

DESARROLLO DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS DE BAJO COSTO A PROBLEMÁTICAS EN EL SECTOR HORTÍCOLA

Mauro Salina¹, Lucía Osés¹, Braian Pezet¹, Patricio Medina¹, Matías Acciaio¹, Jéssica Guzmán¹, Juan Salvatore¹, Martín Morales^{1,2}, Jorge Osio^{1,3}, Marcelo Cappelletti^{1,3}

¹ Programa TICAPPS, Univ. Nac. Arturo Jauretche, Florencio Varela (1888), Argentina.

² Centro UTN CODAPLI-FRLP, La Plata (1900), Argentina.

³ Grupo de Control Aplicado, Instituto LEICI (UNLP-CONICET), La Plata (1900), Argentina.

e-mail: mdsalina@unaj.edu.ar

Resumen

Las líneas de Investigación presentadas en este trabajo tienen como objetivo general el de generar herramientas tecnológicas (hardware-software) basadas en Internet de las Cosas (IoT) y aprendizaje automático, que permitan brindar soluciones innovadoras de avanzada y de bajo costo, y que contribuyan a remediar las principales problemáticas que posee el sector hortícola en el territorio de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ). Específicamente, se propone el desarrollo e implementación experimental de un sistema IoT de monitoreo y control escalable, completamente autónomo independiente del usuario, y de bajo costo de realización, para ser instalado en huertas de la región y que permita obtener información precisa en tiempo real de magnitudes climatológicas, del estado del suelo, del agua y del nivel de iluminación. Además, se planea incorporar al sistema modelos basados en aprendizaje automático para que, en base a la información recolectada por los sensores, el sistema pueda de manera inteligente tomar decisiones apropiadas en pos de obtener el rendimiento óptimo de los recursos existentes y mejorar el desarrollo y producción de los cultivos intensivos, así como también, posibilite detectar y/o predecir distintas plagas que pueden afectar a los cultivos. Adicionalmente, se pretende desarrollar un sistema basado en aprendizaje profundo aplicado al procesamiento de imágenes para la detección, reconocimiento y clasificación de diferentes malezas que pueden afectar a la producción y a los procesos de

cosecha de los cultivos de la región. Finalmente, se propone desarrollar un sistema de control y gestión de energía basado en recursos renovables (solar y eólico), que pueda ser aplicado en huertas de la zona de influencia de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ).

La tarea a desarrollar posee una demanda potencialmente alta, dado que entre los principales beneficiarios se encuentran todos aquellos pequeños y medianos productores, no solo de la región cercana a la UNAJ, sino también de localidades vecinas como La Plata, Brandsen, San Vicente, entre otras.

Se debe destacar además que estas líneas de investigación impulsan la formación de recursos humanos en el área de IoT y aprendizaje automático, tanto de jóvenes docentes investigadores como de estudiantes de la UNAJ.

Palabras clave: *Internet de las Cosas, Aprendizaje automático, sector hortícola.*

Contexto

Las líneas de I/D presentadas en este trabajo están incluidas dentro del Programa TICAPPS (TIC en aplicaciones de interés social) de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), Resolución N° 064/17, bajo la dirección del Dr. Ing. Martín Morales.

1. Introducción

La Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ) se localiza en el partido de Florencio

Varela y tiene como área de influencia directa a los partidos de Berazategui, Quilmes y Almirante Brown. Estos partidos se encuentran en la denominada zona sur del Conurbano Bonaerense de la Provincia de Buenos Aires. El partido de Florencio Varela es uno de los municipios con mayor superficie rural dentro del Conurbano Bonaerense. Actualmente cuenta aproximadamente con unos 500 pequeños y medianos productores hortícolas, florícolas y frutícolas. En todos los casos, esta actividad está basada fundamentalmente en los cultivos intensivos, donde se busca maximizar la producción en espacios reducidos, utilizando un solo tipo de producto. En particular, dentro de la producción hortícola, las modalidades de producción son tanto a campo abierto como bajo cubierta (invernadero).

Una de las características sobresalientes de esta zona rural es que limita con áreas de similares características, con los partidos vecinos, lo que transforma a la subregión en estratégica para la producción de alimentos frescos de origen vegetal, tanto para el consumo directo como para la industrialización.

En los últimos años, la solidez del sistema productivo de los pequeños y medianos productores agroindustriales de la región, se ha visto resentida por los vaivenes de la economía y en algunos casos por condiciones climáticas adversas que afectaron en mayor proporción a los cultivos realizados a la intemperie, con el consiguiente aumento de los precios como consecuencia de la disminución de la oferta.

