

Jornada de Investigación "Matemática Aplicada I"

(25/06/2025)

[8h45 – 9h: INAUGURACIÓN CON ENTREGA DE OBSEQUIO]

1. [9h – 9h12] Víctor Álvarez Solano: A vueltas con las matrices cocíclicas de Hadamard

Se dará una breve pincelada de los tres problemas en los que trabajamos actualmente en el ámbito de las matrices cocíclicas de Hadamard: matrices sobre D_{4t} , matrices de Hadamard con núcleo cocíclico de orden $4t-2$, matrices de Hadamard con núcleo cocíclico de orden $4t-4$.

2. [9h12 – 9h24] José Andrés Armario Sampalo: Matrices de Hadamard y Criptografía

En esta charla se pretende dar unas pinceladas del uso de las matrices de Hadamard en Criptografía (simétrica). Se mencionaran algunos problemas, técnicas y estado de nuestra investigación.

3. [9h24– 9h36] Luis Boza Prieto: Algunas generalizaciones de los números de Schur en la teoría de Ramsey

Se estudian generalizaciones de los números de Schur dentro de la teoría de Ramsey. Se analizan casos particulares: sistemas lineales homogéneos, una sola ecuación por color y ecuaciones del tipo $a_1 x_1 + \dots + a_k x_k = x_{k+1}$, donde los coeficientes a_j son positivos. Se exponen resultados conocidos y se plantean problemas abiertos relacionados con mejorar cotas y extender resultados a más colores o ecuaciones más generales.

4. [9h36 – 9h48] Raúl Falcón Ganfornina: Estudio de simetrías de cuadrados latinos mediante polinomios de permutación locales

Todo polinomio de permutación local en $F_q[x,y]$, siendo q potencia de primo, es equivalente a un cuadrado latino de orden q . En esta charla se muestra cómo estos polinomios sirven para estudiar el grupo de autotopismos de un cuadrado latino.

5. [9h48 – 10h] Manuel González Regadera: Paratopismos como herramienta de coloración en cuadrados latinos

Dos cuadrados latinos se dicen paratopicos si uno puede obtenerse a partir del otro mediante la permutación de sus filas, columnas y/o símbolos, junto con una reordenación de estos valores para cada entrada. Dicha transformación recibe el nombre de paratopismo. Un autoparatopismo es un paratopismo que deja invariante un cuadrado latino. El conjunto de autoparatopismos de un cuadrado latino es un grupo que actúa sobre las celdas del mismo, pudiendo ser coloreadas según las órbitas que se generan a partir de dicha acción. En esta charla se muestra cómo las coloraciones inducidas por autoparatopismos facilitan el estudio de los conjuntos críticos de un cuadrado latino. Este enfoque generaliza resultados previos centrados en conjuntos críticos asociados a autotopismos no triviales. Además, estos problemas tienen aplicaciones relevantes en criptografía, particularmente en el diseño de esquemas de compartición de secretos.

6. [10h – 10h12] Emmanuel Briand: Funciones casipolinomiales a trozos

Consideren los siguientes ejemplos de funciones f , g , h :

- $f(x, y)$ es el número de soluciones enteras positivas (a, b, c, d) de $a(1, 0) + b(1, 2) + c(2, 1) + d(0, 1) = (x, y)$.
- $g(x, y)$ es el número de soluciones enteras (a, b) del sistema $a \geq 0, b \geq 0, a + b \leq x, x - y \leq a - b \leq y$.
- $h(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \mu_1, \mu_2, \nu_1, \nu_2)$ es la multiplicidad de la representación irreducible $V_{\{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3\}}$ de un grupo simétrico en el producto tensorial $V_{\{\mu_1, \mu_2\}} \otimes V_{\{\nu_1, \nu_2\}}$.

