

Campo+Meteorología+IA: Predicción Temprana de Rinde para Kiwi

Alfredo Massacesi¹, Alejandra Yommi², Silvia N. Pérez¹, Jorge Lozano², María Angela David², Dante Mendoza¹, and Federico Balaguer³

¹ Universidad Nacional del Oeste, Argentina {sperez, amassacesi}@uno.edu.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina

yommi.alejandra@inta.gob.ar

³ Stream S.A.

federico.balaguer@digital-stream.com.ar

Abstract. Este trabajo presenta un proyecto en el área de Tecnología Agrícola que busca desarrollar un modelo de predicción temprana de rendimiento para el cultivo de Kiwi. En el proyecto, que aún está en curso, colaboran dos instituciones del sistema científico de Argentina y una empresa de base tecnológica: Universidad Nacional del Oeste, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y Stream S.A. Las actividades, derechos y obligaciones de cada una, se encuentran establecidas en un Convenio de Investigación y Desarrollo firmado recientemente. Cada una de las partes aportan su *expertise* y contribuyen al desarrollo tecnológico para facilitar y optimizar la producción de kiwi mediante la aplicación de herramientas de Inteligencia Artificial.

Keywords: Industria Agropecuaria · Investigación y Desarrollo · Kiwi.

1 Introducción

El kiwi es una planta perenne introducida en Argentina a fines de los años '80. El área plantada muestra un crecimiento muy marcado y sostenido a partir del año 2003, sumando en la actualidad aproximadamente 1000 hectareas en todo el país. Alrededor de la mitad de la superficie se encuentra en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, en los alrededores de Mar del Plata (Sierra de los Padres, Chapadmalal, Batán), extendiéndose hasta El Dorado, Miramar, Mar del Sud y Macedo. En esta zona se han asentado productores que pueden catalogarse según el área dedicada al kiwi en: pequeñas (1 a 10 hectareas) y medianas (10 y 30 has). Por otro lado, ha acompañado el desarrollo antes mencionado un ecosistema de empresas que dan soporte a la producción como son las plantas de empaque. Una planta de empaque está equipada con líneas mecanizadas para la determinación del tamaño de los frutos, cámaras de frío, cámaras de atmósferas controladas, pre-enfriamiento y catalizadores de etileno.

El volumen producido se destina principalmente al mercado interno, que es abastecido hasta en un 50% de su demanda (David et al., 2018). El resto se cubre con kiwi importado de Chile e Italia. Las exportaciones son aún bajas en

volumen, pero hay una demanda creciente del mercado externo, sobre todo de Europa que produce kiwi en contra-estación (Yommi et al., 2023).

La producción de esta fruta es de tipo intensivo, y con una alta demanda de mano de obra durante la poda y atado, polinización, raleo y cosecha. Los planteos productivos apuntan a lograr altos rindes, acompañado de buen tamaño y calidad de fruta, sin descuidar el medio ambiente. En ese sentido, una tarea habitual es la de contar manualmente las yemas, y frutos jóvenes para evaluar la intensidad de poda y hacer una estimación de rendimiento, respectivamente. En cada caso, esa información es utilizada por los productores para tomar decisiones sobre las tareas a realizar en cada cuadro. Por ejemplo, si la cantidad de yemas por unidad de superficie es demasiado alta, se planteará un aumento de la intensidad de poda; si hubiese una densidad de frutos demasiado alta en el momento de cuaje, se raleará un porcentaje para lograr un buen balance entre número de frutos y calidad (tamaño y contenido de materia seca) y permitir que la planta pueda mantener sus reservas y su productividad al año siguiente.

2 Génesis del Proyecto

Como parte de la cooperación entre INTA Balcarce y Stream se identificó la necesidad de los productores de tener una herramienta que permitan contar de forma automática los diferentes órganos vegetativos y reproductivos. En la actualidad, la dichas tareas de manera manual. Siguiendo con el análisis de las necesidades de los productores, se entendió que también existía la necesidad de poder predecir el rinde de una campaña lo más temprano posible. Esto es, idealmente, se debería poder estimar el rinde del conteo de yemas a comienzo de la primavera (Pérez et al., 2022).

