

## PROYECTOS SIIP-CONVOCATORIA 2021

**DIRECTOR:** Dr. Ing. Emmanuel N. Millán

**CO-DIRECTOR:** Dr. Ing. Luis Chiaramonte

**INTEGRANTES:** Mgtr. Ing. Marcos Montoya, Federico Framarini, Dr. Ing. Lucas Iacono, Mgtr. Ing. Julieta Dalmasso, Dr. Ing. Florencia Noemi Ferrari, Lucas Agustin Becerra, Mgtr. Ing. Paula C. Martinez

**TIPO DE PROYECTO:** 4

### 1- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

#### Estado actual de conocimientos sobre el tema

El diagnóstico por imagen aplicado al sector agroindustrial está cada vez más consolidado. Podemos encontrar empresas y aplicaciones al servicio del sector para resolver problemas en diferentes áreas dentro de la industria, como también para mejorar o hacer más eficientes los procesos de trabajo, lo cual impacta tanto en ahorro de energía como así también en la disminución de los costos.

Una de las aplicaciones que están en desarrollos es la estimación de cosecha de frutas, lo que permite entre otras cosas identificar con antelación el volumen a cosechar y la logística que se organiza alrededor de estas actividades. También se encuentran aplicaciones que mediante el análisis de imágenes pueden detectar plagas o enfermedades en cultivos o identificar diferentes tipos para luego tratarla con los agroquímicos específicos en lugar de usar genéricos que en general son menos eficientes.

Lo que tienen en común estas aplicaciones es que utilizan el mismo algoritmo de reconocimiento de imagen, al cual se lo entrena para el reconocimiento de los diferentes tipos de fruta, maleza o enfermedades.

Actualmente, una gran cantidad de autores han abordado el problema de realizar un pronóstico en vid mediante la automatización del proceso de recuento de racimos en la planta. En [Aquino2017], Aquino et. al. proponen el desarrollo de una aplicación para smartphones basada en algoritmos de aprendizaje automático supervisado para contar la cantidad de uvas en cada racimo. Los autores utilizan dos algoritmos, uno basado en redes neuronales (NN) y otro en Support Vector Machine (SVM) entrenados con un dataset de 152 imágenes.

En [Aquino2018] los mismos autores montan sobre un cuatriciclo una cámara digital con sistema de iluminación para capturar imágenes de las vides y estimar el rendimiento de cosecha. Esto permite realizar la captura de imágenes a mayor velocidad que en otros trabajos del estado del arte donde se utilizan tractores con velocidad reducida. Además, los autores utilizan una cámara con un dispositivo estabilizador tipo "gimball" el cual permite realizar las capturas de las imágenes compensando las vibraciones del vehículo y un sistema de iluminación ya que las fotos son capturadas a la noche para evitar la interferencia de la radiación solar.

Técnicas similares se han utilizado para la detección de las etapas de crecimiento de manzana [Tian2019] y la detección de uvas en Coviello et al. [Coviello2019].

El cuatriciclo presenta ventajas con respecto al tipo de imagen que puede capturar de un espaldero de vid y de otros frutales, comparado con el tipo de imagen que puede tomar un drone que debe sobrevolar los espalderos a una distancia de 2.5 a 3.5 metros de altura y capturar las imágenes con un ángulo de inclinación determinada. El drone tiene la ventaja de facilidad de transporte hacia los campos, facilidad de uso y automatización.

El equipo de trabajo del ITU, de la Facultad de Ciencias Agrarias y del INTA, que están trabajando sobre la identificación de racimos de uva, ha avanzado sobre el estudio e implementación de algoritmos de Machine Learning para la detección de los mismos en espalderos. Dicho trabajo se vio enmarcado dentro del proyecto de la SIIP Tipo 4 2019 UNCuyo titulado “Mejora del pronóstico de cosecha de vid mediante tecnologías de machine learning, computación distribuida y robótica”.

En dicho proyecto se trabajó con imágenes capturadas en fincas de Junín y principalmente en el predio del INTA en Luján de Cuyo. Se utilizaron cámaras de celulares para capturar los espalderos de vid a una distancia aproximada de 1 metro y luego se realizaron capturas con un dron (adquirido para este proyecto con el aporte del proyecto SIIP y fondos del ITU).

