



La informática al servicio de la fruticultura

Ingeniería Civil Informática

Evaluación de estrategias de riego y eficiencia productiva en Agrícola CostaFrut

Integrantes:

Benjamín Flores Alegría

Pablo Cofré

Eric Cerna

Williams Campos

Ignacio Vásquez

Luís Palma

Universidad Católica del Maule

INF-226 – Módulo Integrador

Docente: Mónica Acevedo

25 de agosto de 2025



La informática al servicio de la fruticultura

1. INTRODUCCIÓN	3
2. TECNOLOGÍA EN LA AGRICULTURA Y EL TERRITORIO	4



La informática al servicio de la fruticultura

1. Introducción

El sector agrícola ha sido un motor clave en la producción de alimentos, especialmente en Chile, donde muchas familias dependen de la agricultura para subsistir. Sin embargo, el avance del cambio climático ha provocado sequías y disminuciones en el rendimiento de los cultivos.

En comparación con países más desarrollados, en Chile existe una brecha tecnológica en la adopción de sistemas de riego automatizados e inteligentes. Esto reduce la eficiencia productiva y dificulta responder a las nuevas exigencias del rubro agrónomo.

En este informe nos centramos en la empresa Costafrut, que actualmente utiliza un sistema de riego por goteo de aplicación uniforme. Al no considerar variables como la humedad del suelo, se producen sobre riegos y déficits hídricos, con pérdidas de agua y de rendimiento.

Para mejorar esta situación, diseñamos e implementamos un prototipo de riego automatizado a pequeña escala basado en ESP32. Cada unidad integra un sensor de humedad y un panel solar, de modo que el riego se activa únicamente cuando el suelo cae por debajo de un umbral preestablecido. Con esta solución buscamos optimizar el uso del agua, reducir desperdicios y acercar a Costafrut a prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles.



La informática al servicio de la fruticultura

2. Tecnología en la agricultura y el territorio

Como sabemos hace algunos años la tecnología comenzó a tener un impacto considerable en la agricultura, especialmente en la producción frutícola. Actualmente el avance de la informática permite modernizar procesos que antes eran completamente manuales, logrando una mayor eficiencia, poder mejorar calidad de los productos y un uso más responsable y consciente de los recursos.

Para reflejar esto podemos dividir este impacto directo en diversos ámbitos, como lo tecnológico, social, económico y ambiental.

- Desde el ámbito tecnológico podemos ver cómo se emplean sistemas de monitoreo, mediante sensores de humedad, temperatura, clima, junto con otras herramientas como sistema de información geográfica. Al hacer uso de estas tecnologías se aplica la agricultura de precisión, que es donde nos queremos enfocar, ya que en esta técnica se resalta la optimización del agua, planificar las cosechas y reducir pérdidas, algo fundamental en empresas como CostaFrut que trabaja con altos volúmenes de exportación.
- En lo económico la informática está representando ahorros considerables en costos de insumo, energía y logística. Un ejemplo claro son los sistemas de riego inteligente, que se estima que reduce el consumo del agua un 30%, disminuyendo costos y aumentando productividad. También rubros como este necesitan una digitalización, permitiendo un control más estricto de calidad, generando así confianza con los compradores y mejorando la competencia.



La informática al servicio de la fruticultura

- Para un aspecto social las tecnologías permiten modernizar la actividad agrícola y acercar a nuevas generaciones como nosotros al rubro. La incorporación de los ya mencionados softwares, sensores y paginas facilitan el trabajo de los productores y técnicos, mejorando condiciones laborales y contando con empleos más especializados. En regiones como la nuestra donde la fruticultura es una de las principales fuentes de trabajo estos avances son clave para el desarrollo local.
- Finalmente, para un impacto ambiental, la informática aplicada a la fruticultura ayuda a enfrentar y prepararse contra problemas globales como la sequía y cambio climático. En procesos como la optimización de riego, control de plaga, reducción de químicos son ejemplos de como se puede disminuir este impacto ecológico de la agricultura.

