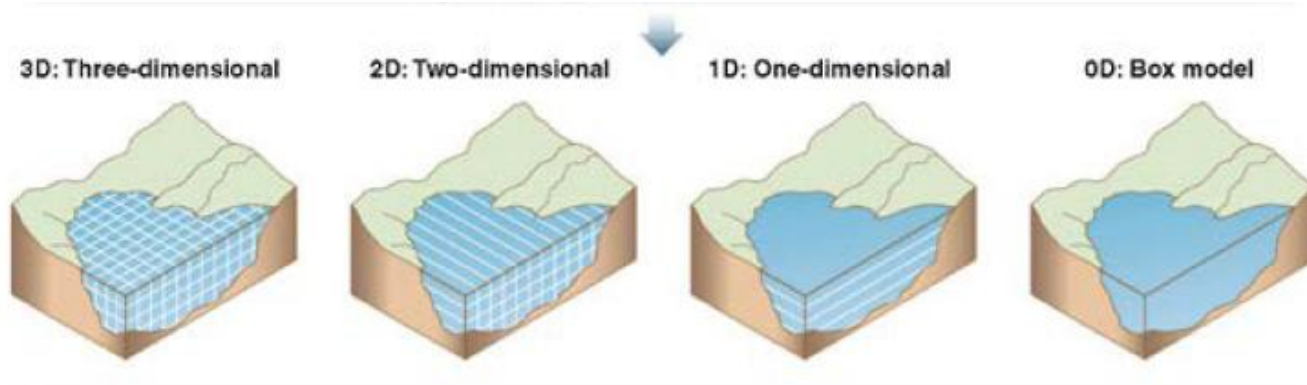
Aunque son procesos complejos, la integración del conocimiento científico y los avances tecnológicos ha permitido desarrollar modelos capaces de representar y simular la dinámica de los lagos.



Hipsey et. al 2019. A General Lake Model (GLM 3.0) for linking with high-frequency sensor data from the Global Lake Ecological Observatory Network (GLEON)

¿Cómo representamos la dinámica de un lago?

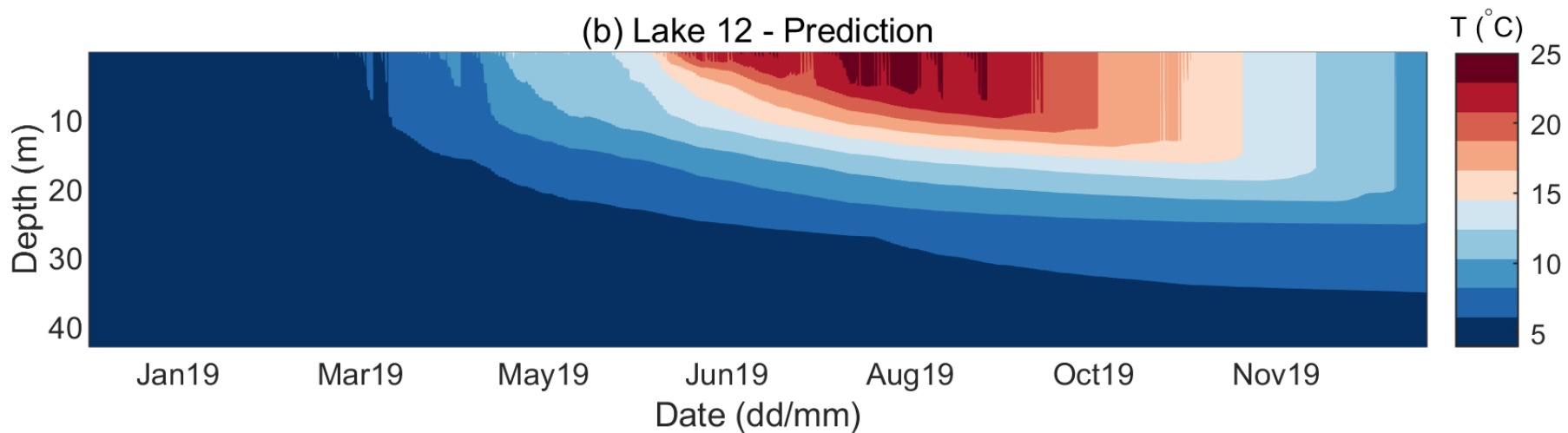
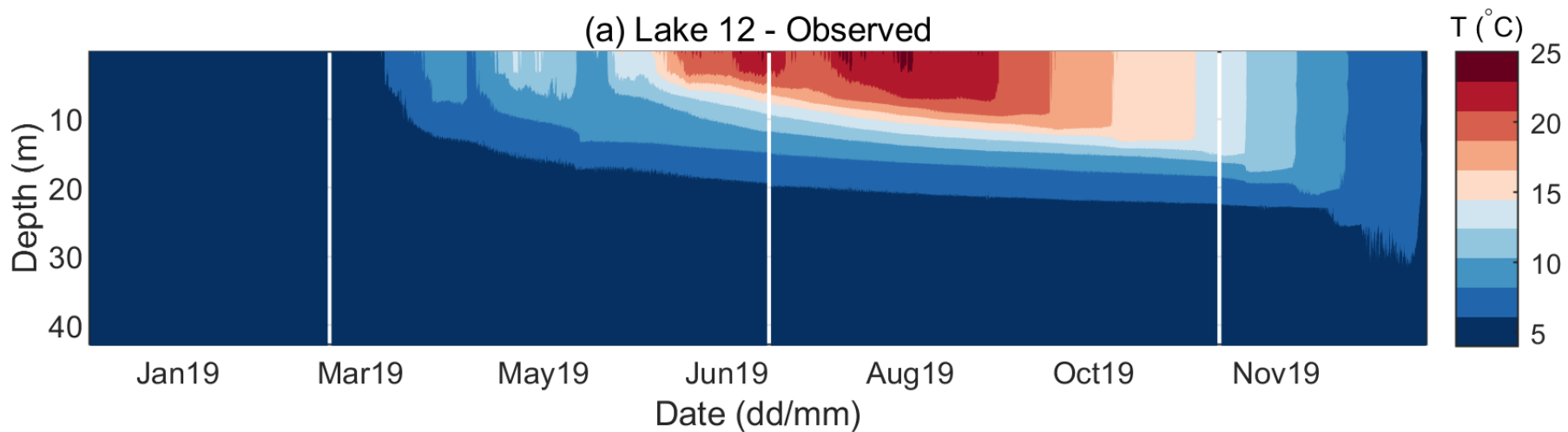
Un modelo es una representación simplificada de un sistema real, construida para describir, analizar y simular su comportamiento.



Los modelos 1D son ampliamente utilizados porque requieren menos información y capacidad computacional, y representan adecuadamente la dinámica vertical de lagos estratificados. Su principal limitación es que no describen diferencias horizontales dentro del lago.

