



Estimación del rendimiento y la calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción.

“Informe Final”

Junio 2019

1. ANTECEDENTES GENERALES

- **Código:** PYT-2016-0247
- **Nombre del Proyecto:** “Estimación del rendimiento y la calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción.”
- **Regiones de Ejecución:** La ejecución del proyecto fue programada y ejecutada en las regiones del Bío Bío.
- **Agente Ejecutor:** Hortifrut SA.
- **Agente(s) Asociado(s) :** Instituto de Investigación Agropecuaria-INIA y AGROID
- **Coordinador del Proyecto:** Denise Donnay Avila.
- **Costo Total (*Programado y Real*):**

1.1. Costo general:

Ejecución presupuestaria a la fecha:

- **Aporte del FIA** (en pesos; porcentaje del costo total) (*Programado y Real*):
Programado:

1.1. Costo general:

Costo total de la Iniciativa			
Aporte FIA			
Aporte Contraparte	Pecuniario		
	No Pecuniario		
	Total Contraparte		

- **Período de Ejecución** (*Programado y Real*)

1.2. Ejecución presupuestaria a la fecha:

Acumulados a la Fecha		Monto (\$)
Aportes FIA	Suma cuotas programadas	
	Suma cuotas pagadas	
	Suma gasto programado	
	Suma gasto real	
Aportes Contraparte	Gasto programado	
	Gasto real	
	Gasto pecuniario programado	
	Gasto pecuniario real	

2. RESUMEN EJECUTIVO

La generación y difusión de la tecnología son los motores del crecimiento económico moderno en la agricultura sustentable, cada vez es más necesario apuntar a una agricultura sostenible y más productiva que pueda satisfacer los desafíos de seguridad alimentaria local, regional y global del siglo XXI. La clave en este proceso es la tecnología como factor de producción, esto gracias a los cambios realizados en aspectos tales como la naturaleza de los bienes producidos, los mercados y la competencia internacional. Todo lo anterior es consecuencia del incremento de la tecnología en los bienes y servicios, derivado del conocimiento científico, conceptos avanzados de diseño, la inteligencia artificial, automatización, software, y descubrimientos biológicos, entre otros. Los puntos claves para acelerar el crecimiento del país van depender de la innovación y el desarrollo tecnológico como fuentes de crecimiento de la productividad y competitividad, a nivel empresarial y nacional.

La infraestructura agrícola e institucional difiere enormemente en este punto, pero tienen en común el reto sustancial de adquisición de datos oportunos a partir de los manejos de sitios específicos en conjunto con herramientas tecnológicas de analítica que permiten mejorar la calidad y los rendimientos apuntando a la eficiencia de la toma de decisiones. El mayor desafío es buscar avances asociados a las tecnologías habilitantes dentro del sector agrícola tanto en ámbito local como internacional mediante la adquisición de procesos y la gestión de servicios avanzados (datos, computación y tecnología) de la información, que ofrezcan la oportunidad de aprovechar este conocimiento en formatos nuevos para lograr sistemas agrícolas más productivos y sostenibles a nivel nacional.

En el mercado se habla de tres puntos claves (adaptación, habilitación y desarrollo) como solución, que implican:

- **Investigación**
- **Desarrollo tecnológico**
- **Aplicación e integración**
- **Perfeccionamiento**

Hoy en día existen muchas tecnologías aplicadas a la terminología de agricultura de precisión, tales como estaciones meteorológicas, sensores de humedad, espectrómetros para evaluar calidad y herramientas de teledetección. Muchas de estas aplicaciones, ya están en el mercado con bajos precios debido a la evolución constante de los avances de la tecnología. Por lo tanto, el foco de práctica debe ser el desarrollo de nuevas tecnologías, basadas en la agricultura de precisión, que busquen una apertura en el mercado y un mayor soporte para la expansión y sostenibilidad en el tiempo a través de mayores ventas derivadas de procesos tecnológicos. Esto requiere vinculación con socios tecnológicos que conozcan la realidad del campo, las distintas posibilidades de manejo y, sobre todo, que tengan la capacidad de ayudar a incorporar las herramientas de la agricultura 4.0 de forma consumible y rentable para los técnicos y agricultores.

Tenemos que entender la Agricultura 4.0 como el siguiente paso a la digitalización, donde se utiliza el equipamiento necesario para la adquisición de datos en toda la cadena agroalimentaria, para posteriormente procesarlos. Este procesamiento y análisis de los datos incorporando computación en cloud, junto a técnicas de analítica avanzada (Big data

e Inteligencia artificial), nos permite tomar decisiones en tiempo real. Esto nos posibilita hacer un uso más eficiente de los recursos, obtener alimentos más salubres y poder conocer y adaptar la producción a las nuevas tendencias de la demanda del mercado de forma casi inmediata.

Es por ello que la empresa **Hortifrut SA.**, como entidad pionera en el uso de tecnologías, busca mejorar sus procesos de producción a través de herramientas tecnológicas y plataformas de gestión que potencien un mayor rendimiento del cultivo, asegurando la calidad comercial de los productores para la exportación de sus productos. En función de los puntos anteriormente mencionados, la empresa se adjudica un proyecto en la convocatoria FIA 2016, que tiene como objetivo solucionar los efectos de la inestabilidad climática en la agricultura y la producción. Debido a esto nace la iniciativa denominada **“Estimación del rendimiento y la calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción.”**.

Hortifrut SA., se adjudicó esta propuesta en conjunto con su asociado el **Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA)** a través del Departamento de Agricultura de Precisión (PROGAP-INIA), la cual termina su ejecución con resultados finales que se expondrán en este boletín. Este proyecto se basa en la generación de información para estimar los kilos de producción de los campos de arándanos, para optimizar los manejos agronómicos y a su vez evaluar la calidad para determinar los destinos de comercialización. El objetivo de la propuesta es **“Desarrollar un sistema (hardware-software) para la estimación de rendimiento y calidad de espacio-temporal en arándanos, que permita identificar las áreas deficientes para mejorar la producción a través de los manejos agronómicos, y a la vez mejorar la logística de cosecha”**. En conclusión, con este proyecto se espera beneficiar tanto a los proveedores de servicios tecnológicos agrícolas como los productores y exportadores.

3. INFORME TÉCNICO

3.1. Objetivos del Proyecto

3.1.1. Objetivo General:

“Desarrollar un sistema (hardware-software) para la estimación de rendimiento y calidad de espacio-temporal en arándanos, que permita identificar las áreas deficientes para mejorar la producción a través de los manejos agronómicos, y a la vez mejorar la logística de cosecha.”.

El objetivo general se cumplió en un 100%, quedando un sistema de monitoreo en tiempo real en terreno, satisfaciendo las necesidades de identificar puntos críticos, de forma temprana, permite cuantificar los kilos de un predio con antelación de las cosechas y de forma remota por medio de un dron. Este a su vez permite evaluar el índice de madurez de la frutas semana a semana. Como objetivo general se lograron cada una de las metas que se propusieron logrando estimar los kilos y calidad que ajustan el número de cosecheros que son necesario para la temporada, además de

evaluar la distribución de la cosecha estimando el porcentaje de bayas desde verde pintón a madura. Por otra, la información de patrones de comportamiento de la planta según las condiciones agroclimáticas, ayudan a los asesores a gestionar las logísticas de producción manejos de poda, fertilización y riego del campo en función de las necesidades específicas del campo por medio de las zonificaciones.

3.1.2. Objetivos Específicos:

3.1.2.1. Desarrollar un prototipo (hardware) para captura óptica, almacenamiento, transformación y comunicación de información digital obtenida en campo.

Se generaron varios prototipos ópticos de captura desde tripulados a no tripulados, el más eficiente para cuantificar los kilos y calidades de frutos fue el dron, debido a que agiliza los tiempos de captura en terreno y no interrumpe las labores de campo, las imágenes procesadas por algoritmos de visión artificial se ajustaron con un error de 5%, otro punto que nos llevó a decidir por el dron debido a la calidad de imagen RGB.

3.1.2.2. Desarrollar plataforma que integre los algoritmos (software) de estimación de rendimiento y calidad y visualización de resultados, a través de internet of things (IoT) de forma amigable para los usuarios.

Se generó una plataforma que permitió unir los algoritmos de predicción de calidad y rendimiento asociada a un servidor, esto queda en salida de aplicación móvil como al ordenador. Los resultados se exponen en la metodología del desarrollo.

3.1.2.3. Determinar los potenciales impactos de las variables de producción (clima-agua-nutrientes) y su relación con los rendimientos y calidad obtenidos en asociación con requerimiento de logísticas de cosecha.

En este objetivo se evaluaron desde condiciones topográficas, fertilización, riego en función de la expresión de planta y su interacción con los microclimas para encontrar patrones de similitud que permitan ser base de información de los asesores de campo.

3.1.2.4. Generar un modelo de cuantificación del impacto económico de la variabilidad espacial del rendimiento y calidad que permita justificar el uso de la tecnología desarrollada.

Se realizó la evaluación del impacto productivo y económico a partir de la información obtenida en campo, realizando la evaluación económica y obteniendo indicadores económicos (TIR y VAN).

3.1.2.5. Difundir los resultados del proyecto al menos a 150 productores y asesores de arándanos que serán los usuarios potenciales.

Se realizaron seminarios técnicos aplicados a la utilidad del desarrollo como de ámbito científico donde se divulgaron metodologías que pueden ser útiles para entender los cultivos frutícolas en general. Además de esto el cierre del proyecto se realizó en la tercera feria tecnológica de Hortifurt donde acudieron a más de 900 personas asociadas al rubro arandano desde prestadores de servicio, productores y asesores.

4. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Estimación rendimiento y calidad espacial predial

En este estudio se buscó desarrollar un modelo para la clasificación de rendimiento y calidad de las bayas cosechadas mediante uso de tecnologías de visión y modelamiento digital a favor de la maximización de las logísticas comerciales y base para mejorar acciones agronómicas. Adicionalmente, es necesario avanzar hacia la determinación de las características organolépticas de los frutos con el objetivo de asociar las distribuciones de calidad de la fruta en postcosecha. Así, se evaluarán los resultados asociados a los objetivos del proyecto, que buscaba la evaluación del rendimiento y calidad de arándanos como sigue.

Respecto al objetivo específico 1: Se desarrollaron diferentes alternativas de captura durante los 3 años del proyecto que son: Desarrollar un prototipo (hardware) para captura óptica, almacenamiento, transformación y comunicación de información digital obtenida en campo.

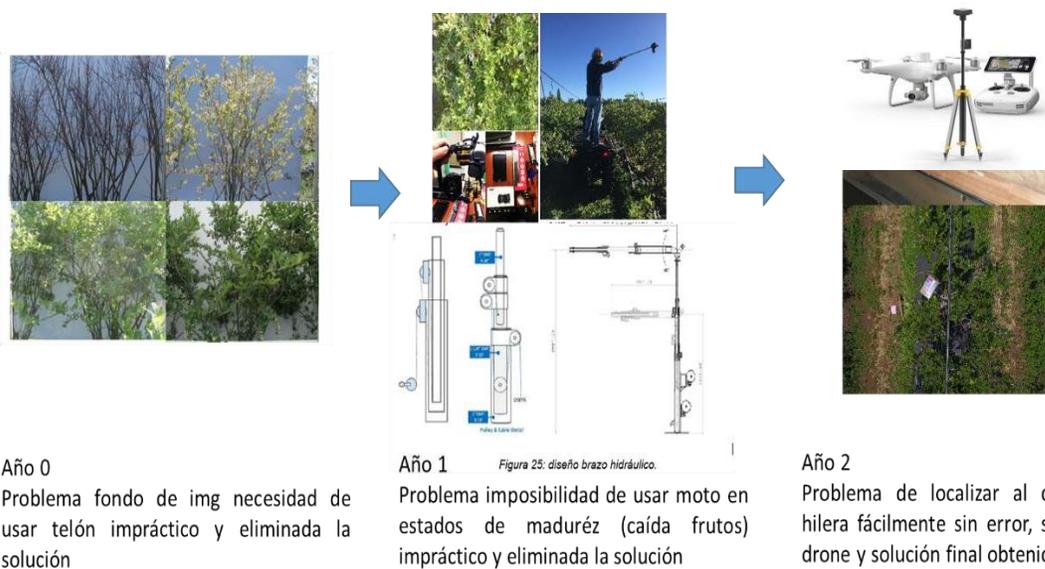


Figura 1. Evolución de los diferentes sistemas de captura de información de campo desarrollados por el proyecto para evaluar los rendimientos y calidades prediales.

El proyecto como puede verse en la figura 1 e informes técnicos entregados anteriormente, ha tenido una evolución en cómo captura la información digital de los frutos en campo desde imágenes laterales, pasando por imágenes cenitales, hasta llegar al uso de drones en la captura. El cambio que se llevó a cabo, fue debido a que las alternativas iniciales eran imprácticas o tenían problemas de ejecución en campo a nivel masivo como tiempos de captura alto, problemas de caída de frutos por la moto (en sectores de mayor biomasa la moto producía caída de frutos), etc.

4.2. Estimación de rendimiento mediante uso de plataforma aerotransportada

El progreso de la tecnología digital permite en la actualidad, utilizar métodos y técnicas matemáticas de reconocimiento de patrones, sea en imágenes estáticas o en dinámicas. Sin embargo, existe una diversidad de estas técnicas, donde muchas de ellas se adaptan a problemas muy particulares. Por lo cual, es necesario poner en práctica las técnicas matemáticas, eligiéndolas y combinándolas adecuadamente para cumplir el propósito del reconocimiento de patrones. No obstante, dicha operación amerita el uso de software de simulación con alto grado de procesamiento para computación numérica. Por tal razón que el software Matlab fue elegido para realizar tal procedimiento.

Para realizar la segmentación de las imágenes, lo primero que se realizó fue separar los colores de los arándanos a segmentar. Por lo cual, se utilizó el método de Otsu para determinar un número mayor de umbrales, que permitió facilitar la identificación de un patrón en particular. Los métodos del valor umbral son un grupo de algoritmos cuya finalidad es segmentar gráficos rasterizados, es decir separar los objetos de una imagen que nos interesen del resto. Con la ayuda de los métodos de valor umbral en las situaciones más sencillas se puede decidir qué píxeles conforman los objetos que buscamos y qué píxeles son sólo el entorno de estos objetos.

El punto clave es la elección del valor umbral más adecuado. Esto se puede realizar bastante bien de manera manual, pero dado que con las variantes local y dinámica del método se deben establecer muchos valores umbral, se necesita un método que permita calcular el mejor valor umbral automáticamente. Un método mejor para calcular el valor de umbral automáticamente es el método de Otsu que se ha establecido como estándar.

El método de Otsu, llamado así en honor a Nobuyuki Otsu que lo inventó en 1979, utiliza técnicas estadísticas, para resolver el problema. En concreto, se utiliza la varianza, que es una medida de la dispersión de valores. El método de Otsu calcula el valor umbral de forma que la dispersión dentro de cada segmento sea lo más pequeña posible, pero al mismo tiempo la dispersión sea lo más alta posible entre segmentos diferentes. Para ello se calcula el cociente entre ambas variancias y se busca un valor umbral para el que este cociente sea máximo.

Así para utilizar la metodología descrita anteriormente se utilizaron transformaciones a dos espacios de color distintos, para realizar la separación total de los arándanos de las hojas y ramas. Estos espacios de color son: Cielab e Ycbcr, con los cuales se obtuvieron los mejores resultados.

4.2.1. Espacio de Color

Un espacio de color puede ser descrito como un método para expresar el color de un objeto usando algún tipo de anotación, como pueden ser los números. La Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), una organización sin fines de lucro que es considerada como la autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido espacios de color, incluyendo CIE XYZ, CIE L*C*h, y CIE L*a*b*, para comunicar y expresar el color objetivamente.

El espacio de color L*a*b*, también referido como CIELAB, es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usado para evaluar el color de un objeto. Este

espacio de color es ampliamente usado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana. Investigadores y fabricantes lo usan para evaluar los atributos de color, identificar inconsistencias, y expresar precisamente sus resultados a otros en términos numéricos.

El color corresponde a una percepción e interpretación subjetiva. Dos personas mirando un mismo objeto pueden usar puntos de referencia distintos y expresar el mismo color con una gran variedad de palabras diferentes, llevando a confusión y falta de comunicación internamente o a través de la cadena de abastecimiento. Para evitar esto y asegurar que una muestra cumpla con el estándar, el color debe ser expresado en términos numéricos y objetivos.

Cuando se clasifican los colores, se los puede expresar en términos de matiz (color), luminosidad (brillo) y saturación (vividez). Al crear escalas para estos atributos, podemos expresar en forma precisa el color.

El espacio de color $L^*a^*b^*$ fue modelado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo. Como se muestra a continuación, L^* indica la luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas.

L^* =luminosidad

a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Los instrumentos de medición de color, incluyendo espectrofotómetros y colorímetros, pueden cuantificar estos atributos de color fácilmente. Ellos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^* .

El otro espacio de color es el YCbCr. Este último es un espacio de color utilizado en sistemas de fotografía y video digital. Define el color en términos de un componente de luminancia y dos de crominancia. Y, representa la luminancia (luma) y se encuentra en el rango de 0 a 255. Cb y Cr, representan la crominancia (chroma), los colores azul y rojo, respectivamente. Se encuentran en el rango -128 a 127 signado ó 0 a 255 no signado.

YCbCr no es un espacio de color absoluto, sino una forma de codificar información RGB. El color que se muestra depende de la combinación de colores primario RGB usados para mostrar la señal. Por lo tanto, un valor expresado como Y'CBCR es predecible solo si se usa la cromaticidad de los colores del estándar RGB.

