

Wireless Wine: Estimación de rendimiento y ubicación de sensores para la predicción de heladas en los viñedos

Diego Dujovne¹, Thomas Watteyne², Gustavo Mercado³,
Ana Diedrichs³, Carlos Taffernaberry³, Jorge Pérez Peña⁴

¹Escuela de Informática y Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería,
Universidad Diego Portales, Santiago, Chile
diego.dujovne@mail.udp.cl

²INRIA - Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique
Paris – France
thomas.watteyne@inria.fr

³GridTICs – Grupo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Departamento de Electrónica / Facultad Regional Mendoza / UTN
{gustavo.mercado, ana.diedrichs, carlos.taffernaberry}@gridtics.frm.utn.edu.ar

⁴INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
EEA Mendoza INTA
perezpena.jorge@inta.gob.ar

Abstract

Los productores de viñedos han estado reuniendo información operacional significativa sobre sus campos, y las fincas más avanzadas pueden producir varios años de datos sobre cómo se ha plantado, regado, fertilizado y cómo han madurado las uvas. A pesar de esta riqueza de datos operacionales, hoy en día no existe ninguna herramienta que pueda complementar y gestionar eficientemente estos datos para (1) proporcionar una previsión precisa del rendimiento y (2) predecir los efectos destructivos de los eventos de heladas. La previsión del rendimiento es el proceso para estimar la cantidad de producción de uva para cada sección de un campo en términos de kilos por unidad de superficie.

El primer objetivo de WirelessWine es desarrollar una solución basada en el “aprendizaje de máquinas” lista para usar, que combine la riqueza de la información operativa de los productores, los datos meteorológicos regionales, las estaciones meteorológicas a nivel de campo y los dispositivos de IoT desplegados directamente en el campo para proporcionar una previsión precisa del rendimiento.

En la región de Mendoza, las heladas han hecho que la producción de uva de 2016 sea un 40% inferior a la de 2015. Los productores pueden combatir un evento de heladas calentando el campo, pero tienen que saber que el evento de heladas viene con un par de horas de anticipación. Los pronósticos meteorológicos a escala regional no proporcionan la precisión necesaria para predecir de manera fiable los eventos de heladas. *El segundo objetivo del WirelessWine es identificar, de forma iterativa, la ubicación de los sensores (en el follaje, en el racimo, a diferentes alturas, etc.) que permite la predicción más precisa del evento de helada.*

Keywords: Industrial Internet of Things, Smart Agriculture, Yield Estimation, Frost Prediction, Vineyards, Wireless Sensors Networks, Machine Learning.

Contexto

Este proyecto constituye un equipo interdisciplinario y perfectamente complementario de los mejores expertos en agricultura (INTA), en IoT inalámbrica de baja potencia (Inria, UDP y gridTICs), y en aprendizaje automático (UTN). Este equipo de expertos trabaja en estrecha colaboración con los

productores de vino de clase mundial que proporcionan los problemas del mundo real a los que se enfrentan.

Los socios del proyecto provienen de Argentina, Chile y Francia, tres países en los que la elaboración de vino es una parte central de la cultura y la economía. La estrecha colaboración con los productores de vino, el enfoque pragmático orientado a las soluciones y las fuertes conexiones con la industria son garantías de la transferencia de la tecnología a la industria, además del excelente resultado académico del proyecto.

El proyecto cuenta con financiamiento del "Programa Regional STIC-AmSud 2018 (Investigación - Innovación)" bajo el nombre de "Wireless Wine" y el ID "19STIC-01".

Las instituciones asociadas son:

- Escuela de Informática y Telecomunicaciones - Universidad Diego Portales Santiago, Chile
- gridTICs - Grupo de I&D en Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza, Mendoza Argentina
- Equipo EVA - INRIA - Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique. París, Francia
- INTA - Estación Experimental Agrícola Mendoza - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA Mendoza INTA), Mendoza Argentina

1. INTRODUCTION

Motivación: Hoy en día, dentro de la industria del vino, hay dos problemas principales que afectan profundamente a su proceso de producción:

Previsión de rendimiento: Como se discutió en Chien [1], la estimación de la cosecha es fundamental. Si bien los agricultores esperan obtener la mejor fruta disponible para aumentar el precio del producto, también están interesados en proporcionar la máxima producción de sus campos. Dada la estimación, se puede calcular el momento de la cosecha, los costos y los gastos de transporte. Además, tanto la sobreexplotación como la subexplotación pueden generar retrasos en la maduración de los frutos y

problemas de enfermedades. Además, en lo que respecta a las bodegas, el error de estimación de la cosecha afecta a la logística de transporte y al espacio de almacenamiento, que se dimensionan y planifican de antemano para reservar recursos.

