

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Digitalización del manejo eficiente de la fertirrigación para una agricultura sostenible

LIFE22- CCA- ES- LIFE TRIPLET

Proyecto 101113915



CONAMA 2024

DIGITALIZACIÓN DEL MANEJO EFICIENTE DE LA FERTIRRIGACIÓN PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

Autor Principal: David Hernández (FENACORE)

Otros autores: Alejandro Pérez-Pastor (Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT); Pablo Berrios (UPCT); Abdelmalek Temnani (UPCT); Claudia Monllor (FMC); Teresa Munuera (AZUD); Marta Pérez (AGBAR), María Guerrero (CETAQUA); Simón Pulido (VEOLIA); Manuel Erena (IMIDA); David Solier (AQUATEC); Antonio Alcaide (Comunidad de Usuarios de Aguas Subterráneas Mancha Occidental II)

CONAMA 2024

DIGITALIZACIÓN DEL MANEJO EFICIENTE DE LA FERTIRRIGACIÓN PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

ÍNDICE MÍNIMO

1. Título
2. Resumen
3. Resultados e impactos
4. Bibliografía

RESUMEN

Los agricultores se enfrentan a un escenario de escasez de agua cada vez más grave, lo que los ha llevado a buscar fuentes de agua alternativas, con un alto coste y de menor calidad para el riego, lo que hace muy complicada la gestión del riego y la fertilización de los cultivos y, en definitiva, la producción de alimentos. Por ello, es necesario combinar los avances tecnológicos, la digitalización y la agronomía para aumentar la eficiencia y la competitividad del sector mediante una mejor gestión de los recursos disponibles.

Por ello, se propone implantar en los cultivos mediterráneos más representativos una plataforma digital resultante de la adaptación de cuatro ya existentes procedentes de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), IMIDA, AQUATEC (VEOLIA) y FMC. Estas cuatro herramientas combinadas permitirán: (1) Capturar y monitorizar información de i) la optimización de la mezcla de agua de riego disponible en la zona según criterios fisicoquímicos, de calidad microbiológica y coste energético; ii) diferentes indicadores hídricos del continuo suelo-planta-atmósfera, multiespectrales y térmicos a escala de parcela demostrativa (PD); iii) los efectos sobre el cultivo de plagas y enfermedades. (2) Procesar y visualizar la evolución de diferentes indicadores para cada PD. (3) Elaborar algoritmos de modelización predictiva mediante técnicas de Machine Learning, incluyendo información de las PD y otras zonas regables. (4) Validar los modelos y posteriormente; (5) integrarlos con un centro de nutrición agrícola inteligente y seguro, capaz de automatizar la fertirrigación a través de los algoritmos resultantes de las diferentes plataformas de gestión; y, por último; (6) asegurar la sostenibilidad del producto final, obteniendo una solución competitiva y comercializable.

El proyecto tiene un objetivo general demostrativo, consistente en la implementación de esta herramienta digital para la monitorización del desarrollo de cultivos y la gestión sostenible de la sanidad vegetal, aplicación de agua y nutrientes, extrapolando los indicadores del estado hídrico del cultivo y suelo obtenidos en la PD a una escala mayor, mediante índices de vegetación multiespectrales obtenidos a partir de sensores montados en drones y satélites.

INTRODUCCIÓN

El proyecto LIFE TRIPLET parte de la premisa de que los agrosistemas mediterráneos deben hacer frente a la necesidad de convivir con la escasez de agua y que la gestión sostenible de este recurso escaso y cada vez más valioso debe ir acompañada de innovación tecnológica. Entre las estrategias a desarrollar, es necesaria la elaboración de nuevas y precisas herramientas que

CONAMA 2024

DIGITALIZACIÓN DEL MANEJO EFICIENTE DE LA FERTIRRIGACIÓN PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

permitan acceder a metodologías más eficientes de estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos, así como el conocimiento de índices que nos informen del estado hídrico del suelo agrícola y de los cultivos en tiempo 'casi real', para alcanzar a prácticas de gestión del riego más adecuadas y precisas (de la Rosa et al., 2015).