En resumen, la informática hoy es un componente clave en el mundo frutícola. Como equipo nos percatamos que en Costafrut la ejecución de estas herramientas tecnológicas no solo garantizaría una fruta de mejor calidad para la exportación, sino que también le impulsa a un liderazgo más económico, social y ambientalmente responsable. Nuestro desafío seria seguir explorando nuevas tecnologías que puedan adaptarse a las realidades locales, potenciando la fruticultura del Maule.



La informática al servicio de la fruticultura

3. Estado del Arte

Al ejecutar este tipo de proyectos vemos necesario un estudio minucioso sobre el rubro, dando con investigaciones anteriores que potencien este análisis, comprendiendo a su vez la integración de la tecnología en los procesos agrícolas y frutícolas. Con esto podemos ver que herramientas pueden aplicarse en empresas como CostaFrut y en nuestra región.

Según (Roca, 2015), en su tesis “Evaluación de algunas tecnologías para la determinación de los efectos de la gestión del agua de riego y del nitrógeno en frutales”, estableció que los indicadores de eficiencia de uso del agua (WUE) se relacionan con el nitrógeno: tanto los índices basados en intercambio gaseoso de hoja como los de eficiencia productiva aumentan con dosis altas de N. Sin embargo, la correlación entre los índices de hoja y la eficiencia productiva es débil, debido al número de frutos y al desarrollo del dosel, factores decisivos en la respuesta productiva al agua y al N.

En el año 2012 se realizó el estudio “Adopción de tecnologías ahorradoras de agua en la agricultura” (Alcón, Arcas, De Miguel, & Fernandez Zamudio, 2009). Los autores concluyeron que el principal desafío de la agricultura contemporánea es lograr la generalización de tecnologías de riego eficiente, ya que esto permitiría enfrentar la creciente escasez hídrica y, al mismo tiempo, reducir los impactos negativos sobre el medio natural y los ecosistemas.

La informática al servicio de la fruticultura

En base a las conclusiones del artículo *“El uso de la tecnología en la agricultura”* (Carpio Santos, 2018) en la revista *Pro-Sciences*. La autora concluyó que la tecnología es indispensable para mejorar las prácticas agrícolas, ya que incrementa la productividad y asegura la seguridad alimentaria. Además, señaló que las tendencias más avanzadas como sensores, robótica, TICs y agricultura de precisión han sido principalmente adoptadas por países desarrollados como Estados Unidos, Alemania, Canadá, Argentina y Brasil, lo que los ha consolidado como líderes en el sector agroalimentario

(Marote, 2010) en su estudio sobre “Agricultura de Precisión”, concluyó que este enfoque, conocido precisamente como Agricultura de Precisión, constituye un pilar fundamental para el futuro del agro. El autor señaló que la aplicación localizada de insumos, apoyada en sensores, GPS y softwares especializados, permite alcanzar mayor productividad con menor costo e impacto ambiental. Además, destacó la importancia de avanzar hacia un modelo de agricultura certificada y sustentable, basado en Buenas Prácticas Agrícolas, que garantice competitividad, rentabilidad y protección del medio ambiente

En complemento a lo anterior, Vargas Corredor y Pérez Pérez (2018), en su artículo “Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente”, realizaron una revisión bibliográfica sobre distintas alternativas de uso de subproductos agroindustriales. Identificaron cinco grandes aplicaciones: generación de bioenergía (biogás, biodiésel y bioetanol), procesos de compostaje, producción de alimentos para animales, elaboración de productos de valor agregado



La informática al servicio de la fruticultura

(como ladrillos o composites) y recuperación de ambientes contaminados. Los autores destacan que el aprovechamiento adecuado de los residuos no solo reduce la contaminación, sino que también aporta beneficios económicos y sociales, constituyéndose en una estrategia fundamental para el desarrollo sostenible de la agroindustria.