Esta actividad requiere, entre otras cosas, de la disponibilidad oportuna de datos, tanto del clima como del suelo y del agua, con el propósito de obtener cultivos sanos y buenos rendimientos. Sin embargo, la mayoría de los productores de esta región, presentan inconvenientes tales como:

- falta de información precisa, actual e histórica, de magnitudes climatológicas, del estado del suelo, del agua y del nivel de iluminación.
- insuficiente innovación tecnológica, dado que existe una carencia importante en cuanto a

la implementación de la tecnología informática de avanzada;

- mano de obra sin adecuada calificación, dado que muchas veces el problema no es la ausencia de información o de equipamiento tecnológico para este sector, sino el desconocimiento de la tecnología existente y de la utilización de la información brindada por ella;
- falta de una infraestructura adecuada;
- falta de capacitación en planificación y gestión;
- vulnerabilidad en el proceso de comercialización.

A su vez, los cultivos pueden ser afectados por diferentes amenazas, como por ejemplo las diversas malezas y/o plagas que pueden afectar a la producción y a los procesos de cosecha, ya que en algunos casos esto es un impedimento para acceder a los propios cultivos. Existe una gran diversidad de malezas que aparecen dependiendo principalmente de la zona geográfica y de la estación del año. La aparición de estos yuyos viene acompañada con la resistencia a herbicidas y la dificultad para controlarlos. Por lo tanto, es muy importante detectar rápidamente la manifestación de estas hierbas malas, para evitar su propagación y reducir su banco de semillas.

Por su parte, las plagas e insectos son otro de los factores que se deben tener en cuenta, también existe una gran diversidad de los mismos, poder lograr asociar las diferentes variables climáticas y ambientales a la aparición de estas plagas permitirá actuar a los productores logrando una menor pérdida de cultivos e incluso una menor utilización de productos químicos que podrían afectar las plantaciones y cultivos.

En general, los productores de dicha región no utilizan recursos renovables como fuente de suministro de energía. En el área de aplicación de las actividades propuestas, inmersa en el sistema interconectado, la energía eléctrica suministrada por la red puede minimizarse, y en el mejor de los casos anularse, mediante el aprovechamiento del recurso solar y/o eólico local.

Sin dudas, el extraordinario avance que viene teniendo en los últimos años la tecnología informática, permite pensar en diferentes estrategias que contrarresten estos inconvenientes. En este sentido, el uso de herramientas basadas en Internet de las Cosas (*IoT: Internet of Things*) y de algoritmos basados en aprendizaje automático (*Machine Learning*), representa una inmejorable oportunidad para:

- promover la vinculación tecnológica entre una Universidad Nacional y el sector socio-productivo agroalimentario de la región;
- generar conocimiento e innovación que permita incorporar la tecnología informática en el sector hortícola de la región;
- impulsar la formación de recursos humanos para el aporte de soluciones tecnológicas;
- aplicar los resultados obtenidos para la formación académica de los estudiantes, vinculando la teoría y la práctica, sobre una problemática concreta dentro del territorio de influencia de la Universidad;
- capacitar y acompañar a los pequeños y medianos productores de la región para el fortalecimiento de la actividad, mediante el uso de las herramientas de las Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC), en cuanto a la producción y al cuidado del medio ambiente.

2. Líneas de Investigación y Desarrollo

Las líneas de I/D que se presentan en este trabajo están basadas en el estudio y desarrollo de herramientas tecnológicas (hardware-software) basadas en Internet de las Cosas (*IoT*) y aprendizaje automático, que permitan brindar soluciones innovadoras de avanzada y de bajo costo, y que contribuyan a remediar las principales problemáticas que posee el sector hortícola en el territorio de la UNAJ. Las herramientas desarrolladas serán aplicadas para:

(a) obtener información precisa en tiempo real de magnitudes climatológicas, del estado del suelo, del agua y del nivel de iluminación.

(b) tomar decisiones apropiadas en pos de obtener el rendimiento óptimo de los recursos existentes y mejorar el desarrollo y producción de los cultivos intensivos.

(c) detectar e identificar malezas, las cuales pueden afectar a la producción de los cultivos intensivos de la región.

(d) detectar y/o predecir plagas de forma temprana para minimizar la pérdida de cultivos.

(e) minimizar el consumo de energía proveniente de la red eléctrica, y promover la utilización de energías alternativas.

3. Resultados y Objetivos

Resultados alcanzados:

Con respecto al inciso (a), las tareas desarrolladas hasta el momento han consistido en:

- la planificación, armado y pruebas de funcionamiento del hardware del sistema de monitoreo y control (sensores, memorias, unidades de procesamiento, etc.), teniendo en cuenta las necesidades del sector hortícola. El sistema se dividió en bloques funcionales que se desarrollan independientemente hasta el momento de la implementación del prototipo final. Sobre este punto queda pendiente la adquisición de diversos actuadores, y el armado y pruebas del bloque funcional correspondiente a estos componentes.