Al mismo tiempo, es necesario un cambio profundo en el sistema agroalimentario mundial para alimentar a la población que está en continuo crecimiento. El aumento de la productividad agrícola y la producción sostenible de alimentos son cruciales para ayudar a paliar los riesgos del hambre (FAO, 2017). Sin embargo, este aumento de la producción de alimentos debe ir acompañado de una gestión agrícola sostenible para reducir el impacto negativo en la calidad y cantidad de los recursos hídricos y suelo (Zornoza et al., 2016). En ese sentido, la conversión de una agricultura intensiva a una más sostenible debe considerar contexto del cambio climático global, y considerar las condiciones climáticas actuales, caracterizadas por una tendencia al aumento de la temperatura y a la ocurrencia de lluvias torrenciales, o eventos meteorológicos extremos en general (Tirado et al., 2010). Es probable que esta transformación esté fuertemente influenciada por una transición energética inevitable, que impulsa a la actividad agrícola a optimizar los costes de transporte y producción, ya que está ligada a la presurización de los sistemas de riego utilizados (Molina-García et al., 2018).

Para lograr una agricultura más sostenible, la aplicación del agua mediante riego debe cumplir criterios estrictos y rigurosos debido a su escasez, cada vez más intensificada por el cambio climático, y al riesgo de deterioro tanto del suelo como de los acuíferos. La escasez hídrica está obligando a utilizar recursos hídricos no convencionales, cuestionados por su calidad y por los excesivos costes energéticos necesarios para su utilización; así, al coste de desalación del agua salina hay que añadir el coste del transporte, que muchas veces corre íntegramente a cargo del regante. En zonas de escasez hídrica hay que destacar que el máximo rendimiento del cultivo no implica necesariamente la máxima rentabilidad. Por ello, durante los últimos años se ha observado un especial interés en el desarrollo de estrategias de riego deficitario basadas en reducciones significativas de las aplicaciones de agua en función de la evapotranspiración (ET) estacional sin afectar a la producción ni a la calidad. Las estrategias de riego deficitario controlado (RDC) se basan en la reducción del suministro de agua en los periodos no críticos del cultivo, asegurando la cobertura completa de las necesidades hídricas en los periodos críticos y maximizando, al mismo tiempo, la producción por unidad de agua aplicada. Sin embargo, su éxito depende principalmente de la aplicación adecuada del déficit hídrico y requiere un control continuo y preciso del estado hídrico de la planta y del suelo para ajustar la dotación de riego en cada período fenológico del cultivo.

En los últimos 20 años se han propuesto nuevos métodos de estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos y nuevos enfoques para el diagnóstico del estado hídrico de los cultivos y la gestión del riego, utilizando la propia planta como indicador, a través del potencial hídrico del tallo, considerado como el indicador más robusto (Shackel et al., 1997) y las fluctuaciones del diámetro del tronco (FDT), habiéndose logrado importantes avances en la programación del riego en cultivos leñosos (Pérez-Pastor et al., 2016). Esta programación del riego se basa en mantener, en el caso del potencial hídrico del tallo, sus valores en torno a un valor umbral para cada cultivo (de la Rosa et al., 2016), y en el caso de los indicadores derivados de las FDT, en mantener la intensidad de señal (IS) (valor real/valor de referencia) de la contracción máxima diaria del tronco (MDS) lo más cerca posible de un umbral predeterminado. Valores de IS superiores a la unidad indican condiciones de déficit hídrico, mientras que valores iguales a la unidad indican ausencia de estrés por riego (Goldhamer & Fereres, 2001). Así, ya existe

CONAMA 2024

DIGITALIZACIÓN DEL MANEJO EFICIENTE DE LA FERTIRRIGACIÓN PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

experiencia validada sobre la respuesta de distintos frutales y cítricos tanto al riego deficitario como al riego programado para cubrir las necesidades hídricas del cultivo, habiéndose propuesto protocolos de riego específicos (Pérez-Pastor et al., 2009). Asimismo, la estrecha relación entre el cierre estomático y la temperatura foliar hace de la termografía infrarroja una técnica que permite la estimación precisa, no destructiva y en tiempo real de la apertura estomática, constituyendo una herramienta fisiológica muy útil para la toma de decisiones en la programación del riego en función del estado hídrico de la planta, y la detección de situaciones adversas para la planta, como el déficit hídrico (Jones et al., 2002).

