



ANEXO III: FORMULARIO DE PROYECTOS DE I+D

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

1. Título del Proyecto de I+D.

Aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial para la estimación del rendimiento del cultivo de kiwi.

2. Departamento/Instituto de radicación:

Instituto de Ingenierías y Nuevas Tecnologías.

3. Línea de Investigación y Desarrollo de pertenencia:

(Marque con una cruz lo que corresponda)

Prioritaria	<input checked="" type="checkbox"/>	Complementaria	<input type="checkbox"/>
-------------	-------------------------------------	----------------	--------------------------

Denominación:

- Tecnologías de inteligencia artificial, internet de las cosas (IoT), procesamiento de imágenes y 'cloud computing', aplicadas a campos específicos de la ingeniería.
- Producción de alimentos con aplicación de nuevas tecnologías.

4. Tipo de Proyecto:

(Marque con una cruz lo que corresponda)

Acreditable	<input checked="" type="checkbox"/>	Reconocimiento institucional	<input type="checkbox"/>
-------------	-------------------------------------	------------------------------	--------------------------

5- Período de vigencia:

01/03/2023 al 31/12/2024

6. Justificación del Proyecto

La producción de kiwi en Argentina se encuentra en crecimiento sostenido en las últimas décadas, hallándose localizado en el sudeste de la provincia de Buenos Aires aproximadamente el 60% del área implantada en el país. Esta zona es la principal área productiva de kiwi, aportando más de la mitad del volumen nacional [David et al, 2018].



La importancia creciente del cultivo motiva investigaciones que permitan lograr un producto de calidad según estándares internacionales, a la vez que incrementar la producción local.

El éxito de una plantación de kiwi depende en gran medida de la cantidad de frutos cosechados por hectárea y de la proporción obtenida de frutos medianos a grandes, debido a que estos tamaños suelen tener precios diferenciales [Testolin y Costa, 1992]. La cantidad de frutos obtenidos se sabe dependiente del número de yemas, del porcentaje de brotación de las yemas, del porcentaje de yemas brotadas que son reproductivas y del número de inflorescencias por brote reproductivo [Buwalda y Smith, 1988]. Esto motiva considerar como variables de estudio para la predicción del número de frutos, al conteo obtenido en tres estadios fenológicos tempranos del cultivo: yemas brotadas (brotes/hojas), botones florales y frutos pequeños (recién cuajados). El brote de las yemas y el desarrollo de los botones florales y frutos a lo largo de la temporada es influenciado por las horas de frío acumuladas durante el periodo invernal, el perfil de heladas (duración e intensidad) y la cantidad de horas de stress térmico (considerando temperatura y humedad). Estas variables climáticas deben considerarse al momento de crear un modelo de predicción temprana del rendimiento.

Actualmente, el método más utilizado para estimar el volumen de cosecha es el conteo visual de los frutos por unidad de superficie en una etapa avanzada. Esta modalidad conlleva dificultades en grandes plantaciones, así como también afecta la previsibilidad operativa dada la cercanía con la etapa de cosecha. Una estimación automatizada y temprana de la producción a obtener permitirá evadir dichos inconvenientes, y así 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, como también gestionar la venta y distribución [David et al, 2020].

El presente proyecto se propone como continuación del denominado "Estimación temprana de rendimiento del cultivo de kiwi mediante el procesamiento de imágenes".

En dicho proyecto se aplicaron técnicas de inteligencia artificial para lograr el conteo automático de órganos vegetales en imágenes obtenidas en una plantación de kiwi del sudeste de la provincia de Buenos Aires, tomando en cuenta los tres estadios fenológicos tempranos mencionados. Los resultados del estudio mostraron la importancia de la relación entre el rendimiento de cosecha y los registros de cada estadio. Aun así, y dado que los datos meteorológicos relevados muestran condiciones climáticas especiales de la temporada evaluada respecto a valores históricos, se hace



necesario repetir los estudios en campañas sucesivas. Esto permitirá dar mejor precisión a la predicción de rendimiento productivo y se corresponde con los objetivos del presente proyecto.

El presente proyecto tiene un carácter interdisciplinario, indispensable para abordar esta problemática, requiriendo del conocimiento de cada una de las disciplinas representadas en el equipo de investigación: Fruticultura, Fisiología Vegetal, Informática, Procesamiento digital de la información y Ciencia de Datos.