Las imágenes se forman en un tubo de rayos catódicos mediante señales que representan a los colores primarios de la luz, azul, rojo y verde, pero estas señales no son eficientes como representación para el almacenamiento y la transmisión directas, ya que tienen una gran cantidad de redundancia.

Las señales YCBCR y Y'CBCR son una aproximación práctica para el procesamiento del color y para la percepción uniforme, en las cuales los colores primarios que corresponden aproximadamente al rojo, verde y azul son procesados en información perceptualmente significativa. De esta manera, el procesamiento, la transmisión y almacenamiento posteriores de imagen o vídeo pueden introducir errores en formas perceptualmente

significativas. A partir de la señal del modelo Y'CbCr se separa una señal de luminancia que se puede almacenar con alta resolución o transmitida con un alto ancho de banda, y dos componentes de crominancia que pueden ser de ancho de banda reducido, submuestreados, comprimidos, o tratados de otra manera por separado para mejorar la eficiencia del sistema. Así, ajustando los formatos de captura tanto en los balances de la cámara, ajustes de color, modelos de segmentación, procesos realizados (Figura 2) se logró generar un modelo adecuado de segmentación de frutos en diferentes estados de madurez (Figura 3).



Figura 2. Proceso de evolución de calibración y ajuste del modelo de segmentación.



Figura 3. Segmentación de imágenes por software

Así, finalmente se logró desarrollar un modelo que permitió segmentar la fruta para evaluar los diferentes niveles de madurez y llevarlos a planos espaciales tal como se puede ver en la figura 4 (sección 1), donde se puede visualizar la distribución de fruta madura en formato espacial. Cabe destacar que la localización de puntos de muestreo se realiza sobre la base

de la especialización de los rendimientos y acumulación térmica, factor que será explicado más adelante en este informe.

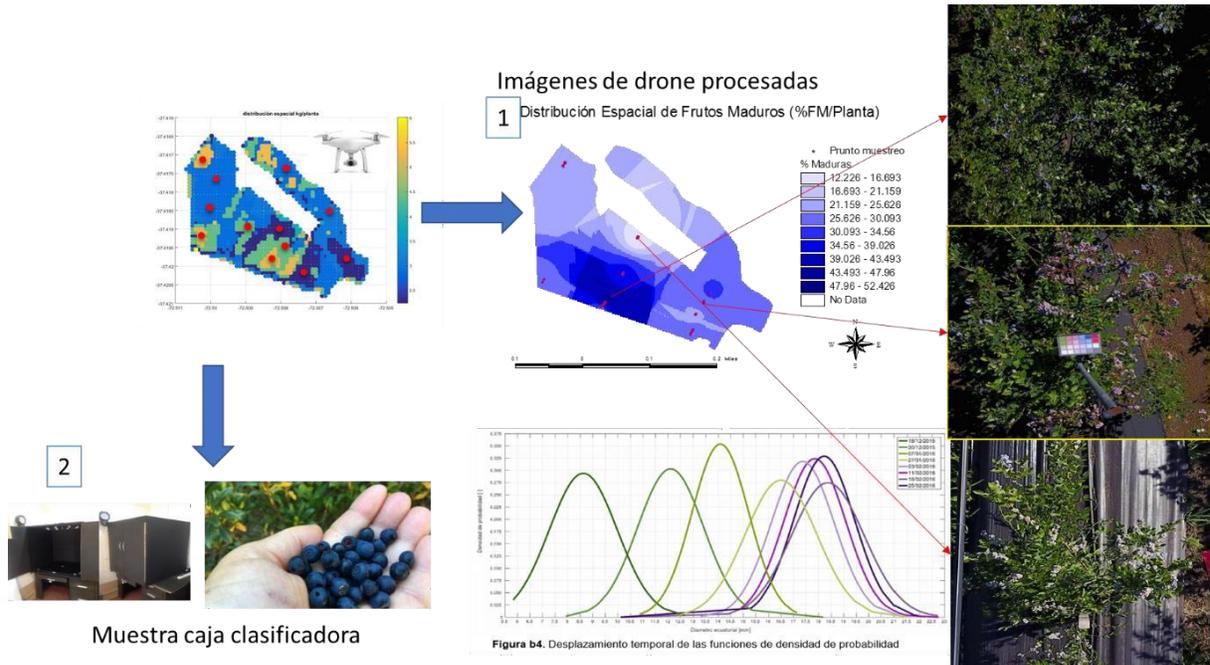


Figura 4. Esquema de salidas del modelo espacial de madurez de fruta (1) y sección de muestreo en campo para análisis químico de más detalle (2).

Por otra parte, se obtuvo información real de rendimiento en terreno (detallado en informes anteriores) para correlacionar con información de los resultados del modelo en cuanto a la identificación de fruta digital. Los resultados asociados a las relaciones entre la información digital y la de campo si bien no fue tan buena (Figura 5) como se pretendía con alta complejidad de obtención de la data ya que la imagen debía estar centrada sobre la planta sin mayores errores (figura 5, imagen central) los que obligo a usar un drone con RTK para subsanar el problema que permitiera luego automatizarse la captura.



Figura 5. Evaluación de ajuste de modelo digital de rendimiento para una variedad, imagen asociada y evolución de flores por ramilla según vigor.

Sin embargo, a pesar de los problemas encontrados que fueron subsanándose, lo más desilusionador fue encontrar una gran heterogeneidad de producción por plantas (Figura 6 y 7) que se encontró en huertos sin un patrón claro por biomasa que nos permitiera optimizar la localización de los puntos muestrales ni menos aún de cuantificación de muestras por hectárea necesarias, teniendo que poner una gran cantidad para poder reducir el error que se generaría por esta micro variabilidad que se sumaría a la del error del modelos desarrollado.

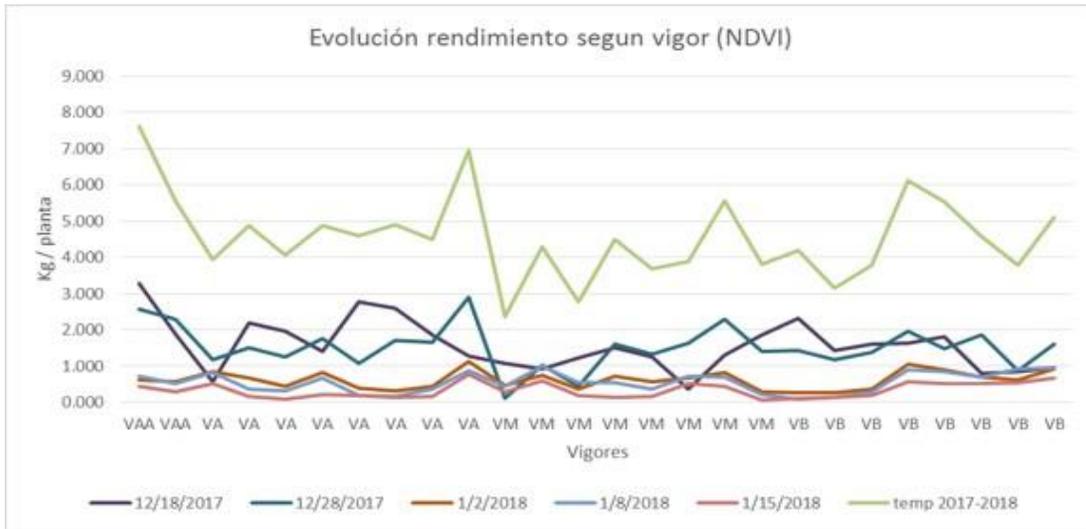


Figura 6. Evaluación del rendimiento por planta total real por fechas de cosechas (floreos) según vigor de plantas para variedad Legacy, temporada 2018.

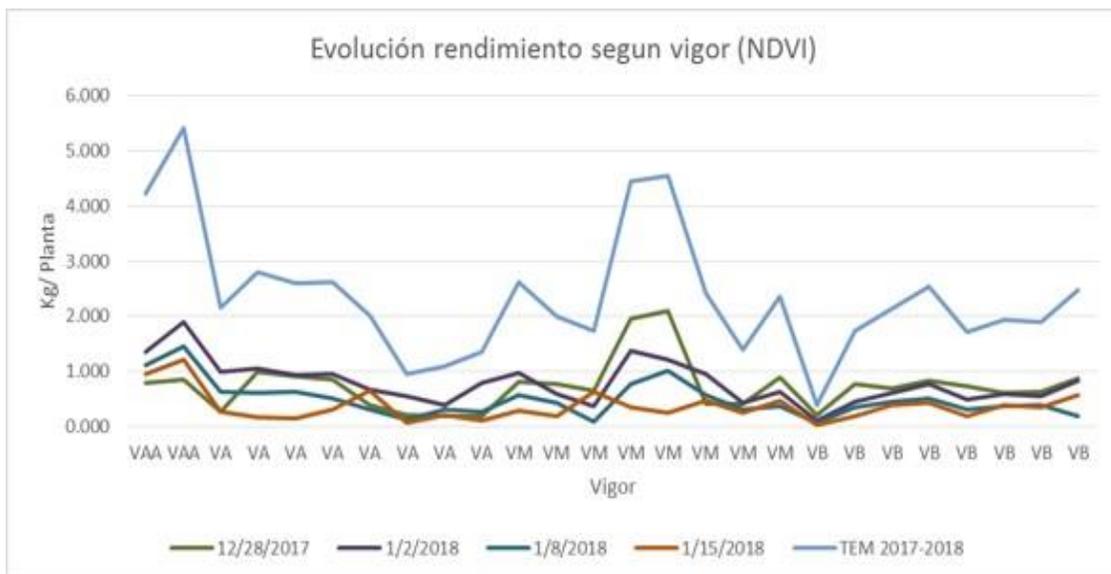


Figura 7. Evaluación del rendimiento por planta total real por fechas de cosechas (floreos) según vigor de plantas para variedad Brigitta, temporada 2018.

Dado que existe una alta heterogeneidad de rendimientos por plantas por lo que evaluar plantas en cuartel se hace muy difícil, así como llegar a una buena estimación por cuartel, se decidió seguir el camino mediante modelos espaciales que serían mucho más prácticos y económicos de escalar sobre los cuales se podrían integrar con los modelos de captura con dron para la definición de condición de fruta que no requeriría una alta cantidad de información. A continuación, se explicará en detalle los procedimientos que se realizaron para esta evaluación espacial de rendimiento y calidad de fruta.

4.3. Estimación rendimiento espacial y temporal

Respecto al objetivo específico 2, se han desarrollado diferentes alternativas de captura durante los 2 años del proyecto, con objeto en desarrollar plataforma que integre los algoritmos (software) de estimación de rendimiento y calidad y visualización de resultados, a través de internet of things (IoT) de forma amigable para los usuarios.

Para el desarrollo de este punto se puede clasificar un problema de tipo múltiple asociado al espacio y tiempo relativo al rendimiento y calidad y a la vez este último, en relación a la cuantificación de este factor vinculado a su asociación con herramientas que permitan determinarlo. Por lo tanto se dividió el problema en cuatro fases como sigue:

- 1.- Solucionar el problema en cuanto al espacio y como se relaciona el rendimiento en el espacio.
- 2.- Solucionar el problema del tiempo (estacionalidad) y como se relaciona el rendimiento en el tiempo.
- 3.- Solucionar el problema en cuanto al ajuste de evaluar calidad de fruta y asociarlo al espacio y tiempo.
- 4.- Solucionar el problema de integración de fases 1 a la 3 sobre un formato que permita su uso.

4.3.1. Solucionar el problema en cuanto al espacio y como se relaciona el rendimiento en el espacio.

4.3.1.1. Correlación de la información de satélite y terreno. Etapa de definición de clases

Para realizar una clasificación de zonas en los predios se utilizaron técnicas de clustering. Se utilizó el algoritmo no jerárquico de K-Means condicionado a un modelo de entropía. Esto permitió describir de mejor manera la variabilidad intragrupal. Se considera como datos de entrada valores de retrodispersión y datos de NDVI obtenidos del sensor OLI. La estrategia fue diseñada con el objetivo de caracterizar la variabilidad espacial de la rigidez eléctrica de la superficie y la capacidad de estanque del subsuelo a través de la vigorosidad de la planta (planos de NDVI) como el propuesto por Prakash et al. (2012) esquematizado en la Figura 7. Finalmente, el resultado del modelo se integra bajo un árbol de decisión y clusterización en base a 10 zonas (Figura 8), las cuales fluctúan desde una muy permeable (cluster 1) a las más compactadas o más impermeables (cluster 10).

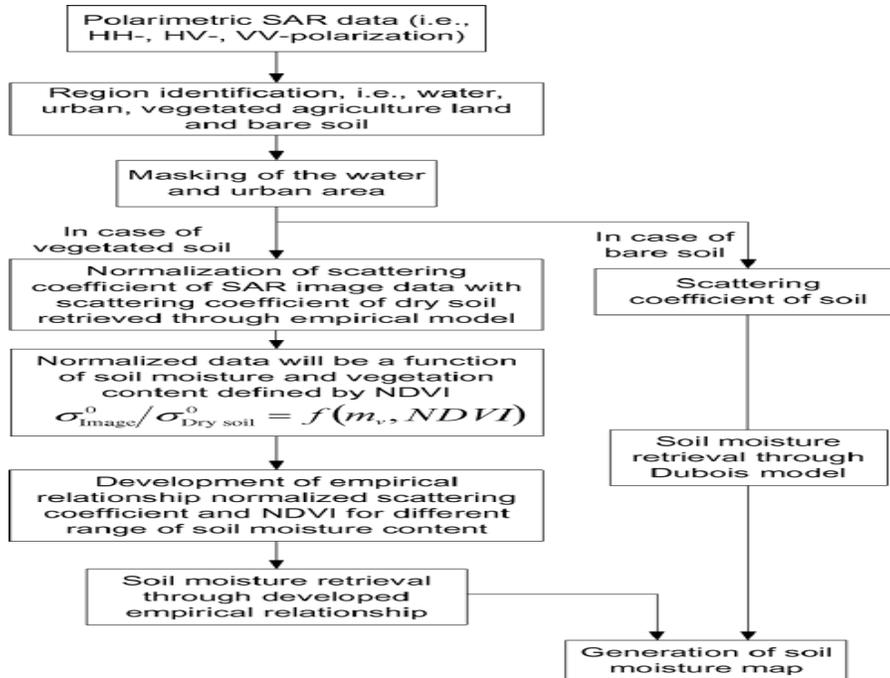


Figura 7. Esquema de zonación de humedad del suelo.

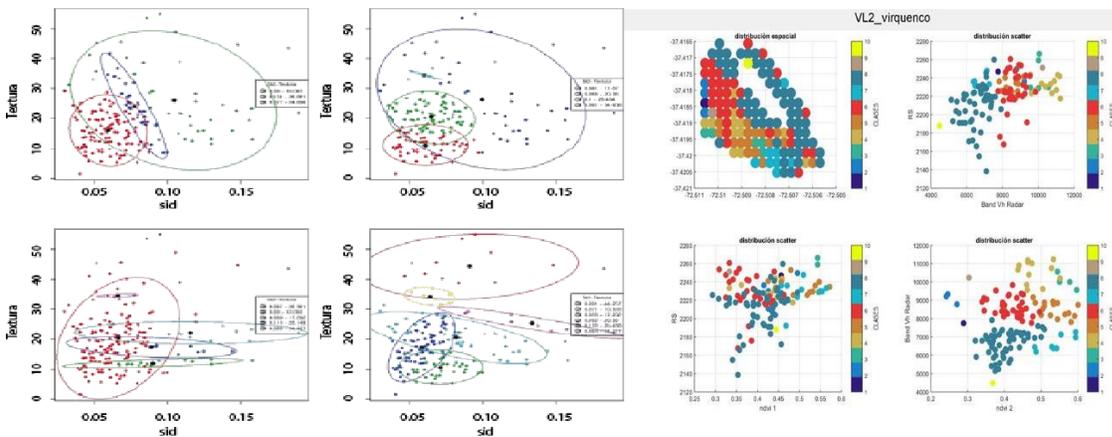


Figura 8. Ejemplo segmentación espacial mediante varias clases (3, 4, 5, 6) considerando varianza temporal de datos satelitales. Resultados utilizables como umbral para árbol de decisión caracterización zonal tal como se ve en la sección derecha de la figura.

Por lo tanto, utilizando el método de perceptron multicapa se obtuvo un aceptable poder predictivo de variación textural del predio en estudio. Esto indica que el ajuste de los datos fue mínimo indicando un factor de ajuste R^2 (~50%, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.9**), por lo que, por ahora, no se asegura el uso de este modelo para la predicción de textura directa pero si como un buen modelo de evaluación de variabilidad del suelo.