La factibilidad de realizar el conteo de órganos vegetativos y productivos mediante la utilización de tecnologías de detección de objetos en imágenes está comprobada en muchas aplicaciones, particularmente en el área de producción frutihortícola (Xia et al., 2022; Hussain et al., 2022). Para poder realizar la estimación temprana de rinde es necesario tener en cuenta, además de contar con el conteo antes mencionado, datos meteorológicos que afectan el desarrollo de las plantas y conteos manuales en campo (Dejean et al., 2021).

Algún tiempo después, cuando la Universidad Nacional del Oeste estaba formando un grupo de investigación y desarrollo en el área de Inteligencia Artificial, se planteó la posibilidad de encarar el proyecto con la participación de las tres entidades.

3 Conformación del grupo

En el proyecto se propone la identificación, conteo y seguimiento de yemas, botones florales y frutos pequeños en parcelas con una determinada superficie ubicadas en una plantación de kiwi. Esto se realiza mediante la utilización de métodos de *deep learning* para detección de objetos en imágenes. Estos conteos

se utilizan luego, sumado al conocimiento de variables meteorológicas observadas, como insumo para un modelo que permita predecir el número de frutos en cosecha. La Fig. 1 muestra un esquema de este proceso.



Fig. 1. Proceso

A partir de los objetivos planteados, las tareas se distribuyen según la *expertise* de cada una de las partes:

Equipo INTA: Formado por miembros del Grupo de Frutihorticultura y Manejo Poscosecha de INTA Balcarce, quienes aportan la relación con los productores de kiwi, los conocimientos agronómicos para hacer interpretaciones y validación de los modelos, así como coordinar y realizar el trabajo en campo, lo cual incluye: capturas de imágenes, conteos manuales, y seguimiento de las parcelas bajo estudio.

Equipo UNO: Formado por un equipo de especialistas en Informática e investigadores del área Estadística Aplicada, quienes se ocupan de la puesta a punto de modelos de redes neuronales convolucionales para la detección de objetos en imágenes, así como también del ajuste de modelos estadísticos para lograr la predicción del rendimiento de cosecha.

Equipo Stream S.A.: Formado por la unidad de negocio AgTech, se ocupa de la captura de datos meteorológicos y la interpretación de los mismos. La captura de datos se realizan utilizando una solución de sensores desarrollado por la empresa (FlareSense) y la interpretación de los datos incluye algoritmos en la nube utilizando una plataforma desarrollada a tales efectos (AgroSemantics).

4 Aspectos Formales

Los aspectos organizacionales del trabajo colaborativo a llevar a cabo tienen que ver con cuestiones operativas, firmas de acuerdos y discusiones respecto a la propiedad intelectual, y se fueron dando de manera orgánica.

En los inicios, las personas con mayor experiencia y responsabilidad dentro de cada una de las partes mantuvieron el foco para dar los primeros pasos que comenzaron con la formulación de un problema y una hipótesis de trabajo para luego llegar coordinar tareas de campo en Balcarce/Miramar (INTA y Stream) y desarrollos de soluciones para análisis de imágenes en UNO.

Cabe destacar que cada una de las partes tiene diferentes maneras de administrar la participación. Para el INTA, cada año es una campaña y como la producción frutícola, no se rige por el calendario sino que las campañas suelen atravesar dos años consecutivos. Por ejemplo, en kiwi, la brotación comienza

en octubre y la cosecha se inicia en mayo, aunque durante el invierno y parte de la primavera es esencial hacer un seguimiento de las temperaturas y evaluar algunas variables como acumulación de horas de frío y ocurrencia de heladas debido a la influencia que tienen sobre la producción de fruta. Para la UNO, en cambio, las tareas de investigación y desarrollo se plantean como proyectos bianuales. Para Stream, por su parte, este es un proyecto de Investigación y Desarrollo multianual. Esto indica que el mismo término 'proyecto' está cargado de diferentes significados dependiendo de quién lo utiliza.

La formalización del acuerdo bajo el que se está desarrollando el trabajo comenzó a mediados del año 2022 y culminó a finales del año 2023. Las tres partes se encuentran vinculadas por un Convenio de Investigación y Desarrollo INTA – UNO – STREAM S.A, firmado en octubre del 2023. En líneas generales, el acuerdo plasma el interés de cada una de las partes de trabajar conjuntamente y la intención de que la *propiedad intelectual* generada conjuntamente es compartida por todas las partes. Todo uso de la propiedad intelectual, servicios o productos derivados de la misma debe tener el consentimiento de todas las partes. A tales efectos se creó un grupo de dirección conformado por un integrante de cada una de las partes.

