

Integración y administración de índices de sensado en la programación y pronósticos de riego presurizado para cultivo de olivo en regiones áridas.

Carmona Fernanda Beatriz¹, Riba Alberto Eduardo², Frati Fernando Emmanuel³, Tejada Jorge Damian⁴, Acosta Nelson⁵, Toloza Juan Manuel⁶
{fbcarmona, ariba, fefrati, jtejada}@undec.edu.ar

Universidad Nacional de Chilecito⁷

{nacosta, jmtoloza}@exa.unicen.edu.ar

Universidad Nacional de Centro de la Provincia de Buenos Aires⁸

RESUMEN

Actualmente las parcelas de la región enfrentan problemas de naturaleza técnica como de gestión administrativa relacionada con el riego de los cultivos. Una planificación y programación ordenada y ajustada de los riegos es un instrumento fundamental para el uso eficiente del agua, y se orienta detrás de la idea de suministrar en el momento oportuno la cantidad necesaria de agua al cultivo, para la obtención de rendimientos crecientes y estables.

La programación del riego puede lograrse por distintos métodos basados en la medición o estimación de variables ambientales (temperatura, presión, radiación solar, evapotranspiración) [8]; monitoreo en el crecimiento y desarrollo del cultivo o fitomonitorio (tamaño del fruto, tamaño del tallo, flujo de savia, índice de estrés hídrico) [9], y / o la medición de variables en el suelo (temperatura, humedad, conductividad, constante dieléctrica) [10].

El procesamiento de variables obtenidas de diferentes tipos de sensores aportará mayor cantidad de información a la ya disponible, permitiendo detectar con mejor precisión la necesidad de agua y fertilizantes, como así también la detección de enfermedades en las plantas de olivo, reduciendo la incertidumbre en la toma de decisiones relacionada con la planificación del riego y la fertilización. Es necesario, pues, contar con una metodología sencilla y

económica que brinde soluciones prácticas a los agrónomos.

Se presenta en este trabajo una línea de investigación sobre el desarrollo de un método que permita identificar con mayor precisión la necesidad hídrica de la planta a partir del análisis de las variables capturadas por los diferentes sensores. Esta línea de trabajo se lleva a cabo dentro del proyecto “Pronósticos de Riego Presurizado para Cultivo de Olivo en Regiones Áridas”, aprobado en el año 2009, por la Subsecretaría de Ciencia y Técnica, convocatoria de financiamiento para estímulo y desarrollo de la investigación científica y tecnológica (Ficyt–UNDEC).

1- INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de lograr un equilibrio hidrológico que asegure el abastecimiento suficiente de agua a la población se logrará armonizando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua. Es un problema actual que cada día ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta. Es por esto que, la gestión del recurso deberá tender a evitar situaciones conflictivas debidas a escasez, sobreexplotación y contaminación, mediante medidas preventivas que procuren un uso racional y de conservación.

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que

¹ Ing. en Sistemas de Información. Profesor Titular. UNdeC

² Ing. en Sistemas de Información. Profesor Titular. UNdeC

³ Becario Doctoral de CONICET UNdeC

⁴ Alumno último año Licenciatura en Sistemas UNdeC – Defensa de Trabajo Final Agosto 2012

⁵ Dr. Ingeniero Informático Profesor Titular. UNICEN

⁶ Becario Doctoral de CONICET UNICEN

⁷ Calle 9 de Julio 22, (CP F5360CKB) Chilecito La Rioja República Argentina Tel. (03825) 422195 / 427220
www.undec.edu.ar

⁸ Facultad de Ciencias Exactas, Paraje Arroyo Seco, (CP B7000GHG) Tandil Buenos Aires República Argentina Tel. (02293) 439650 www.exa.unicen.edu.ar

quintuplicarse sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente.

Se debe tener en cuenta que en los campos de producción intensiva hay dos costos que son significativamente exagerados comparados al resto: los fertilizantes y la electricidad destinada al riego. Así que también la optimización del uso del agua dedicada al riego tiene un impacto directo en la reducción de costos.

Ante estas circunstancias muchas regiones del mundo han alcanzado el límite de aprovechamiento del agua, especialmente en nuestra región en la cual el aporte del agua a través de precipitaciones es muy inferior al consumo potencial por parte de los cultivos, lo que los ha llevado a sobreexplotar los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos, creando un fuerte impacto en el ambiente.

Actualmente las parcelas de la región enfrentan problemas, de naturaleza técnica como de gestión administrativa, relacionados con el riego de los cultivos; el uso e integración de diversas herramientas tecnológicas, que involucren tanto el software como hardware, permitirán implementar una gestión eficiente y adecuada de los actuales sistemas de riego.