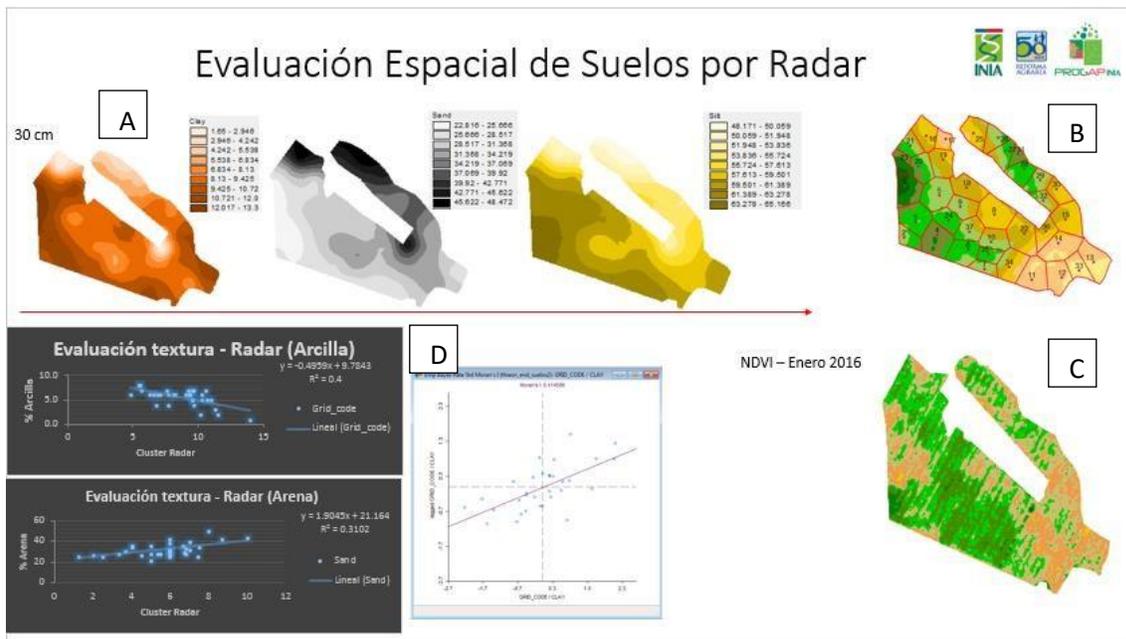


Figura 9. Evaluación espacial de suelo mediante uso de modelo SAR-Multiespectral. Con mapas texturales reales del sitio (A), Modelo de segmentación SAR-Multiespectral (B), Mapa de NDVI sector estudio (C) y curvas de correlación y ajuste (D).

Se realizó una simulación geoestadística basado en un modelo condicionado a cada cuartel del predio en estudio (Figura 10). La ventaja de esta técnica es que permite simular variables continuas con variables categóricas estableciendo la conexión entre las clases y rendimientos. De esta manera es posible estimar fiablemente la incertidumbre de producción considerando solamente las clases de suelo.

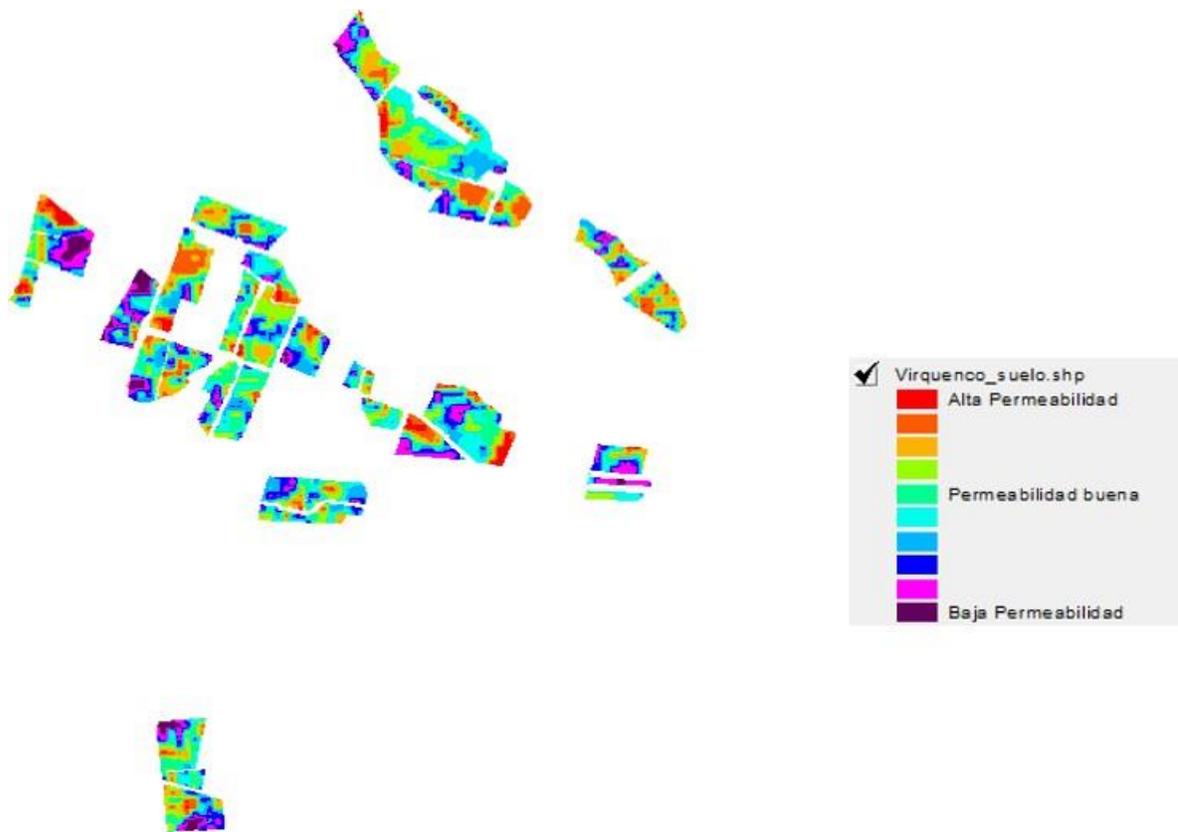


Figura 10. Clasificación de suelos base modelo SAR-Multiespectral para cuarteles del predio Virquenco de Hortifrut.

Para poder evaluar espacialmente los suelos sobre la base de la estructura productiva (rendimientos) de cada cuartel, se procedió a trabajar con la forma de distribución de tipos de suelos generados por cuartel (Figura 11) de los cuales se tuvo acceso a los rendimientos reales (Figura 12).

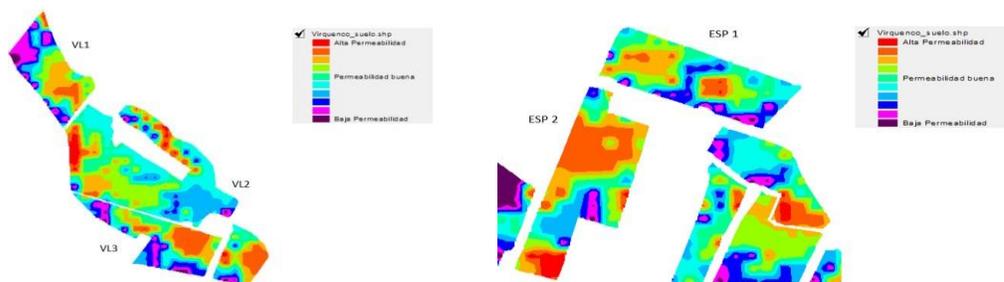


Figura 11. Clasificación de suelos base modelo SAR-Multiespectral para cuarteles Vega Larga 1, 2,3 y Esparrago 1, del predio Virquenco de Hortifrut.

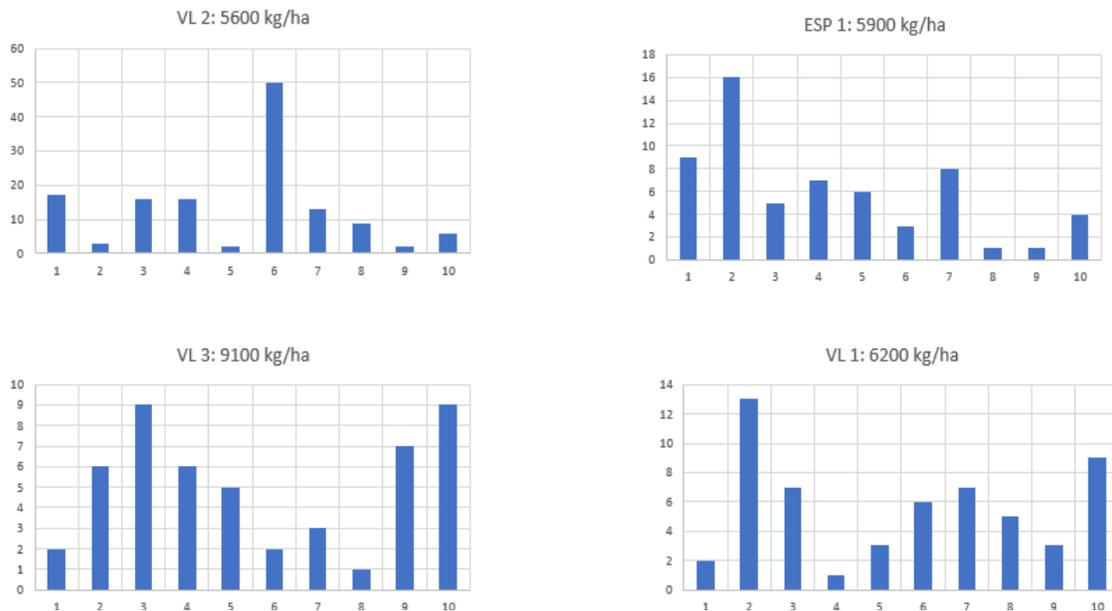


Figura 12. Curvas de distribución de suelos base modelo SAR-Multiespectral para cuarteles del predio Virquenco de Hortifrut en estudio.

Sobre la base de lo expuesto, se procedió a desarrollar un índice o Índice Espacial Productivo (IEP), sobre la base de la curtosis de los suelos por cuartel (leptocúrtica o >0 , Mesocúrtica = 0 o Platicúrtica <0) normalizada por el área de este, el cual nos permitiera evaluar la relación del rendimiento total del cuartel sobre la variabilidad de suelo espacial sobre el cual se obtiene. El sentido de desarrollar este análisis, se basa en que, si la estructura espacial de suelo nos puede explicar el rendimiento razonablemente, podemos estructurar una distribución macro de rendimientos que será ajustada con los valores de rendimientos más precisos obtenidos con el sistema óptico, permitiendo generar una estructura de proyección de estos últimos más estable finalmente. Así, los resultados obtenidos preliminares no permitieron visualizar que existe una relación entre la estructura espacial de suelos y el rendimiento aceptable ($R^2=0.613$), generando un modelo de validación cruzada con solo un 10% de error de estimación. Sin embargo, cuando empezamos a utilizar más bloques del predio como de otros predios, este error creó considerablemente en algunos cuarteles lo que nos indicó que si bien esta distribución si nos daba un buen camino, este debía mejorarse con la integración de más datos al modelo y generar modelos más complejos como se detalla a continuación.

4.3.1.2. Integración de predios al modelo y mejoras en la resolución de los datos del modelo

De la base de datos de Hortifrut proporcionada, en la primera etapa se extrajeron 150 polígonos correspondientes a cada predio integrado, se subdividió en tres sectores (Cerca de Virquenco, Osorno y Temuco) de acuerdo con la información de Radar obtenida y la variabilidad de zonas de producción. Se seleccionaron 128 polígonos con datos precisos de información satelital y de terreno (rendimientos), los otros fueron desechados producto

de inconsistencia en la información. En esta primera fase se utilizó imágenes de Landsat 8, este satélite tiene una resolución de 30 metros por pixel, información disponible gratuita y que nos permitió encontrar relaciones muy interesantes en la distribución de espacio con los rendimientos obtenidos.

Para evaluar como fluctúa el rendimiento según superficie, se graficó los rendimientos los cuarteles que se tenían de predio de Virquenco, durante las últimas 3 temporadas y se pudo visualizar que existe un patrón de producción marcado y relativamente estable (Figura 13), sin embargo, se puede visualizar (Figura 13) que existen desviaciones en algunos cuarteles que tienen a producir más producción que la tendencia central como otros menos consistentemente en el tiempo.

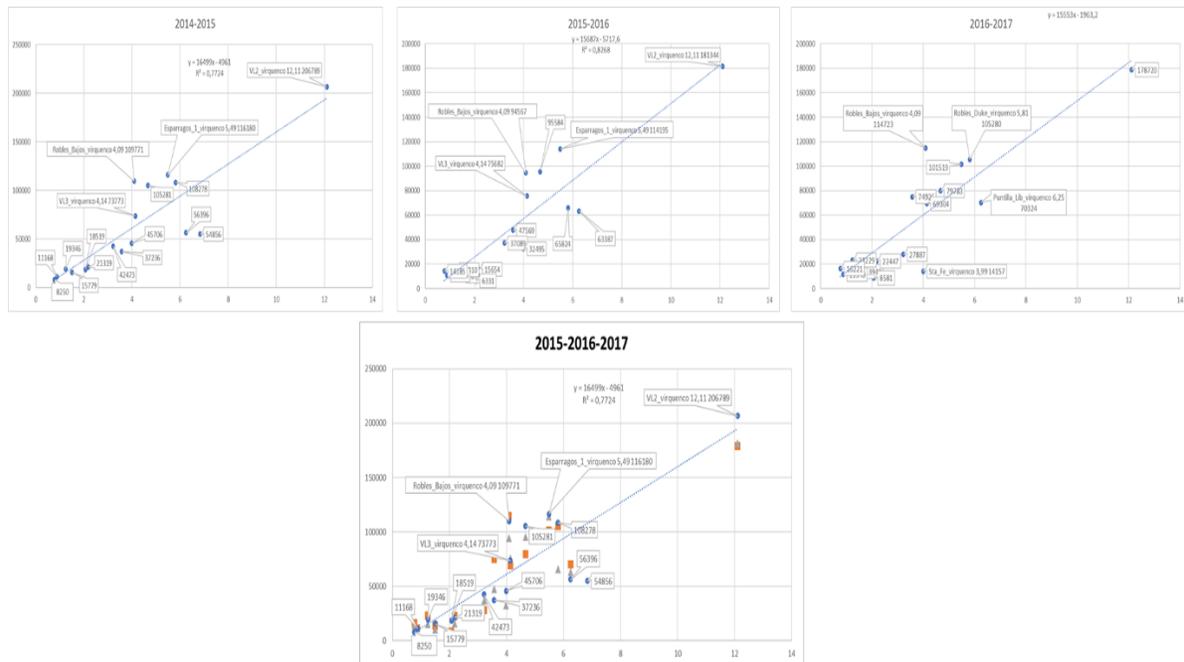


Figura 13. Evaluación de cómo se comportan los rendimientos en cuanto al espacio (superficie).

Para poder discernir que producía estas diferencias productivas mayores y menores a la tendencia central, se utilizaron los planos de variación de ambientes antes explicados. Así, para evaluar la espacialidad de los planos de suelo se relacionan con los rendimientos, se cruzó la información de distribución de los ambientes con los rendimientos existentes, por lo que pudimos darnos cuenta que según el patrón de distribución de los ambientes, se podía explicar las diferencias de menos o mayor rendimientos en los cuarteles (Figura 14). Así se encontró que donde los ambientes que tienden a estar más a los extremos tienden a menos rendimiento y los que tienden a ubicarse más en zonas centrales, tienden a los mejores rendimientos.

Lo anterior nos llevó a visualizar la posibilidad de corrección de estos patrones mediante la corrección por ambientes utilizando el principio de ajuste por un factor tensor que permitiera que a partir de una estimación central pudiéramos darle pesos diferenciados a los ambientes para que al final de la estimación esta fuera mayor a la tendencia central (tensor

positivo) o menor (tensor negativo), ajustando el rendimiento de estos bloques a donde estos deberían estar (Figura 15).

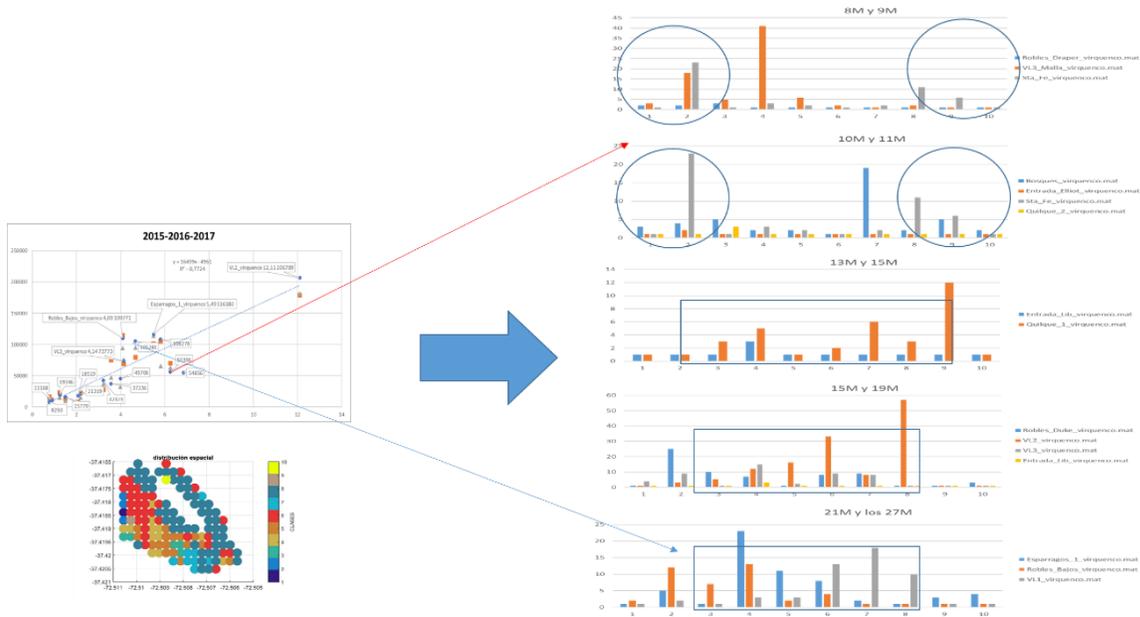


Figura 14. Flujo de evaluación de patrón de distribución de ambientes.