Objetivos

El proyecto tiene un objetivo general y aplicado, consistente en implementar, demostrar y difundir una herramienta digital de monitorización de cultivos para optimizar la estrategia de fertirrigación sostenible y promover su aceptación y uso a gran escala en cultivos leñosos en agroecosistemas mediterráneos, caracterizados por la escasez de agua, sin afectar a los estándares de calidad exigidos por los mercados de exportación. Esta herramienta digital se obtendrá de la adaptación de cuatro ya existentes: pUPCT (IRRIMAN, LIFE13 ENV/ES/000539; water4ever, PCIN-2017-091), pIMIDA (ClimAlert, SOE3/P4/F0862), pAQUATEC (Smart River Basins®) y pFMC (Arc Farm Intelligence) y permitirá la extrapolación de los indicadores del estado hídrico del suelo y de la planta obtenidos en las parcelas demostrativas a través de índices de vegetación multiespectrales obtenidos a partir de sensores montados en drones y satélites, a una mayor escala, como la superficie comprendida por las Comunidades de Regantes integradas en la “Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España (FENACORE)”, la “Comunidad de Usuarios de la Masa de Agua Subterránea Mancha Occidental II (CUAS)” y de la “Acequia Real del Júcar (JU)”, pertenecientes a tres Confederaciones Hidrográficas de España: Segura, Guadiana y Júcar.

Por tanto, la sostenibilidad del riego propuesto conducirá a prevenir un mayor deterioro de la calidad de las aguas subterráneas con una menor lixiviación de elementos nocivos, reduciendo los costes energéticos incurridos en el bombeo de agua de pozo, reduciendo las emisiones de CO₂ y aumentando los sumideros de CO₂. La monitorización del riego a través de la plataforma digital permitirá controlar la salinización del suelo, mediante la obtención de la mezcla más optimizada (fuentes de agua convencionales y no convencionales) en términos de salinidad y uso de energía, tanto a nivel de PD como de comunidad de regantes.

RESULTADOS E IMPACTOS

El proyecto demostrará los importantes beneficios de la digitalización en la agricultura intensiva de regadío, en términos de optimización de los procesos de producción y, por tanto, de aumento de la competitividad y la sostenibilidad de los cultivos y explotaciones seleccionadas para la demostración.

La implementación de la herramienta de gestión digital del agua propuesta contribuirá a una fertirrigación más racional y eficiente, que tenga en cuenta las diferentes fuentes de suministro de agua disponibles, mediante el desarrollo de protocolos para la programación de estrategias de riego deficitario controlado de precisión que optimizarán el uso del agua y los nutrientes de

CONAMA 2024

DIGITALIZACIÓN DEL MANEJO EFICIENTE DE LA FERTIRRIGACIÓN PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

los cultivos y reducirán el consumo de energía para el riego, y que también, podrían tener potencial para mejorar la calidad de la producción.