7. Estado actual del conocimiento sobre el tema.

El kiwi es una planta caduca introducida en Argentina en los años 80 y cultivada en aproximadamente 1000 ha del país en la actualidad. De esta superficie, alrededor de la mitad se localiza al sur de la provincia de Buenos Aires. El volumen producido abastece principalmente al mercado interno, en un 50% de su demanda. El resto se cubre con kiwi importado de Chile e Italia. Si bien las exportaciones son aún bajas en volumen, hay una demanda creciente del mercado externo principalmente de países cuya producción se da en contra-estación.

El éxito de una plantación de kiwi depende en gran medida de la cantidad de frutos cosechados por hectárea y de la proporción obtenida de frutos medianos a grandes, debido a que estos tamaños suelen tener precios diferenciales, mejorando el retorno económico (Testolin y Costa, 1992).

Dicha producción de fruta está afectada por las condiciones atmosféricas, más precisamente por dos tipos de elementos meteorológicos: eventos puntuales y condiciones ambientales. Éstos afectan el número de yemas brotadas, botones florales y frutos obtenidos. Entre los eventos puntuales, cuya ocurrencia dura solo algunas horas, puede mencionarse por ejemplo las heladas y el granizo que se producen en la zona productiva de kiwi en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires y que potencialmente puede dañar varias hectáreas. La severidad de la helada está dada por la duración del evento, los cuales solo pueden ser pronosticados con pocas horas o minutos de anticipación.

Las condiciones ambientales están dadas por uno o varios parámetros combinados que están presentes en un periodo de varios días, semanas o meses. Por ejemplo, temperaturas mayores a 30 grados centígrados y humedad relativa menor a 40% generan en las plantas de kiwi una condición conocida como stress Térmico [David, 2020], desfavorable para la producción. También existen condiciones que son



favorables para el proceso de producción del kiwi, como un conteo alto de horas de frío en el invierno el cual es utilizado por los productores como un indicador temprano de la campaña. La variante "Hayward" sobre la que se realiza el ensayo, necesita entre 700 y 850 horas de frío para alcanzar su potencial de producción. Un año con escasas horas de frío reduce, retrasa y provoca una brotación y floración despareja [David, 2020]. Así también, condiciones durante la floración, como la temperatura promedio y el fotoperiodo se han reportado como un factor que acorta o alarga ese periodo. Temperaturas promedio del periodo de floración cercanas a los 16 grados centígrados suelen acortar el periodo a 50 días mientras que con temperaturas promedio cercanas a los 12 grados centígrados el periodo suele ser de 80 días [Austin, 2002]. Por otra parte, el cultivo requiere alrededor de 2000 horas anuales de radiación solar para presentar una buena floración y fructificación. También es importante la intensidad de la radiación. En la zona sur de la provincia de Buenos Aires, se utilizan mallas en el perímetro y en la parte superior de los lotes para protegerlos del viento y del granizo. Esta infraestructura genera un microclima, que afecta las condiciones atmosféricas del cultivo. Sin embargo, actualmente no se conoce de qué modo afecta a la producción. Es innegable que una estimación temprana del rendimiento sería una herramienta de gran valor, dado que permitiría una mejor gestión de todas las etapas pre y pos-cosecha, sin resignar cantidad y calidad de la fruta obtenida en cada temporada. En esta dirección, varios trabajos dan cuenta de la utilización de recuento de diferentes órganos vegetativos como variables a considerar para la estimación del rendimiento (Aggelopoulou et al., 2010; Zhou et al, 2012). Particularmente en el cultivo de kiwi, Fu et al. (2018) presentan un modelo de predicción, aunque a partir de un estadio avanzado del fruto.

La utilización de tecnologías de detección de objetos en imágenes es una tendencia creciente en el área de producción frutihortícola (Sa et al, 2016; Xia et al, 2022; Hussain et al, 2022; Marset et al, 2021). Estos utilizan redes neuronales convolucionales profundas (DCNN, por sus siglas en inglés Deep Convolutional Neural Networks) para estimación de rendimiento de cultivos frutales, entrenando modelos para reconocimiento de objetos (frutos) en imágenes. Estas técnicas de aprendizaje profundo permiten el entrenamiento de un modelo en base a conjuntos de imágenes previamente obtenidas y etiquetadas, generando a modo de salida de dicho modelo, de forma automática, la detección de elementos en dichas imágenes.