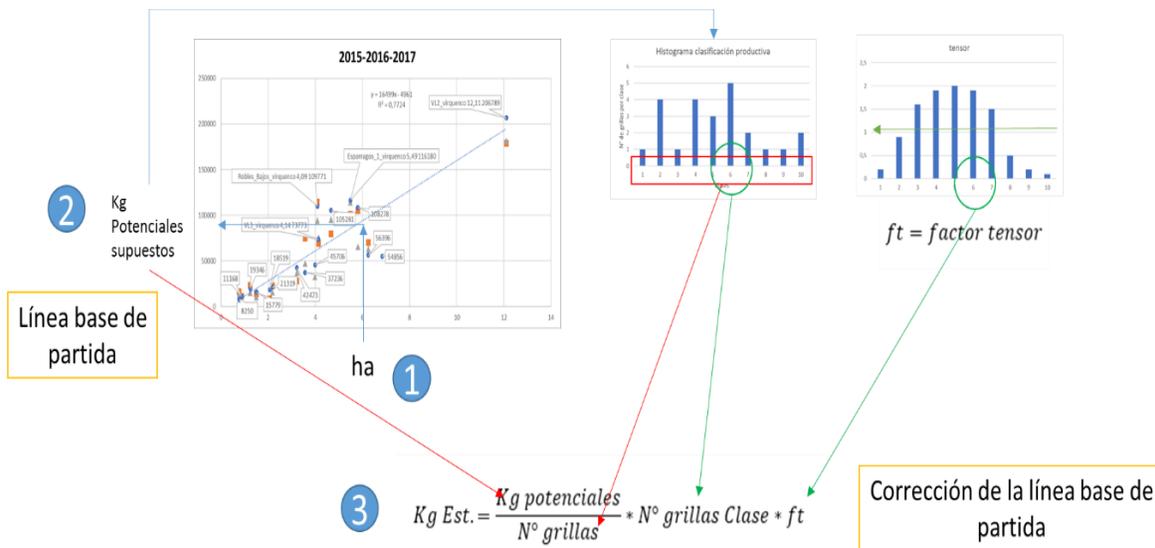
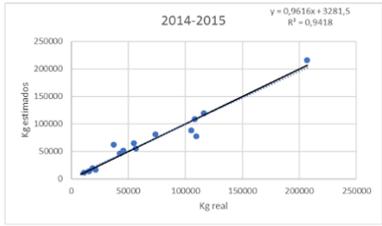


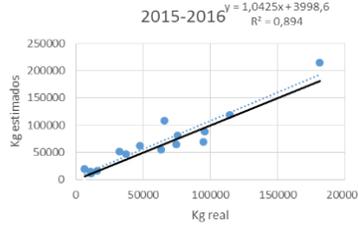
Figura 15. Flujo de ajuste de tensor para mejorar el ajuste de la espacialidad de rendimientos.

Los resultados de este ajuste fueron en promedio bastantes buenos pero igual se nos producían errores importantes en algunos cuarteles y en especial en algunas fechas que nos llevó a pensar que el problema no solo se asociaba a los ambientes sino que también éstos se comportaban distinto según las condiciones climáticas de las diferentes temporadas (Figura 16).

Error general : 1,68 % (0,84 a 1,42%)



Error general : -7,31 % (-2,47 a 26,6%)



Error general : -2,21 %, (1,65 a 39%)

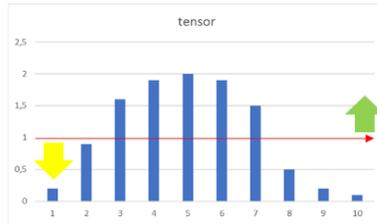
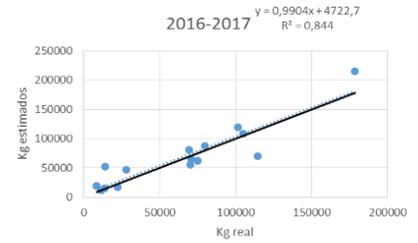


Figura 16. Evolución de las diferentes estimaciones por temporadas y errores asociados.

4.3.2. Solucionar el problema del tiempo (estacionalidad) y cómo se relaciona el rendimiento en el tiempo.

Para encontrar la relación climática con las fluctuaciones de rendimientos en los cuarteles en estudio, se integraron al modelo los datos de clima asociado a la fase 1 de desarrollo de las plantas de arándanos, determinado por los grados días acumulados, donde, se ha dejado estructurado un periodo de tiempo fijo, comprendido entre el 1 septiembre y el 31 octubre (Figura 17) y se evaluó con respecto a la respuesta en planta para el mismo periodo asociado a las diferentes estaciones y rendimientos finales obtenidos en estas.

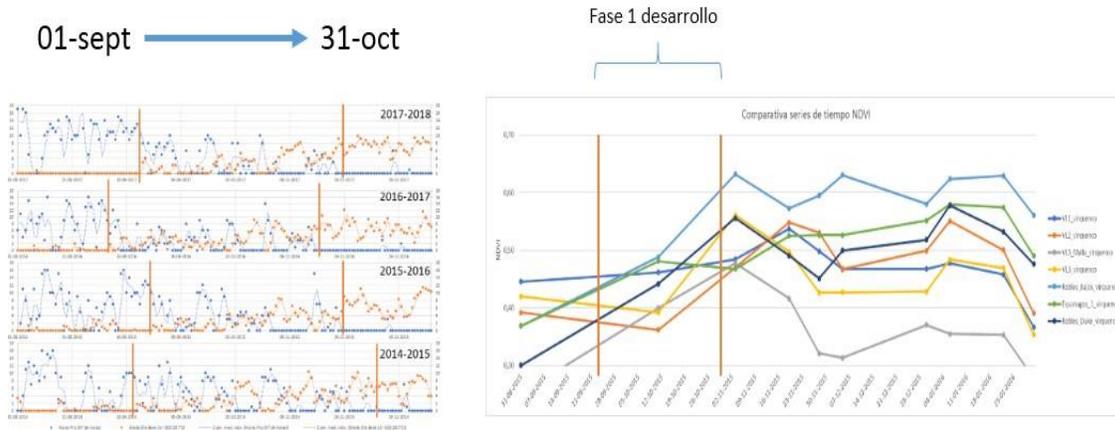


Figura 17. Porción de crecimiento vegetativo asociado a la información de clima (gdfy gdd).

Sobre lo antes expuesto, se desarrolló un modelo de proyección climática espacial de acumulación térmica (GDD, Figura 18) basado en información de radiación solar base y ajuste con información de estaciones estables de la red INIA, de tal forma que nos permitiera proyectar las condiciones de la temporada a cosecha basado en respuesta temprana de las plantas y su potencial de evolución en asociación al clima.

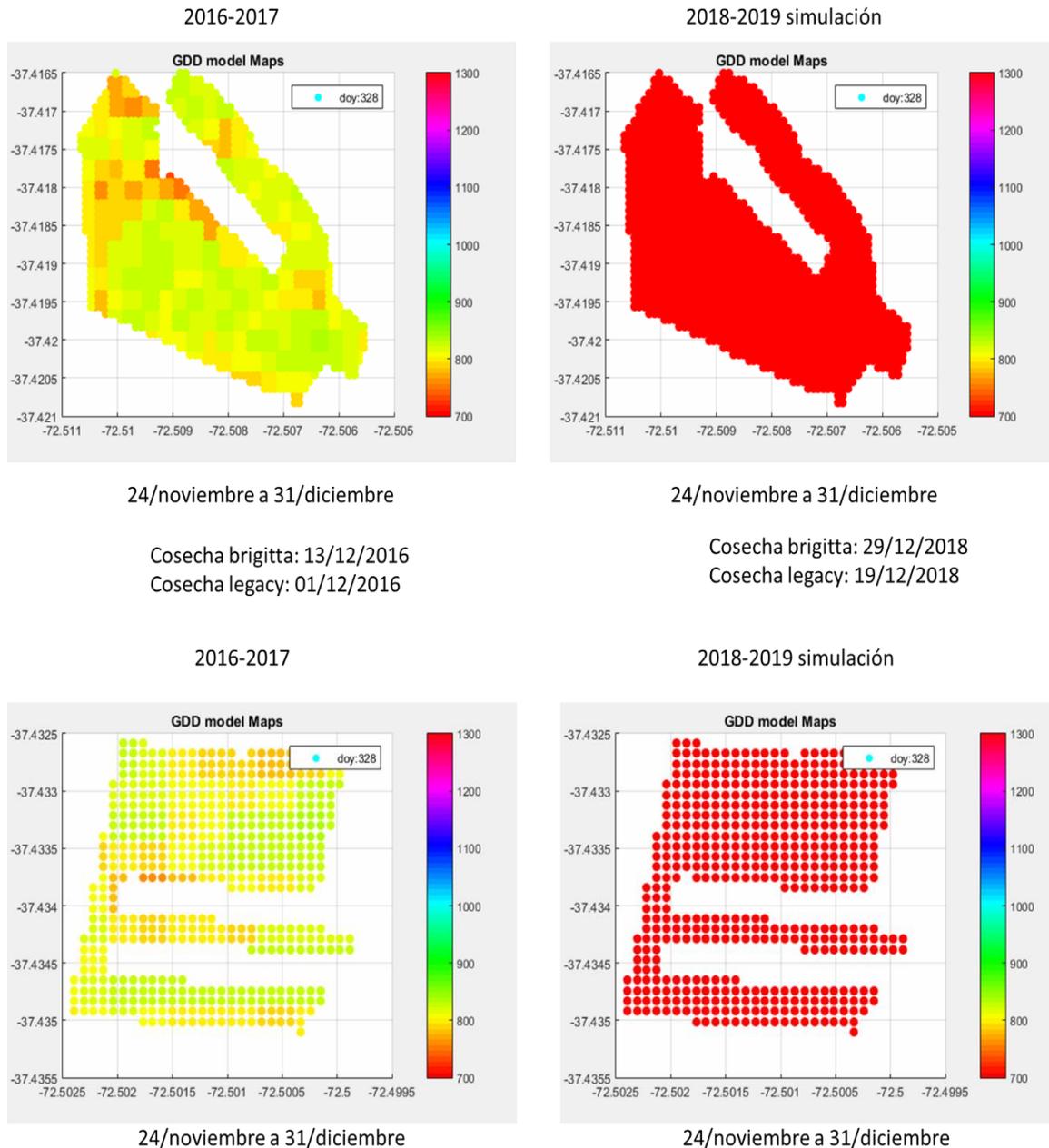
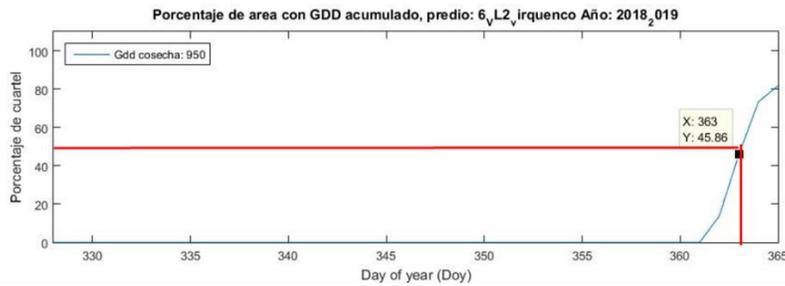
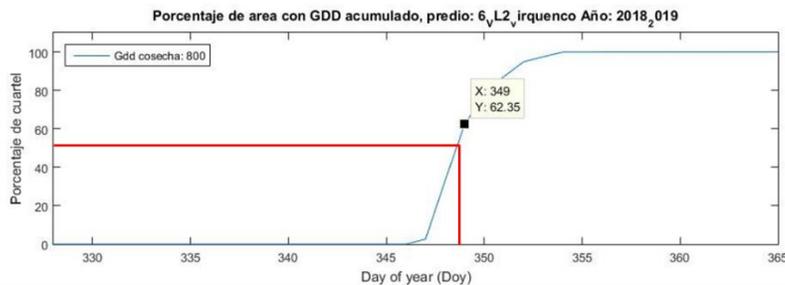


Figura 18. Mapas de distribución espacial de acumulación térmica diaria en dos bloques del predio Virquenco, Los Ángeles, Región del Bio Bio.

Así, esto nos permitió evaluar tempranamente la evolución de acumulación térmica y por ende la definición de evolución de madureces espaciales prediciendo el día de cosecha, asociado a los GDD necesarios por variedad para maduración y que se necesita más o menos el 50% cuartel y con un nivel de madurez para cosecharlos (Figura 19). Cabe destacar que en validación realizada en temporada 2019 se tuvo un error de sólo dos días de estimación de día de cosecha. Por otra parte, estos planos son utilizados para la definición de puntos de control a ser evaluados por el dron en cuanto a nivel de madurez cosa que será explicada más adelante en este texto.



Brigitta: 29-12-2018



Legacy: 14-12-2018

¡Importante sistema de evaluación de fruta!

Figura 19. Evolución acumulada de GDD para dos cuarteles de predio Virquenco y día estimado de cosecha.

4.3.2.1. Evolución del Modelo de estimación ajustado por Máquinas de aprendizaje para la estimación de kg, basada en la información de suelo, clima y vegetación

Para este nuevo análisis se utilizaron 250 cuarteles, de los cuales 163 se utilizaron para entrenamiento, 67 cuarteles se utilizaron como validación y 20 cuarteles fueron retirados por inconsistencia. Nuevamente, se creó una base de datos con los polígonos, donde se extrajeron todas las variables involucradas y se almacenó para posteriormente analizarla.

En la primera fase de este trabajo, se utilizó imágenes de Landsat 8, este satélite tiene una resolución de 30 metros por pixel, en la figura 20 se puede observar el nivel de distribución de los datos en tres cuarteles distintos del Fundo Virquenco, en contraste, para esta temporada se migro toda esta información al satélite Sentinel 2, que tiene una resolución de 10 metros por pixel. Consecuentemente, se debieron migrar todos los demás datos a esta misma resolución, que trajo consigo la mejora en la distribución de los sitios y una mejora en la clasificación.

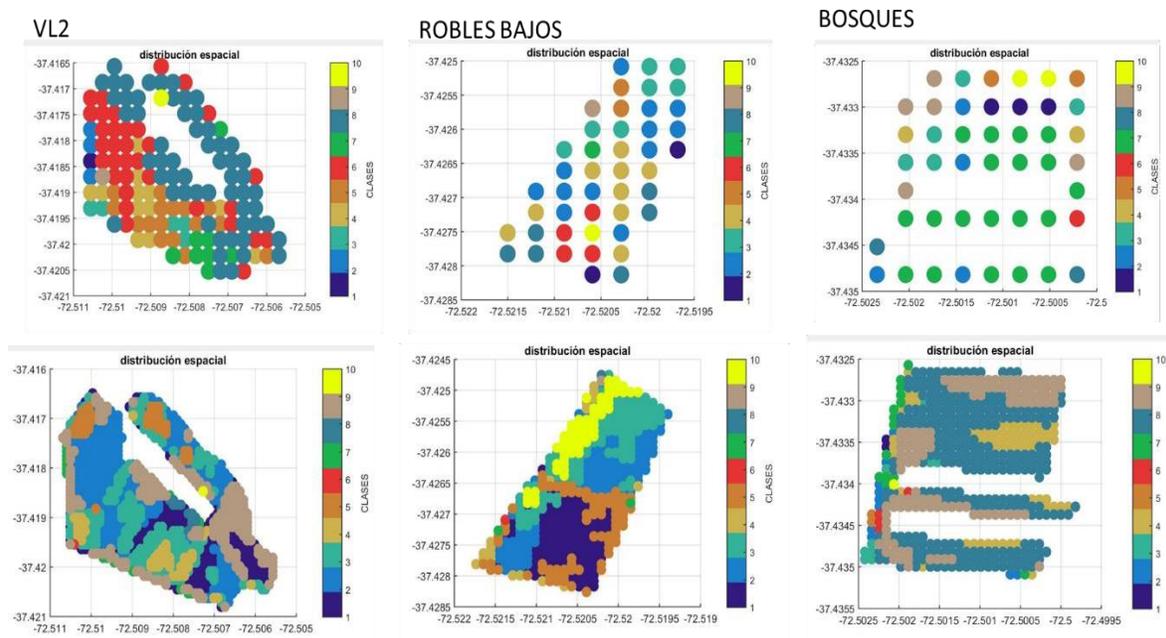


Figura 20. Mejoras en la resolución espacial de los datos de predios de Hortifrut.

4.3.2.2. Entrenamiento de Variables para la estimación de rendimiento a nivel de cuartel e integración con variables climáticas

El modelo de análisis, mencionado anteriormente en otros informes, consistió en un entrenamiento de los datos mediante el algoritmo “Random Forest”, que básicamente es una combinación de árboles de decisión predictores tal que cada árbol depende de los valores de un vector aleatorio probado independientemente y con la misma distribución para cada uno de estos. Para combinar los árboles se le ingresó variables relacionadas directa e indirectamente con las plantas, estas fueron:

RS: radiación solar acumulada (w/m2 año)

NDVI: índice de vegetación normalizada.

RVI = índice de datos de radar, combinación de dos polarizaciones.

Gdf = horas frío, acumuladas desde el 1-abr hasta el 30-ago.

Gdd = grados días acumulados en base 5, desde el 1-sept hasta el 31-oct.