Luego de la captura de imágenes, estas fueron etiquetadas con el software LabelImg<sup>1</sup> que permite indicar con un rectángulo y un nombre a cada objeto que se desea que los algoritmos de Machine Learning identifiquen.

Como algoritmo de Machine Learning se utilizó la arquitectura YOLOv3 [Redmon2016, Redmon2018]. El algoritmo está incluido dentro de la biblioteca de Python ImageAI<sup>2</sup> que se integra con Tensorflow y se ejecuta en aceleradoras GPU (Graphics Processing Units). Para realizar el análisis de las imágenes se utilizó la infraestructura de hardware disponible en el Cluster Toko de FCEN-UNCuyo.

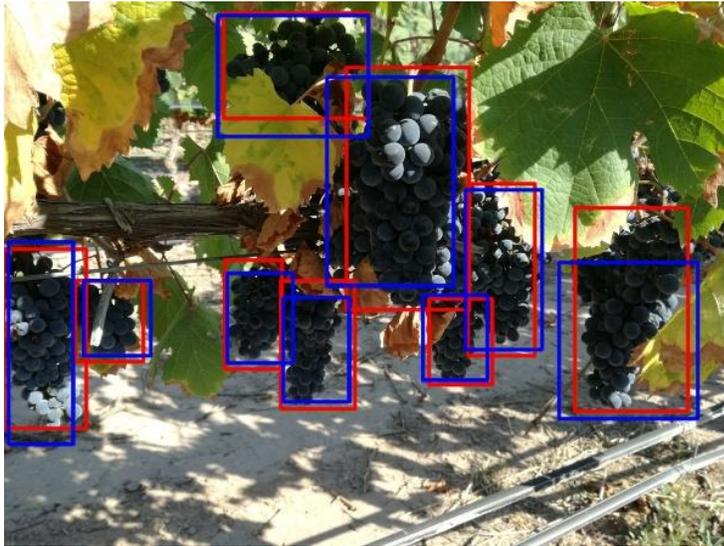
De los trabajos realizados surgieron una publicación en un congreso nacional de informática (con referato) y el desarrollo de una tesina de grado llevada adelante por la estudiante Lic. Tatiana Parlanti (Lic. en Ciencias Básicas con orientación en Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNCuyo). La tesina fue dirigida por el Director de esta propuesta de proyecto. En dicha tesina se estudió la detección de racimos de uva con las fotos capturadas desde celulares. Se etiquetaron las imágenes capturadas, se realizó el entrenamiento de las redes neuronales analizando distintos parámetros de las mismas, y se compararon los resultados para llegar a un modelo que llega a detectar correctamente un 96% de los racimos de uva [Parlanti2021].

En la publicación en el congreso nacional [Parlanti2020] estudiamos distintas técnicas de aumento de datos, aplicando filtros sobre las imágenes esperando mejorar la detección de los racimos. Esto nos permite tener conocimiento sobre cuáles filtros son mejores para expandir el set de entrenamiento y capturar menos imágenes en campo.

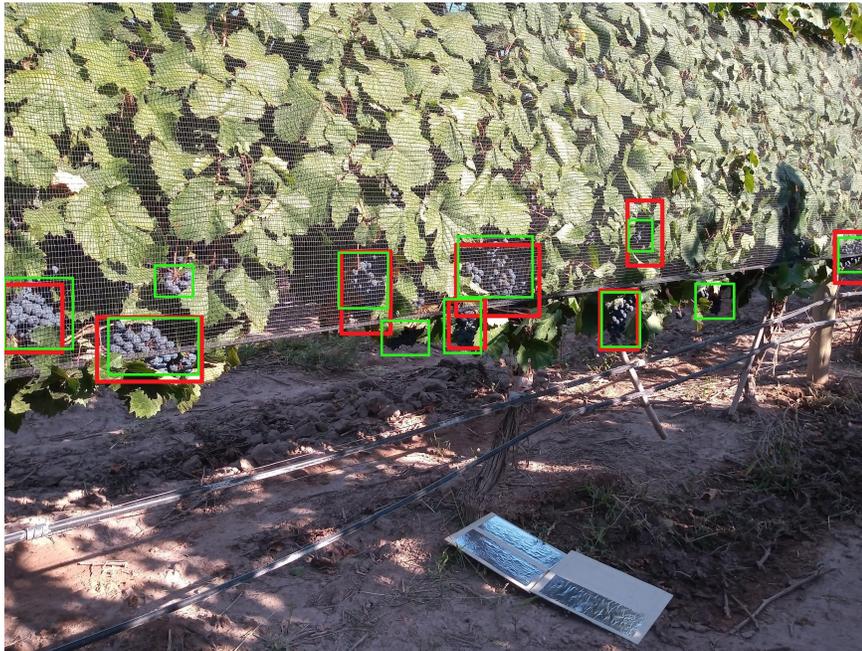
La siguiente imagen muestra uno de los resultados obtenidos [Parlanti2021, Parlanti2020] sobre la detección de racimos de uva en imágenes capturadas por integrantes del proyecto. En dicha imagen se observan los racimos etiquetados en rojo y los racimos detectados por la red neuronal en azul.