El **General Lake Model (GLM)** es un modelo 1D que simula la dinámica vertical, el balance de energía, la estratificación y la mezcla de lagos y embalses.

Representación de la temperatura en un modelo de lago 1-D



Sarovic et. al 2022. SIMO v1.0: simplified model of the vertical temperature profile in a small, warm, monomictic lake.



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

1. Datos meteorológicos

1. Temperatura del agua

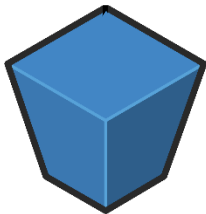
2. Entradas y salidas de agua
(caudales – cuenca)

3. Batimetría del lago

4. Monitoreo de nivel de agua

**Monitoreo
en sitio**

Lago a simular



Configuración del modelo:

Profundidad del lago
Número de profundidades monitoreadas
Especificación de profundidades

Número de entradas, caudal
Número de salidas, caudal

Zonas de sedimento
Perfil de las zonas de sedimento

Resultados relevantes

1. Temperatura
2. Estratificación y mezcla
3. Diferencias en profundidad
4. Capacidad de simular escenarios

Calibración:

1. Regulación de temperatura
2. Coeficientes de atenuación de luz
3. Transmisión de calor

Período de análisis:

Inicio
Final
Resolución
Validación

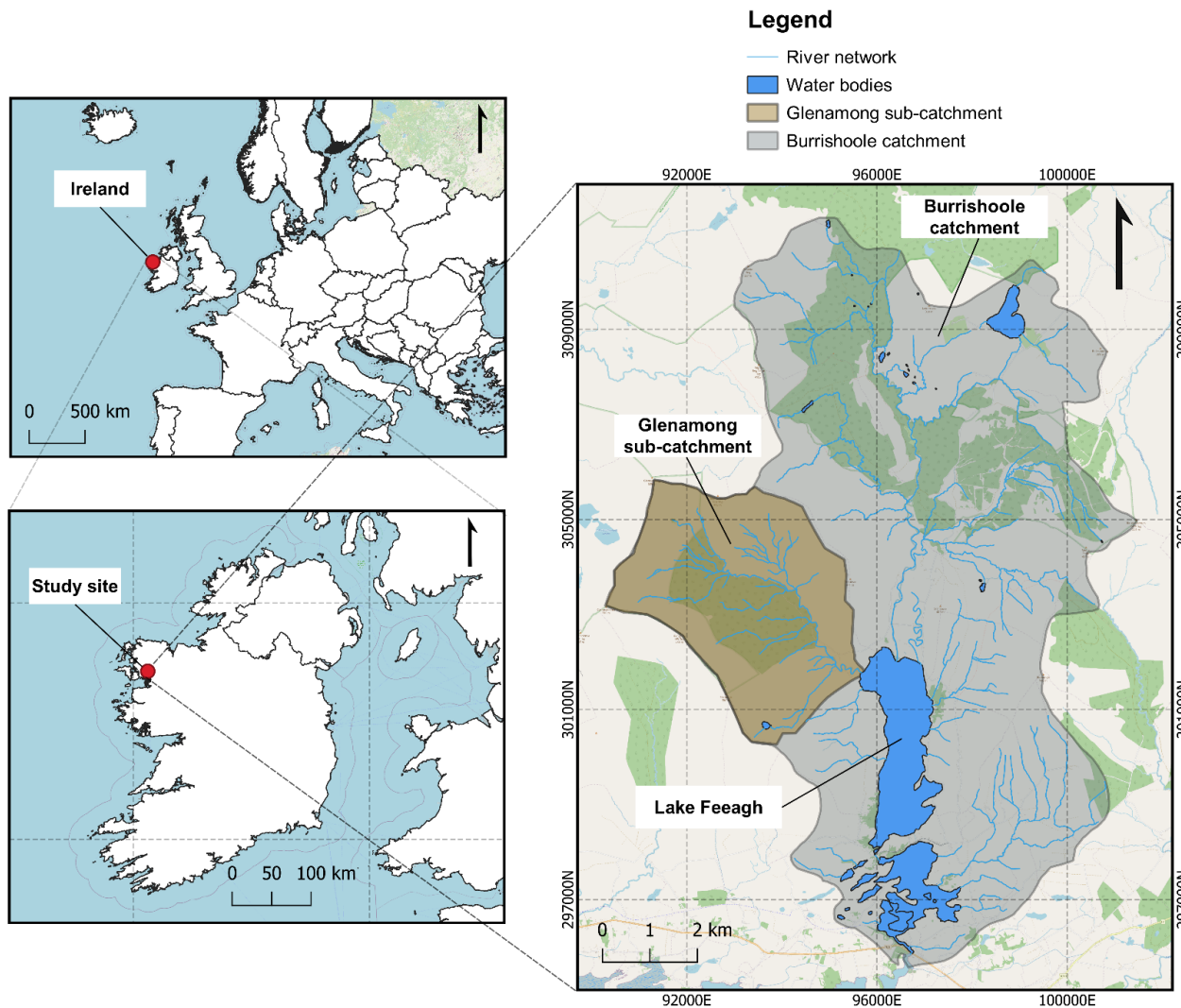
Ejemplo: Lago Feeagh

Diferencias, similitudes y potencial – Lago Atitlán



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

Lago Feeagh



Un lago rodeado de suelos con alto contenido de materia orgánica

Área superficial: 4.0 km²

Importante para poblaciones de salmón trucha

Uso de suelo

Pastoreo de ovejas, plantaciones forestales y agricultura.

Clima:

Temperatura media anual de 11 °C

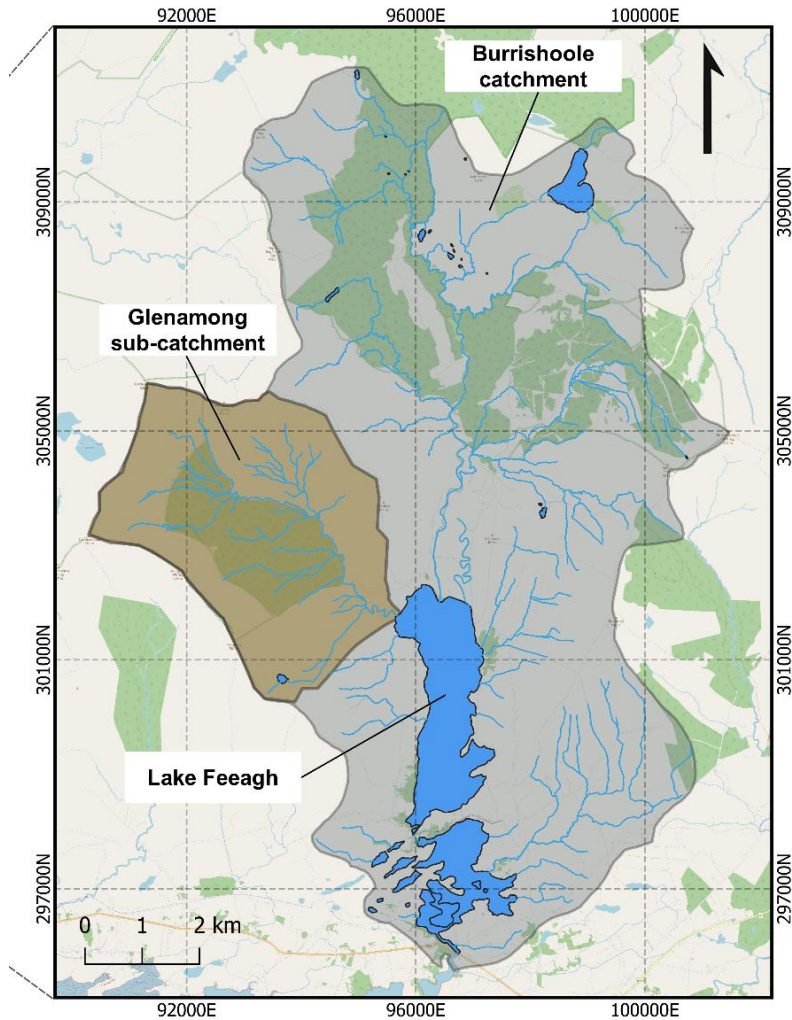
Precipitación media anual: 1700 mm/año



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

Legend

-  River network
-  Water bodies
-  Glenamong sub-catchment
-  Burrishoole catchment

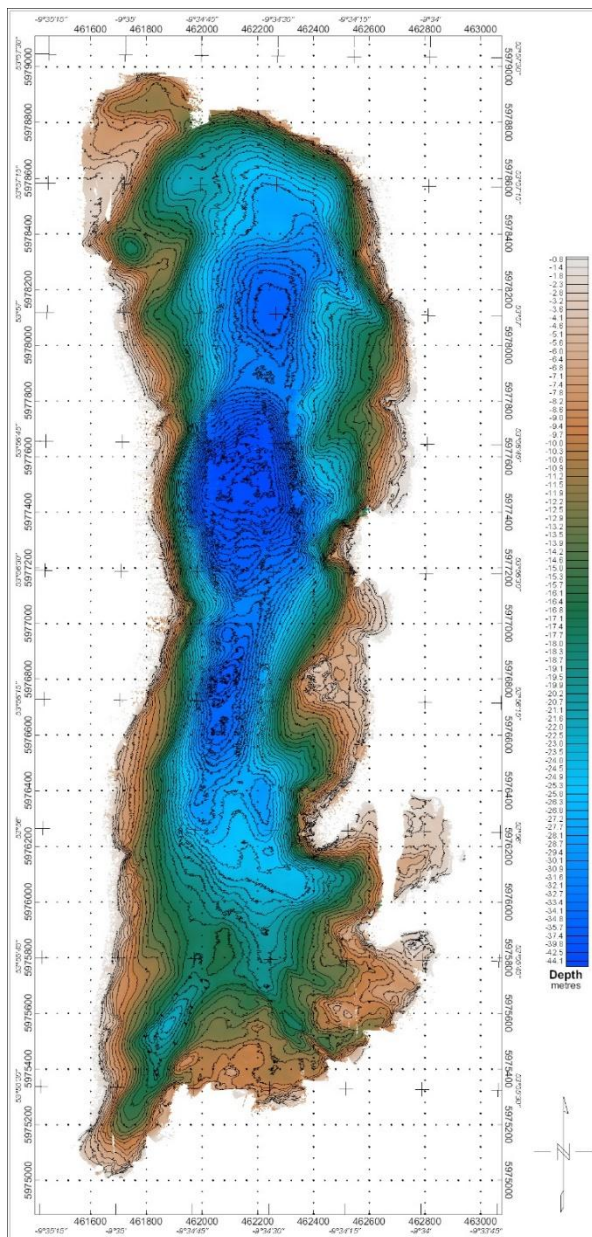


Simbología

-  Estación Climática
-  Límite Cuenca
-  Límite Municipal
-  Lago Atitlán



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS



Lago Feeagh

- **Profundidad del lago:**

15 m (promedio) and 47 m (máxima)