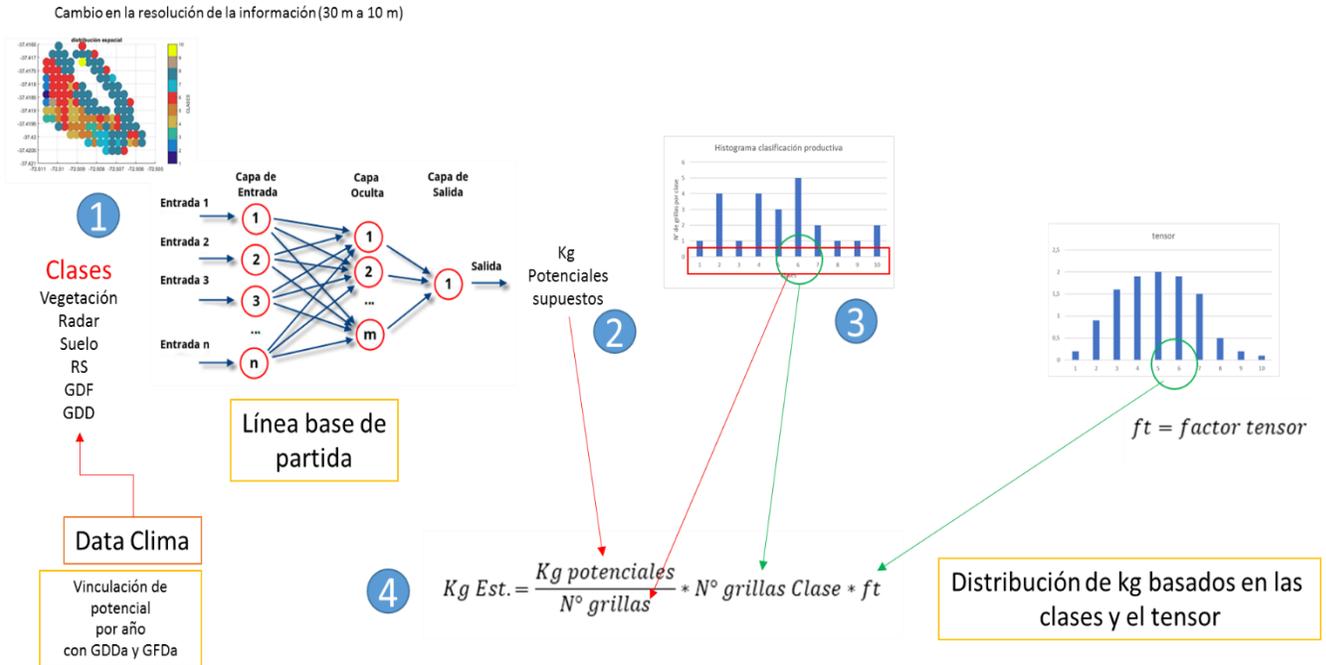


Figura 21. Estructura Final del modelo de estimación de rendimiento.

4.4. Resultados del modelo

En el modelo inicial explicado, se ejecutó diversos algoritmos para estructurar de mejor forma los datos de rendimientos y asociarlos a condiciones sitio específicas, en una primera etapa las condiciones de suelo no fueron suficientes para determinar año a año las variaciones de rendimientos. La incorporación de los índices climáticos nos ha proporcionado un importante discernimiento para la estructuración de la predicción.

La línea base de partida es la diferenciación de las condiciones sitio específicas, esto se refiere a las condiciones de vegetación (actividad fotosintética y de estructura de canopia) y condiciones de energía (radiación solar acumulada). El radar, o más bien el índice de radar (RVI), entrega información asociada a la estructura de planta y a su condición en el terreno. La actividad fotosintética está asociada al índice de NDVI, estructurada en dos fechas claves para la fase 1 de las plantas (septiembre y octubre). En cambio, la radiación solar acumulada (RS) nos proporciona un nivel de energía potencial a que la planta está sometida, modelo realizado calculando una base de topografía del terreno y calculando desde que sale el sol hasta que se esconde, para cada punto en el polígono asociado al huerto, por un año completo.

Teniendo las clases y asociados los datos de clima, se proceden a entrenar mediante el modelo de "Random Forest" los datos de rendimiento. Se probaron 10 métodos distintos de estructura de la red, se utilizó el índice de Nach-Stucliffe (NSE) para decidir que estructuras tienen mejor performance. El índice va desde -inf hasta 1; donde 1 es el perfecto ajuste de la estructura del modelo para los datos proporcionados y un descenso en el valor del índice,

la performance es deficiente. Dos de estas estructuras se ajustan bien a la performance de los datos, con valores de NSE >0.5 , la estructura 1, con un NSE de 0.55 y estructura 2 con NSE de 0.96. En la figura 22, se muestra la estructura 1 del modelo, en ella se observa un excelente performance en cuanto a la cantidad de árboles de decisión (<250) necesarios para decidir los rendimientos, sin embargo, aún este modelo genera un error global de kilos alrededor de 9000 kilos y con un 7% por hectárea de error en la estimación. La estructura 2 que obtuvo mayor performance, se muestra en la figura 23, obtuvo un RMSE de 1619 kilos de error en la estimación global y errores de 4.7% por hectárea, con un promedio de 1.7% por hectárea, para todos los predios de validación. La mejora en esta estructura disminuyó la cantidad de árboles de decisión necesarios (<30), esto se traduce una aceleración en el proceso de cálculo.

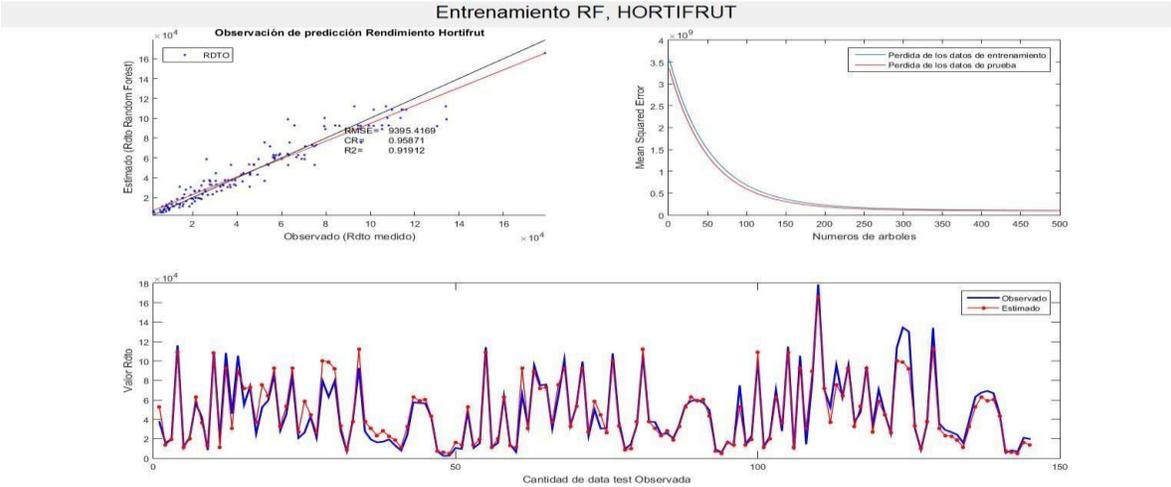
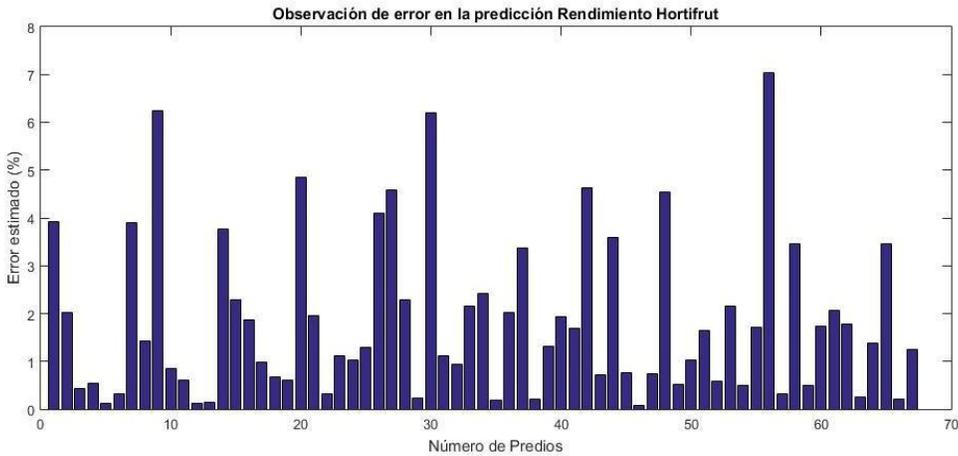
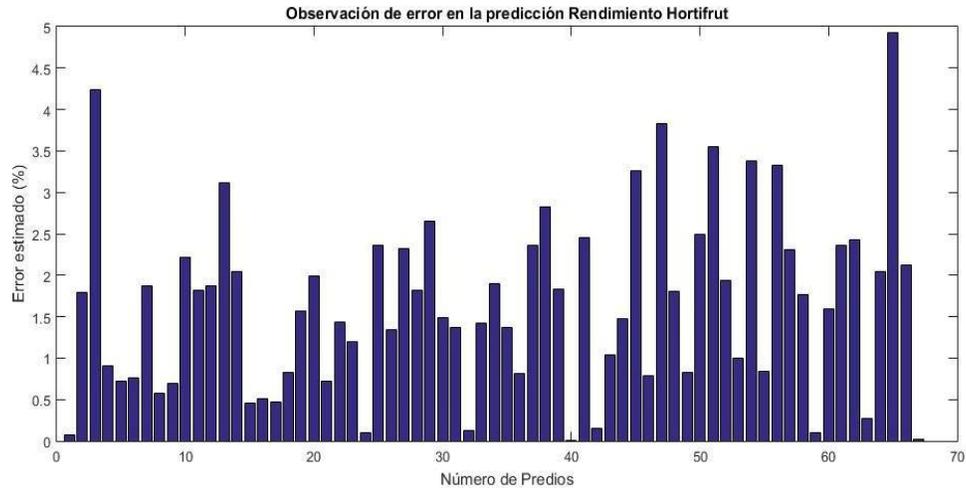


Figura 22. Observación de performance de estimación de rendimiento para la estructura 1.



Entrenamiento RF, HORTIFRUT

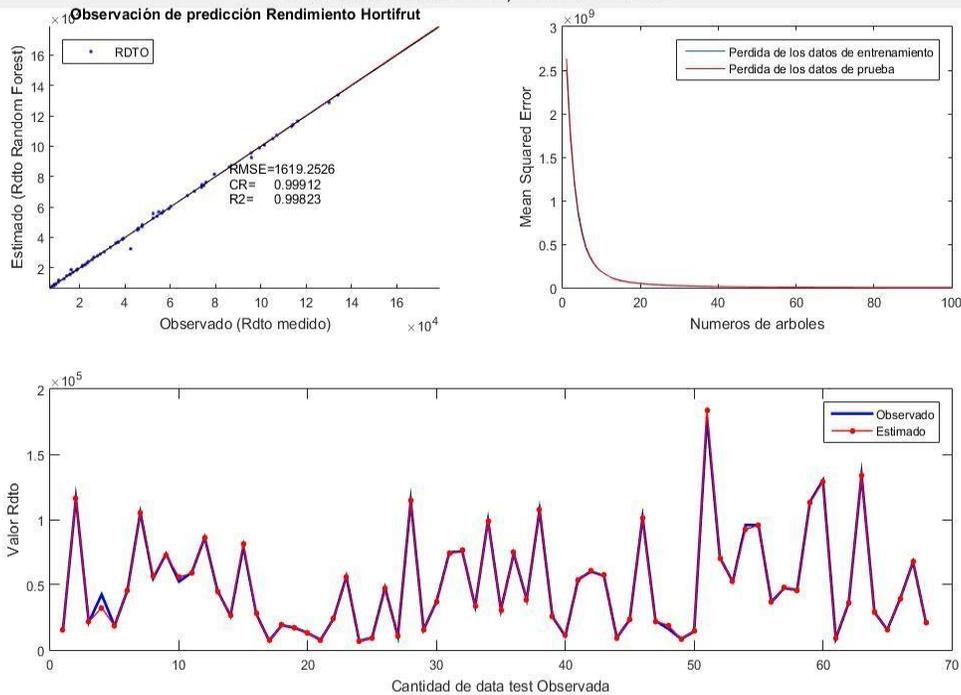


Figura 23. Observación de performance de estimación de rendimiento para la estructura 2.

Así, sobre la base de lo expuesto, se generó el software HortiPredictor (Figura 24 y 25), consiste en evaluar la variabilidad espacial de los predios mediante las imágenes satelitales, radiación solar, e información de clima los cuales mediante una red-neuronal pre-entrenada con predios de la empresa (260 cuarteles desde la IX a VI Región), permite la estimación de rendimiento para la temporada. La validación del modelo se generó con 67 cuarteles dando muy buenos resultados, los que se presentan a continuación.

Esquema de estimación

Software HortiPredictor

<En Etapa de validación y post-proceso de entrenamiento>

Data obtenida de Agromet.inia

<Planilla xlsx descargada se ingresa a HortiPredictor v1>

Data gratuita de ESA y NASA

<En proceso de simplificación de entrada y post-proceso>

Modelo
Pre-entrenado

Data clima
GDF / GDD

Data satelital

Modelo de
Clasificación

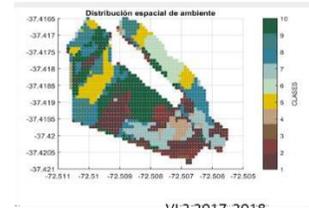
Modulo de HortiPredictor

Predicción

Clases
Distribución espacial

Resultado

-TXT server para plataforma.
-Planilla xlsx para análisis.
-Distribución de kilos.



VL2 2017-2018

Kg reales: 127,288 kg

Kg est.: 124,670 kg

Error : 2.3 % error

Etapa de este modulo: Simplificar la entrada de data satelital y de clima, además de post-proceso de la red neuronal entrenada.

Figura 24. Flujoograma del software HortiPredictor.

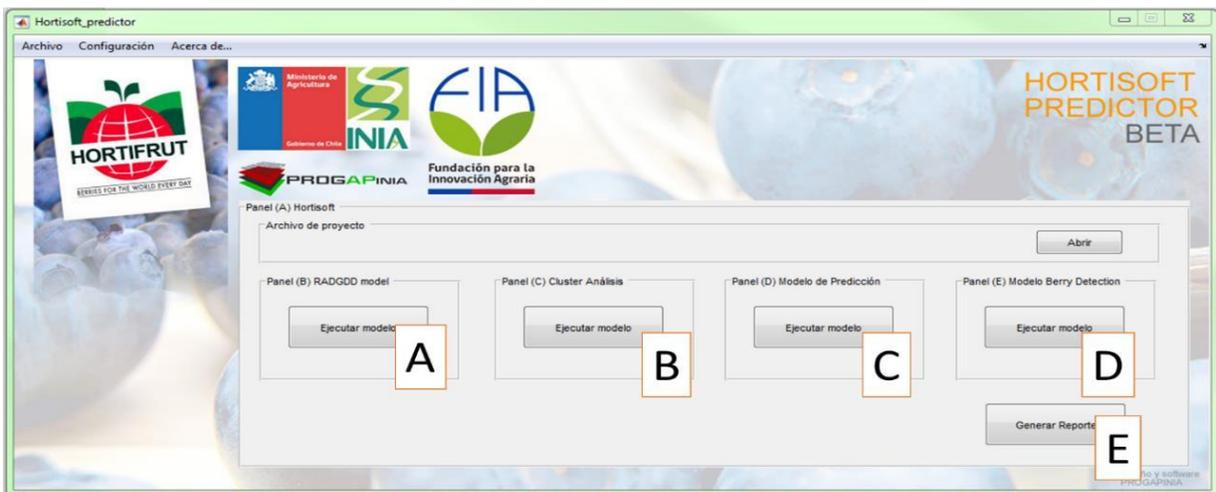
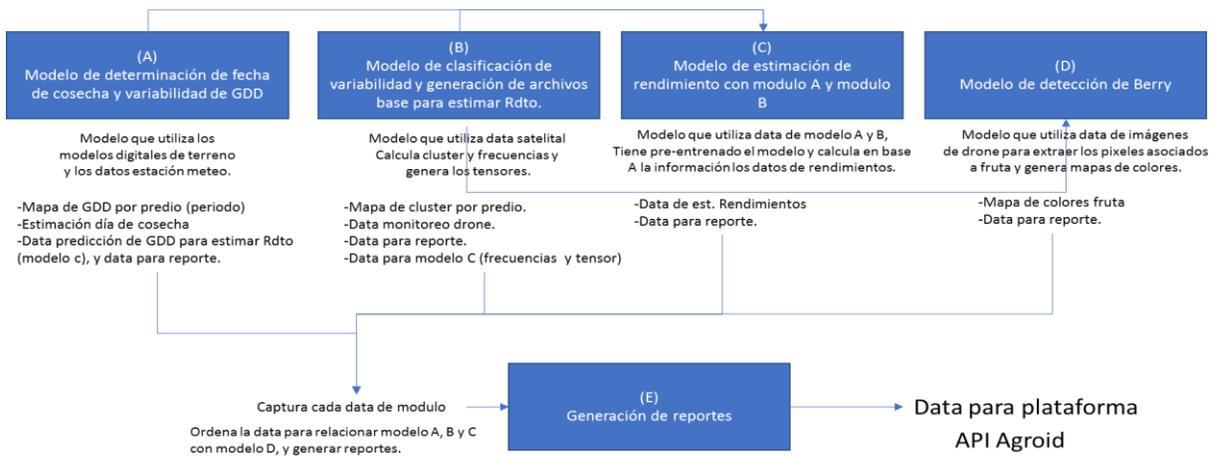


Figura 25. Visualización del software HortiPredictor con su módulo ejecutable (inferior) y explicación de cada nivel de ejecución (a,b,c,d, y e) en la parte superior.

En la temporada 2019, se realizarán ajustes pequeños al modelo, y se evaluaron predios no ingresados a este, además de generar la operación interanual (Figura 26), encontrándose un estimación a fines de octubre 2018 que nos indicó que el año venía caído y con mala calidad factor que se informó a Hortifrut que en una primera etapa no se creyó, ya que se veía una buena carga frutal, pero a medida que se acercó la cosecha, los resultados fueron como los predijo el modelo.