<sup>1</sup> LabelImg: <https://github.com/tzutalin/labelImg>

<sup>2</sup> Image AI: <https://github.com/OlafenwaMoses/ImageAI/>



El modelo también detecta racimos cuando el espaldero tiene malla antigranizo como se puede observar en la siguiente imagen.



Con estos dos trabajos realizados podemos continuar trabajando sobre las imágenes del drone y expandir el área de estudio. De la misma forma que capturamos imágenes con el drone para detección de frutos, se puede utilizar el mismo sistema para detectar malezas o especies invasoras en los cultivos. Este trabajo también permite identificar qué tipo de malezas están presentes y asistir a los agricultores en la erradicación de las mismas. Existen trabajos previos sobre la identificación de malezas en cultivos utilizando drones. En Pusedá-Chulde et. al. [Pusedá2021] utilizan un drone DJI Mavic 2 Pro para capturar imágenes en cultivos de maíz y detectar las líneas de cultivo y las malezas (sin detectar el tipo de maleza).

## Referencias

- [Redmon2016] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A.: You only look once: Unified, real-time object detection. In: 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). IEEE (jun 2016)
- [Redmon2018] Redmon, J., Farhadi, A.: Yolov3: An incremental improvement (2018), <http://arxiv.org/pdf/1804.02767v1:PDF>
- [Aquino2018] Arturo Aquino, Borja Millan, Maria-Paz Diago, Javier Tardaguila. Automated early yield prediction in vineyards from on-the-go image acquisition. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 144, 2018, Pages 26-36, ISSN 0168-1699, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.11.026>.
- [Aquino2017] Arturo Aquino, Maria P. Diago, Borja Millán, Javier Tardáguila. A new methodology for estimating the grapevine-berry number per cluster using image analysis. *Biosystems Engineering*, Volume 156, 2017, Pages 80-95, ISSN 1537-5110, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.12.011>.
- [Coviello2019] Coviello, L., Cristoforetti, M., Jurman, G., & Furlanello, C. (2019). In-field grape berries counting for yield estimation using dilated CNNs. *arXiv preprint arXiv:1909.12083*.
- [Tian2019] Tian, Y., Yang, G., Wang, Z., Wang, H., Li, E., & Liang, Z. (2019). Apple detection during different growth stages in orchards using the improved YOLO-V3 model. *Computers and electronics in agriculture*, 157, 417-426.
- [Parlanti2021] Parlanti, Tatiana Sofía. Estudio de técnicas de aprendizaje automático en el análisis de imágenes para pronóstico de cosecha: (Tesina de grado). Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Dirección URL del informe: <https://bdigital.uncu.edu.ar/16571>.
- [Parlanti2020] Parlanti, T. S., Lobos, A. M., Moyano, L. G., & Millán, E. N. (2020). Image augmentation for object detection of grapevines. In XXVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC) (Modalidad virtual, 5 al 9 de octubre de 2020). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/113261>
- [Pusda2021] Pusdá-Chulde, M., Robayo, A., Giusti, A. D., & García-Santillán, I. (2021, June). Detection of Crop Lines and Weeds in Corn Fields Based on Images Obtained from a Drone. In Conference on Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics (pp. 31-45). Springer, Cham.