El método típico para estimar el rendimiento de un campo de viñedos implica la participación de varios, que se calculan a partir de muestras tomadas del viñedo para contar bayas y flores, y medir el tamaño de los racimos. Se trata de una tarea manual, y todas las muestras deben tomarse durante un período de tiempo reducido, para que la muestra sea válida, [2] y [3].

Los métodos estándar utilizan el muestreo de frutas; están dirigidos a los resultados en lugar de a la causa. Las muestras representan instantáneas de la evolución de las vides durante el crecimiento de las bayas, lo que da lugar a un proceso largo y costoso.

El rendimiento de la producción es muy sensible a las condiciones particulares del campo para el tipo de plantas, su edad, los diferentes tratamientos que se dan durante el proceso de maduración: riego y raleo entre otros, y las condiciones meteorológicas hasta la maduración. La relevancia de las condiciones climáticas en los viñedos se plantea como "clasificadores" de las diferentes regiones vitícolas del mundo en el trabajo de Tonietto [4], teniendo en cuenta el índice de sequedad, el índice heliotérmico y el índice de noches frescas. Walsh [5] describe el estado actual de la tecnología, proponiendo el uso de mediciones a macroescala desde satélites y a microescala desde sensores específicos para viñedos. El autor también cubre brevemente las aplicaciones que proponemos en este trabajo: mejorar la detección de heladas y la previsión del rendimiento, a partir de datos medio-ambientales.

Sabbatini y otros [6] describen el método del peso del racimo de la cosecha, el método de la fase de retardo (que mide durante el período en que las uvas dejan de crecer en tamaño) y el método del grado-día de crecimiento, mediante la inclusión de uno de los parámetros climatológicos.

A partir de nuestra investigación de campo

previa a esta propuesta, encontramos que los productores de vino (independientemente del tamaño de sus campos) sufren una intensa variabilidad en la producción, y los métodos estadísticos no han ayudado a reducir los errores de previsión del rendimiento.

Por último, el cambio climático global ha mostrado su influencia en los viñedos, como lo demuestran Orduña y otros. [7]. La consecuencia es la necesidad de obtener un conocimiento más profundo de la variabilidad del clima y del microclima y de construir modelos en torno a estos parámetros, a fin de proporcionar las herramientas para tomar mejores decisiones sobre el terreno. Además, Jones [8] destaca la necesidad de medir las condiciones climáticas en todas las escalas: macroescala, mesoescala, topoescala (clima del lugar) y microescala (hasta el nivel de la copa), como proponemos en el presente proyecto

Predicción de heladas: Sólo durante el 2016, más de 35000 hectáreas de viñedos fueron afectadas en Mendoza, Argentina, [9] [10]. Además, en Chile, las heladas provocaron una pérdida de hasta el 50% de la producción de viñedos durante el año 2013 en el valle de Casablanca, y afectaron la productividad de más de tres mil hectáreas de viñedos [11]. Ambas representan las regiones de producción de vino más relevantes de América Latina.

Además, un estudio del Instituto Tecnológico de Karlsruhe [12] advierte que los viñedos de Mendoza y San Juan, en Argentina, representan las regiones de mayor riesgo del mundo en cuanto a clima extremo y peligros naturales.

Los eventos de heladas son difíciles de predecir, dado que se trata de un fenómeno localizado. Pero un evento de helada puede destruir toda la producción en cuestión de minutos: incluso si el daño no es visible justo después del evento, los efectos pueden aparecer al final de la temporada, reduciendo tanto la cantidad como la calidad de la cosecha.

Existen varias medidas para contrarrestar las heladas, que incluyen calentadores de aire por medio de la quema de gas, gasolina u otros

combustibles, y la eliminación del aire utilizando grandes ventiladores distribuidos a lo largo del campo. Sin embargo, cada una de estas contramedidas es costosa. Por consiguiente, es fundamental predecir los episodios de heladas con la mayor precisión posible, a fin de iniciar la contramedida en el momento oportuno, reduciendo la posibilidad de que se produzcan falsos negativos o falsos positivos.

La experiencia adquirida en el proyecto STIC-AmSud PEACH [13], finalizado en 2017, que tenía el objetivo de detectar eventos de heladas en las parcelas de duraznos, proporcionará un punto de partida para construir una solución a la industria del vino. Aunque los viñedos tienen una estructura y un comportamiento diferentes a los de los durazneros, podemos aplicar los conceptos básicos de despliegue, combinando el IoT y algoritmos de aprendizaje automático como plataformas de desarrollo validadas.