- **Profundidad de Secchi:**

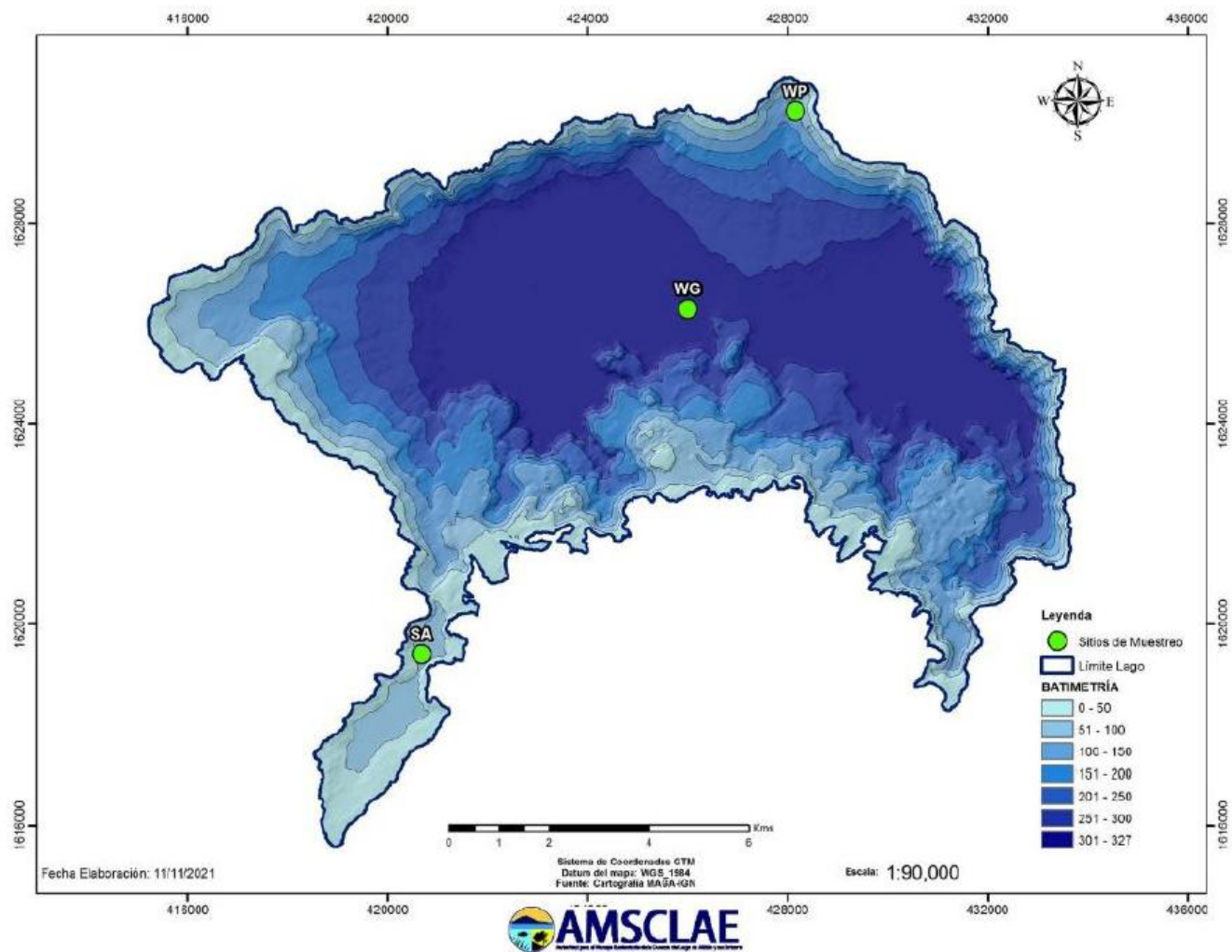
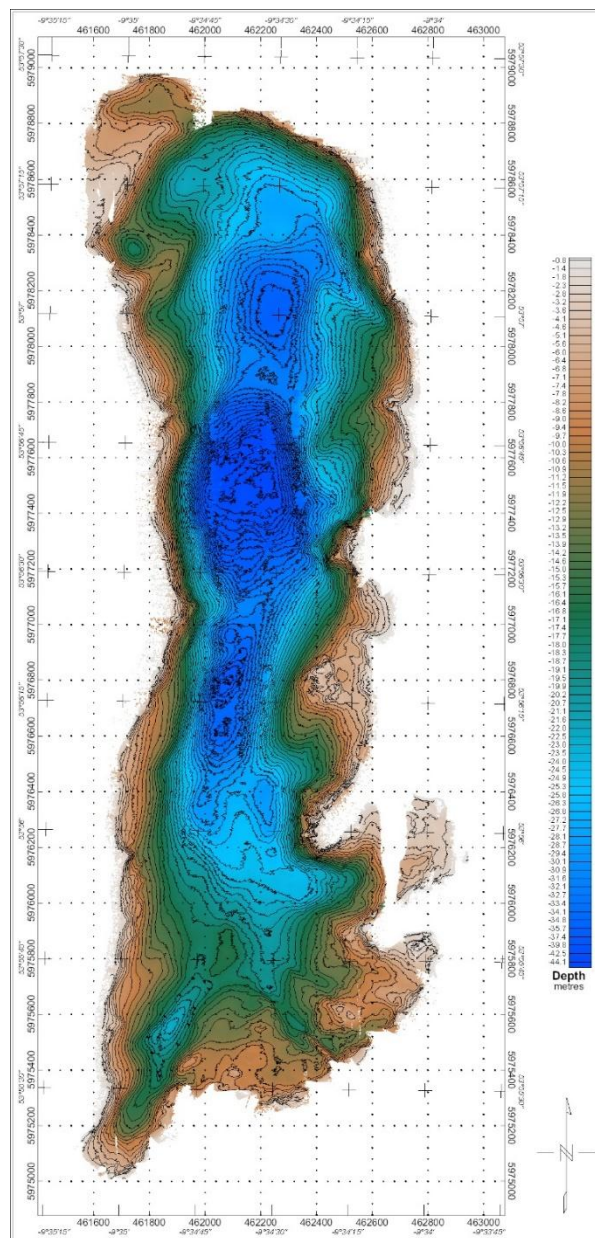
≈ 1.8 m