## Formulación y fundamentación del problema a investigar

El desarrollo del proyecto se ha visto condicionado por la temporalidad de la fruta que se quiere identificar, en este caso la vid con la que se puede trabajar solo dos meses al año. Esto ha limitado el tiempo y la cantidad de imágenes con la que entrenar el algoritmo. Además, se han identificado otras necesidades en el sector agrícola de Mendoza que se podrían resolver utilizando el mismo modelo de Machine Learning, como es el caso de la identificación de variedades de maleza y el caso del pronóstico de cosecha en el resto de frutas. Con esto no solo podemos ampliar la variedad de frutas y maleza con las que podemos trabajar y solucionar eventuales problemas, sino también, garantizar que el algoritmo permanezca en fase de entrenamiento durante todo el año y así lograr el funcionamiento óptimo que se requiera para este tipo de estudios disminuyendo el error de estimación.

## Hipótesis de Trabajo

La incorporación de tecnología en el proceso de estimación de cosecha de diversos frutales y la detección de malezas, permitirá disminuir el error de estimación y el consumo de herbicidas, el impacto de esta información mejorará la planificación y producción en la industria agrícola.

## Objetivos

Desarrollar los mecanismos y procedimientos para realizar diagnóstico por imagen en el sector agroindustrial basado en Aprendizaje Automático con el fin de detectar frutales y malezas.

### *Objetivos Específicos:*

- 1) Desarrollar un proceso de trabajo para el procesamiento de imágenes en entornos de computación de alto desempeño y algoritmos de aprendizaje.
- 2) Disminuir el margen de error en los pronósticos de cosecha.
- 3) Optimizar el uso de herbicidas para el tratamiento de maleza
- 4) Optimizar los costos logísticos en el tratamiento de maleza

### **Metodología**

#### **Medios y recursos disponibles**

El grupo de trabajo tiene acceso a equipamiento computacional para realizar el análisis de las imágenes, (i) Cluster HPC Toko - UNCUIYO: 5 nodos AMD Opteron de 64 núcleos y 128 GB RAM por nodo, y 2 nodos AMD Epyc de 32 núcleos por equipo y 128 GB c/u, (ii) Acceso a diversas GPUs de alta gama utilizadas para programación y análisis de datos: NVIDIA Titan X, NVIDIA GeForce GTX750i y NVIDIA Titan Xp.

Las imágenes se pueden capturar con el dron utilizado en el proyecto SIIP tipo 4 y de ser necesario el INTA puede proveer imágenes capturadas con cámaras multiespectrales.

#### **Resultados esperados**

##### *Repositorio de Imágenes*

Las primeras actividades a desarrollar permitirán obtener un repositorio compuesto por imágenes capturadas con dron en distintos cultivos, como vid, cereza, durazno, entre otros.

##### *Modelos entrenados para la detección de objetos con Redes neuronales*

Las imágenes contenidas en el banco, nos permitirán llevar a cabo el entrenamiento de las redes neuronales y la realización de pruebas de detección de los frutos. Estas mismas imágenes podrán ser utilizadas para detectar malezas.

##### *Protocolos de trabajo*

La detección de los frutos y malezas en las imágenes nos permitirá obtener dos resultados fundamentales para el proyecto: la identificación del frutal y el tipo de maleza, y el conteo o la cuantificación de los frutos y de las plantas de malezas vistas por el dron.

La cuantificación de los frutos nos permitirá estimar la producción de cosecha en la parcela estudiada y posteriormente la comparación entre el resultado generado por nuestra estimación y la cosecha real.

##### *Análisis de costos en el proceso de logística en el tratamiento de malezas*

La identificación de la maleza nos permite determinar el herbicida apropiado a utilizar y una estimación de la cantidad necesaria, además, podremos calcular el costo del herbicida (comparando lo utilizado en los tratamientos con herbicidas genéricos contra el tratamiento con herbicidas específicos) y el tiempo necesario para fumigar la parcela (comparando los tiempos empleados en tratamientos convencionales contra los tiempos utilizados en tratamientos con herbicidas específicos)

Finalmente, todo lo desarrollado, tanto imágenes como el código/software necesario para realizar el análisis quedará disponible para uso tanto en el ofrecimiento de servicios como en el estudio de otros frutales para

proyectos futuros. Los resultados obtenidos también se escribirán en formato de trabajo de revistas científicas nacionales y/o internacionales y se enviarán/presentarán en congresos nacionales.