El desafío es optimizar la productividad de los recursos hídricos, especialmente en la agricultura, sector al que se destina la mayor parte de esos recursos en todo el mundo y en el que, sin embargo, muchas de las prácticas de rutina que se emplean para el uso del agua suelen ser ineficientes [1].

La toma de decisiones y la resolución de problemas complejos del mundo real requiere una visión generalizada del problema, para la cual se debe aportar la mayor cantidad de información relevante disponible. La información estructurada ha sido la principal materia prima utilizada en los sistemas computacionales, pero hoy en día comienza a reconocerse que gran parte de la información requerida para la toma de decisiones y la resolución de problemas de índole general proviene de información no estructurada, principalmente aquella almacenada en la forma de audio, imagen y video. En este contexto, el uso de información obtenida a

partir de datos no estructurados no textuales es de vital importancia [6, 7].

En consecuencia, todo software que pretenda facilitar la inferencia de información no sólo deberá crear estructuras aptas para ser procesadas en forma automática por una máquina, sino también desarrollar nuevas maneras de plasmar la información para su comprensión en forma rápida y eficiente.

2- ANTECEDENTES

En los últimos años se han implementado con éxito un gran número de sistemas de automatización y control del riego, pero la integración de la información obtenida por los sistemas de sensado escasea; ello indica que los sistemas de automatización no generan el ahorro hídrico ni optimizan su uso ya que no disponen de la información necesaria para un funcionamiento pleno con el máximo ahorro.

La aparición de nuevas tecnologías emergentes que generan un gran volumen de información y conocimiento han alterado las formas tradicionales de llevar a cabo el proceso de toma de decisiones o resolución de problemas de índole general. La información, proveniente de diferentes orígenes, es a su vez de estructura compleja, la cual debe ser capturada, procesada, almacenada y luego representada y reproducida con un alto grado de claridad.

El procesamiento de variables obtenidas de diferentes tipos de sensores aportará mayor cantidad de información a la ya disponible, permitiendo detectar con mejor precisión la necesidad de agua y fertilizantes, como así también la detección de enfermedades en las plantas de olivo, reduciendo la incertidumbre en la toma de decisiones relacionada con la planificación del riego y la fertilización.

Existen métodos que facilitan la observación e identificación del color que podrían aplicarse tales como: Espectro Análisis, Método de Reflectancia por Infrarrojo cercano (NIR) y métodos que emplean equipamientos especiales como Colorímetros y Espectrofotómetros [5]. El elevado costo de los equipamientos mencionados, pone de manifiesto la necesidad de contar con una metodología sencilla y

económica que brinde soluciones prácticas a los agrónomos.

Una solución rápida y económica consiste en el desarrollo de un método que, a partir del análisis de las variables capturadas por los diferentes sensores, permita identificar con mayor precisión la necesidad hídrica de la planta.

La necesidad de riego en plantaciones se establece a través de una línea debajo de la cual la planta necesita agua. Toda planta que crece bajo riego tiene un punto óptimo de crecimiento que varía entre un máximo y un mínimo. El máximo es la capacidad del campo, que es la máxima cantidad de agua que puede tener el suelo y el mínimo es el 30 % por debajo de la capacidad del campo. Una planta que está entre la capacidad del campo y el 30 % de la capacidad del mismo no consume energía para tomar el agua del suelo porque hay mucha agua disponible para la planta y la misma crece libremente sin problema.

Cuando se riega, en el suelo hay partes iguales de aire y agua. A medida que la planta consume el agua va quedando más aire en el suelo. Con poca agua la planta tiene que gastar más energía para sacarla ya que a partir de un determinado punto poder tomar esa agua le cuesta mucho esfuerzo. Todo eso se transforma en consumo de energía.

La cantidad de agua que necesita un cultivo es igual a la constante evapotranspiración de referencia multiplicada por dos coeficientes, uno es el coeficiente del cultivo (K_c) y el otro es el coeficiente relacionado al tamaño de la planta (K_r). El resultado de esta multiplicación permite conocer cuánta agua necesita la planta.

La programación del riego puede lograrse por distintos métodos basados en la medición o estimación de variables ambientales (temperatura, presión, radiación solar, evapotranspiración) [8]; monitoreo en el crecimiento y desarrollo del cultivo o fitomonitorio (tamaño del fruto, tamaño del tallo, flujo de savia, índice de estrés hídrico) [9], y / o la medición de variables en el suelo (temperatura, humedad, conductividad, constante dieléctrica) [10].

