



**Propuesta de Trabajo Fin de Máster**

Año académico 2026-2027

**MÁSTER EN CIENCIA DE DATOS PARA CIENCIAS EXPERIMENTALES**

**Proyecto Nº 32**

**Título:** Enfoque multiescalar de los mecanismos inducidos por los ácidos húmicos para la mitigación del estrés salino en cereales: integración de los procesos de señalización inicial hasta la respuesta adaptativa final.

**Departamento/ Laboratorio:** Departamento de Biología Ambiental-Grupo BACH

**Director:** José María García Mina

**Correo electrónico:** jgmina@unav.es

**Codirector:** Maite Olaetxea Indaburu

**Correo electrónico:** molaetxea@unav.es

**Resumen:**

Los ácidos húmicos (AH) ejercen una protección sobre el estrés abiótico en planta (Canellas, 2024; Nabi et al., 2025). En este estudio se evalúan los mecanismos de mitigación del estrés mediante la aplicación de fracciones bioactivas aisladas de AH de diferente origen. Concretamente, se probarán las fracciones de ácidos húmicos provenientes de la turba.

La especie sobre la que se abordará el estudio es el trigo duro, *Triticum turgidum* L. ssp. *durum*, ya que es más sensible al estrés hídrico (Ayed et al., 2017).

Se estudiará la capacidad de mitigación de los ácidos húmicos sobre el estrés salino producido por una fuente de NaCl. La aplicación del estrés se realizará de forma escalonada para no generar un choque por estrés letal. La aplicación de las fracciones bioactivas de AH se realizará mediante un efecto priming (activación de los mecanismos de protección previa a la aplicación del estrés).

La evaluación sobre los mecanismos implicados en la mitigación del estrés se abordará mediante una aproximación multiescalar que considera el metabolismo iniciador redox-antioxidante, la coordinación mediante la señalización hormonal y la respuesta adaptativa del sistema hídrico de la planta.

Se realizarán las siguientes determinaciones:

- La respuesta sobre el desarrollo vegetal
- La respuesta sobre la síntesis de especies reactivas de oxígeno, específicamente sobre la síntesis radicalar de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
- La concentración de los metabolitos de respuesta al estrés como el malondialdehído (MDA) y la expresión del gen *TaP5CS* (clave en la biosíntesis de la prolina) ((Momeni et al., 2021).
- La modulación de la respuesta enzimática antioxidante: catalasa, peroxidasa y ascorbato peroxidasa.
- Las modificaciones en el perfil hormonal general con especial atención sobre las hormonas que responden a episodios de estrés: ácido abscísico, ácido jasmónico y ácido salicílico.



- Los cambios producidos a nivel de composición química de las hojas analizados por espectroscopía IR (Ivanova et al., 2003).
- Las modificaciones en el estado hídrico de la planta a nivel transcriptómico: evaluación de la expresión génica de acuaporinas (*TaPIP1-1*; *TaPIP1-2*, *TaLEA*) (Madrid-Espinoza et al., 2018). También la expresión de genes para mantener el equilibrio de agua/iones (*TaHKT*; *TaCIPK24*) (Huang et al., 2006; Sun et al., 2015).

El tratamiento de datos para determinar las respuestas al alivio del estrés se realizará mediante un enfoque estadístico multivariante basado en el análisis de componentes principales (PCA) y técnicas de clustering para la agrupación de las respuestas.

#### Bibliografía:

Ayed, S., Rezgui, M., Othmani, A., Rezgui, M., Trad, H., et al. (2017). Response of Tunisian durum (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) and bread (*Triticum aestivum* L.) wheats to water stress. *Agrociencia*, 51(1), 13–26

Canellas, L. P., et al. (2024). Humic substances and plant abiotic stress adaptation. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 11, 66.

Huang, S., Spielmeier, W., Lagudah, E. S., James, R. A., et al. (2006). A sodium transporter (HKT7) is a candidate for *Nax1*, a gene for salt tolerance in durum wheat. *Plant Physiology*, 142(4), 1718–1727.

Ivanova, D., Singh, B.R., et al. (2003). Nondestructive FTIR monitoring of leaf senescence and elicitor-induced changes in plant leaves. *Biopolymers*, 72, 79-85.

Madrid-Espinoza, J., Brunel-Saldias, N., Guerra, F.P., Gutierrez, A., del Pozo, A. (2018). Genome-wide identification and transcriptional regulation of aquaporin genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under water stress. *Genes*, 9, 497.

Momeni, M., Shobbar, Z. S., Khoshro, H. H., & Alizadeh, H. (2021). Evaluation of biochemical and molecular mechanisms involved in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at early growth stages. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 11(2), 45–62

Nabi, F., Sarfaraz, A., Kama, R., Kanwal, R., & Li, H. (2025). Structure-Based Function of Humic Acid in Abiotic Stress Alleviation in Plants: A Review. *Plants*, 14(13), 1916.

Sun, T., Zhou, B., Mishra, S. K., & Jiang, Y. Q. (2015). Identification and comprehensive analyses of the CBL and CIPK gene families in wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biology*, 15, 269.

#### OPTATIVAS RECOMENDADAS

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.