Particularmente en producción de kiwi, varias publicaciones dan cuenta de la detección automática de frutos en una plantación como un desafío para la recolección por medios



mecánicos automatizados [Williams et al, 2019; Song et al, 2019]. Una aplicación importante de las técnicas de DCNN corresponde a la detección de estadios tempranos del fruto con el objetivo de predecir la producción [Lim et al, 2020]. En este sentido, para la detección de objetos en imágenes las redes DCNN hacen un análisis y procesamiento de la imagen aplicando una serie de diversos filtros, los que se encargan de hacer un recorrido sobre la imagen completa detectando las características u objetos de interés que esta contenga [Feng et al, 2019]. Si bien es más frecuente hallar trabajos de detección automática de órganos frutales utilizando imágenes color RGB (por *red-green-blue*), se encuentran algunas publicaciones que dan cuenta de la utilización de otro tipo de imágenes, como Near-Infrared (NIR) o en el espectro ultravioleta (Magsi et al, 2019; Fracaroli et al, 2020), aunque son escasas para el cultivo de kiwi.

En el proyecto previo, desarrollado por este equipo de investigación, se consideraron tres estadios fenológicos del cultivo de kiwi: yemas brotadas, botones florales y frutos tempranos (Dejean et al, 2021; Pérez et al, 2022). Para cada etapa se consideraron 1000 imágenes (tipo A), capturadas en toda el área cubierta por el cultivo, que permitieron entrenar y elegir un modelo para conteo automático de objetos para cada estadio. La elección del modelo se realizó tomando en cuenta índices de precisión (porcentaje de objetos correctos del total de detectados), sensibilidad (porcentaje de objetos que el modelo identifica del total de existentes) y F1, combinación de ambas. Los modelos seleccionados en todas las etapas tuvieron un mínimo de 0,97 para precisión, de 0,86 para sensibilidad y de 0,91 para F1. Cada modelo correspondiente a un estadio se evaluó en 50 sitios elegidos al azar en la plantación, donde se estimó la diferencia entre el conteo manual y el conteo automático obtenido sobre imágenes de cada sitio (tipo B) (trabajo en evaluación, CONAISI2022).

Los resultados obtenidos permiten evaluar la sustitución de la técnica clásica de conteo, lenta y costosa, para reemplazarla por el conteo automático de estos órganos frutales, permitiendo así aprovechar la tecnología para lograr resultados más rápidos y eficientes en la toma de datos. Aún así, los valores atípicos encontrados en algunos sitios sugieren la necesidad de nuevos ensayos para descartar errores en la metodología de recuentos, relacionar la variabilidad de recuentos con factores meteorológicos, y eventualmente introducir otras variables en el análisis.



8. Objetivos general y específicos

Objetivo general:

Desarrollar modelos predictivos de rendimiento de una plantación de kiwi, a partir del procesamiento automático de imágenes, así como analizar sus limitaciones y alcances.

Objetivos específicos:

- Comparar en las dos temporadas siguientes los resultados de conteos y estimación de producción obtenidos en el proyecto precedente, de modo de dar mejor precisión a las estimaciones.
- Validar los resultados obtenidos en el proyecto precedente y desarrollar un modelo de predicción de rendimiento tomando en cuenta la información relevada en todas las temporadas cubiertas por la investigación.
- Estimar los errores obtenidos por métodos automáticos, obteniendo un índice a aplicar para reemplazar los conteos clásicos in situ por el conteo automático.
- Explorar la utilidad de otro tipo de captura de imágenes para lograr mejoras en el recuento automático, por ejemplo en bandas del espectro ultravioleta o infrarrojo, o también la utilización de índices derivados de RGB con el mismo fin. Explorar la utilización de estas metodologías en otras plantaciones de kiwi.

9. Hipótesis de la Investigación

Se considera que los métodos automáticos de conteo pueden reemplazar el conteo que actualmente se realiza en campo, relevando de este modo variables que permiten la estimación temprana del rendimiento de un cultivo de kiwi en contextos meteorológicos diferentes. Así también, se tiene como hipótesis de trabajo que es posible estimar dicho rendimiento a través del conteo de objetos de distintas etapas fenológicas del fruto: yemas brotadas, de botones florales y de frutos tempranos.