Esta línea de trabajo se lleva a cabo dentro del proyecto “Pronósticos de Riego

Presurizado para Cultivo de Olivo en Regiones Áridas”, aprobado en el año 2009, por la Subsecretaría de Ciencia Y Técnica, convocatoria de financiamiento para estímulo y desarrollo de la investigación científica y tecnológica (Ficyt-UNDEC). El cual es desarrollado en el ámbito de la Universidad Nacional de Chilecito con la participación de profesionales agrónomos de la empresa VG Agronegocios – División Olivos ubicada en la localidad de Vichigasta, Chilecito – La Rioja .

3- OBJETIVO

Identificar, analizar e interpretar, a través de la utilización de técnicas de análisis de patrones y mecanismos de razonamiento, los valores de variables capturadas por diferentes sensores locales y remotos, de manera tal que integradas a la información procesada por el sistema de gestión de riego aporten mayor cantidad de información al proceso de toma de decisión relacionada con la planificación y el pronóstico de riego.

4- RESULTADOS ESPERADOS

Identificar un conjunto de características de las hojas que permitan definir la necesidad de agua en las plantas de olivo, a través de la utilización de técnicas de análisis de imágenes.

Evaluar cuantitativamente el desempeño de técnicas de análisis de patrones y mecanismos de razonamiento utilizados sobre los índices aportados por diferentes sensores.

Automatizar y fortalecer la gestión hídrica en la producción agrícola relacionada al cultivo del olivo, mejorando la capacidad de administración y planificación de los recursos destinados al riego, traducándose en un aumento de la uniformidad y la eficiencia de la aplicación del agua de riego.

Disminuir la incertidumbre en la estimación y cálculo del balance hídrico considerado, a través de la utilización de técnicas de análisis de patrones y mecanismos de razonamiento de índices aportados por diferentes sensores, incrementando la rentabilidad y la sustentabilidad de la producción del cultivo de olivo en regiones áridas en general y en Chilecito en particular.

5- ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

Se ha realizado el ordenamiento, depuración y conversión de datos históricos disponibles en diferentes formatos a un único modelo relacional, con el posterior diseño y desarrollo de un primer prototipo del sistema que permite administrar la gestión de riego y fertilización de un grupo de parcelas. Este prototipo actualmente se encuentra implementado en la empresa VG Agronegocios – División Olivos ubicada en ruta nacional 74 Km 1169 Vichigasta, Chilecito – La Rioja.

El sistema administra una base de datos históricos de riego de 8 años relacionados con:

- Layout de los diferentes lotes que conforman los sectores de cada finca de la empresa.
- Variedades de olivo alojadas en cada lote, en producción y en crecimiento.
- Sistema de riego utilizado y cantidad de emisores por planta.
- Caudal nominal y real de cada emisor.
- Especificación de las perforaciones de extracción de agua que permiten el riego de un grupo de sectores.
- Calidad de agua, presión, caudal y nivel estático y dinámico de cada perforación.
- Principio y concentración de fertilizantes suministrados.
- Evaporación ambiente diaria.
- Coeficiente del cultivo (K_c) y coeficiente relacionado con el diámetro de la copa de la planta (K_r)
- Seguimiento diario de la duración del riego y la cantidad de agua y fertilizantes suministrados por lote.

El sistema permite en base a informes estadísticos estimar el requerimiento de agua por sector y la planificación mensual del riego.

Actualmente se está desarrollando el producto final migrando el sistema a tecnología Java ServerPage con acceso a base de datos MySQL, incorporándose un módulo de acceso Web.

El desarrollo del sistema permitió derivar la necesidad de trabajar con la captura e interpretación de datos relevados por

sensores y estaciones meteorológica para determinar el stress hídrico de la planta y la humedad del suelo a través de la utilización de técnicas de análisis de patrones y mecanismos de razonamiento; éstos integrados con los datos registrados permitirán definir con mayor precisión la planificación del riego y realizar con más rapidez y eficacia todas las tareas.

Se trabajará en el análisis de variables obtenidas de sensores de temperatura ambiente Data Logger ESCORT MINI, sensores de humedad de suelo y de la estación meteorológica DAVIS de propiedad de la empresa. Incorporándose el análisis y estudio de variables obtenidas de un sensor de luz única que puede medir la reflectancia del dosel vegetal de la empresa Holland Scientific, Inc. Modelo Crop Circle ACS-210 en ámbar [3], [4] y del procesamiento de imágenes satelitales.

Todos los organismos fotosintéticos contienen uno o más pigmentos capaces de absorber la radiación visible que iniciaría las reacciones fotoquímicas y fotosintéticas. Dos bandas del espectro, la azul (430 nm) y la roja (58-68nm) muestran la cantidad de energía absorbida por las plantas; en contraste, la banda del infrarrojo cercano (725-1100nm), región invisible para el ojo humano, actúa justo de forma inversa. La mayor absorción del rojo y azul, junto con la fuerte reflexión del infrarrojo cercano es la diferencia espectral de la respuesta de toda la vegetación, y ha sido usado durante mucho tiempo como forma de diferenciación de las superficies con y sin vegetación [2].

