Editorial

Descubriendo el Lago de Valencia a través de modelos matemáticos

El presente número de la revista Faraute está dedicado a la presentación de una serie de trabajos de investigación correspondientes al proyecto 2024PGP142, financiado por el FONACIT y desarrollado por un equipo de académicos adscritos a la Universidad de Carabobo, específicamente por profesores del Departamento de Matemáticas de la FaCyT.

Figura 1: Toma satelital del Lago de Valencia.

La imagen que aparece arriba corresponde a una toma satelital del Lago de Valencia, el segundo cuerpo lacustre natural de mayor extensión en Venezuela, ubicado entre los estados Aragua y Carabobo. En sus inmediaciones se encuentran dos de las principales ciudades del país: Maracay y Valencia. Asimismo, se localizan numerosas poblaciones a lo largo de su ribera, lo que convierte a su zona de influencia en un área densamente poblada.

Esta elevada concentración urbana ha generado importantes impactos ambientales. Durante las décadas de 1970 y 1980, el lago experimentó un descenso progresivo en su nivel; sin embargo, en años recientes, se ha registrado un aumento significativo del volumen de agua. Este fenómeno se atribuye principalmente al vertido continuo de aguas residuales provenientes de los asentamientos humanos circundantes.

A lo largo del tiempo, este sistema lacustre ha sido objeto de diversos estudios orientados a caracterizar sus propiedades fisicoquímicas, modelar la circulación de sus aguas, estudiar su ambiente natural, determinar su grado de contaminación y establecer lineamientos técnicos que faciliten la formulación de políticas de recuperación ambiental. El objetivo final de estas acciones es restaurar el ecosistema del lago, promoviendo su aprovechamiento sostenible y su integración equilibrada al entorno regional.

Los temas abordados en este volumen son diversos, y es importante destacar que muchas de las investigaciones aquí presentadas se encuentran aún en una fase intermedia de desarrollo, con excelentes perspectivas de ampliación y profundización de los resultados obtenidos hasta el momento.

Los artículos incluidos pueden agruparse en dos grandes áreas temáticas. En primer lugar, se presentan estudios centrados en modelos fisicomatemáticos aplicados a la difusión del calor y la temperatura, así como análisis sobre la pluviosidad en las zonas circundantes al cuerpo de agua. En segundo lugar, se incluye un conjunto de investigaciones de carácter morfológico (o morfométrico) del Lago de Valencia, centradas en la evolución de su superficie. Este último enfoque responde a la preocupación generada por las frecuentes inundaciones que han afectado varias de las riberas del lago, especialmente en su margen oriental.

Paso entonces a describir de manera sucinta cada uno de los artículos, con el propósito de despertar el interés del lector.

El primer trabajo lleva por título "La Ecuación de Calor Estocástica con Ruido Aditivo en Python". Este estudio consiste en la implementación de un modelo basado en la ecuación del calor perturbada por un ruido blanco definido en dos variables: el tiempo y el espacio. Dicho modelo constituye la base para el desarrollo de una propuesta más realista, que los autores denominan "Modelado numérico de la estratificación térmica en un lago meromíctico". Esta línea de investigación será continuada utilizando datos del Lago de Valencia, con el objetivo de determinar la difusión térmica en sus aguas y analizar la influencia de la temperatura sobre los organismos que habitan el ecosistema.

El segundo artículo aborda el estudio del comportamiento térmico del lago en función de la profundidad. Titulado "Estudio por Mínimos Cuadrados Ordinarios para el análisis de temperatura en la cuenca del Lago de Valencia", se basa en datos recolectados mediante cadenas de termistores instaladas en distintos puntos del lago, como parte de un proyecto de monitoreo de variables climatológicas dirigido por Germán Larrazábal (FaCyT) durante los años 2007-2008. En el artículo se analizan dichos registros y se describe la evolución de la temperatura a medida que aumenta la profundidad. Dado que algunas cadenas presentan registros incompletos, en una primera etapa se desarrolla una técnica para completar la base de datos. Posteriormente, se implementa un modelo de regresión basado en el método de mínimos cuadrados, con el fin de estimar parámetros relevantes para la previsión térmica. Asimismo, se estudian las variaciones del comportamiento de la temperatura en función de las estaciones secas y lluviosas.