## **2- TRANSFERENCIA Y BENEFICIARIOS/AS**

El desarrollo de este proyecto permitirá proveer una herramienta para colaborar con la estimación de cosecha de vid y de otros frutos, y de la detección de malezas, con lo cual se verán beneficiados los productores regionales en primera instancia. Se espera obtener un prototipo de bajo costo producido localmente el cual pueda ser tomado de base por instituciones como el INV, el IDR, asociaciones de productores y otros entes para futuras estimaciones de cosecha y para asistir en el uso de herbicidas y retiro de malezas.

Debido a que el proyecto se llevará a cabo en el ámbito del ITU, de FCA y del INTA se contará con la colaboración de alumnos interesados en proyectos extracurriculares, lo cual permitirá la formación de recursos humanos en diversas áreas como la mecatrónica, el desarrollo de software, análisis de datos y redes de comunicaciones. Actualmente están involucrados una tesista de posgrado (doctorado en Ingeniería de Univ. Mendoza) que realizará su tesis en temas relacionados con este proyecto y un estudiante de grado en Ciencias Básicas con orientación en Física (FCEN, UNCuyo) que tiene interés en desarrollar tareas de programación en Python en proyectos aplicados.

Como ya se ha realizado en proyectos anteriores del director y co-director del proyecto, se realizarán actividades de transferencias en instituciones educativas, asociaciones de productores y otros entes relacionados al ámbito del proyecto. El director y el grupo de colaboradores han desarrollado actividades de transferencia en congresos: CACIC 2020, Jornadas de Investigación SIIP 2020 UNCuyo; en reuniones técnicas: Jornada de Tecnologías para el monitoreo de cultivos INTA, en GramDe 2050 con productores y técnicos del INV.

<b>3-FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS</b>			
<b>INVESTIGADORES/AS EN FORMACIÓN</b>	<b>APELLIDO Y NOMBRES</b>	<b>CARGO</b>	<b>TIEMPO SEMANAL EN HORAS</b>
<b>TESISTAS DE POSGRADO</b>	<b>Paula C. Martinez</b>	<b>Docente</b>	<b>10</b>
<b>BECARIOS/AS DE GRADO/Y POSGRADO</b>			
<b>GRADUADOS/AS</b>			
<b>ALUMNOS/AS DE GRADO</b>	<b>Lucas Agustín Becerra</b>	<b>Estudiante FCEN-UNCuyo</b>	<b>10</b>

Los resultados parciales y finales del proyecto se presentarán en congresos regionales y nacionales. Como así también se mantendrán reuniones con personal del INTA y de otras organizaciones interesadas en el proyecto.

#### **4-EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA EL PROYECTO**

**- Disponible en la Unidad Ejecutora**

Se cuenta con el equipamiento computacional suficiente para realizar el análisis de las imágenes:

- Cluster HPC Toko - UNCuyo: 5 nodos AMD Opteron de 64 núcleos y 128 GB RAM por nodo, y 2 nodos AMD Epyc de 32 núcleos por equipo y 128 GB c/u.
- Acceso a diversas GPUs de alta gama utilizadas para programación y análisis de datos: NVIDIA Tesla C2050, NVIDIA Titan X, NVIDIA GeForce GTX750i y NVIDIA Titan Xp.

Además, se cuenta con acceso a, un drone del tipo cuadricóptero DJI Mavic, sensores de temperatura y humedad Sensirion SHT71, sistemas embebidos Raspberry Pi3, Arduino UNO y Mega.

**- Solicitado para este proyecto**

- Dos unidades de almacenamiento externo de aprox. 4TB para realizar copias de seguridad de las imágenes y los modelos generados por la red neuronal. Valor aprox. \$20000 c/u
- Cámara de video deportiva, valor aprox. \$15000.
- Estabilizador de cámara, valor aprox. \$4000
- Batería para drone Mavic Air 2 fly, valor aprox \$45000.
- Viajes y viáticos para presentación en congreso \$20000
- Consumibles (cables, conectores, adaptadores, baterías, otros) \$ 6000
- Servicios profesionales (impresión de póster, impresión 3D) \$ 10000

**5-VINCULACIÓN CON INSTITUCIONES PÚBLICO/PRIVADAS (si corresponde)**

**-Impacto e innovación en el sector productivo de la región**

Los integrantes del proyecto pudieron participar de reuniones con personal del INV, IDR, productores y bodegas. En dichas reuniones se plantearon las dificultades para estimar el pronóstico de cosecha y la posibilidad de aportar desde nuestro proyecto con asistencia en dicho proceso.