5 Conclusiones y Trabajo Futuro

Los avances logrados hasta el momento permiten inferir que los modelos de IA desarrollados podrán reemplazar el conteo manual *in situ* por el conteo automático. Así también, la predicción del rendimiento productivo permitirá ajustar de modo sustentable los insumos necesarios para la producción, gestionar anticipadamente las necesidades operativas para la cosecha y controlar de modo más eficiente la capacidad de almacenamiento, así como gestionar la venta y distribución.

En el marco del convenio entre las partes, se presentó a una convocatoria de la Subsecretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Buenos Aires. En la presentación, se proponía desarrollar el prototipo acoplable a un vehículo (cuatrimotor), con cámaras giro-estabilizadas para hacer capturas de imágenes y la posterior detección en la nube de distintos órganos vegetales de la plantación de kiwi. Si bien la propuesta no obtuvo financiamiento, sirvió como prueba de las posibles derivaciones tecnológicas y también demostró que era posible hacer tales desarrollos dentro del marco acuerdo entre las partes. INTA se encargaría de ensamblar el prototipo, UNO proveería los algoritmos de procesamiento de imágenes y Stream aportaría las bases giro-estabilizadas para las cámaras y la infraestructura de comunicación y computo en la nube. Otros logros alcanzados son la presentación de sendos trabajos en conferencias (Dejean et al., 2021) (Pérez et al., 2022) y una trabajo final de grado de un alumno que tiene activa participación en el proyecto (Mendoza 2021).

La experiencia lograda por equipo de trabajo interdisciplinario involucrado en este proyecto, permitirá encarar nuevos desarrollos relacionados con detección automática de objetos, particularmente, aplicables en otros cultivos frutihortícolas. Queda en el camino de esos desarrollos lograr un nivel de madurez tecnológica

que permita productivizar una solución que sea comercializable o licenciable con el aval de las partes.

References

1. David, M.A., Yommi, A., Sánchez, E.: Fenología del cultivo de kiwi en el sudeste de Buenos Aires. <https://inta.gob.ar/documentos/fenologia-del-cultivo-de-kiwi-en-el-sudeste-de-buenos-aires>.(2018)
2. Dejean, Gustavo A ; Balaguer, Federico ; Yommi, Alejandra ; Doorn, Jorge Horacio ; David, María A ; Murillo, Natalia L ; García Ravlic, Ignacio A ; Mendoza, Dante H. 2021. Integración del Procesamiento Imágenes e Internet de las Cosas en la estimación temprana del rendimiento de cultivos frutales. XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC), Chilecito, La Rioja
3. Yommi, A. K.; David, M. A.; Miglioli Lozano, J. R. 2023. Producción, exportación y características del mercado interno del kiwi. **Vision Rural** 30, 147 : 33-38 <http://hdl.handle.net/20.500.12123/154616>. (2023).
4. Hussain, D.; Hussain, I.; Ismail, M.; Alabrah, A.; Ullah, S.; Alaghbari, H.: A Simple and Efficient Deep Learning-Based Framework for Automatic Fruit Recognition. **Computational Intelligence and Neuroscience**, vol. 2022, Article ID 6538117. (2022)
5. Mendoza, Dante. 2021. Trabajo Final de Grado: Estimación temprana de rendimiento del cultivo de kiwi mediante el procesamiento de imágenes. Universidad Nacional del Oeste, Merlo, Buenos Aires.
6. Pérez, Silvia N. ; Dejean, Gustavo A ; Giuliano, Mónica ; Yommi, Alejandra ; David, María A ; Murillo, Natalia L ; Balaguer, Federico ; García Ravlic, Ignacio A ; Mendoza, Dante H. 2022. Detección de yemas brotadas para la estimación temprana del rendimiento de una plantación de kiwi. XXIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC), Mendoza
7. Xia, X.; Chai, X.; Zhang, N.; Zhang, Z.; Sun, Q.; Sun, T.: Culling Double Counting in Sequence Images for Fruit Yield Estimation. **Agronomy**, 12, 440 (2022).