El proyecto también tendrá impactos ambientales positivos directos al reducir la aplicación de agua a los cultivos (-22%) y, por lo tanto, la presión sobre los recursos hídricos de la agricultura, especialmente sobre las fuentes de agua subterránea agotadas, así como, reducir la aplicación de fertilizantes (17%). El objetivo del proyecto contribuirá a avanzar hacia la neutralidad climática de las explotaciones agrícolas mediante la reducción de CO₂eq (34%) y otras emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como el N₂O (-78%) y el aumento del secuestro y almacenamiento de carbono. También, se espera una reducción de otros indicadores como el uso de agroquímicos (10%) y, por lo tanto, reducir la contaminación de las fuentes de agua, y la reducción del consumo de energía (-5%) debido al consumo energético adicional de la gestión no convencional del agua. Se espera reducir las emisiones de CO₂ en 6,7 toneladas de CO₂eq/ha mediante la reducción del contenido de agua en el suelo, así como, almacenar 130 toneladas de CO₂eq/ha en la vegetación permanente mediante un aumento en la fijación de C por fotosíntesis (Figura 1).

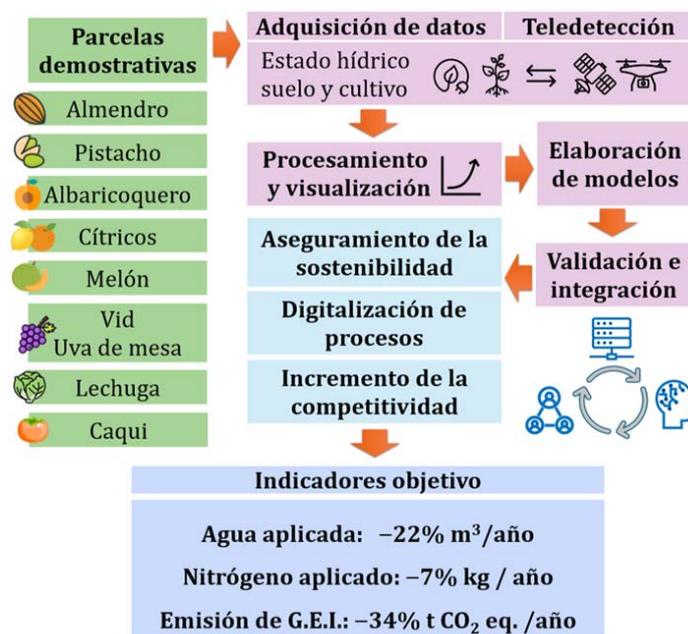


Figura 1. Flujo de trabajo y resultados esperados del proyecto LIFE TRIPLET. (Universidad Politécnica de Cartagena)

Desde un punto de vista socioeconómico, el proyecto demostrará que la tecnología propuesta puede reducir los costos de producción resultantes del ahorro de agua, energía, nutrientes y agroquímicos (de +10% en adelante) y aumentar los rendimientos de los cultivos (de +20% en adelante) aumentando así la rentabilidad de los cultivos (de +10% en adelante).

El aumento de la rentabilidad de los cultivos favorece la continuidad a largo plazo de la actividad agrícola local en las áreas de estudio y, por lo tanto, proporciona más seguridad tanto a los agricultores como a la mano de obra contratada. Mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego a través de tecnologías como la que se implementará en este proyecto, también es una herramienta eficaz para la adaptación a las amenazas previstas del cambio climático, lo que

CONAMA 2024

DIGITALIZACIÓN DEL MANEJO EFICIENTE DE LA FERTIRRIGACIÓN PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

también contribuiría a la continuidad a largo plazo de las actividades agrícolas y los empleos. Además, el mantenimiento de la actividad agrícola es crucial ya que actúa como un gran sumidero de CO₂.

El proyecto también mejorará la capacitación y las capacidades productivas y el desempeño de los agricultores y asesores técnicos en materia de riego y manejo de cultivos, aumentando así su competitividad. Una mejor capacitación también los haría más inclinados a aceptar y adoptar nuevas tecnologías y prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles, pero también más preparados para enfrentar escenarios regulatorios ambientales más restrictivos.

Además, la digitalización de la agricultura de regadío requiere inversiones tanto en capital productivo como en capital humano que fomenten la demanda de mejores tecnologías y servicios de asesoría, creando efectos positivos para el sector de proveedores de insumos y aumentando las oportunidades de empleo para trabajadores más calificados y asesores técnicos agrícolas. Debido a la importancia de la producción agrícola en las áreas de estudio, todo lo anterior se traduciría en efectos multiplicadores positivos para las economías locales.