En efecto, la radiación reflejada por una hoja en la región visible depende fundamentalmente de la radiación absorbida por los pigmentos de la hoja, mientras que en el infrarrojo cercano, en la región de 0.7 a 1.3 μm , depende de la estructura interna de la hoja. El estrés vegetal suele manifestarse cuando por efecto de factores como sequía, enfermedades, infección por plagas, etc., la hoja ve reducido su contenido de agua. Esto produce el colapso de las células del mesoderma inferior, lo cual reduce la reflectancia en el IR cercano, constituyendo un síntoma previsual de estrés ya que suele manifestarse días e incluso semanas antes de

que comiencen a apreciarse cambios visualmente.

Para estudiar el porcentaje e intensidad de la cobertura vegetal de una zona mediante imágenes satelitales, se acostumbra a utilizar lo que se conoce como Índices de Vegetación. El principio en que se basan éstos índices es el fuerte contraste existente entre la reflectancia de las plantas en el rojo y el infrarrojo cercano. En las plantas con actividad fotosintética, las moléculas de clorofila, responsables de esta función, absorben la luz roja. Por otro lado, las células de las hojas, en un estado de turgencia normal, reflejan la mayor parte de la radiación infrarroja que reciben.

La vegetación verde y vigorosa refleja mucho menos en la banda visible roja (banda 1), región de absorción de la clorofila, que en la banda cercana infrarroja (banda 2), región de alta reflectancia del componente celulósico. Estas propiedades llevaron a definir varios índices de vegetación basados en operaciones algebraicas entre las bandas 1 y 2. Uno de los algoritmos más conocidos es el del llamado Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI, en inglés). Su rango de valores es de -1 a 1. De esta manera, las zonas de mayor concentración de biomasa fotosintéticamente activa presentan valores próximos a 1 y las de menor biomasa, valores más pequeños. El NDVI se calcula de la siguiente manera:

$$\text{NDVI} = (\text{banda 2} - \text{banda 1}) / (\text{banda 2} + \text{banda 1}).$$

El intervalo de valores obtenido del NDVI, varía entre -1 y +1. Sólo los valores positivos corresponden a zonas de vegetación. Los valores negativos, generados por una mayor reflectancia en el visible que en el infrarrojo, pertenecen a zonas de suelo desnudo y rocas [2].

Valores muy bajos de NDVI, del orden de 0.1, corresponden a áreas rocosas, arenosas o nevadas. Valores de 0.2 a 0.3 pueden corresponder a áreas pobres con arbustos o pasturas naturales. A partir de estos valores tendremos los niveles correspondientes a praderas, cultivos, forestaciones etc. dependiendo el valor alcanzado, que puede llegar hasta 0.6 y 0.8, del estado de desarrollo y sanidad de tales áreas.

6- FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

De esta línea de investigación y desarrollo se espera obtener los temas de una tesis de maestría y dos trabajos finales de grado.

De los integrantes del equipo algunos de ellos son directores de tesinas de grado y de tesis de posgrado, dos se encuentran realizando su magister y dos su doctorado, como becarios de CONICET.

Este proyecto involucra a cuatro integrantes haciendo estudios de postgrado, y tres alumnos avanzados de grado de la UNDeC.

7- BIBLIOGRAFÍA

- 1- Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2000. PNUMA. Ed. Mundi-Prensa. 2000. Vivendi Environment. Annual Report 2000
- 2- F.M. de Santa Olalla Mañas, Agua y Agronomía, Ed. Mundi-Prensa, 2005.
- 3- L. Guiping L. Jinwei and X. Fen. Rapeseed seeds colour recognition by machine vision. 2008.
- 4- [R. Gonzalez and R. Woods. Digital image processing. Prentice Hall, 2nd. edition, 2002.
- 5- T. Hastie, Tibshirani R., and J. Friedman. The Elements of Statistical Learning, Second Edition. Springer, 2009.
- 6- Hoiem, A.A. Efros, and M. Hebert, "Closing the Loop on Scene Interpretation", In CVPR 2008.
- 7- Tan K., Ooi B., and Yee C., "An evaluation of color-spatial retrieval techniques for large image databases". Multimedia Tools and Applications, 14(1):55-78, 2001.
- 8- Doorembos J. y Pruitt W. CropWater Requirements (1977) FAO Irrigation and Drainage Paper N° 24 Rome, Italia.
- 9- Goldhamer D.A., Fereres E. (2001) Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. Irrig. Sci., 20, 115-125.
- 10- Charlesworth P. (2005) Irrigation Insights N° 1, Soil Water Monitoring 2nd edition.