- **Perfil de temperatura:**

0.9, 2, 5, 8, 11, 14, 16, 18, 20, 22, 27, 32, 42



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS



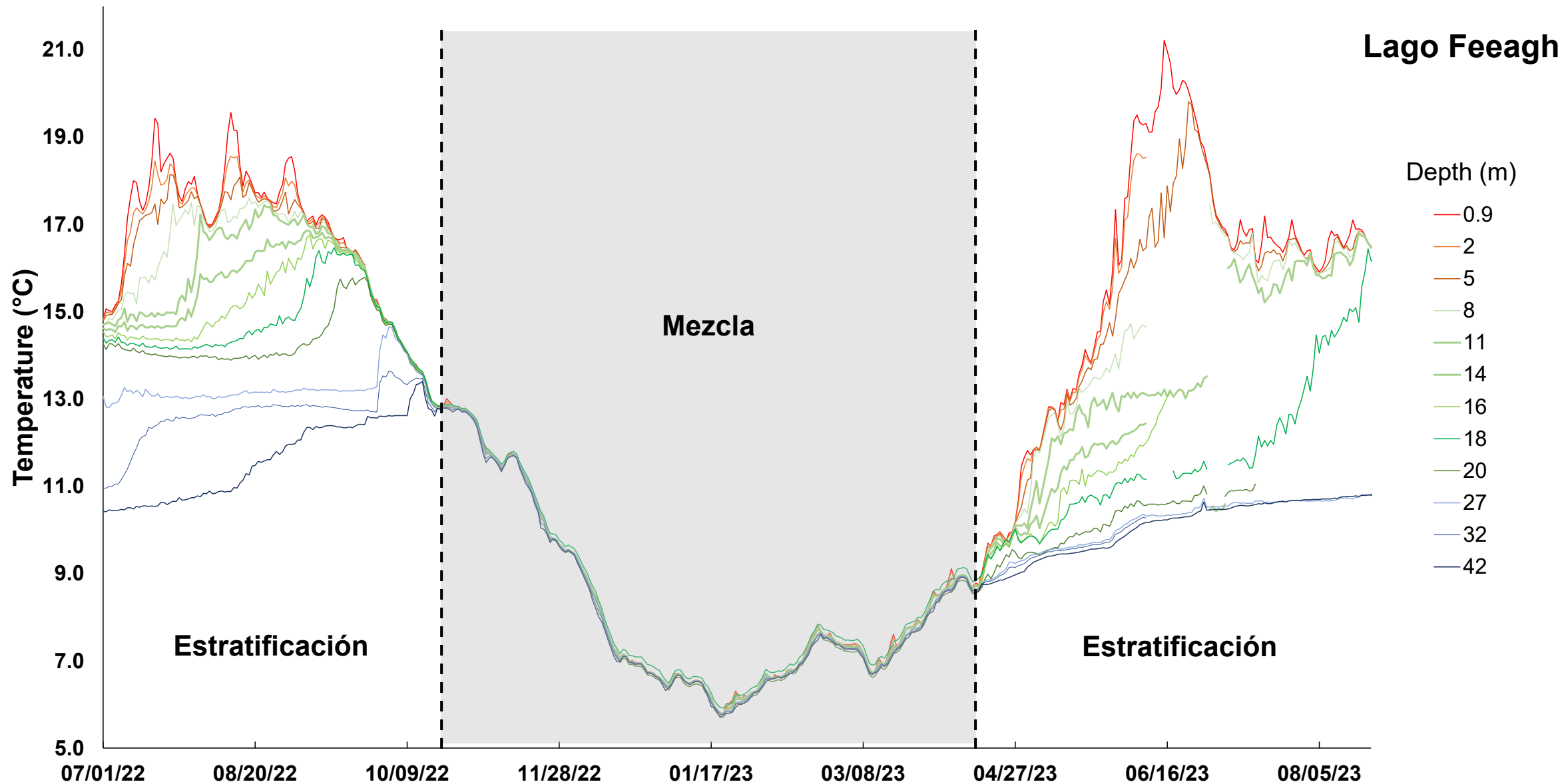
Junio 2024



Noviembre 2024



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS



1. Datos meteorológicos

1. Temperatura del agua

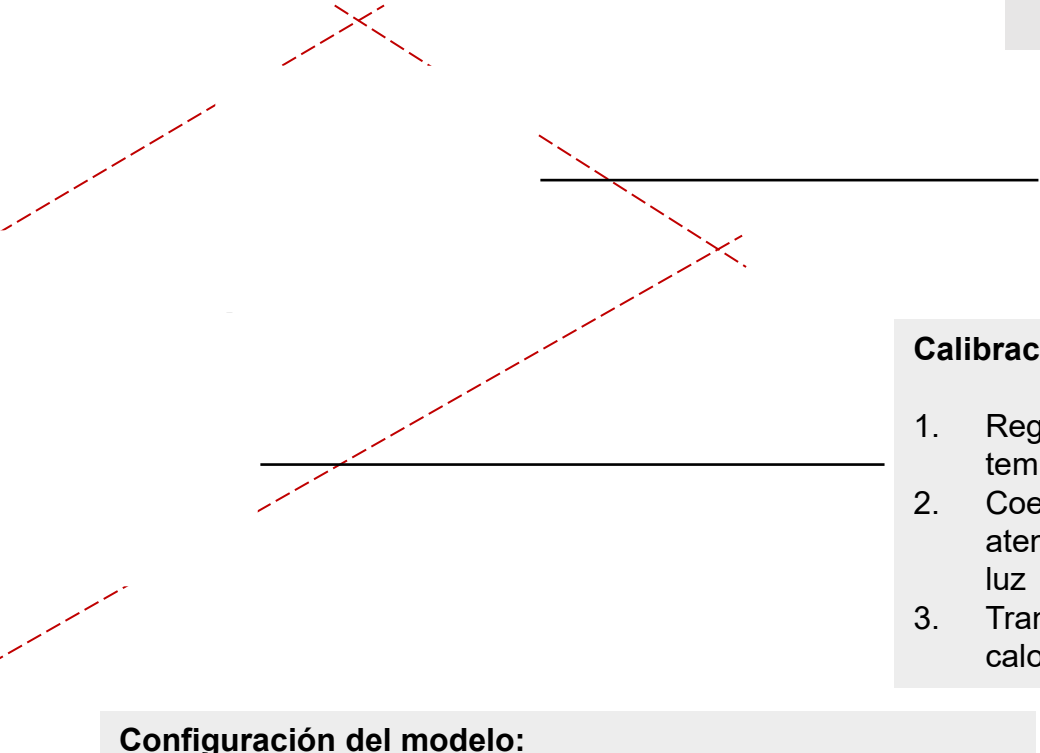
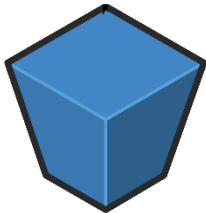
2. Entradas y salidas de agua
(caudales – cuenca)

3. Batimetría del lago

4. Monitoreo de nivel de agua

**Monitoreo
en sitio**

Lago



Resultados

- 1. Temperatura
- 2. Estratificación y mezcla
- 3. Diferencias en profundidad
- 4. Capacidad de simular escenarios

Calibración:

- 1. Regulación de temperatura
- 2. Coeficientes de atenuación de luz
- 3. Transmisión de calor

Período de análisis:

Inicio: 2008
Final: 2023
Resolución: 1-hora
Validación: 5 años

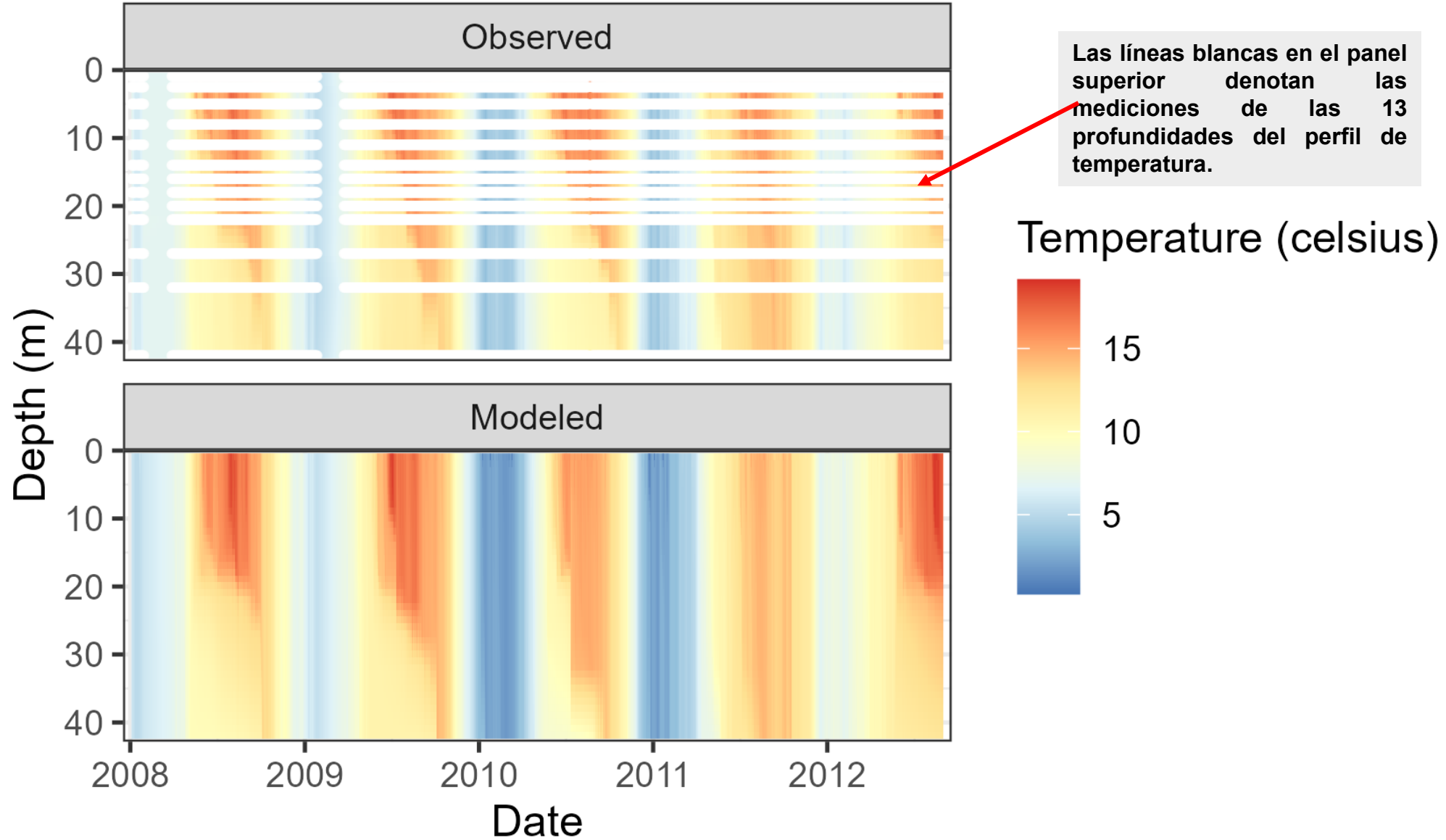
Configuración del modelo:

Profundidad del lago = 46.8
Profundidades monitoreadas = 13
Profundidades = 0.9, 2, 5, 8, 11, 14, 16, 18, 20, 22, 27, 32, 42

Número de entradas= 2
Número de salidas = 1

Zonas de sedimento = 3
Alturas de las zonas de sedimento = 15, 30, 46.8

Simulación del perfil de temperatura del lago mediante GLM



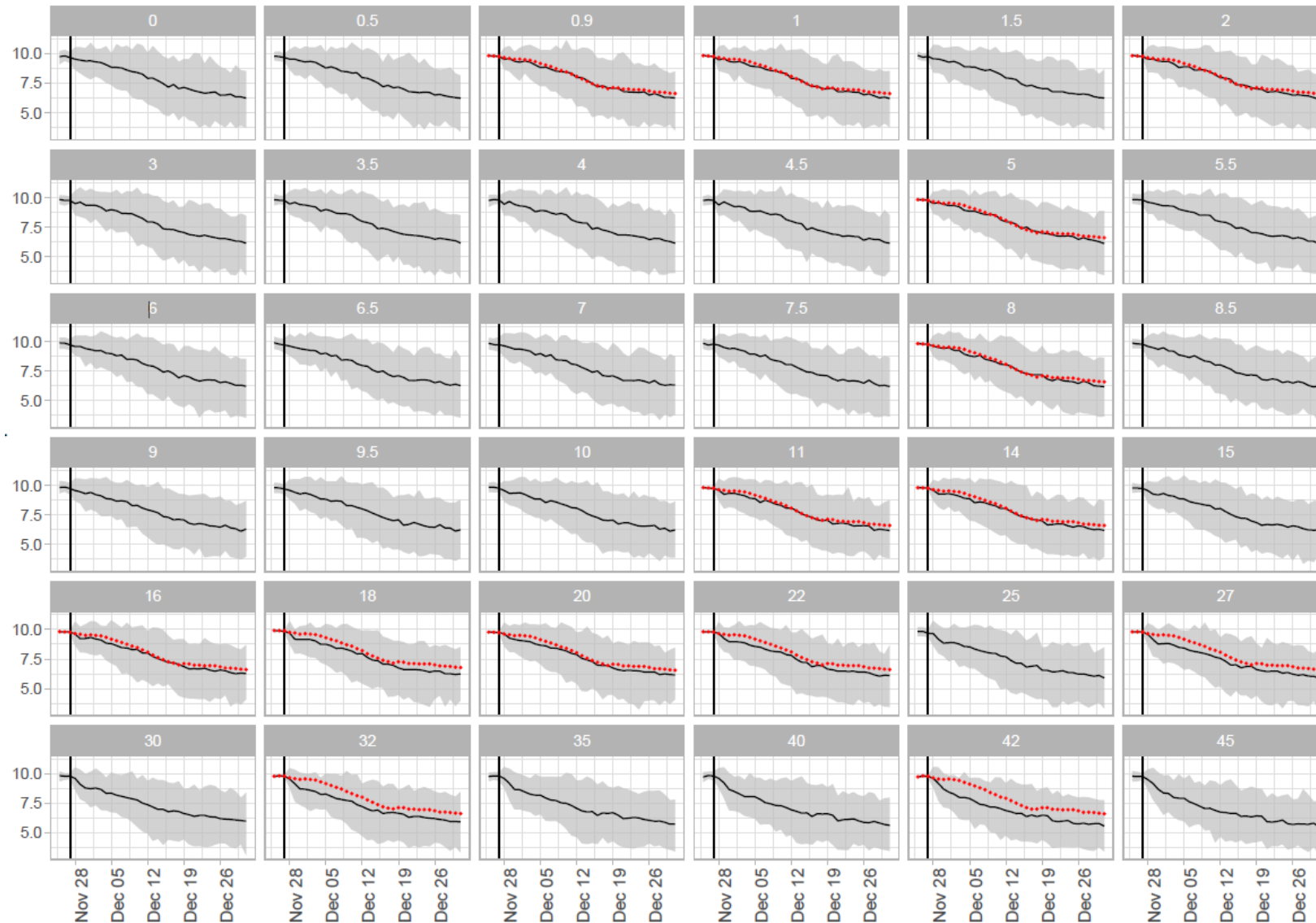
V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

Pronósticos de temperatura a corto plazo (1 a 35 días en el futuro)

Ejemplo de la aplicación del modelo en un sistema operativo.

Apoyo a la gestión:

- Extracción de agua
- Seguimiento de la calidad del agua.
- Conservación de la biodiversidad



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

Pronósticos de temperatura a corto plazo (1 a 35 días en el futuro)

