

III Jornadas de Investigación "Matemática Aplicada I"

III Workshop on the Research carried out in the Department of Applied Maths I

(02/07/2026)

[8h15 – 8h30: INAUGURACIÓN]

1. [8h30 – 8h45] Miguel Navarro Castro: Topological Data Analysis of BMP-Driven Spatial Patterning in Human Pluripotent Stem Cell Colonies

Gastrulation is one of the earliest events to occur during embryonic development, in which the cell mass transitions from a single-layered blastula to a multi-layered structure. To understand which factors are involved in this process, it is being replicated in vitro using hPSC colonies exposed to bone morphogenetic protein (BMP). At the end of the experiment, the cells adopt different fates marked by SOX2, BRA and CDX2, and the intensity and duration of the signalling determine the spatial organisation of the colony. Persistent homology evaluates these structures at various scales. In this study, we applied the chromatic 6-pack framework to a dataset comprising 103 fluorescence microscopy images of hPSC colonies exposed to three distinct groups of BMP protocols for 48 hours. For each image, we calculated standard and chromatic persistence diagrams for cell types defined by the expression of the SOX2, BRA and CDX2 markers; we vectorised the resulting diagrams using statistical summaries and tropical coordinates; and we analysed whether the resulting supervectors enable supervised classification methods to recover the experimental BMP conditions, assessing performance with 5-fold cross-validation.

2. [8h45 – 9h] Pilar Gómez-Camínero Téllez: Complejos inducidos por cortes para aprendizaje con imágenes.

Definición de Cut-induced graph (CIG), que da una signatura topológica de la imagen. El objetivo es intentar codificar de forma compacta las regiones, incidencia, fronteras o los agujeros, para alimentar arquitecturas híbridas de redes neuronales (CNN/ViT + GNN).

3. [9h – 9h15] Jorge Moya Abuhadba: Multi-layer shallow water models with plastics transport in rivers

La contaminación por pequeños fragmentos de plástico en los ríos es un problema ambiental cada vez más importante. En esta charla presentaré un modelo numérico que permite simular cómo se desplazan estas partículas en el agua de los ríos. El enfoque combina modelos hidrodinámicos avanzados con ecuaciones que describen el movimiento de partículas individuales, permitiendo estudiar cómo los plásticos se distribuyen a distintas profundidades sin necesidad de realizar simulaciones tridimensionales muy costosas. Además, se han desarrollado técnicas que hacen posible realizar estos cálculos de forma mucho más eficiente, facilitando el estudio del transporte y acumulación de plásticos en entornos fluviales.

4. [9h15 – 9h30] Alejandro Bandera Moreno: Una introducción a la modelización de orden reducido para ecuaciones diferenciales

En esta charla, nuestro objetivo es presentar las dificultades que surgen al resolver numéricamente una ecuación en derivadas parciales (EDP) paramétrica o un sistema paramétrico de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO). Luego, explicaremos algunos métodos desarrollados para abordar estos problemas; más precisamente, nos centraremos en tres métodos: Descomposición Ortogonal Propia (POD) para EDO, Base Reducida (RB) para un modelo de EDP de turbulencia y Descomposición Generalizada Propia (PGD) para problemas de EDP simétricos.

5. **[9h30– 9h45] Elena Camacho Aguilar: Modelos cuantitativos para estudiar el desarrollo embrionario: de células individuales a formación de patrones**

Durante el desarrollo embrionario, las células se diferencian y se organizan espacialmente para dar lugar a los distintos tejidos y órganos del organismo. Entender cómo emergen estos patrones celulares robustos a partir de poblaciones inicialmente homogéneas requiere estudiar cómo se integran, a través de múltiples escalas, la lógica regulatoria de cada célula, su interacción mediante la dinámica de las señales y la geometría del tejido. En mi grupo abordamos esta pregunta en el contexto de la gastrulación humana, combinando modelos de células madre pluripotentes con teorías y herramientas matemáticas y computacionales. En esta charla presentaré nuestras líneas de investigación, que incluyen modelos dinámicos de toma de decisiones celulares basados en teoría de sistemas dinámicos y bifurcaciones, análisis estadístico y geométrico de datos espaciotemporales de inmunofluorescencia y transcriptómica de célula única, y modelos multiescala de formación de patrones en colonias..