- el desarrollo del software de diferentes partes del sistema de monitoreo y control. Específicamente, se llevó a cabo la programación del software embebido para la lectura de los sensores; la programación de la interfaz de comunicación para la transmisión de datos entre los diferentes bloques funcionales (en particular, se utilizó el módulo GSM/GPRS, que permite transmitir información mediante las antenas celulares o Wifi); la programación de una aplicación web

para visualizar datos actuales, alarmas y gráficos, y una base de datos para el almacenamiento de la información histórica, que resulte simple e intuitiva para cualquier usuario. Quedan pendientes aún la programación del software embebido para la activación de los actuadores, la programación del algoritmo de control que procesa los datos y activa los actuadores y la programación de una aplicación móvil, con similares prestaciones que la aplicación web ya desarrollada.

Finalmente, quedan pendientes las pruebas de funcionamiento del sistema completo para las tareas de ajuste y calibración del mismo, y la instalación del sistema desarrollado en huertas de la región, para validar y ajustar su funcionamiento teniendo en cuenta los factores reales. Esta etapa permitirá comprobar además si el entorno desarrollado es amigable al usuario final.

Por su parte, los incisos (b), (c), (d) y (e) son líneas de estudio comenzadas recientemente.

Objetivos esperados:

Se espera continuar con el desarrollo e implementación experimental de un sistema IoT de monitoreo y control escalable, completamente autónomo independiente del usuario, y de bajo costo de realización, para ser instalado en huertas de la región y que permita obtener información útil y precisa en tiempo real de magnitudes climatológicas, del estado del suelo, del agua y del nivel de iluminación. Se espera incorporar al sistema nuevas funcionalidades, tales como: (i) modelos basados en aprendizaje automático para que, en base a la información recolectada por los sensores, el sistema pueda de manera inteligente tomar decisiones apropiadas en pos de obtener el rendimiento óptimo de los recursos existentes y mejorar el desarrollo y producción de los cultivos intensivos; (ii) modelos basados en aprendizaje profundo aplicado al procesamiento de imágenes para la detección, reconocimiento y clasificación de diferentes malezas que pueden afectar a la producción y a los procesos de cosecha de los cultivos de la región.

Se espera a través del desarrollo del sistema de control y gestión de energía basado en recursos renovables, promover el uso racional y eficiente de la energía y la utilización de energías alternativas en la zona de influencia de la UNAJ.

4. Formación de Recursos Humanos

Uno de los principales objetivos del Programa TICAPPS, dentro de la temática de las líneas de I/D presentadas en este trabajo, es la formación de recursos humanos, tanto de docentes investigadores como de estudiantes. En este sentido, se pretende que se familiaricen de manera práctica y teórica, tanto con las herramientas de Internet de las Cosas (sistemas embebidos, redes de comunicación de datos, uso de sensores y actuadores y desarrollo de una aplicación web y una aplicación móvil), como de las nociones fundamentales de los algoritmos basados en aprendizaje automático y profundo.

El equipo de trabajo de las líneas de I/D que se presenta está conformado por tres docentes investigadores formados (dos Doctores y un Magister), tres docentes investigadores en formación, y dos estudiantes avanzados, todos autores de este artículo. Actualmente, se encuentran en curso una Tesis de Doctorado y una beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas del Consejo Interuniversitario Nacional (Becas EVC – CIN), relacionadas directamente con las líneas de I/D presentadas. A su vez, todos los miembros docentes autores de este trabajo, participan en el dictado de asignaturas de la carrera de Ingeniería Informática de la UNAJ.

5. Bibliografía

- N. Nilsson. "Principles of Artificial Intelligence". Editorial Springer-Verlag. 1980.
- M. Jordan y T. Mitchell. "Machine learning: Trends, perspectives, and prospects", Science. Vol. 349, Issue 6245, pp. 255-260. 2015. DOI: 10.1126/science.aaa8415

- E. Alpaydin. "Machine Learning: The New AI". Editorial MIT Press. 2016.
- O'Reilly Radar Team. "Big Data Now". O'Reilly Media, 2016.
- A. Géron. "Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems". 2nd Edición. ". Editorial O'Reilly Media, 2019.
- S. Haykin. "Neural Networks. A Comprehensive Foundation". Editorial Prentice Hall. 1999.
- F. Chollet. "Deep Learning with Python". First edition. Manning Publications. 2017.
- I. Goodfellow, Y. Bengio y A. Courville. "Deep Learning". MIT Press, (2016).
- P. Waher. "Learning Internet of Things". Editorial Packt Publishing, 2015.
- Gubbi, J. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, 2013.
- Listado de malezas resistentes en Argentina <http://www.senasa.gob.ar/casos-confirmados-de-malezas-resistentes-en-argentina>
- Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa <http://agrovoz.lavoz.com.ar/agricultura/en-cordoba-yuyo-colorado-ya-ocupa-mas-hectareas-que-soja-y-maiz>
- K. Taretto. "Celdas Solares, Teoría, Ensayo y Diseño". Ed. Nueva Librería. Ed. 1º. 2015.