Metodología

Proponemos utilizar la infraestructura de sensoramiento de IoT combinada con técnicas de aprendizaje automático para mejorar el proceso de previsión del rendimiento, incluyendo los datos meteorológicos recogidos en cada uno de las parcelas, complementados con los datos actuales e históricos captados por el productor.

El Internet de las Cosas ha evolucionado a partir de las antiguas redes de sensores inalámbricos como un concepto más amplio que abarca no sólo la conectividad de los dispositivos, sino todo el ámbito de la detección, la captura, el transporte, el procesamiento y la visualización. Además, la IoT es actualmente adoptada por la industria a nivel mundial como una de las tecnologías de más rápido crecimiento [14], lo que ha fomentado la necesidad de estandarización [15].

Actualmente, los estándares de comunicaciones de IoT incluyen las capas físicas de Time-Scheduled Channel Hopping y MAC [16], que proporcionan robustez contra las interferencias y eficiencia en el uso de la energía, 6LoWPAN [17] para soportar la conectividad desde cualquier dispositivo

conectado a Internet, el enrutamiento proporcionado por RPL (Protocolo de Enrutamiento para Redes de Baja Potencia y Pérdida) [18] que permite la escalabilidad y la disponibilidad, y CoAP [19] para soportar una capa de transporte transparente. Nuestros equipos tienen una amplia experiencia de trabajo en esta área obtenida de sus anteriores despliegues de campo, específicamente en escenarios agrícolas, y trabajos de investigación, incluyendo el desarrollo de aplicaciones y tareas de estandarización.

El uso del Aprendizaje Automático, una de las herramientas más utilizadas en el campo de la investigación de la Inteligencia Artificial, se ha aplicado a las más diversas áreas [20] en las que los problemas no podían ser resueltos por modelos analíticos estándar o enfoques estadísticos. Proponemos, a partir de la experiencia actual del proyecto PEACH, utilizar estas técnicas para analizar datos actuales e históricos y generar resultados como herramientas de estimación para mejorar la predicción de heladas y la previsión de rendimientos en viñedos.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo general del proyecto es utilizar la información microclimática para anotar conjuntos de datos con características para:

- Comprender el impacto de la temperatura, la humedad y otros factores en el proceso de maduración en los viñedos para mejorar la predicción del rendimiento
- Identificar las ubicaciones más significativas de los sensores en los viñedos para la predicción de heladas, utilizando los resultados de proyectos anteriores, para despliegues de IoT y técnicas de aprendizaje automático.

Los objetivos específicos son:

1. Especificar las características que se utilizan actualmente para la predicción de rendimientos, tanto cuantitativos como cualitativos
2. Identificar nuevas características del medio ambiente como candidatas para mejorar la predicción del rendimiento y caracterizar las mediciones requeridas
3. Crear un prototipo de despliegue de medidas basadas en IoT en un campo de viñedos de pruebas.

4. Reutilizar el Modelo de Aprendizaje Automático del proyecto PEACH para predecir los eventos de heladas en los viñedos, y probar la precisión de la solución
5. Identificar las ubicaciones de los sensores que dan la predicción más precisa de la helada
6. Diseñar un nuevo Modelo de Aprendizaje de Máquinas para predecir el rendimiento de la producción y probar la precisión de la solución
7. Complementar los datos del sensor del campo con datos históricos de muestreo de bayas y racimos de los productores.
8. Generar una primera campaña de medición con un diseño inicial predeterminado.
9. Generar una segunda campaña de medición con un diseño mejorado según los resultados de la localización.
10. Extraer los resultados de cada una de las campañas y publicar los resultados.

4. CONTRIBUCIONES

Los tres grupos que participan en este proyecto han desarrollado, implantado y desplegado sistemas de IoT para diferentes tipos de aplicaciones, incluidas las plataformas agrícolas, ambientales, de transporte y experimentales, lo que proporciona una sólida base para el trabajo en conjunto. Además, la sinergia entre los grupos puede demostrarse mediante la evolución del proyecto PEACH, que fue el resultado de la colaboración mutua en materia de detección e instrumentación para parcelas de duraznos.

3.1 FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

UDP: Universidad Diego Portales [Chile]

Estudiantes universitarios desarrollarán sus proyectos de programa final de acuerdo con los objetivos del proyecto Wireless Wine.