10. Metodología a utilizar.

Sitio de estudio, plantas a evaluar y unidades experimentales

Se continuará trabajando en la misma plantación de kiwi del proyecto anterior (Actinidia chinensis var. deliciosa cv. Hayward) localizada en Miramar, en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (38° 12' 48" S, 57° 53' 29" W), y en el mismo lote. La plantación está conducida en el sistema parral, tiene 10 años de edad, y un marco de plantación de 3 m x 5 m (666,6 plantas/ha), con un 11% de plantas masculinas. Tiene una cobertura antigranizo en capilla y está rodeado por una cortina rompevientos,



ambas estructuras hechas de malla de polietileno monofilamento negro. Del mismo modo, se trabajará con las 50 plantas marcadas la temporada anterior y los marcos de caño de 2,5 x 0,5 m colocados en cada una, que delimitan las unidades experimentales. El lado menor del rectángulo de cada marco (0,5 m) se encuentra apoyado sobre los brazos de la planta sobre la línea de plantación y el lado mayor (2,5 m), se encuentra en el sentido del largo de los cargadores, llegando aproximadamente a la mitad de la entrefila. De esta forma, cada cargador que se encuentra en el interior del marco será evaluado en prácticamente todo su largo, integrando las diferencias en el número de yemas, botones florales y frutos que pueden presentarse en la base, sector medio y ápice de cada cargador. Cada marco presenta alrededor de 2 cargadores, ya que los productores suelen podar y elegir los renuevos buscando que tengan una separación de 20 cm.

Se utilizarán los mismos sensores colocados en el lote la temporada anterior para la captura de datos meteorológicos. Debido a que la brotación de yemas en kiwi se registra a mediados de septiembre y ante la necesidad de no perder un año de datos, se prevé comenzar con el trabajo de campo en la primavera del 2022, a pesar que el presente proyecto estima su inicio a principios de 2023.

Cuantificación de yemas, botones florales y frutos en estadios tempranos de crecimiento. Captura de imágenes.

El recuento se realizará durante la primavera 2022 y 2023 en tres estados fenológicos: yema brotada (estado 07) (mediados de septiembre), botón floral (estado 53) (mediados de octubre) y frutos en estados tempranos de desarrollo (estado 71 a 73) (principio a mediados de diciembre), respectivamente (Salinero et al., 2009; David et al., 2018). Se monitoreará el avance de la fenología del cultivo, asistiendo una vez por semana a la plantación para determinar el momento en que las plantas alcancen cada uno de los estadios a evaluar, y definir el día en que se realizará el conteo.

Adicionalmente, en cada estadio a evaluar, una fotógrafa tomará fotos de los 50 marcos que serán utilizadas luego para el procesamiento de imágenes y su contraste con el conteo manual (imágenes de tipo B) . Dado que una sola foto no alcanza a incluir toda el área del marco, se tomarán tres fotos por marco.

Cosecha

A la cosecha, se contará el número de frutos presentes en cada marco, y el peso que los mismos representan en kg. También se registrarán los datos de rendimiento del lote obtenidos por el productor al momento de procesar la fruta.



Registros meteorológicos

Se registrarán los datos provenientes de sensores colocados en la plantación, debajo y por encima de la malla antigranizo (a cielo abierto). Se calcularán las horas de frío acumuladas durante el reposo invernal, se registrará la ocurrencia de heladas y las condiciones de temperatura durante las diferentes etapas fenológicas de estudio, así como también otros indicadores meteorológicos que se consideren relevantes para caracterizar de condiciones climáticas en la plantación y pudieran incidir en la predicción de rendimiento. Se combinarán datos provenientes de otras fuentes como estaciones meteorológicas y servicios de pronóstico disponibles. Se evaluará la diferencia entre los datos obtenidos y se analizará la existencia o no de un microclima en la plantación.

Implementación de técnicas de detección de objetos en imágenes

En el proyecto precedente, para cada uno de los tres estados fenológicos del kiwi se consideraron dos tipos de imágenes: las de tipo A, aproximadamente 1000 en cada etapa; y las de tipo B, tres por cada marco, necesarias para cubrirlo en su totalidad.