6. **[9h45 – 10h] David Mellado Alcedo: Estabilidad de solitones no lineales de Dirac sometidos a disipación y fuerza paramétrica**

La estabilización de solitones de la ecuación no lineal de Dirac (NLD) en presencia de disipación puede lograrse a través de una fuerza paramétrica periódica en el tiempo, que compense las pérdidas de energía e introduzca un equilibrio entre disipación y excitación. En estudios anteriores, se han obtenido dos soluciones solitónicas estacionarias exactas y se han determinado sus condiciones de existencia. En esta charla, introduciré el análisis de estabilidad de dichas soluciones. Para ello, linealizamos la ecuación NLD alrededor de las soluciones estacionarias y resolvemos el problema de autovalores asociado. Usando un algoritmo basado en el método de las características, verificamos las predicciones del análisis lineal mediante simulaciones numéricas de dicha ecuación. Nuestros resultados muestran que la disipación puede estabilizar una de las soluciones solitónicas estacionarias, tal y como ocurre para la ecuación no lineal de Schrödinger sometida a fuerza paramétrica.

7. **[10h – 10h15] Alexander Odriazola Díaz: Problemas reticulares en nanolitografía.**

En 2009, R. Wolkow demostró que mediante el uso de un microscopio de efecto túnel se podía desprender un átomo individual de una superficie, dando lugar a una carga negativa que se comporta como un punto cuántico. Este descubrimiento abrió dos direcciones de investigación que han avanzado muy discretamente desde entonces: 1) la manipulación de estados de un electrón y 2) la fabricación de circuitos y dispositivos "átomo a átomo". Es en esta segunda dirección, al trabajarse sobre un dominio reticular (superficie de silicio), donde la teoría de puntos láctes podría sugerir nuevas ideas. En la charla se especulará sobre una de ellas.

8. **[10h15 – 10h30] Doris Stoppacher: Coding the Universe: How Simulations Reveal the Hidden Lives of Galaxies**

How do galaxies form, evolve, and organise themselves into the largest structures in the Universe? Although astronomy often relies on telescopes and observations, many of today's most important discoveries emerge from an unexpected place: supercomputers. Modern computational astrophysics allows us to create virtual universes and follow billions of years of cosmic evolution to understand how galaxies are born, grow, interact, and transform. In this talk, I will present how numerical simulations, large scientific datasets, and modern data-analysis techniques can be used to investigate one of the central questions of contemporary astrophysics: the relationship between galaxies and the invisible dark matter structures in which they form. Drawing on my research in galaxy formation and evolution, I will show how simulations enable us to reconstruct the life cycles of different galaxy populations, connect theoretical predictions with astronomical observations, and identify hidden physical processes shaping the Universe.

[10H30 – 11H: CAFÉ]

9. **[11h – 11h15] Emmanuel Briand: Rectángulos latinos parciales, torres en tableros tridimensionales y funciones multisimétricas**

Obtenemos formulas concisas para las series generadoras de los números de configuraciones de torres en tableros tridimensionales de 2 y 3 niveles. Estas configuraciones se interpretan también como rectángulos latinos parciales. Las técnicas utilizadas tienen su origen en ideas del mayor Percy MacMahon, uno de los padres de la combinatoria enumerativa. Se basan en productos escalares de funciones multisimétricas (funciones simétricas donde cada "variable" es un vector de m coordenadas). Vemos también como este enfoque permite explicar y presentar de manera unificada varias otras fórmulas conocidas.

10. **[11h15 – 11h30] Manuel González Regadera: De grupos a loops: nuevas formas de construir matrices de Hadamard**

Las matrices de Hadamard son matrices cuadradas con entradas en $\{+1, -1\}$ cuyas filas son mutuamente ortogonales. Aunque su definición es sencilla, construirlas y clasificarlas sigue siendo una cuestión compleja. En esta charla se presentará una extensión del desarrollo cocíclico clásico de matrices de Hadamard, tradicionalmente formulado sobre grupos, al contexto de los loops no asociativos. La idea principal es estudiar qué ocurre cuando se relaja la propiedad asociativa y cómo las obstrucciones que aparecen pueden incorporarse de forma natural mediante herramientas cohomológicas. Este enfoque permite ampliar el marco conocido y abre nuevas posibilidades para estudiar matrices de Hadamard que no se obtienen mediante grupos.

11. **[11h30 – 11h45] Luis Boza Prieto: Números de Rado para ecuaciones con fracciones unitarias**

En esta charla presentamos nuevos resultados sobre los números de Rado de la ecuación de fracciones unitarias $1/x_1 + \dots + 1/x_k = 1/y$. Definimos $f_r(k)$ como el menor N tal que toda r -coloración de $[N]$ fuerza una solución monocromática de la ecuación. Mostramos la nueva cota inferior $f_2(k) \geq 3k^2$, mejoramos las cotas superiores en dos colores hasta $f_2(k) \leq (1/2 + o(1))k^3$ y reducimos para tres colores la mejor cota conocida de $O(k^4)$ a $O(k^3)$. Terminamos proponiendo conjeturas de rigidez que apuntan a $f_2(k) = (3 + o(1))k^2$, en particular $f_2(k) = 3k^2$ para k par.