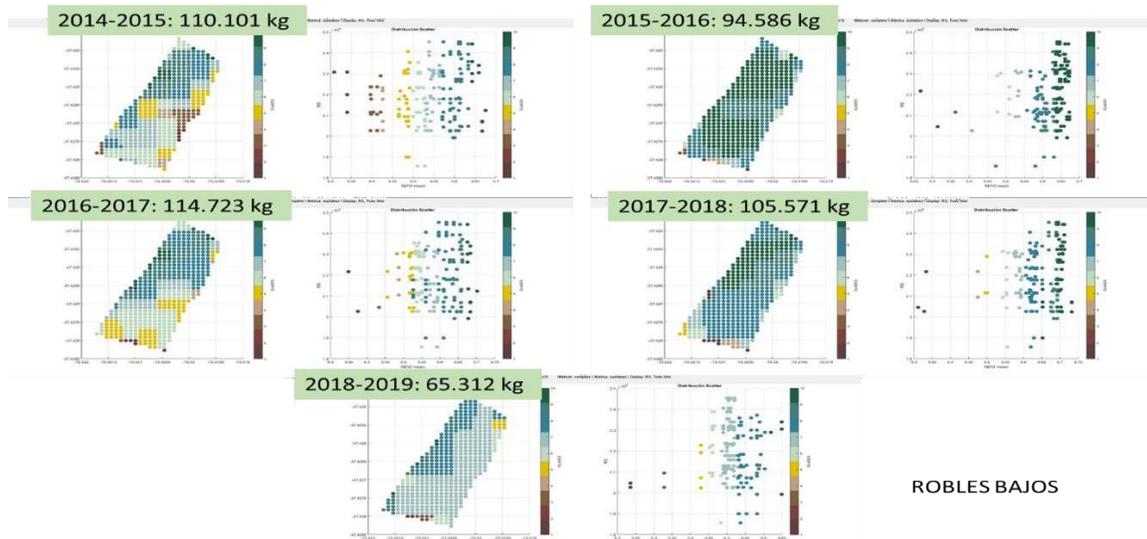


Figura 26. Evolución estacional y espacial de los rendimientos del predio Virquenco, bloque robles bajo, los Ángeles, VIII Región.

Así como ya se ha explicado, el modelo está diseñado para que opere basado en la estructuración de los datos, esta estructuración corresponde a la generación de sub-sampling o grillas, sobre las cuales operan los modelos y generan los resultados para su visualización. El software desarrollado, HortiPredictor (software de escritorio), necesita este input para rescatar los datos asociados al predio (vegetación, radar y RS) y así poder realizar la clasificación. Además, la estructura de las grillas es utilizada para asignar los kilos correspondientes a cada clase, así reasignamos y distribuimos espacialmente la estimación. El software tomará este archivo (grillas) obtenido del polígono generado en plataforma (se muestra más adelante en este informe), que utilizará para la estimación y generará un nuevo dato, que será subido nuevamente a la plataforma para su visualización y selección de los puntos de monitoreo a ser evaluados por el dron con la metodología explicada anteriormente en este informe, para evaluar nivel de madurez visual y a partir de este dar la orden de captura de fruta de campo en los puntos de muestreo para evaluar el nivel de madurez química que dará finalmente la orden y forma de cosecha (Figura 27).

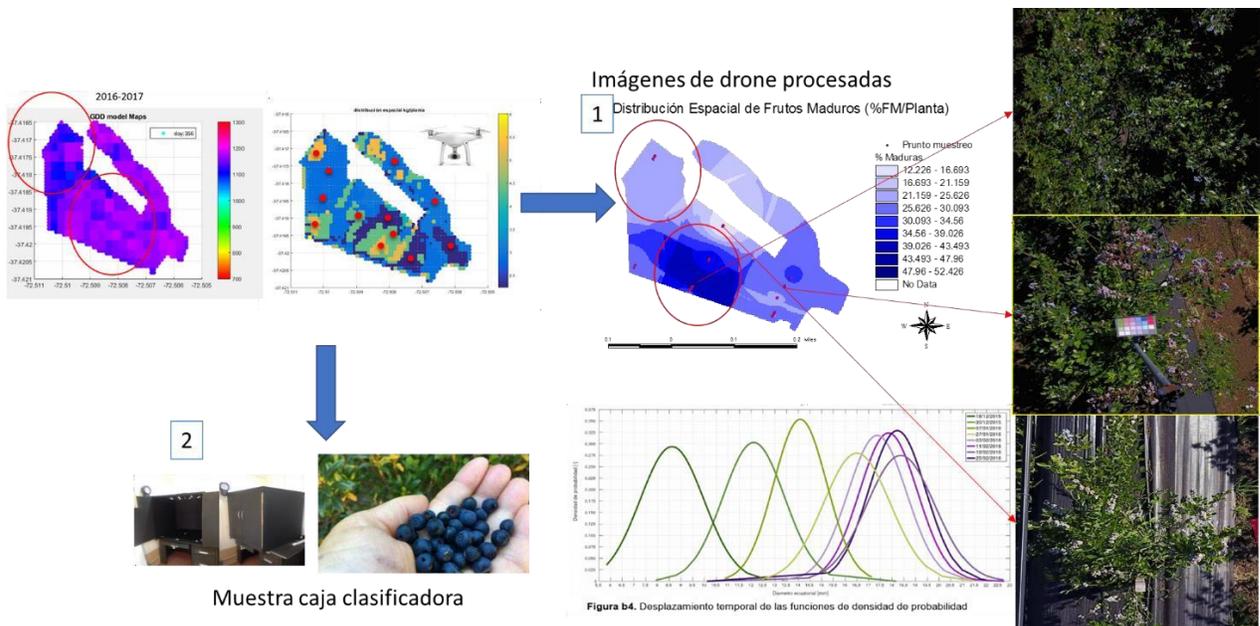


Figura 27. Esquema de operación del sistema donde de los resultados del modelo se localizan los puntos de muestreo y se evalúa el nivel de madurez visual (1) y sobre estos mismos a través de muestras de campo en los puntos el químico (2).

Finalmente, el software HortiPredictor opera unido a la plataforma de visualización en web realizada que es explicada a continuación.

4.5. Calidad de arándanos en caja de selección

Para determinar la calidad de los frutos en este caso de arándanos, se extraen muestras desde el predio en estudio y son transportadas a laboratorio para realizar los respectivos análisis. Los arándanos cosechados se extraen de diferentes partes del huerto para incorporar variabilidad en las muestras. Los frutos cosechados se clasifican según el grado de madurez de los frutos, en primera instancia se separan en 4 clases (Maduras, medias maduras, pintonas y verdes), como se muestra en la figura 28.

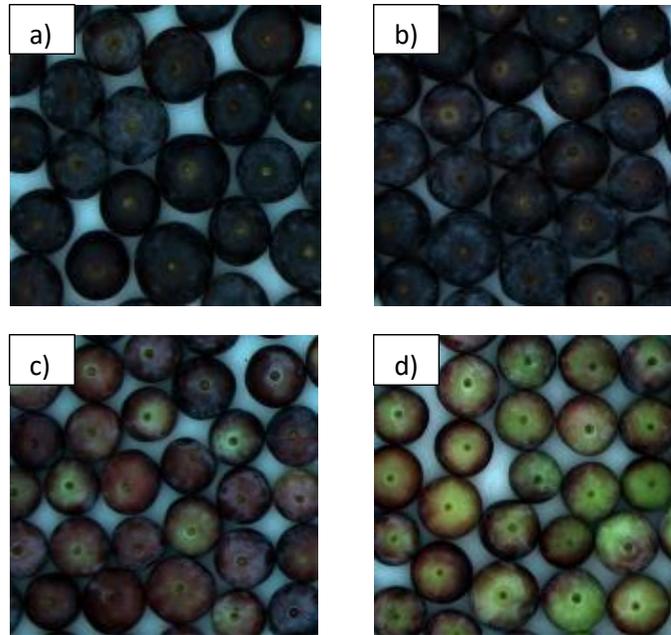


Figura 28. Grados de madurez del arándano a) Maduras, b) Medias maduras, c) Pintonas, d) Verdes.

4.5.1. Seleccionar y separar arándanos de acuerdo a los rangos de calidad definidos de acuerdo al estado de madurez. Esto se realizará a partir de una cámara QSI, con filtros específicos, para así evaluar la longitud de onda representativa de cada variable a medir.

A través de una cámara multiespectral se capturan imágenes de las diferentes clases de arándanos que se seleccionaron anteriormente. Las imágenes son capturadas, en primera instancia, en un sistema con iluminación controlada para así no afectar la apariencia del color y a su vez no afectar el proceso posterior de la imagen.

Una vez obtenidas estas imágenes con diferentes filtros (longitudes del espectro electromagnético, se realiza el pre procesamiento de las imágenes para realizar las primeras correcciones. Para identificar el valor de cada píxel perteneciente a arándanos, se debe realizar una segmentación de las imágenes y extraer dicho valor, para su posterior relación con los datos de calidad obtenidos en laboratorio.

Se han desarrollado diversas técnicas de segmentación de imágenes, la mayoría se basa principalmente en la identificación por el color y la forma del objeto que se desea aislar.

Como primera aproximación, se analizaron diferentes espacios de colores en donde se puedan diferenciar con mayor las bayas, realizar la segmentación de la imagen. Los espacios de color que se analizarán serán: RGB, Cmyk, HSV y Cielab, seleccionando el

que entregue los mejores resultados de segmentación y optimice el tiempo de procesamiento.

Una vez realizada la segmentación utiliza la transformada de Hough, la cual es una técnica utilizada para aislar características de forma particular dentro de una imagen; ésta transformada corresponde a un algoritmo de reconocimiento de patrones. Además, se utilizó análisis de componentes principales (PCA), tanto para la segmentación de las imágenes como para la búsqueda de las correlaciones entre las diferentes medidas de parámetros de calidad.

Una primera aproximación de la correlación entre los datos de calidad obtenidos en laboratorio y los obtenidos mediante las imágenes multispectrales se muestra en las figuras a continuación.

La segmentación de los frutos por método de reflectancia mostrada en la figura 29, hacen referencia a los estados de madurez de las bayas.

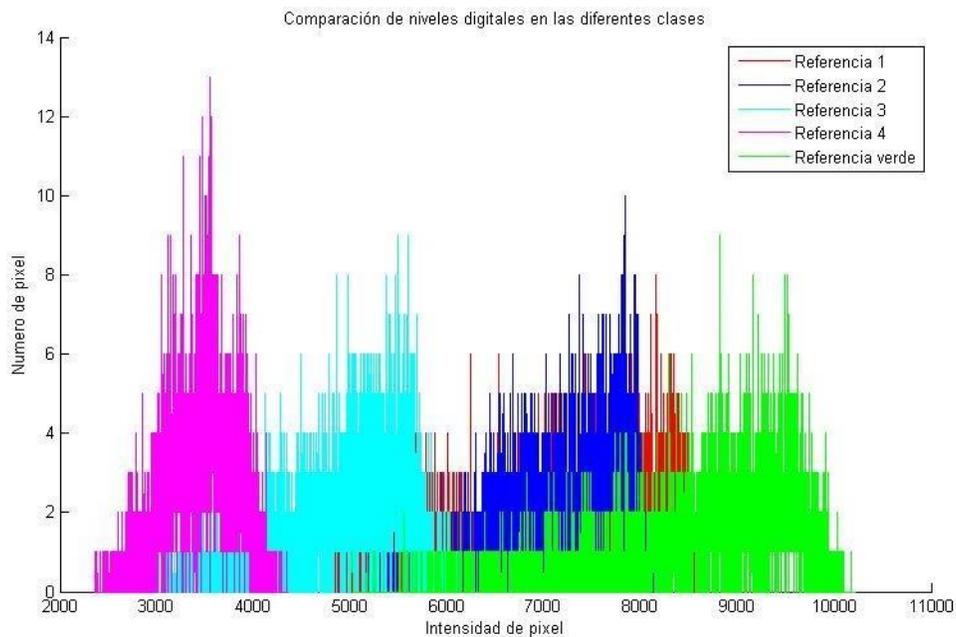


Figura 29. Escala de Color según los diferentes estados de maduración. Fuente: PROPAGAPINIA, 2014.

La figura 29, hace referencia a los estados de madurez designados por un color, donde el estado 1) entre los 8000 a 9000 píxeles, es de color verdoso bien desarrollado, ha este estado se le denomina madurez fisiológica. En el estado 2) comienza entre los 8000 y 6000

pixeles, el fruto verdoso aumenta su tonalidad rojiza. 3) ocurre entre los 6000 a 4500 pixeles, se marca más el color rojo oscuro cubriendo más del 90% del fruto. Y en el último estado 4) entre 5500 y 2800 pixeles, el fruto está completamente cubierto de color azul.

En el gráfico de pixeles se puede apreciar que ocurren más errores de clasificación según su estado de madurez, dentro de 6000 a 4500 pixeles, es por ello que para optimizar los resultados de las curvas de reflectancia se deben complementar con análisis de laboratorio específicamente la medición de fenoles presentes en el fruto.

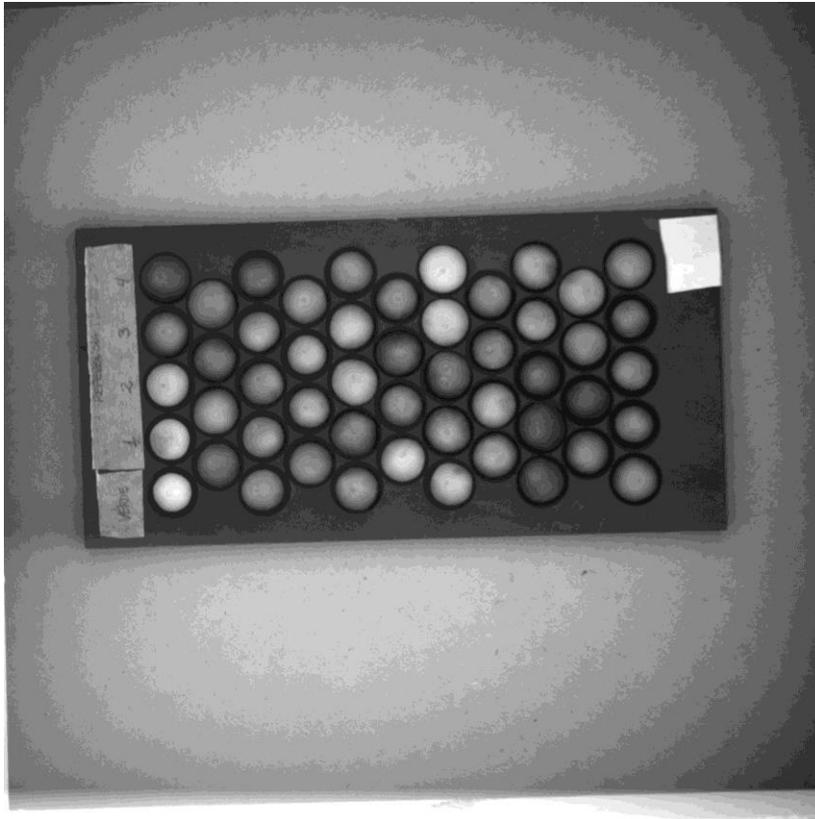


Figura 10. Bandeja de identificación de bayas. Fuente: PROPAGAPINIA, 2014.

En la figura 30 muestra las bayas analizadas con las cámaras de reflectancia donde los frutos verdes son de color blanco designado con el número 1, las 2 son las bayas verdosas con tonalidades rojizas, el 3 es el 90% de cubierto de color rojo intenso y por último el 4 que es estado de mayor madurez. Finalmente, utilizando estas imágenes se segregaron frutos de igual características ópticas para ser enviados a laboratorio y obtener sus características químicas, de tal forma que se busca tener una homogeneidad en la muestra (se requieren 200 frutos para realizar una muestra en laboratorio), es decir una baja desviación de los niveles de la muestra.

4.5.2. Madurez Fisiológica

La madurez fisiológica es determinada por la cantidad de sólidos solubles y el porcentaje de acidez del fruto.

Para la obtención de los sólidos solubles se emplea un refractómetro. Que mide contenido de azúcares mediante la extracción de gotas del jugo del fruto, indicando el índice de refracción, ósea la cantidad de luz que pasa a través de la solución. Por otra parte, la acidez, se obtuvo por el pHmetro, esta herramienta también requiere de muestras de jugo de la baya para detectar los iones de hidrógenos presente.

El pH tiene efecto en la estructura y la estabilidad de las antocianinas. La acidez tiene un efecto protector sobre la molécula. En soluciones acuosas a valores de pH inferiores a dos, básicamente 100% del pigmento se encuentra en su forma más estable o de ión oxonio o catión flavilio (AH⁺) de color rojo intenso. A valores de pH más altos ocurre una pérdida del protón y adición de agua, dando lugar a un equilibrio entre la pseudobase carbinol o hemiacetal (B) y la forma chalcona (C), o de cadena abierta. A valores de pH superiores a siete se presentan las formas quinoidales (A, A⁻) de color púrpura que se degradan rápidamente por oxidación con el aire.

Las variables a medir serán:

- °Brix
- Acidez titulable
- Antocianos Totales
- Firmeza

4.5.3. Madurez Fenólica

La madurez fenólica aumenta las concentraciones de antocianinas progresivamente hasta alcanzar una concentración máxima, para luego disminuir en el periodo de sobre madurez. La cohesión celular se ve disminuida a efecto de envejecimiento celular, debido a la degradación de las paredes y membranas celulares. Es por ello que ocurre una liberación de antocianos desde las células, facilitando su extracción y la oxidación.