Las imágenes A se tomaron en variados puntos de la plantación, y se utilizaron para crear los modelos automáticos de conteo. En este proyecto se utilizarán todas las imágenes (A y B de cada etapa) para re-entrenar modelos DCNN de recuento. Se explorarán diferentes configuraciones: ajuste de hiperparámetros de la red, técnicas de aumento de datos, estrategias de partición de la base, entre otras posibilidades. En cada estadio, se dividirán las imágenes al azar en tres conjuntos: entrenamiento, validación y prueba (65% 32% y 3% respectivamente). Se ajustarán los modelos de redes convolucionales pre entrenados utilizando los conjuntos de entrenamiento y validación, recursivamente hasta lograr convergencia en parámetros de pérdida. La evaluación de la calidad de cada uno de estos modelos se realizará comparando el resultado de la detección de objetos sobre las imágenes de prueba con el conteo visual realizado por un operador sobre cada imagen. Esto permitirá seleccionar un modelo entre los que se consideren en competencia, utilizando métricas usuales de calidad (precisión, sensibilidad y F1).

Posteriormente, se utilizarán las imágenes de tipo B tomadas en la nueva temporada, las cuales no fueron utilizadas anteriormente, para aplicar el modelo seleccionado para cada etapa y confrontar los resultados obtenidos con el conteo manual de campo. Con esto, las imágenes de los marcos (o tipo B) permitirán evaluar el modelo obtenido en contraste con la "verdad de campo", conteo manual in situ, realizado por otros operadores en la misma plantación de kiwi.



El procedimiento descrito se aplicará en cada una de las dos temporadas de estudio: 2022-2023 y 2023-2024, de modo de ajustar secuencialmente los modelos de recuento automático obtenidos.

Desarrollo de modelos de predicción de rendimiento

Se desarrollarán modelos estadísticos predictivos que permitan predecir el número de frutos de cosecha a partir de los recuentos obtenidos. Se explorará la incidencia en dichos modelos de los parámetros meteorológicos de interés, relevados por los sensores bajo la malla y a cielo abierto.

Exploración de otras técnicas

Se explorará el uso de índices verdes como Normalized Green Red Difference Index (NGRDI), Green Leaf Index (GLI), entre otros, para etapas donde el color del fruto de kiwi puede confundirse con el de las hojas.

También se explorará la captura de imágenes en bandas del espectro ultravioleta o infrarrojo, para mejorar el reconocimiento de objetos en imágenes.

11. Resultados Esperados

Se espera obtener como resultado de esta investigación un modelo predictivo de rendimiento del cultivo de kiwi, que sea adecuado al contexto de la producción local. Como anexo, se pretende evaluar la sustitución de la técnica clásica de conteo in situ por el conteo automático de estos órganos frutales dando una estimación del error entre ambos recuentos. Así también, se espera que esta línea de investigación forme un equipo de trabajo que encare nuevos proyectos relacionados con detección automática de objetos, aplicables en otros cultivos frutihortícolas.

12. Antecedentes y funciones previstas del Grupo de Investigación en el área temática/disciplina

La mayor parte del grupo de investigación ha trabajado conjuntamente en el proyecto precedente. A su vez, cada equipo de trabajo tiene una trayectoria en su área que permite hacer un abordaje integral del problema a resolver.

La directora del proyecto es Profesora Asociada de la Universidad del Oeste, categorizada en el Programa de Incentivos a Docentes Investigadores con la categoría III. Cuenta con experiencia en dirección/codirección de proyectos acreditados y tiene formación en Estadística aplicada, particularmente en Biometría.



El equipo de trabajo lo integran también investigadores externos de un organismo oficial especializado en Calidad y Poscosecha de Frutas y Hortalizas, así como también un investigador representando a una empresa de IoT (*Internet of Things*). Con ambas partes externas, una vez aprobado el presente proyecto, se firmará un convenio específico para la realización de las actividades previstas.

El equipo especializado en el área agronómica cuenta con una trayectoria de más de 10 años de investigación del cultivo de kiwi en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Ha realizado estudios de la fenología de la planta de kiwi, registrando el momento de ocurrencia de los diferentes estados en diferentes plantaciones de la zona (Batán, Miramar, Sierra de los Padres, El Dorado, Balcarce), asociando también los datos con la posible variación de las condiciones climáticas y a los diferentes manejos y estructuras de protección. Junto con la empresa de IoT, se ha avanzado en el desarrollo del tipo de dispositivo y sensores que permita obtener información climática del lote y subir los datos a la nube sin dificultades, a fin de obtener registros de temperatura en la plantación y establecer la existencia o no de un microclima.

El investigador que representa a la empresa es un experto en el desarrollo de dispositivos embebidos. Es Profesor Adjunto en la UNLP y estuvo a cargo del dictado de un seminario sobre Internet de las Cosas en la segunda parte del 2019 en la Universidad Nacional del Oeste. Como líder técnico de los proyectos, ha supervisado el desarrollo de sensores IoT y en particular soluciones basadas en sensores para control de calidad de aire y monitores agronómicos.