Actualmente, los pronósticos se llevan a cabo a través de métodos tradicionales de estimación, desarrollados por observación directa de las variables más relevantes. Esto implica un gran número de recursos humanos y materiales involucrados en tal proceso. Dada estas condiciones, el error cometido en la estimación es considerado por la industria no adecuado para optimizar las actividades que con ello se estimulan.

Con la incorporación de tecnología de diagnóstico por imagen al proceso de estimación de cosecha, se busca disminuir la diferencia entre el valor estimado y el valor real cosechado, con lo cual las empresas del sector pueden llevar a cabo una planificación estratégica de sus actividades tales como almacenamiento, importación/exportación, transporte y comercialización. Desde un punto de vista comercial permite definir políticas de precios, optimizar la eficiencia y la mayor rentabilidad de las inversiones, así como minimizar riesgos económicos.

Por otro lado, la detección e identificación de malezas en los cultivos permitirá utilizar los herbicidas más apropiados para cada tipo de maleza y racionar apropiadamente la cantidad utilizada en dichos cultivos.

**-Participación de integrantes de 2 o más unidades académicas de la UNCUYO**

El equipo formado para llevar adelante este proyecto, está formado por investigadores de dos unidades académicas (ITU y Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo), el Director del Proyecto pertenece al Instituto Tecnológico Universitario (ITU). El co-director Dr. Luis Chiaramonte es Coordinador del Centro de Investigación del Instituto Tecnológico Universitario y los colaboradores. En el grupo de colaboradores se encuentra el Mgtr. Ing. Marcos Montoya, profesor de la Facultad de Ciencias Agrarias e investigador del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Mgtr. Ing. Julieta Dalmasso y la Dra. Ing. Florencia Ferrari, ambas investigadoras del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Dentro de este proyecto se enmarca una tesis de posgrado y participará un estudiante de grado.

**-Participación con otras instituciones público-privadas**

Continuamos colaborando con la empresa Agroscan S.A.S. (nombre de fantasía Agro Praxes) con Federico Framarini socio gerente de la misma como participante en la investigación. La participación de esta empresa comenzó con el grupo de trabajo en el proyecto SIIP tipo 4 de la convocatoria 2019.

Agroscan se especializa en la utilización de sensores próximos, activos y remotos de agricultura de precisión para el análisis de los cultivos, el clima y la aptitud productiva de los suelos. Es una empresa con vasta experiencia en la industria agrícola con desarrollos específicos de precisión, tecnología e I+D, a través de análisis de suelos y vegetativos.

Entre los servicios que presta la empresa, se encuentra mayormente realizando mediciones y relevamientos in situ, en viñedos y otros cultivos intensivos del Oeste y NorOeste de Argentina. Por lo tanto, al estar presente la mayor parte del tiempo en los cultivos, se encuentra actualizado y avanzado en pedidos, requerimientos y actualizaciones de los cultivos y sus productores. A través de un vehículo cuatriciclo con sensores y gps montados, se escanea la canopia del viñedo lateralmente, y ya sea por la cercanía del trabajo realizado, puede captar imágenes o hacer nuevas capturas que contribuyan al desarrollo de este proyecto. Ya habiendo realizado una fuerte inversión privada en tecnología, pone a disposición la logística, los clientes y el tiempo necesario para ayudar en la adquisición de data relevantes al proyecto.

**-Previsión financiera, plan de negocios y contraparte**

La empresa Agroscan proveerá de asistencia en la captura de imágenes, el uso de equipamiento previamente mencionado y el asesoramiento técnico necesario para la detección de malezas y frutos.

**-Financiamiento externo**

Durante la ejecución del proyecto SIIP tipo 4 2019, se adquirió un dron Mavic Air 2. El dron tenía un valor aproximado de \$166.000,00 pesos, el ITU aportó \$76.000,00 para poder realizar la compra con fondos de la SIIP y del ITU.

La empresa Agroscan S.A.S. proporcionará el equipamiento previamente detallado.