En definitiva, la implantación del LIFE TRIPLET daría respuesta a demandas sociales relevantes al fomentar una gestión más eficiente y sostenible del agua en la zona de estudio, permitir una producción de alimentos más segura y saludable mediante la reducción del uso de agroquímicos, y contribuir al aumento de la resiliencia de los sistemas agrarios y a su continuidad y sostenibilidad (económica, social y medioambiental), ayudando así al mantenimiento de la actividad económica y de la población en las zonas rurales. Además, el carácter demostrativo del proyecto servirá para traspasar fronteras con otras regiones y países con condiciones agroclimáticas similares.

BIBLOGRAFÍA

de la Rosa, J. M., Dodd, I., Domingo, R., & Pérez-Pastor, A. (2016). Early morning fluctuations in trunk diameter are highly sensitive to water stress in nectarine trees. *Irrig. Sci.*, 34(2), 117–128. <https://doi.org/10.1007/s00271-016-0491-y>

de la Rosa, J. M., Domingo, R., Gómez-Montiel, J., & Pérez-Pastor, A. (2015). Implementing deficit irrigation scheduling through plant water stress indicators in early nectarine trees. *Agric. Water Manag.*, 152, 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.018>

FAO. (2017). *The future of food and agriculture - Trends and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Goldhamer, D., & Fereres, E. (2001). Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. *Irrig. Sci.*, 20(3), 115–125. <https://doi.org/10.1007/s002710000034>

Jones, H. G., Stoll, M., Santos, T., Sousa, C. de, Chaves, M. M., & Grant, O. M. (2002). Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 53(378), 2249–2260. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf083>

CONAMA 2024

DIGITALIZACIÓN DEL MANEJO EFICIENTE DE LA FERTIRRIGACIÓN PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

- Molina-García, A., García-Cascales, M., Pérez-Pastor, A., & De La Rosa, J. M. (2018). Energy Efficiency Applied to Irrigation Strategies for a Sustainable Agriculture in the Mediterranean Area. *Proceedings of 2017 International Renewable and Sustainable Energy Conference, IRSEC 2017*. <https://doi.org/10.1109/IRSEC.2017.8477363>
- Pérez-Pastor, A., Domingo, R., Torrecillas, A., & Ruiz-Sánchez, M. C. (2009). Response of apricot trees to deficit irrigation strategies. *Irrig. Sci.*, 27(3), 231–242. <https://doi.org/10.1007/S00271-008-0136-X/TABLES/4>
- Pérez-Pastor, A., Ruiz-Sánchez, M. C., & Conesa, M. R. (2016). Drought stress effect on woody tree yield. *Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach*, 2–2, 356–374. <https://doi.org/10.1002/9781119054450.CH22>
- Shackel, K., Ahmadi, H., Biasi, W., Buchner, R., Goldhamer, D., Gurusinghe, S., Hasey, J., Kester, D., Krueger, B., Lampinen, B., McGourty, G., Micke, W., Mitcham, E., Olson, B., Pelletrau, K., Philips, H., Ramos, D., Schwankl, L., Sibbett, S., ... Yeager, J. (1997). Plant Water Status as an Index of Irrigation Need in Deciduous Fruit Trees. *HortTechnology*, 7(1), 23–29. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.7.1.23>
- Tirado, M. C., Clarke, R., Jaykus, L. A., McQuatters-Gollop, A., & Frank, J. M. (2010). Climate change and food safety: A review. *Food Res. Int.*, 43(7), 1745–1765. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2010.07.003>
- Zornoza, R., Rosales, R. M., Acosta, J. A., de la Rosa, J. M., Arcenegui, V., Faz, Á., & Pérez-Pastor, A. (2016). Efficient irrigation management can contribute to reduce soil CO₂ emissions in agriculture. *Geoderma*, 263, 70–77. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2015.09.003>