Según la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA, 2022), en su estudio “Fertilización sostenible y gestión integral de nutrientes”, se plantea que la eficiencia del uso de nutrientes en la agricultura chilena depende directamente de la incorporación de tecnologías de monitoreo y manejo racional del agua y fertilizantes. El informe destaca que la digitalización de los procesos agrícolas permite reducir pérdidas de nitrógeno, mejorar la absorción de nutrientes y disminuir los impactos ambientales, promoviendo prácticas sustentables en los sistemas productivos nacionales.

Según el Consorcio Tecnológico del Agua (CT del Agua, 2023), en el informe “Transferencia tecnológica en programación y control de riego tecnificado” desarrollado junto a la Comisión Nacional de Riego (CNR) y la Universidad de Concepción, se implementaron parcelas demostrativas en las regiones de Maule y Limarí con sondas FDR, tensiómetros y estaciones meteorológicas automáticas. El estudio concluye que la incorporación de telemetría y automatización permite elevar la eficiencia de riego por sobre el 50 %, además de capacitar a los agricultores en la toma de decisiones basadas en datos reales del estado hídrico del suelo y del clima.

En su tesis “Riego de precisión para la eficiencia hídrica en la agricultura mediterránea”, Martínez Gimeno (2020) analizó el efecto del riego superficial y

La informática al servicio de la fruticultura

subterráneo en cítricos utilizando sensores de humedad y turgencia. La autora observó reducciones de consumo de agua entre el 22 % y el 28 %, manteniendo la producción estable. Su investigación demuestra que los sistemas de riego basados en datos en tiempo real y calibración sensorial mejoran la eficiencia del agua y reducen las pérdidas por drenaje profundo, aportando evidencia científica al diseño de estrategias de riego sostenible en zonas de clima mediterráneo.

Sebastián Cantalejo (2020), en su trabajo “Desarrollo de la Agricultura de Precisión”, exploró el papel de la digitalización en la transición hacia una Agricultura 4.0. Mediante un estudio de caso en cultivos de trigo en Castilla y León, la autora integró sensores, sistemas GPS y herramientas de Big Data para construir cuadros de mando con indicadores económicos, sociales y ambientales. Su investigación destaca que la analítica de datos y la inteligencia de negocios son componentes esenciales para optimizar la productividad y reducir el impacto ambiental, promoviendo una gestión agrícola más informada y sostenible.

En su tesis de maestría “Aplicación informática para el monitoreo del sistema de riego automatizado en cultivos agrícolas de ciclo corto”, Ponce Guerrero (2022) diseñó y validó la aplicación InfoAsper, destinada a automatizar el riego mediante sensores conectados a una placa Arduino y una base de datos MySQL. La herramienta permite registrar y analizar variables en tiempo real, generando informes automáticos sobre humedad y consumo hídrico. Tras su implementación, los indicadores de eficiencia y satisfacción de los usuarios alcanzaron el 100 %, confirmando que la informatización del riego mejora el control del recurso hídrico y la gestión productiva.

La informática al servicio de la fruticultura

En el contexto africano, Rware et al. (2014) en su artículo “Fertilizer use optimization approach: An innovation to increase agricultural profitability for African farmers”, destacan la implementación del proyecto OFRA (Optimización de Recomendaciones de Fertilizantes en África), aplicado en 13 países del África subsahariana. Los autores concluyen que la adaptación de recomendaciones de fertilización a zonas agroecológicas específicas permite maximizar la rentabilidad de los pequeños agricultores, mejorando la productividad sin incrementar excesivamente los costos de insumos.

En India, el Gobierno implementó la política de Subsidio Basado en Nutrientes (NBS) desde 2010, como se describe en el informe “Empowering India’s Farmers Through Strategic Fertilizer Policy”. Esta estrategia establece que los subsidios para fertilizantes se calculan en función del contenido real de nutrientes, incentivando un uso más equilibrado de nitrógeno, fósforo y potasio. El esquema ha permitido reducir el abuso de fertilizantes nitrogenados, mejorando la eficiencia y reduciendo impactos ambientales asociados a la sobre-fertilización.