ECOSPHERE
AN ESA OPEN ACCESS JOURNAL

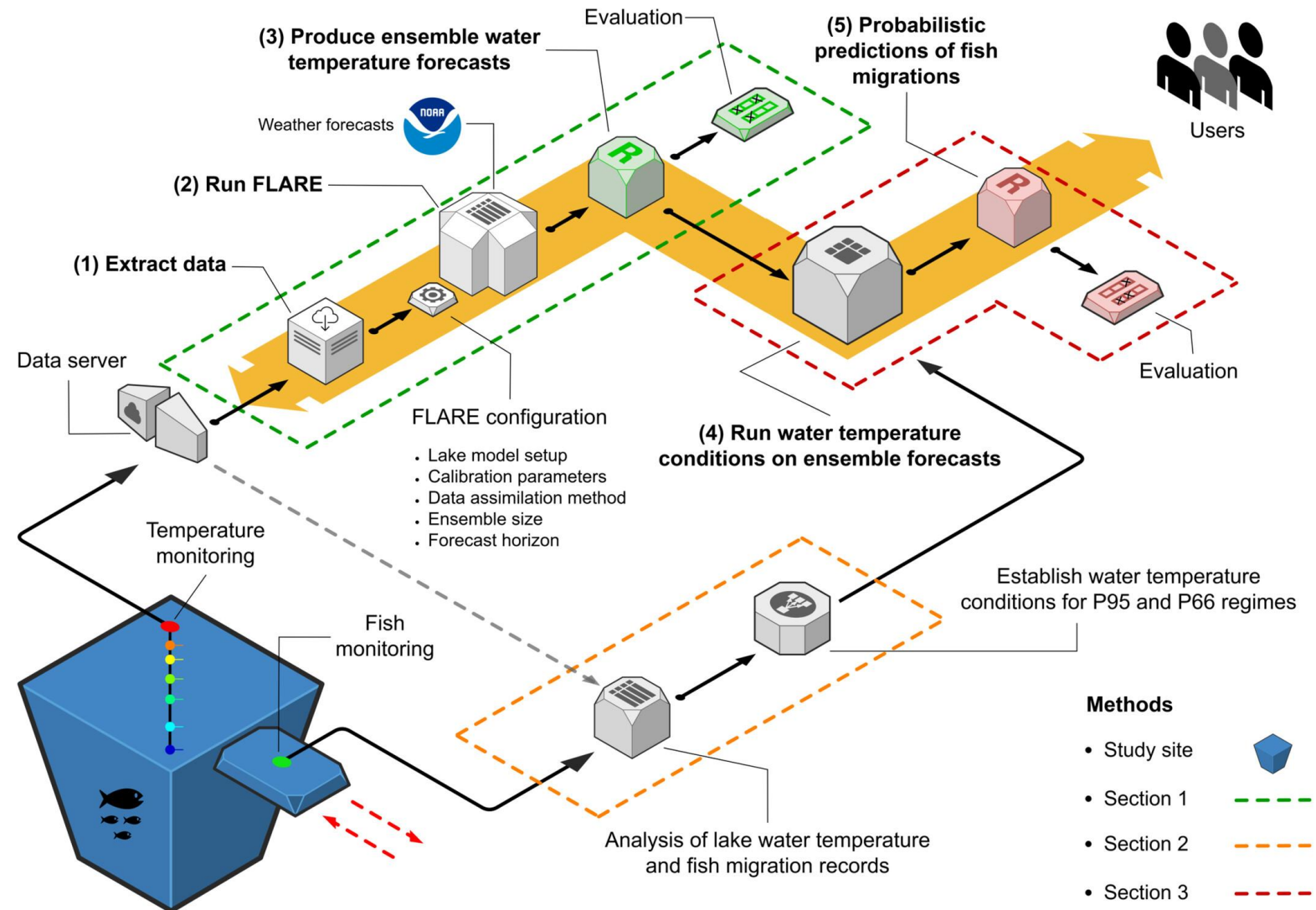
ARTICLE | [Open Access](#) | [CC BY](#)

Near-term lake water temperature forecasts can be used to anticipate the ecological dynamics of freshwater species

Ricardo Paíz [✉](#), R. Quinn Thomas, Cayelan C. Carey, Elvira de Eyto, Ian D. Jones, Austin D. Delany, Russell Poole, Pat Nixon, Mary Dillane, Valerie McCarthy, Suzanne Linnane, Eleanor Jennings

First published: 22 July 2025 | <https://doi.org/10.1002/ecs2.70335> | [VIEW METRICS](#)

Handling Editor: Andrew L. Rypel



Modelación de las dinámicas del lago mediante GLM; ejemplo – materia orgánica

Biogeosciences, 23, 2661–2685, 2026
https://doi.org/10.5194/bg-23-2661-2026
© Author(s) 2026. This work is distributed under
the Creative Commons Attribution 4.0 License.