La baya con un adecuado estado de madurez fenólica, posee una cutícula con altos contenidos de antocianos, mejorando las características organolépticas de los frutos.

Para medir el estado de madurez fenólica, se utilizó el método de Glories modificado por el Institut Cooperatif du Vin por Barcelo y Ranc (1996). Determinado el siguiente protocolo.

El analista toma 100 bayas para triturar con la licuadora por dos minutos, formando un jugo homogéneo. Del molido obtenido, se separaron dos muestras de 50 gr cada una. Se le agrego 50 ml de solución a pH 3.2 (ácido tartárico) en una de la muestras y 50 ml de solución a pH 1 (HCL 0,1 N) a la otra muestra. Al formar una solución homogénea se deja a macerar por 4 horas a temperatura ambiente, para posteriormente ser filtradas por 10 min y medidas por espectrofotometría fenoles totales (280 nm) y antocianos totales (520 nm).

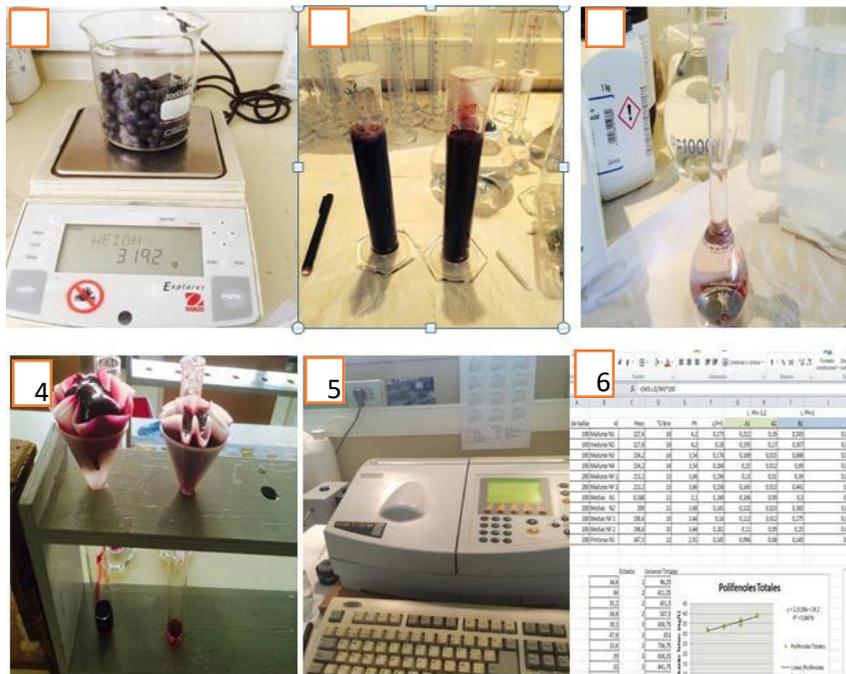


Figura 31. Esquema de procedimientos para análisis de fenoles y antocianos totales

En la figura 31, se muestran los Procedimientos 1) pesaje de bayas, 2) preparación de extracciones, 3) acondicionamiento pH 1 Y 3,2 4) filtraje, 5) lectura de espectrofotometría 6) análisis de datos e interpretación.

4.5.4. Cuantificación de polifenoles totales

En la figura 32, se muestran los resultados de la cuantificación de los polifenoles totales. De acuerdo a estos resultados, las bayas de arándanos presentan mayor contenido de polifenoles en el estado 4, determinado con el método de reflectancia como los frutos con madurez ideal.

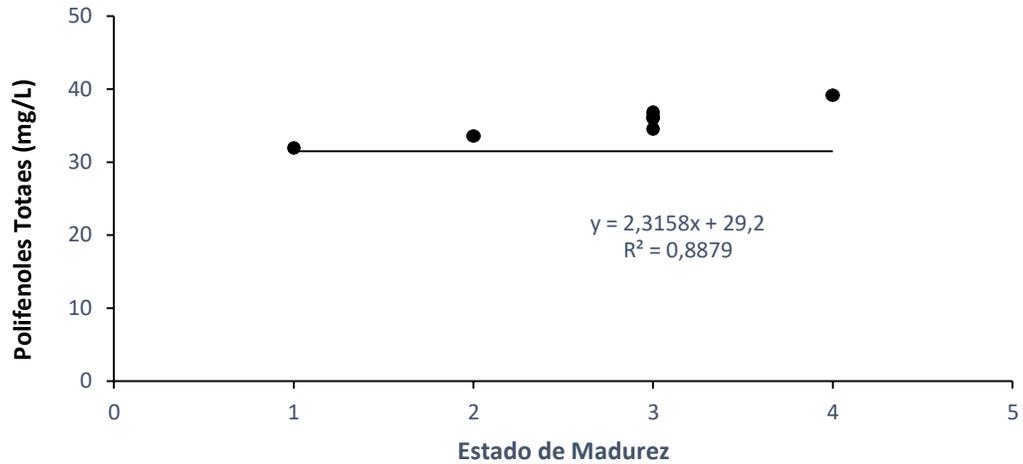


Figura 32. Polifenoles totales en función a la clasificación del estado de madurez

Se seleccionarán 3 clases de arándanos (Maduros, medios maduros y medios pintones), a partir de la cámara QSI. Aquí se separarán, por cada clase aproximadamente 200-250 bayas.

4.5.5. Cuantificación de antocianos totales

La figura 33, se muestra el contenido de antocianinas, observándose que en estado 4 presenta mayor contenido.

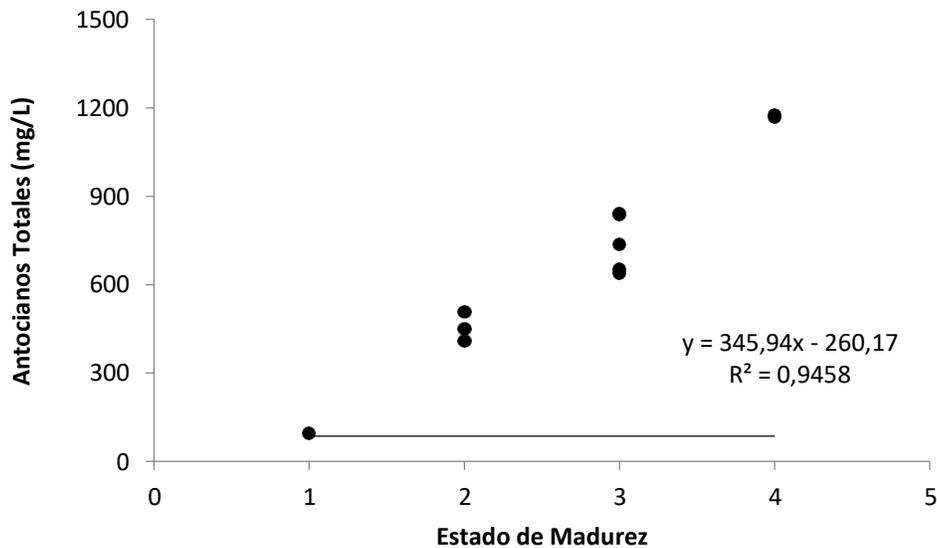


Figura 33. Antocianos Totales en función a la clasificación del estado de madurez

Al visualizar ambos gráficos, se puede evidenciar que la clasificación realizada sobre el formato óptico permitió una clara diferenciación en los niveles de estos parámetros, al agruparse cada estado de madurez determinada por los niveles ópticos dentro de una zona bien definida sin overlapping en los niveles químicos en fruto obtenidos.

4.5.6. Evaluar con sensor basado en óptica de espectrometría, que permita determinar longitud de onda específica que se relaciona con cada una de las variables a analizar para la segregación de mercado.

Se diseñó un software de clasificación de bayas de arándanos, para diferenciar las diferentes calidades de fruta cosechadas, para así determinar además el lugar de exportación.

En primera instancia se seleccionaron visualmente bayas pertenecientes a diferentes estados de madurez (Figura 34), seleccionadas de forma subjetiva por varias personas. Las clases que se identificaron son:

- Clase 1: Sobre madura (IQF)
- Clase 2: Madura (exportación)
- Clase 3: Medio pintón (exportación según destino y % en muestra)
- Clase 4: Pintón (exportación según destino y % en muestra)

Se capturaron imágenes con una cámara NIR, en condiciones de iluminación controlada, para determinar los rangos de clasificación de cada clase (figura 35 y 36).

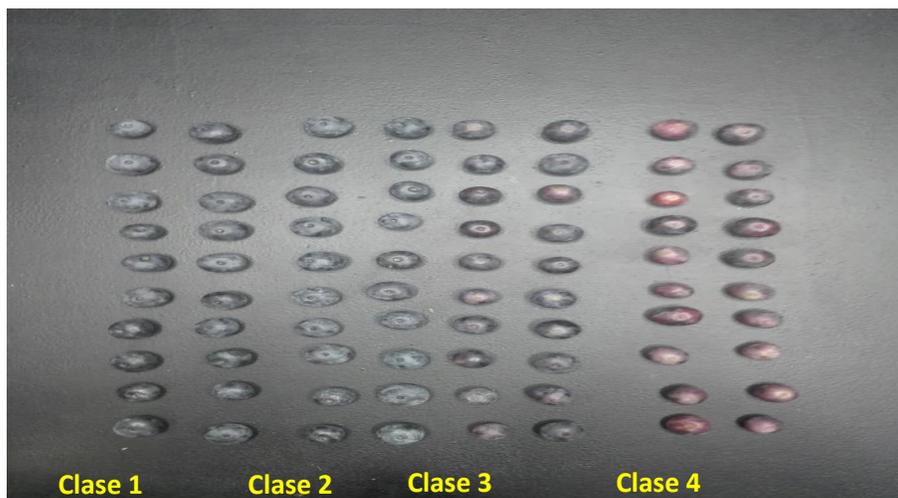


Figura 34. Clasificación de bayas según categorías



Figura 35. Caja para captura de imágenes con cámara NIR, en condiciones de luz controlada.

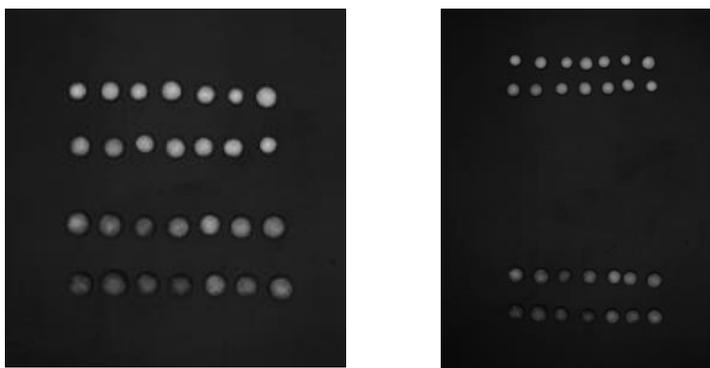


Figura 36. Ejemplos de captura de imágenes de bayas de arándanos, con cámara NIR.

Luego de capturar varias imágenes con las bayas separadas por clases, subjetivamente, se obtienen las curvas espectrales de cada baya, discriminando las que se salen de los rangos medios. (Figura 37 y 38). A partir de varias curvas (conjunto de datos) espectrales por clase, se determinan los rangos espectrales en los que se debe clasificar cada clase.

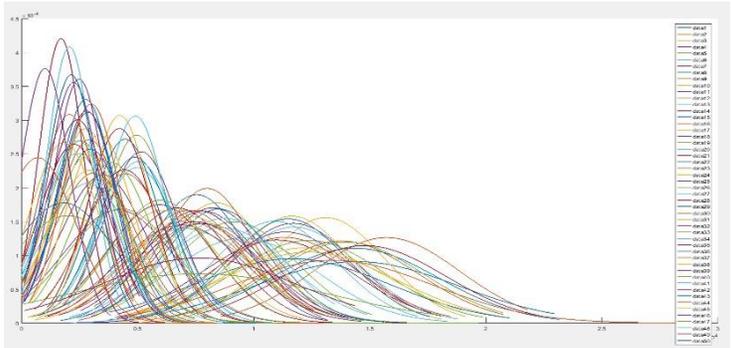
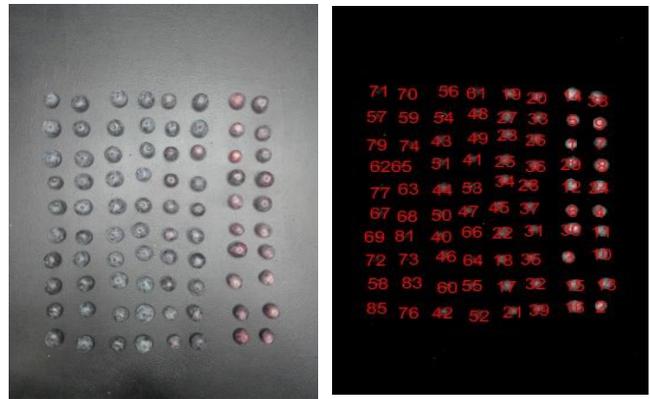


Figura 37. Curvas espectrales para cada baya, diferenciación de clases.

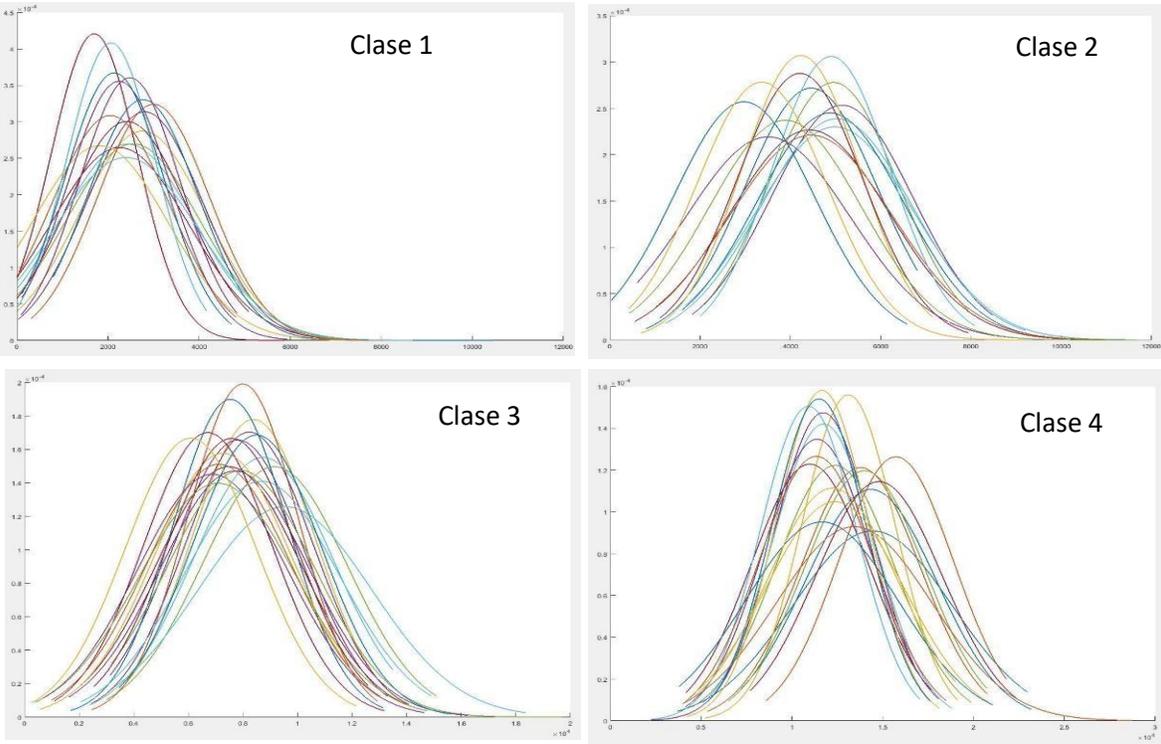


Figura 38. Ejemplo Curvas espectrales para cada baya, para diferenciación de clases o estados de madurez.

Una vez que los rangos están definidos, se genera el software de clasificación, tal como lo muestra la figura 39. Las imágenes deben ser capturadas con la cámara NIR y guardadas en formato .tiff. Estas imágenes son las que se procesarán con el software (figura 40). Lo primero que realiza el programa es el preprocesado de la imagen en donde se mejora la calidad de la imagen, aplicando filtros y eliminando ruidos, para realizar el trabajo posterior.

Luego se detecta cada baya mediante técnicas de detección de objetos, en este caso se utilizó la transformada de Hough, la cual es una técnica de detección de figuras en imágenes digitales, normalmente utilizada en visión artificial. Se basa en transformar puntos de la imagen en un espacio de parámetros. La idea es encontrar curvas parametrizables (círculos).

Posterior a detectar los círculos o bayas, se obtienen las propiedades de cada una, se extrae el promedio de los píxeles que pertenecen a cada baya y a partir de este valor se realiza la clasificación baya a baya.



Figura 39. Software de clasificación de bayas de arándanos.

En el software que se desarrolló, se entrega la cantidad de bayas clasificadas para cada clase y su porcentaje correspondiente. Además, se indica la imagen que se está

procesando y la ubicación de la misma. Por otro lado, la clasificación (figura 9) es guardada en la carpeta que se indica en la ventana principal del software.