UTN: [Argentina]

El grupo gridTICS tiene seis estudiantes de licenciatura, un ingeniero electrónico y dos estudiantes de posgrado que colaborarán en el desarrollo de este proyecto. La ingeniera Ana Diedrichs es estudiante de doctorado y su tema de investigación es la predicción de heladas utilizando el aprendizaje automático y las redes de sensores inalámbricos.

Inria: Institut National de Recherche en

Informatique et en Automatique [Francia]

Los principales contribuyentes a este proyecto son un docente/investigador y dos post-doctorandos.

REFERENCIAS

- [1] Chien, M. "Crop Estimating in Vineyards" Technical Booklet (2009), College of Agricultural Sciences, Penn State University.
- [2] Dunn, G. M. "Yield forecasting." *Technical Booklet* (2010).
- [3] B. Komm, and M. Moyer. "Vineyard yield estimation." (2015).
- [4] J. Tonietto, and A. Carbonneau. "A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide." *Agricultural and Forest Meteorology* 124, no. 1 (2004): 81-97.
- [5] P. Walsh, "In Vino Veritas On Wine, Weather and Climate", The Weather Channel, March 25, 2017.
[<https://weather.com/farming/news/weathers-effect-grapes-andwine-20140325>]
- [6] P Dami, I Sabbatin and G. Howell "Predicting Harvest Yield in Juice and Wine Grape Vineyards.", 2012
- [7] De Orduna, R. Mira. "Climate change associated effects on grape and wine quality and production." *Food Research International* 43, no. 7 (2010): 1844-1855.
- [8] G. Jones, R. Reid, and A. Vilks. "Climate, grapes, and wine: structure and suitability in a variable and changing climate." In *The Geography of Wine*, pp. 109-133. Springer Netherlands, 2012.
- [9] L. Saieg, Los Andes. "Casi 35 mil hectáreas afectadas por heladas" November 20th, 2016, Mendoza, Argentina [In spanish] [<http://www.losandes.com.ar/article/casi-35-mil-hectareas-de-vid-afectadas-por-heladas>].
- [10] A. Barnes, Decanter.com, "El Nino hampers Argentina's 2016 wine harvest", May 23rd, 2016, United Kingdom. [<http://www.decanter.com/wine-news/el-nino-argentina-2016-wine-harvest-305057/>].
- [11] Bayer, "Viñas de casablanca estiman pérdidas por usd 14 millones," October 2013, <http://www.cropscience.bayer.cl/noticias/vernoci a.asp?id=3121>
- [12] M. Lehné, Karlsruhe Institute of Technology, "Winemakers lose every year millions of dollars due to natural disasters", Germany, April 26th, 2017.
[http://www.kit.edu/kit/english/pi_2017_051_winemakers-lose-billions-of-dollars-everyyear-due-to-natural-disasters.php].
- [13] A. L. Diedrichs, F. Bromberg, D. Dujovne, K. Brun-Laguna and T. Watteyne, "Prediction of Frost Events Using Machine Learning and IoT Sensing Devices", in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 6, pp. 4589-45Co-Authors: Thomas97, Dec. 2018. DOI: 10.1109/JIOT.2018.2867333
- [14] L. Columbus. "Roundup of Internet of Things Forecasts and Market Estimates, 2016" *Forbes.com*, November 27th, 2016.
[<https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2016/11/27/roundup-of-internet-of-thingsforecasts-and-market-estimates-2016/#13a440a6292d>]
- [15] M. Palattella, N. Accettura, X. Vilajosana, T. Watteyne, L. Grieco, G. Boggia, and M. Dohler. "Standardized protocol stack for the internet of (important) things." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 15, no. 3 (2013): 1389-1406.
- [16] IEEE Standard for Information technology: Local and metropolitan area networks Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs). IEEE St. 802.15.42006.
- [17] G. Mulligan, "The 6LoWPAN architecture." In *Proceedings of the 4th 34 workshop on Embedded networked sensors*, pp. 78-82. ACM, 2007.
- [18] T. Watteyne, A. Molinaro, M. Richichi, "From manet to ietf roll standardization: A paradigm shift in wsn routing protocols." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 13, no. 4 (2011)
- [19] C. Bormann, A. P. Castellani, and Z. Shelby. "Coap: An application protocol for billions of tiny internet nodes." *IEEE Internet Computing* 16, no. 2 (2012): 62-67.
- [20] M. Jordan, and T. Mitchell. "Machine learning: Trends, perspectives, and prospects." *Science* 349, no. 6245 (2015)