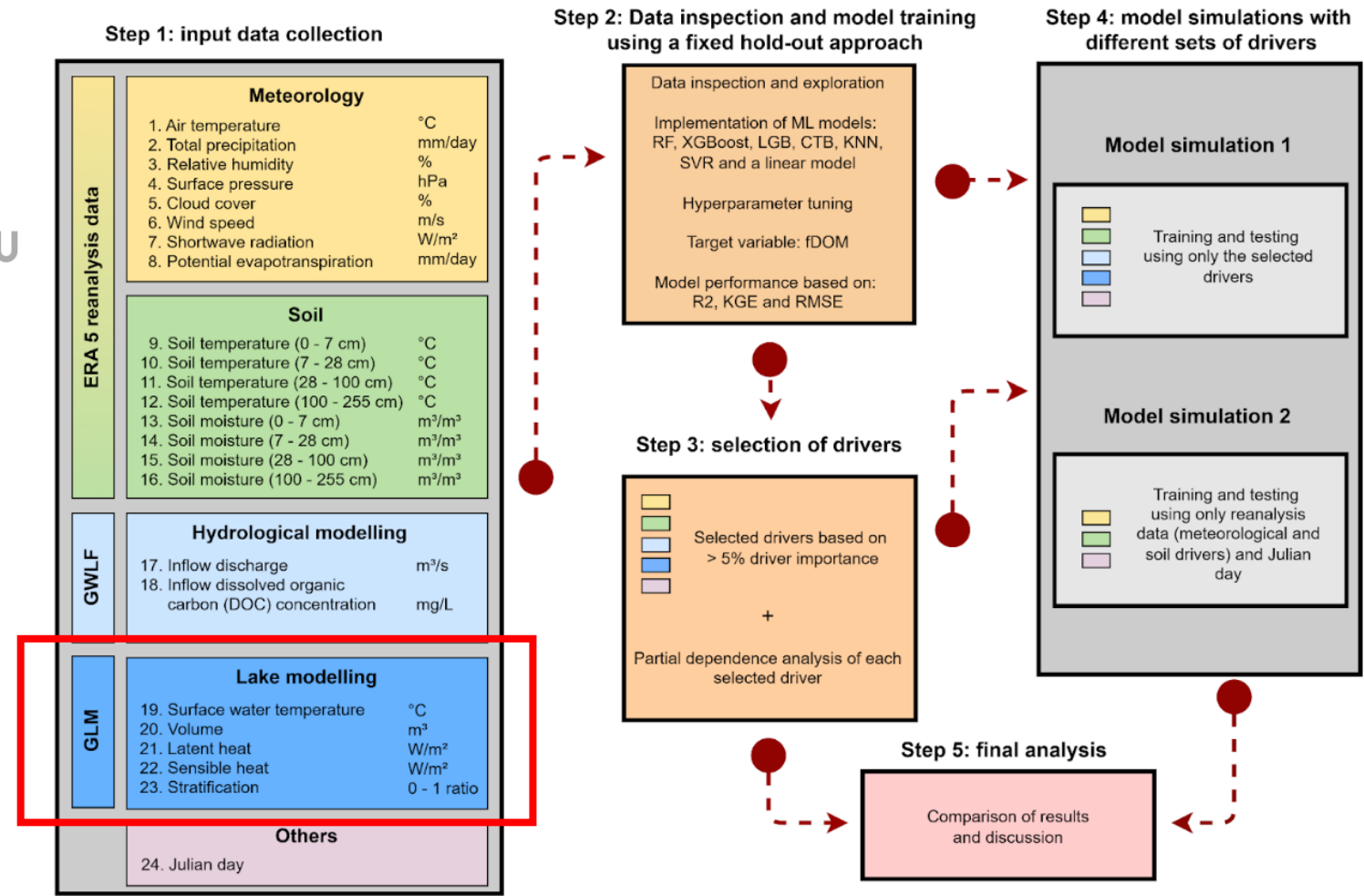


A machine learning approach to driver attribution of dissolved organic matter dynamics in two contrasting freshwater systems

Daniel Mercado-Bettín¹, Ricardo Paíz^{2,3}, Valerie McCarthy², Eleanor Jennings³, Elvira de Eyto⁴,
Angeles M. Gallegos⁵, Mary Dillane⁴, Juan C. Garcia⁵, José J. Rodríguez⁵, and Rafael Marcé¹



Workflow



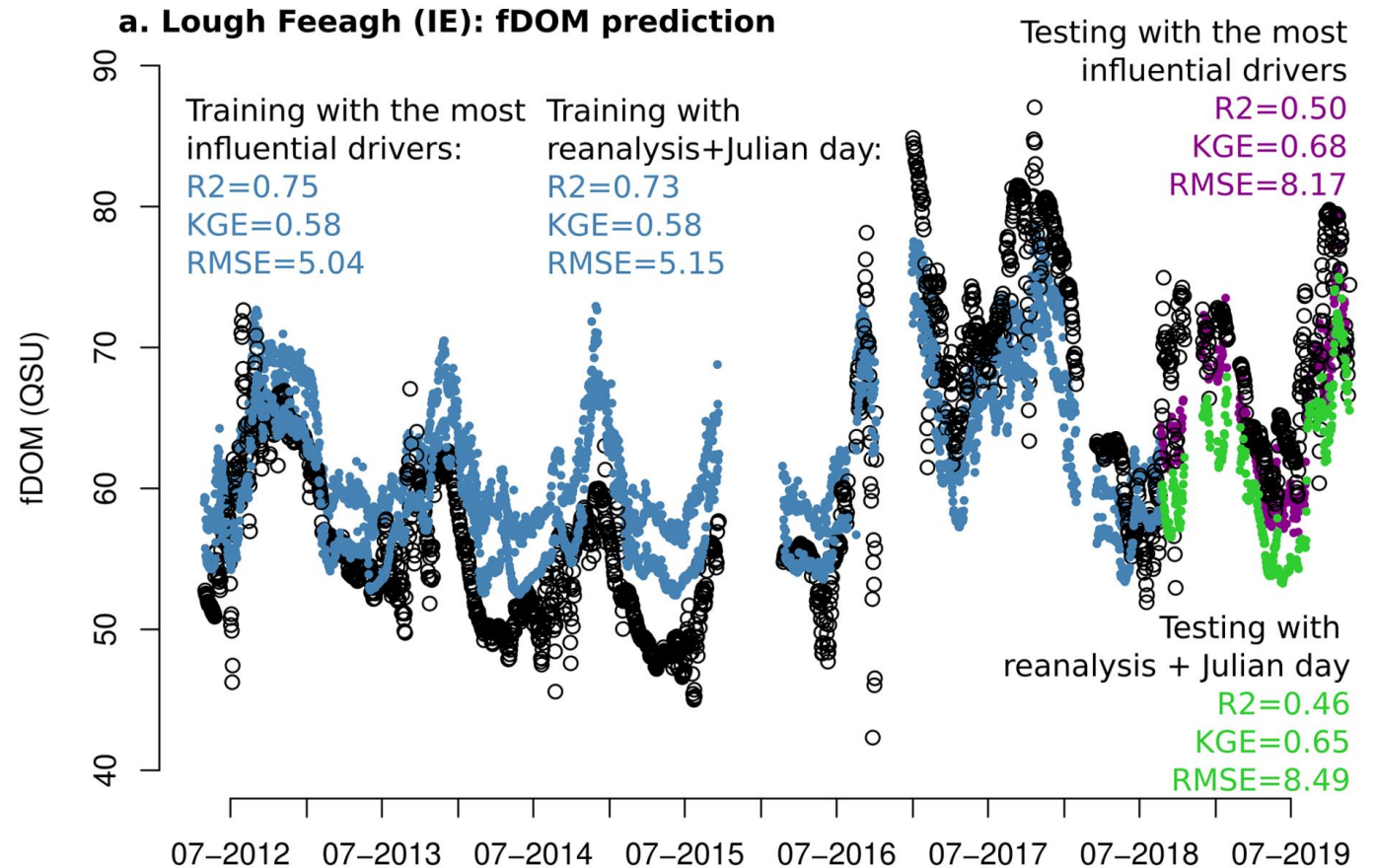
Modelación de las dinámicas del lago mediante GLM; ejemplo – materia orgánica

Biogeosciences, 23, 2661–2685, 2026
https://doi.org/10.5194/bg-23-2661-2026
© Author(s) 2026. This work is distributed under
the Creative Commons Attribution 4.0 License.



A machine learning approach to driver attribution of dissolved organic matter dynamics in two contrasting freshwater systems

Daniel Mercado-Bettín¹, Ricardo Paíz^{2,3}, Valerie McCarthy², Eleanor Jennings³, Elvira de Eyto⁴,
Angeles M. Gallegos⁵, Mary Dillane⁴, Juan C. Garcia⁵, José J. Rodríguez⁵, and Rafael Marcé¹





V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

Implementar modelos de lagos en Guatemala permitiría comprender mejor las dinámicas locales, evaluar el potencial de estas herramientas para la gestión, ampliar las capacidades de simulación de escenarios y pronóstico, y fortalecer el desarrollo de la limnología en el país...



V SIMPOSIO INTERNACIONAL AGUAS CONTINENTALES DE LAS AMÉRICAS



Autoridad
para el Manejo Sustentable
de la Cuenca del Lago
de Atitlán y su Entorno



UVG
UNIVERSIDAD
DEL VALLE
DE GUATEMALA



CENTRO
DE ESTUDIOS ATITLÁN - CEA -
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES



simposio.atitlan@gmail.com



<https://simposioatitlan.org.gt/>



Encuentranos
en Facebook