El grupo de investigación involucrado en este proyecto ha realizado diferentes presentaciones en reuniones académicas en el contexto del proyecto precedente:

- Dejean, G., Balaguer, F., Yommi, A., Doorn, J., David, A., Murillo, N., García I., Mendoza, D. "Integración del Procesamiento Imágenes e Internet de las Cosas en la estimación temprana del rendimiento de cultivos frutales". XXIII Edición del Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación . - 1a ed adaptada. - Chilecito - La Rioja - Argentina: UNdeC, 2021.
- Alejandra Yommi, María A. David, Natalia L. Murillo, Silvia N. Pérez, Gustavo A. Dejean, Mónica Giuliano, Federico Balaguer, Ignacio A. García Ravlic, Dante H. Mendoza. "Prediciendo la producción de kiwi: Estimación temprana del rendimiento del cultivo de kiwi mediante el procesamiento de imágenes". Libro de resúmenes VI Jornadas Académicas de la RedVITEC. Noviembre de 2021. pag. 55-56. ISBN 978-987-692-294-4



- Presentación del proyecto en las VI Jornadas académicas de la RedVitec. Noviembre 2021.
- Silvia N. Pérez, Gustavo A. Dejean, Mónica Giuliano, Alejandra Yommi, María A. David, Natalia L. Murillo, Federico Balaguer, Ignacio A. García Ravlic, Dante H. Mendoza. Detección de yemas brotadas para la estimación temprana del rendimiento de una plantación de kiwi. XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2022, Univ. Champagnat).
- Presentación del proyecto en la Primera Jornada AgTech que organiza la Facultad de Ciencias Agrarias de Balcarce. 8 y 9 de abril de 2022.
- Dejean, G., Pérez, S.N, Mendoza, D. 2022. Detección de objetos aplicada al cultivo de kiwi. Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CONAISI2022). En evaluación.

13. Transferencia de Resultados.

Los resultados darán un aporte a los productores de la región, permitiendo ajustar de modo sustentable los insumos necesarios para la producción.

Se evaluará la transferencia de resultados a productores de kiwi a través de servicios de detección de objetos en imágenes. Se analizará también la aplicación a otros cultivos. En el transcurso del proyecto, se logrará la formación de becarios alumnos capacitados en el tema de investigación, en el trabajo colaborativo y en la aplicación de saberes específicos.

14. Viabilidad y Factibilidad Técnica

El presente proyecto da continuidad al trabajo realizado previamente por el grupo de investigación, por lo que la viabilidad y factibilidad se encuentra asegurada. El lugar del ensayo será la misma plantación del proyecto precedente, lo que implica conservar también el equipo de monitoreo de condiciones meteorológicas. El equipo de la UNO dispondrá del equipamiento necesario para realizar el procesamiento de imágenes que se requiera para lograr los resultados esperados.

15. Aspectos Éticos.

La investigación del presente proyecto no afecta en modo alguno al ambiente o la salud de los trabajadores de la plantación donde se realiza el estudio.



16. Aspectos de Seguridad Laboral, Ambiental y Bioseguridad requeridos

Se tomarán los recaudos necesarios para que el personal afectado al desarrollo del proyecto cumpla con los requisitos de seguridad e higiene, responsabilizándose cada institución por su personal a cargo.

17. Intervención de terceros

En la investigación participan investigadores de un organismo oficial especializado en Calidad y Poscosecha de Frutas y Hortalizas. Participa también del proyecto un especialista en IoT, en representación de la empresa involucrada. Una vez aprobado el presente proyecto, se firmará un convenio específico de colaboración donde se discrimina las funciones de cada parte y los gastos .

La participación del grupo de investigadores especializado en cultivo de kiwi aporta también la gestión con productores locales donde se realiza el ensayo, así como también el manejo técnico en la plantación.

La empresa de IoT es responsable del monitoreo de datos meteorológicos en la plantación de kiwi del ensayo, proveyendo indicadores considerados relevantes para la predicción temprana de cosecha. El representante articulará las necesidades del proyecto con servicios provistos por la empresa.

Se prevé la incorporación de dos becarios alumnos.

18. Cronograma de Actividades.

A1) Supervisión de sitios de la plantación que serán utilizados para evaluar el rendimiento (responsable INTA).