12. **[11h45 – 12h] Víctor Manuel Gómez Sousa: Álgebras de evolución y sus conexiones con la teoría de grafos y otras ramas de las matemáticas**

Las álgebras de evolución constituyen una clase de álgebras no asociativas cuyo origen se encuentra en la modelización matemática de procesos genéticos y dinámicos, y que en las últimas décadas han adquirido relevancia por sus conexiones con diversas áreas de las matemáticas. En esta charla se presentarán los fundamentos de la teoría de álgebras de evolución y se explorarán algunas de sus interacciones con otras ramas, destacando especialmente su estrecha relación con la teoría de grafos, donde la estructura algebraica puede representarse mediante grafos dirigidos que permiten estudiar propiedades y comportamientos del álgebra. Asimismo, se comentarán vínculos con la teoría de sistemas dinámicos, la teoría de Lie, la combinatoria, la teoría de representaciones y otros ámbitos del álgebra no asociativa. Estas conexiones muestran cómo las álgebras de evolución proporcionan un marco común para abordar problemas procedentes de contextos muy diversos y ponen de manifiesto su potencial dentro de las matemáticas aplicadas.

13. **[12h – 12h15]** Pablo Montero Moreno: **About domination, matching, and transversals in Berge-G hypergraphs**

Let $G = (V(G), E(G))$ be a graph and $H = (V(H), E(H))$ be a hypergraph. The hypergraph H is a Berge- G if there is a bijection $f: E(G) \rightarrow E(H)$ such that for each $e \in E(G)$ we have $e \subseteq f(e)$. We define dilations of G as a particular subfamily of not necessarily uniform Berge- G hypergraphs. We examine domination, matching and transversal and some relation between these parameters in that family of hypergraphs. Our work generalizes previous results concerning generalized power hypergraphs.

14. **[12h15 – 12h30]** María José Jiménez: **Análisis topológico de datos cromáticos en Biología Espacial**

En esta charla presentaré la línea de investigación y los objetivos generales del proyecto "Análisis topológico de datos cromáticos: aplicaciones a Biología Espacial (TopBio)", financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, con referencia PID2024-155867NB-I00 y que estará vigente hasta septiembre de 2028

15. **[12h30 – 12h45]** Marco Delgado Garrido: **Módulos de persistencia y haces, dos caras de la misma moneda**

La homología persistente multiparamétrica es una generalización de la homología persistente clásica que ha demostrado ser más robusta y proporcionar más información que su predecesora. Sin embargo, la teoría aún enfrenta grandes desafíos teóricos y computacionales. En esta charla se hará una breve introducción a la teoría de módulos de persistencia, las dificultades que presenta en el caso multiparamétrico y como la teoría de categorías y la teoría de haces proporcionan un lenguaje nuevo con el que interpretarlas e incluso superar algunas de ellas.

16. **[12h45 – 13h]** Javier Perera-Lago: **Computational Fuzzy Topology for Data Analysis**

En mi proyecto de tesis doctoral propongo una extensión de la homología persistente, una herramienta central del Análisis Topológico de Datos, al contexto de los conjuntos L-difusos. El objetivo es desarrollar un marco teórico y computacional que permita extraer información topológica de conjuntos de datos cuyos elementos incorporan información adicional, como etiquetas o grados de relevancia. Para ello se estudiarán la homología simplicial L-difusa, su extensión al ámbito persistente y posibles resultados de estabilidad frente a pequeñas perturbaciones en los datos. Así, se pretende establecer un vínculo entre la topología computacional y la teoría de conjuntos L-difusos, ampliando el alcance de las técnicas actuales de análisis topológico de datos.

PARTICIPANTES

1. José Andrés Armario Sampalo
2. Alejandro Bandera Moreno
3. Carmen Belloso Marrec
4. Luis Boza Prieto
5. Emmanuel Briand
6. Elena Camacho Aguilar
7. María José Chávez de Diego
8. Marco Delgado Garrido
9. Juan Manuel Delgado Sánchez
10. Raúl Falcón Ganfornina
11. Isabel Fernández Delgado
12. Magdalena Fernández Lebron
13. María Dolores Frau García
14. Víctor Manuel Gómez Sousa
15. Pilar Gómez-Caminero Téllez
16. Rocío González Díaz
17. Manuel González Regadera
18. José Manuel Jiménez Cobano
19. María José Jiménez Rodríguez
20. Belén Medrano Garfía
21. David Mellado Alcedo
22. Pablo Montero Moreno
23. Jorge Moya Abuhadba
24. Miguel Navarro Castro
25. Alexander Odriazola Díaz
26. Javier Perera Lago
27. Jose Ramón Portillo Fernández
28. José Manuel Ramírez García
29. Doris Stoppacher