En el ámbito europeo, el Reglamento (UE) 2020/741 sobre la reutilización de aguas residuales en riego agrícola entró en vigor en 2023. Esta normativa establece requisitos mínimos de calidad para el agua regenerada y obliga a implementar planes de gestión de riesgos. La medida apunta a enfrentar la escasez hídrica en el continente y al mismo tiempo proteger la salud pública y el medio ambiente, constituyendo un referente internacional para el uso de fuentes alternativas en agricultura.

Desde Oceanía, Qureshi et al. (2014) analizaron el caso de la cuenca Murray-Darling en Australia en su estudio “Understanding irrigation water use efficiency at different scales for better policy reform”. Los autores comparan la eficiencia de políticas de subsidio a tecnologías de riego con los beneficios de los mercados de derechos de agua, concluyendo que en muchos escenarios los mercados resultan más costo-

La informática al servicio de la fruticultura

eficientes que las inversiones directas en infraestructura, destacando la importancia de políticas integrales en el manejo de recursos hídricos.

Finalmente, en Latinoamérica, Salazar et al. (2021) en su investigación "Nitrogen Fertilizer Efficiency Determined by the ^{15}N isotopic technique in Mediterranean Chile" evaluaron la eficiencia del uso de nitrógeno en rotaciones de maíz con cultivos de cobertura en la zona mediterránea de Chile. Los resultados mostraron que el uso de cultivos de cobertura mejora la eficiencia del fertilizante y reduce la lixiviación de nitratos, confirmando que prácticas agronómicas sostenibles permiten mantener productividad agrícola reduciendo impactos ambientales.

Proceso informático propuesto por el estado del arte

El análisis de las investigaciones revisadas permite identificar un flujo informático común en los sistemas de riego inteligente y agricultura de precisión. A pesar de las diferencias en tecnología y escala, todas las propuestas siguen una misma secuencia funcional: captura de datos, transmisión, procesamiento, visualización y acción o control.

Procesos informáticos identificados por autor.

En primer lugar, Martínez Gimeno (2020) propone un sistema basado en sensores de humedad del suelo (FDR) y turgencia foliar conectados a registradores automáticos. Los datos se procesan mediante el software LEACHM, que modela el movimiento del agua y permite optimizar los umbrales de riego. La información resultante se utiliza para ajustar la frecuencia y duración de los riegos, logrando un ahorro hídrico entre el 22 % y el 28 %. Su flujo informático corresponde a: sensado → simulación → análisis → decisión manual asistida.

La informática al servicio de la fruticultura

Por su parte, Sebastián Cantalejo (2020) integra sensores, GPS, Big Data e inteligencia de negocios en un entorno de Agricultura 4.0. Los datos recolectados en campo se transmiten a plataformas de análisis donde se construyen cuadros de mando con indicadores económicos, sociales y ambientales. Este proceso se centra en la toma de decisiones estratégicas y sostenibles mediante el análisis masivo de información. Su flujo es: sensado → análisis masivo → visualización → decisiones analíticas.

Finalmente, Ponce Guerrero (2022) diseña el sistema InfoAsper, que utiliza sensores conectados a una placa Arduino para capturar variables de humedad y temperatura. Los datos se almacenan en una base MySQL y se procesan a través de una aplicación web desarrollada en PHP. El sistema activa el riego de forma automática y genera reportes estadísticos. Su flujo informático corresponde a: sensado - transmisión - almacenamiento - control automatizado.

Síntesis del proceso informático.

De la comparación entre las investigaciones se obtiene un modelo general compuesto por cinco fases:

- Captura de datos, mediante sensores de humedad, temperatura o radiación.
- Transmisión, por cable o red inalámbrica hacia un servidor o aplicación.
- Procesamiento, donde los datos son calculados, modelados o analizados.
- Visualización, mediante gráficos, paneles o dashboards.
- Acción o control, con ajustes manuales o automáticos del riego.
- Aplicación al proyecto Costafrut.