A2) Inspección, selección y armado del conjunto de imágenes a ser utilizados en el entrenamiento de modelos CNN en cada etapa fenológica (responsable UNO).

A3) Etiquetado de los objetos de interés en las imágenes de entrenamiento (responsable UNO).

A4) Configuración, pruebas y ajustes en el entrenamiento del modelo de detección de objetos (responsable UNO).

A5) Ejecución del modelo de detección de órganos vegetales sobre las imágenes en sitios de evaluación (marcos) de la plantación de kiwi (responsable UNO).

A6) Registro de resultados obtenidos en las detecciones (responsable UNO).



Universidad Nacional del Oeste

- A7) Registro de conteos realizados in situ en los marcos de la plantación (responsable INTA).
- A8) Comparación de conteos in situ versus automático (responsable UNO).
- A9) Análisis de los datos meteorológicos en la plantación de estudio y comparación con otros provenientes de estaciones meteorológicas de la zona (responsable F. Balaguer).
- A10) Exploración de otras alternativas de captura de imágenes (responsable UNO).
- A11) Exploración de la utilidad de índices verdes (derivados de RGB) y también de captura de imágenes en bandas del espectro ultravioleta o infrarrojo, para mejorar el reconocimiento de objetos en imágenes (responsable UNO).
- A12) Desarrollar modelos predictivos en cada campaña y proponer un modelo global que represente todos los registros (responsable UNO).
- A13) Analizar alcances y limitaciones de los modelos obtenidos (todo el equipo).
- A14) Difundir los resultados obtenidos en publicaciones y reuniones académicas (todo el equipo).

1er Año

Actividad	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A1			X	X	X			X	X	X	X	X
A2									X	X	X	X
A3									X	X	X	X
A4			X	X			X	X	X	X	X	X
A5			X	X			X	X	X	X	X	X
A6									X	X	X	X
A7					X				X	X	X	X
A8					X				X	X	X	X
A9			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A10								X	X	X	X	X
A11			X	X	X	X	X					
A12						X	X	X	X			
A13						X	X	X	X	X		
A14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

2do Año



Universidad Nacional del Oeste

Actividad	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A1			X	X	X							
A2									X	X	X	X
A3									X	X	X	X
A4		X	X	X			X	X	X	X	X	X
A5		X	X	X			X	X	X	X	X	X
A6									X	X	X	X
A7					X				X	X	X	X
A8					X				X	X	X	X
A9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A10								X	X	X	X	X
A11			X	X	X	X	X					
A12						X	X	X	X			
A13						X	X	X	X	X		
A14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

19. Presupuesto

Presupuesto del Primer año de ejecución

	Rubro	Descripción	Monto
1	Bienes de consumo	Artículos de librería	\$ 5.000
2	Servicios no personales		
3	Servicios técnicos y profesionales	Servicio captura imágenes personal auxiliar para el procesamiento de imágenes	\$150.000 \$ 50.000
4	Servicios comerciales y financieros		
5	Pasajes y viáticos	Visitas a la plantación Participación en congresos o reuniones científicas	\$ 10.000 \$ 30.000
6	Bienes de uso	Licencias de software	\$ 10.000
7	Equipamiento	memoria RAM (64GB) placa de video	\$ 5.000 \$ 300.000
Total 1° Año			\$ 560000

Presupuesto del Segundo año de ejecución



	Rubro	Descripción	Monto
1	Bienes de consumo		
2	Servicios no personales		
3	Servicios técnicos y profesionales	Servicio captura imágenes personal auxiliar para el procesamiento de imágenes	\$150.000 \$ 50.000
4	Servicios comerciales y financieros		
5	Pasajes y viáticos	Visitas a la plantación Participación en congresos o reuniones científicas	\$ 10.000 \$ 30.000
6	Bienes de uso		
7	Equipamiento		
Total 2° Año			\$ 240.000

Rubros

1. Bienes de consumo: insumos de laboratorio, útiles de oficina, librería, fotocopias, etc.
2. Servicios no personales: alquiler de equipos y mantenimiento, etc.
3. Servicios técnicos y profesionales: traducciones, desgrabaciones, data-entry, etc.
4. Servicios comerciales y financieros: imprenta, internet, transporte y almacenamiento, etc.
5. Pasajes y viáticos en ámbito nacional, inscripciones a congresos nacionales o internacionales.
6. Bienes de uso: libros, revistas, programas de computación, etc.
7. Equipamiento