La función f es un ejemplo de función partición de vectores. La función g cuenta puntos enteros en las fibras de una proyección desde un cono (racional, poliédrico, convexo). La función h es una función multiplicidad de la teoría de representaciones ("coeficientes de Kronecker de los grupos simétricos"). ¿Que tienen en común? Son "funciones casipolinomiales a trozos": hay un cono C subdividido en conos más pequeños de misma dimensión, tal que, en restricción a cada uno, la función viene dada por formulas polinomiales, una para cada clase modulo algún subretículo de $\mathbb{Z}^n$; y fuera de C la función es 0. En esta charla intentaré dar una idea de la importancia de estas funciones en teoría de la representación, y de trabajos recientes en colaboración con Mercedes Rosas y Stefan Trandafir sobre este tema.

[10H12 – 10H48: CAFÉ]

7. **[10h48 – 11h] Antonio Jesús Cañete Martín: Regiones isoperimétricas en anillos de revolución finitos y simétricos**

En este trabajo estudiaremos las regiones isoperimétricas (regiones que encierran una cantidad de área prefijada usando el menor perímetro posible) en una familia concreta de superficies: anillos de revolución finitos, simétricos y con curvatura de Gauss creciente desde el paralelo de menor longitud. Veremos que dichas regiones isoperimétricas pueden ser de distinto tipo.

8. **[11h – 11h12] Alberto Cerezo Cid: Curvatura media constante y borde libre**

En esta charla realizaremos una breve introducción a la teoría de superficies mínimas y de curvatura media constante. Prestaremos especial atención a los problemas de borde libre, un tema de gran interés en el área del Análisis Geométrico, y presentaremos algunos avances relevantes en la materia.

9. **[11h12 – 11h24] David Mellado-Alcedo: Stability of nonlinear Dirac solitons under the action of external potentials**

The nonlinear Dirac equation in 1+1-dimensions supports localized solitons. Theoretically, these traveling waves propagate with constant charge and energy. However, the soliton profiles can be distorted, and eventually destroyed, due to intrinsic or numerical instabilities. The constants of motion and the initial profiles can also be modified by external potentials, which may give rise to instabilities. In this work [1], we study the instabilities observed in numerical simulations of the Gross- Neveu equation [2] under linear and harmonic potentials. We perform an algorithm [3] based on the method of characteristics to numerically obtain the two soliton spinor components. All studied solitons are numerically stable, except the low-frequency solitons oscillating in the harmonic potential over long periods of time. These instabilities are identified by the non-conservation of both energy and charge, and can be removed by imposing absorbing boundary conditions. We find that the dynamics of the soliton is in perfect agreement with the prediction obtained using an Ansatz with only two collective coordinates. By applying the same methodology, we also demonstrate the spurious character of the reported instabilities in the Alexeeva–Barashenkov–Saxena (ABS) model [4] under external potentials. Acknowledgements: This research was partially funded by the Spanish projects PID2020-113390GB-I00 (MICIN), PY20-00082 (Junta de Andalucía), and A-FQM-52-UGR20 (ERDF-University of Granada) and the Andalusian research groups FQM-207 (University of Granada) and FQM-415 (University of Seville). The authors thank Nora Alexeeva for providing them data of numerical simulations of [4].

References:

- [1] D. Mellado-Alcedo and N. R. Quintero, *Stability of nonlinear Dirac solitons under the action of external potential*, *Chaos*, 34, 013140, 2024
- [2] D. J. Gross and A. Neveu, *Dynamical symmetry breaking in asymptotically free field theories*, *Phys. Rev. D*, 10, 3235, 1974
- [3] T. Lakoba, *Numerical study of solitary wave stability in cubic nonlinear Dirac equations in 1D*, *Phys. Lett. A*, 382, 300, 2018
- [4] N. V. Alexeeva, I. V. Barashenkov and A. Saxena, *Spinor solitons and their PTsymmetric offspring*, *Ann. Phys.*, 403, 198, 2019

10. **[11h24 – 11h36] Gwendal Léger: Un modelo de avalanchas submarinas con dos coordenadas**

Presentaré un modelo de avalanchas submarinas con dos sistemas de coordenadas y una interfaz fija.