La informática al servicio de la fruticultura

El sistema Costafrut adopta este mismo esquema informático, utilizando nodos de sensores LoRaWAN para la captura y transmisión de datos de humedad y temperatura hacia un servidor local, donde se almacenan y procesan en un dashboard web. Desde la plataforma, es posible visualizar registros históricos, configurar alertas y activar válvulas o bombas de manera remota. Este modelo combina las fortalezas observadas en los estudios revisados: la sensorización precisa de Martínez, el análisis de datos de Cantalejo y la automatización completa de Ponce.

Análisis de experiencias previas

El estudio comparativo de los proyectos revisados muestra distintos enfoques tecnológicos y resultados, pero con un objetivo común: optimizar el uso del agua mediante la digitalización del riego.

Autor	Contexto	Tecnología empleada	Resultados principales	Lección para Costafrut
Martínez Gimeno (2020)	Cítricos en Valencia, España	Sensores FDR, LEACHM, turgencia	Ahorro hídrico del 22-28 %, manteniendo la producción	Validar que la sensorización mejora la eficiencia
Sebastián Cantalejo (2020)	Cultivos de trigo, Castilla y León	Sensores, GPS, Big Data, BI	Mejora en la gestión productiva y sostenibilidad	Incorporar análisis de datos y dashboards
Ponce Guerrero (2022)	Cultivos de ciclo corto, Ecuador	Arduino, sensores, PHP-MySQL	Automatización con 100 % de satisfacción de	Integrar control automático accesible y



La informática al servicio de la fruticultura

			usuarios	escalable
--	--	--	----------	-----------

Los tres estudios coinciden en la relevancia de monitorear variables del suelo en tiempo real y utilizar la información digital para optimizar la gestión del riego. Las diferencias se observan en el nivel de automatización: Martínez se enfoca en la validación experimental y modelado hidráulico; Cantalejo, en la gestión digital y el análisis de datos; y Ponce, en la implementación práctica del control automatizado.

En síntesis, el análisis de experiencias previas demuestra que la integración entre hardware sensorial, procesamiento de datos y automatización informática constituye la base para una agricultura más eficiente, sostenible y tecnológicamente avanzada, alineada con los objetivos de optimización del riego de Costafrut.



La informática al servicio de la fruticultura

Alcón, F., Arcas, N., De Miguel, M., & Fernandez Zamudio, M. (2009). *Adopción de tecnologías ahorradoras de agua en la agricultura*. La economía del agua de riego en España, 127-146.

Carpio Santos, L. K. (2018). *El uso de la tecnología en la agricultura*. Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación.



La informática al servicio de la fruticultura

Marote, M. L. (2010). *Agricultura de Precision*.

Roca, M. P. (2015). *EVALUACIÓN DE ALGUNAS TECNOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y DEL NITRÓGENO EN FRUTALES*. España: Universitat de Lleida.

Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 59–72.

[Tesis doctoral, Universitat de Lleida]

5 citas 4 semana

Rware, H., Kaizzi, C., & Wortmann, C. (2014). Fertilizer use optimization approach: An innovation to increase agricultural profitability for African farmers.

ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30872.60165>



La informática al servicio de la fruticultura

Government of India. (2010). Empowering India's farmers through strategic fertilizer policy: Nutrient based subsidy scheme. *Department of Fertilizers, Ministry of Chemicals and Fertilizers*. <https://pib.gov.in/PressNoteDetails.aspx?NoteId=154966>

Unión Europea. (2020). Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre requisitos mínimos para la reutilización del agua. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 177, 32–55. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0741>

Qureshi, M. E., Schwabe, K., Connor, J., & Kirby, M. (2014). Understanding irrigation water use efficiency at different scales for better policy reform: A case study of the Murray–Darling Basin, Australia. *Water Policy*, 16(4), 705–725. <https://doi.org/10.2166/wp.2014.166>

Salazar, O., Ortega, R., & Hirzel, J. (2021). Nitrogen fertilizer efficiency determined by the 15N isotopic technique in a Mediterranean environment in Chile. *Agriculture*, 11(8), 721. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080721>