20. Referencias bibliográficas

- Aggelopoulou, K. D., Wulfsohn, D., Fountas, S., Gemtos, T. A., Nanos, G. D. and Blackmore, S. 2010. Spatial variability of yield and quality in a small apple orchard. Precision Agric. 11:538–556. DOI: 10.1007/s11119-009-9146-9.
- Austin2002. Modelling Kiwifruit Budbreak as a Function of Temperature and Bud Interactions P.T. Austin, A.J. Hall, WP Snelgar, M.J. Currie. Annals of Botany 89: 695 - 706. 2002
- Buwalda, J.G.; Smith, G.S. 1988. A mathematical model for predicting annual fertiliser requirements of kiwifruit vines. Scientia Hort. 37:71-86.
- David, M.A., Yommi, A., Sánchez, E. 2018. 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>.
Visitado en julio 2022.
- David, M.A., Yommi, A., Sanchez, E. 2020. Elección del terreno y plantación del cultivo de kiwi. 1a ed. Balcarce, Buenos Aires: Ediciones INTA. Libro digital, 39 p.
- Dejean, G., Balaguer, F., Yommi, A., Doorn, J., David, A., Murillo, N., García I., Mendoza, D. 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 2021, Univ. Nac. de Chilecito).
- Feng, X., Jiang, Y., Yang, X., Du, M., Li, X. 2019. Computer vision algorithms and hardware implementations: A survey. *Integration*. 69. 10.1016/j.vlsi.2019.07.005.
- Hussain, D.; Hussain, I.; Ismail, M.; Alabrah, A.; Ullah, S.; Alaghbari, H. (2022) A Simple and Efficient Deep Learning-Based Framework for Automatic Fruit Recognition, *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2022, Article ID 6538117, 8 pages, 2022.
- Hu, W.; Sun, D. W.; Blasco, J. Rapid monitoring 1-MCP-induced modulation of sugars accumulation in ripening 'Hayward' kiwifruit by Vis/NIR hyperspectral imaging. *Postharvest Biology and Technology*, v. 125, p. 168-180, 2017.
- Lim, J.; Ahn, H.S.; Nejati, M.; Bell, J.; Williams, H.; MacDonald, B.A. Deep Neural Network Based Real-time Kiwi Fruit Flower Detection in an Orchard Environment. arXiv 2020, arXiv:2006.04343.
- Marset, W. Villegas, Perez D. Sebastian, Díaz C. Ariel, & Bromberg F. (2021). Towards practical 2D grapevine bud detection with fully convolutional networks. *Computers and Electronics in Agriculture*. 182, 105947.
- Pérez, S.N., Dejean, G., Giuliano, M., Yommi, A., David, A., Murillo, N., Balaguer, F., García I., Mendoza, D. 2022. Detección de yemas brotadas para la estimación temprana del rendimiento de una plantación de kiwi. XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2022, Univ. Nac. de Champagnat).
- Sa I, Ge Z, Dayoub F, Upcroft B, Perez T, McCool C. DeepFruits: A Fruit Detection System Using Deep Neural Networks. *Sensors*. 2016; 16(8):1222.
- Song, Z., Fu, L., Wu, J., Liu, Z., Li, R., & Cui, Y. (2019). Kiwifruit detection in field images using Faster R-CNN with VGG16. *IFAC-PapersOnLine*, 52(30), 76-81.
- Testolin, R.; Costa, G. 1992. Modelling a kiwifruit orchard. *Acta Hort*. 313:99-103.
- Williams, H. A., Jones, M. H., Nejati, M., Seabright, M. J., Bell, J., Penhall, N. D., ... & MacDonald, B. A. (2019). Robotic kiwifruit harvesting using machine vision, convolutional neural networks, and robotic arms. *biosystems engineering*, 181, 140-156.
- Xia, X.; Chai, X.; Zhang, N.; Zhang, Z.; Sun, Q.; Sun, T. Culling Double Counting in Sequence Images for Fruit Yield Estimation. *Agronomy* 2022, 12, 440.
- Zhou, R., Damerow, L., Sun, Y. and Blanke, M.M. 2012. Using colour features of cv. 'Gala' apple fruits in an orchard in image processing to predict yield. *Precision Agric*. 13:568–580. DOI: 10.1007/s11119-012-9269-2.