11. **[11h36 – 11h48] Jorge Moya Abuhadba: Multilayer Non-Hydrostatic Shallow Water for Tsunami Models and Coastal Forest Interaction**

This research is focused on modeling tsunamis and exploring the potential of coastal vegetation as a means of mitigation. To simulate tsunami propagation and coastal inundation, we employed finite volume methods combined with projection methods for the non-hydrostatic pressure. The study was validated using field data and experimental observations. In order to achieve that, we use a multilayer system based on the LDNH0 model, which approximates the Euler equations under the assumptions of constant velocities and linear pressures. In addition of that we add drag forces, inertia forces, and porosity to model the interaction with the forest, and extended them to make them compatible with multilayer systems. This manner, we can more precisely model the vertical properties of the forest, making multilayer systems a valuable tool for future research in this field. Our partial findings suggest that depending of the vegetation characteristics such as density, height, wood type, and arrangement, coastal vegetation can provide significant mitigation effects for tsunamis and be an effective natural defense against coastal hazards. This research has important implications for coastal planning, management and provides valuable insights into the potential role of ecosystem-based approaches for disaster risk reduction. This is a joint work with Dr. Fernandez-Nieto and Raimund Bürger. Partially supported by ANID/Doctorado Nacional/21211457 and Junta de Andalucía PROYEXCEL_00525

12. **[11h48 – 12h] Elena Camacho Aguilar: Metodos cuantitativos para estudiar el desarrollo embrionario**

Comprender cómo se desarrollan y crecen los organismos es fundamental para descifrar la diversidad de la vida y avanzar en aplicaciones biomédicas, tales como estudios de fertilidad y la bioingeniería de tejidos y órganos. Sin embargo, aún quedan muchas preguntas sin resolver debido a la enorme complejidad de los procesos biológicos y sus interacciones en múltiples escalas. Avances experimentales recientes —como el cultivo celular in vitro, el uso de reporteros fluorescentes basados en CRISPR-Cas9 o las tecnologías ómicas— nos permiten obtener grandes cantidades de datos cuantitativos sobre la señalización celular y las decisiones de destino celular. Sin embargo, integrar y explotar estos datos para entender los mecanismos subyacentes sigue siendo un reto importante. En esta charla presentaré nuestro trabajo interdisciplinar que combina cultivo de células madre, técnicas de bioingeniería, análisis de imágenes y modelado matemático para entender los procesos de toma de decisiones que guían el desarrollo embrionario humano temprano.

13. **[12h – 12h12] Eduardo Paluzo Hidalgo: Análisis topológico de perceptrones multicapa en el contexto del proyecto CHALKS**

Esta charla presenta los primeros resultados del proyecto CHALKS (TopologiCal Approach to Artificial Neural Networks), financiado por una beca Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA) Postdoctoral Fellowship de la Unión Europea (Grant Agreement No. 101153039). Los perceptrones multicapa son fundamentales en aprendizaje automático, tanto como modelos independientes para clasificación y regresión, como componentes de arquitecturas más complejas (redes convolucionales, transformers, etc.). El proyecto desarrolla una nueva perspectiva para entender cómo estas redes procesan la información: utilizando herramientas de topología algebraica para analizar las representaciones internas en cada capa oculta. Se comentarán, de manera general, los resultados del artículo "Latent Space Topology Evolution in Multilayer Perceptrons" (arXiv:2506.01569), en el que se han desarrollado técnicas que permiten visualizar y cuantificar cómo la estructura topológica de los datos evoluciona a medida que pasan por las diferentes capas de la red. Esto nos permite identificar patrones en el procesamiento interno, detectar redundancias en la arquitectura, y obtener interpretaciones geométricas de las decisiones del modelo.