A continuación, se presenta el trabajo titulado "Modelado Matemático de la Expansión del Lago de Valencia usando la Herramienta MatFlood". Este modelo permite describir la oscilación del nivel del agua mediante el estudio y la estimación de variables morfométricas extraídas de imágenes satelitales históricas. A través de este enfoque, es posible simular el aumento del nivel del lago y, con ello, determinar las áreas potencialmente afectadas por inundaciones. Se realizaron diversas simulaciones que fueron validadas posteriormente mediante la comparación con imágenes reales. Si bien se observó una correspondencia general entre los datos simulados y las imágenes, también se identificaron ciertas discrepancias. Estas diferencias han sido atribuidas a la ausencia de un parámetro específico, cuya incorporación se considera necesaria para mejorar la precisión del modelo.

Seguidamente, se presenta el artículo titulado "Significancia estadística de variables morfométricas en el Lago de Valencia y sus relaciones con los cambios en el nivel". Este trabajo tiene como objetivo caracterizar, en función de su mayor o menor significancia, las variables morfométricas del lago. Para ello, se utilizan datos obtenidos mediante teledetección, en el marco de un estudio previo sobre la expansión del cuerpo de agua. Tras un análisis descriptivo de las variables consideradas, se realiza un estudio de correlación con el fin de determinar el grado de interdependencia lineal entre ellas. Luego se aplica un modelo de regresión lineal, complementado con criterios de información, para identificar las variables más relevantes en la explicación del nivel del agua. Finalmente, se analiza la evolución de estas variables en el tiempo y se determina el modelo que mejor explica su comportamiento. El artículo concluye con una discusión sobre el potencial uso de este enfoque para el monitoreo continuo del Lago de Valencia.

El quinto artículo se titula "Análisis de Componentes Principales Funcionales (FPCA) de Precipitaciones en el Lago de Valencia". Se trata de un trabajo pionero, ya que utiliza técnicas de estadística funcional para modelar las series históricas de precipitación registradas en diversas estaciones pluviométricas ubicadas en el área circundante al lago. Los datos discretos obtenidos en las estaciones se suavizan mediante una serie de Fourier, lo que permite considerar cada serie como una función continua. A partir de allí, se aplica un análisis de Componentes Principales Funcionales. Tras identificar las dos componentes más

representativas, se establecen varios clusters que revelan elementos de gran interés para la clasificación y comprensión de los patrones de precipitación.

El volumen concluye con el trabajo titulado "Dos aplicaciones del análisis de Fourier al estudio de formas. Caso de estudio: bordes de lagos". La motivación de este estudio surge a partir de los artículos morfométricos reseñados previamente. Se presentan dos enfoques metodológicos. En primer lugar, se analiza la morfometría de los bordes del lago mediante un estudio basado en la reconstrucción progresiva del contorno, utilizando componentes sucesivos de Fourier aplicados a una parametrización del borde, obtenida de imágenes satelitales. En segundo lugar, se introducen herramientas del análisis complejo que permiten calcular ciertas integrales de área sobre regiones del plano, transformadas al círculo unitario mediante una transformación conforme, aplicando el Teorema de la Aplicación Conforme de Riemann. Este trabajo constituye un punto de partida, ya que proporciona los fundamentos teóricos básicos y un esquema preliminar para su posible aplicación práctica.

Ahora solo queda desear al lector el placer de sumergirse en esta interesante y valiosa iniciativa.

Dr. José Rafael León Ramos.
Profesor Titular. IMERL, Universidad de la República. Uruguay
Profesor Titular. Facultad de Ciencias Universidad Central de Venezuela
Miembro Correspondiente de la ACFIMAN