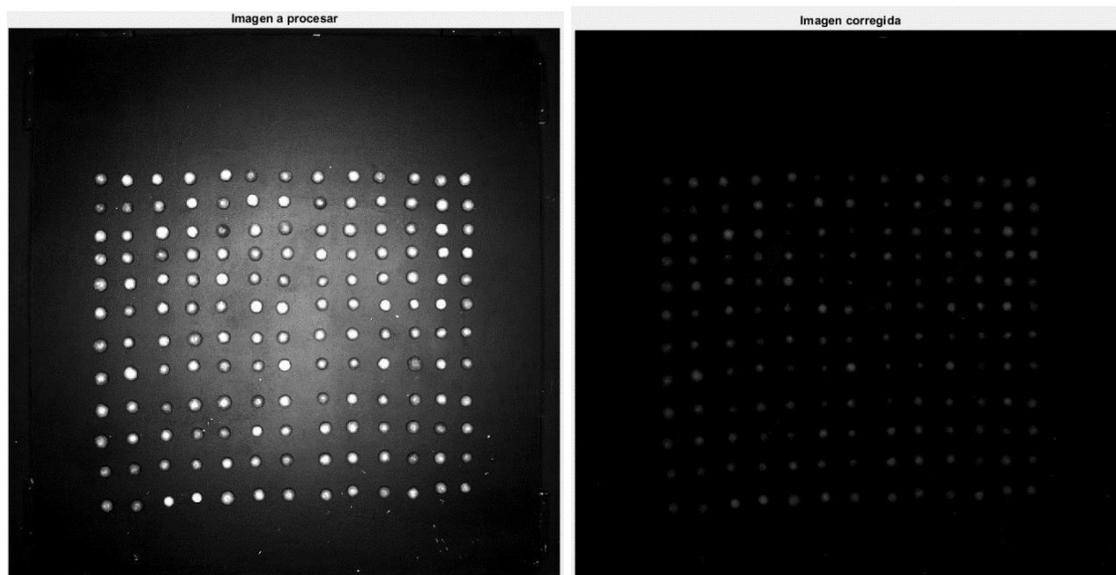


Figura 40. Imagen capturada con cámara NIR para clasificación e imagen corregida

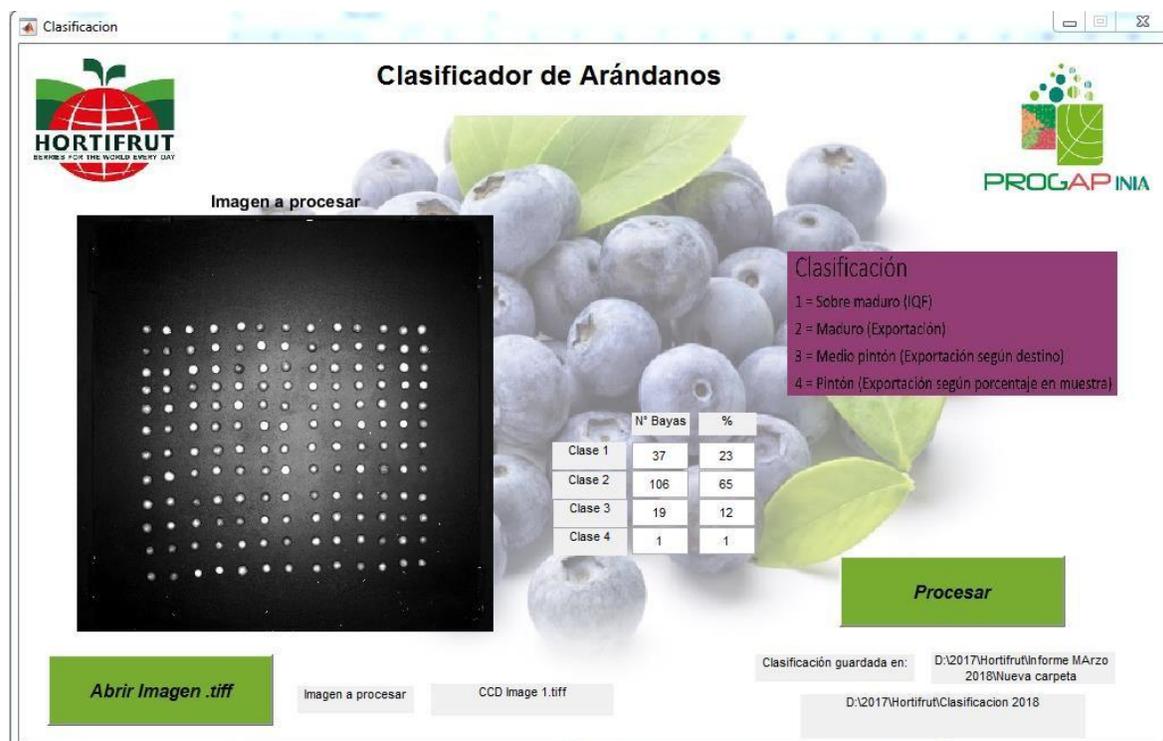


Figura 41. Software clasificador de arándanos.

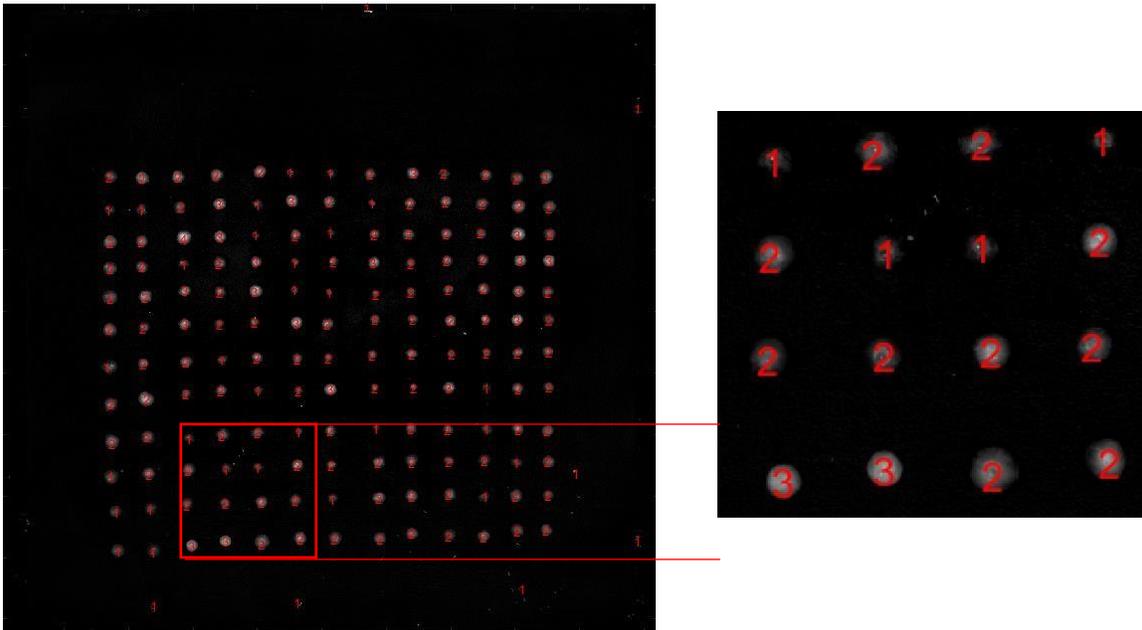


Figura 42. Imagen clasificada.

4.5.7. Iluminación

Para normalizar las imágenes capturadas con el prototipo se deben realizar correcciones de iluminación, para que así los valores de píxeles sean los mismos en cada posición de la imagen.

Existen dos tipos de superficies, las difusas y las especulares. Las primeras resultan ideales para el procesamiento de imágenes, pero a la vez son poco frecuentes. Por otro lado, las superficies especulares son aquellas brillantes como los espejos. En ellas la radiación que llega en una dirección particular solo puede salir en dirección normal a la superficie. Esta salida forma zonas brillantes alrededor de ella, conocidas como especularidades, las cuales pueden provocar ruido en el proceso de segmentación. Debido a que una imagen se puede capturar bajo diferentes condiciones de iluminación y esto provocará variación en el color, esta característica afecta de forma importante la segmentación de la imagen. Al respecto es posible atacar dos variables para solucionar el problema, una de ellas hace referencia al control de las condiciones de iluminación y la otra a la aplicación de algoritmos que afronten este tipo de dificultades (Barrera, 2010).

La primera es sencilla, pues se deben probar diferentes tipos de luminarias donde se encontrará aquella en la cual se perciban mejor los colores para la aplicación deseada. Al controlar esta variable, será posible implementar algoritmos de segmentación que consideren una umbralización global simple. Lo anterior significa que se fijarán rangos en el espacio de color deseado dentro de los cuales se analizarán y evaluarán los píxeles, pero esos rangos no serán dinámicos y no ofrecerán alternativas a variaciones en la iluminación.

De no ser posible el control de iluminación existen varias alternativas. La primera depende de tener accesos a la fuente de iluminación y consiste en proyectar el patrón de iluminación sobre una superficie reflejante blanca constante, para determinar el patrón de iluminación y normalizar las imágenes. Este método descrito por John Russ (Russ, J, 2007), solamente funcionará correctamente si el patrón de iluminación no cambia de imagen a imagen.

La otra opción emplea la técnica de sustracción de fondo o *background subtraction*. Los pasos a seguir son: adquirir la imagen, extraer el fondo de la misma y almacenar la intensidad. Posteriormente cada punto de la imagen de fondo se restará de cada punto de las imágenes subsecuentes (Russ, 2007).

Otra de las técnicas analiza los datos arrojados por el histograma de la imagen y obtiene una función densidad de la probabilidad de brillo. Lamentablemente sólo es aplicable si existieran dos regiones de brillo principales, es decir imágenes en blanco y negro (Russ, 2007).

En el desarrollo de este proyecto se utilizó la técnica de *background subtraction*, ya que la iluminación no es pareja en toda la imagen y para estabilizar o normalizar las imágenes se aplicó este procedimiento. En la figura 43 se muestra un ejemplo de corrección de imagen para la clasificación. En la parte superior se muestra la imagen a procesar, la siguiente corresponde al background y la última a la imagen corregida.

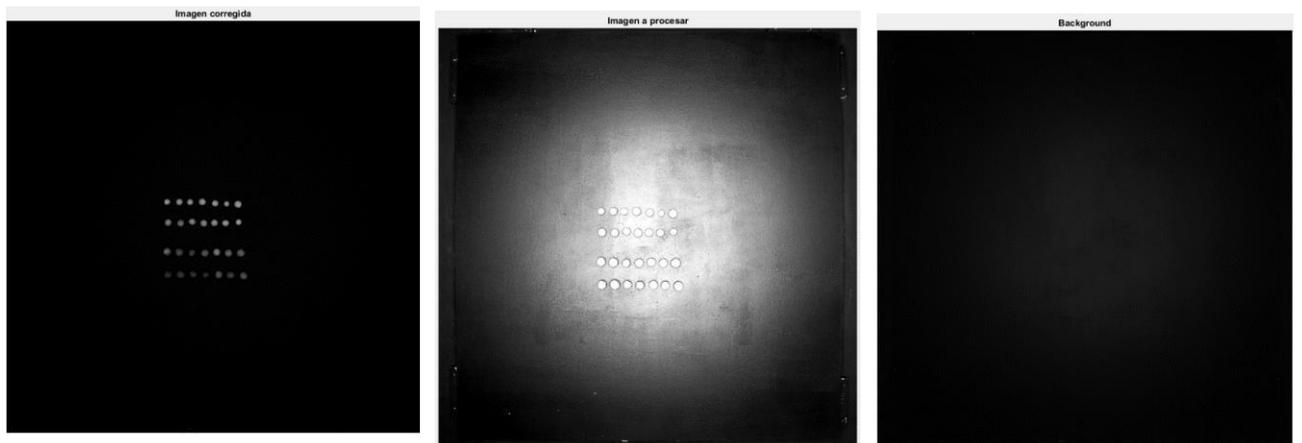


Figura 43. Ejemplo de corrección de iluminación en imagen a procesar.

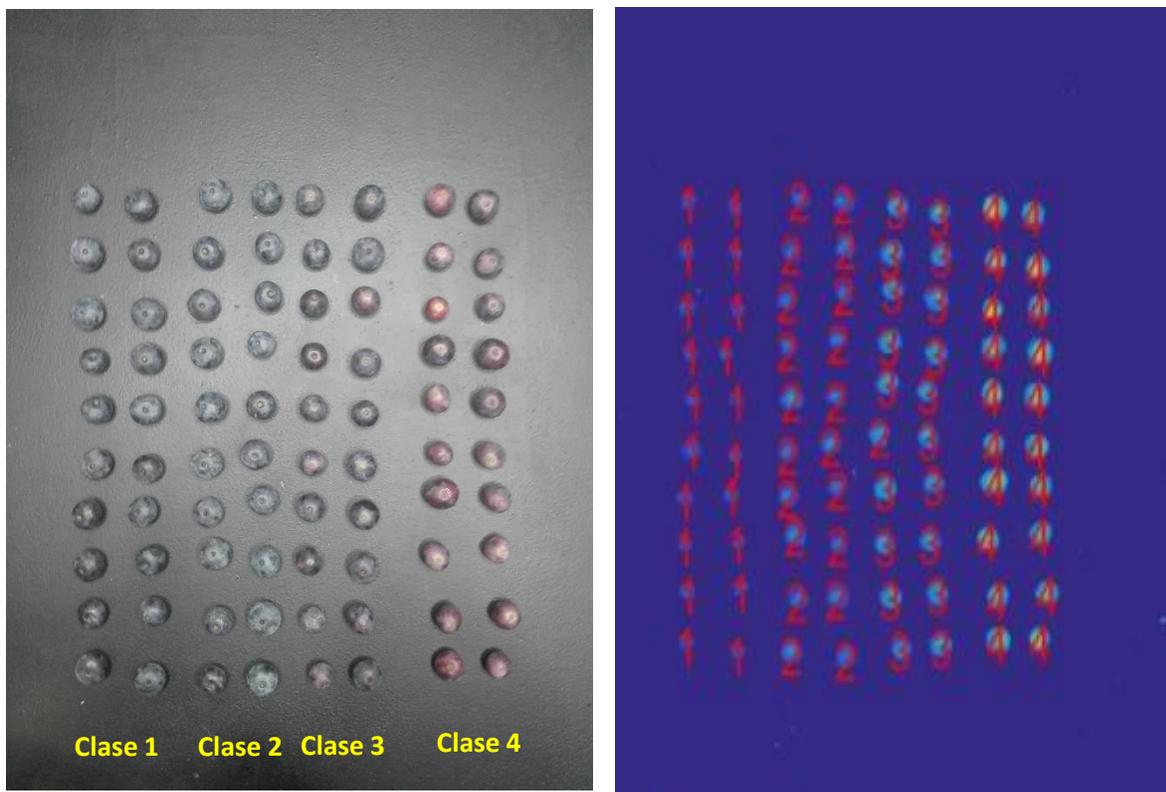


Figura 44. Clasificación de arándanos separados visualmente.

En las siguientes figuras se muestran dos diagramas resúmenes del preprocesado de las imágenes para la elaboración del software y uno del software en general.

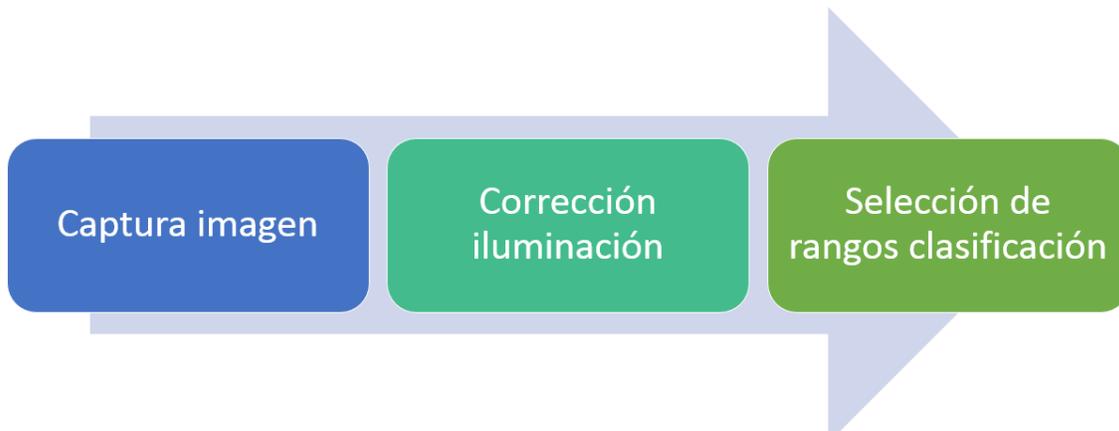


Figura 45. Diagrama de pre procesamiento de imagen



Figura 46. Diagrama resumen de software de clasificación.

Modelo de Estimación de variables de calidad

- Antocianos totales
- Antocianos Fácilmente extraíbles
- Polifenoles
- °Brix
- Acidez titulable

4.6. Modelos predefinidos para la cuantificación de antocianinas y grados brix

Al obtener las curvas limpias de señales erróneas se procede a asociar al dato real de laboratorio de calidad organoléptica de las bayas. Este proceso comienza con la construcción del modelo de clasificación y termina en un modelo único de predicción por cada variable evaluada. El diseño del modelo se realiza a partir de softwares quimiométricos, en donde se establecen una serie de metodologías, construyendo una serie de pasos el cual permitirá construir a lo menos 20 modelos por variable, con la finalidad de encontrar la

metodología con robustez para predecir nuevos datos, algunas de ellas se mencionan más adelante:

- Savitzky golay smoothing
- Moving average
- Normalizado
- Área de normalización
- Rango de normalizado
- Peak normalización
- Gap segment Segunda Derivada 3 factores

Una vez aplicado este método de suavizado y normalizado de la data se procede con metodologías de clasificación de datos, mediante las técnicas de análisis de componentes principales (PCA), para reducir la dimensionalidad del conjunto de datos y separar grupos desde bayas maduras a menos maduras (clase; 1, 2, 3,4) asociada a las variables determinadas (brix y antocianinas), que se ilustran en las siguientes figuras.

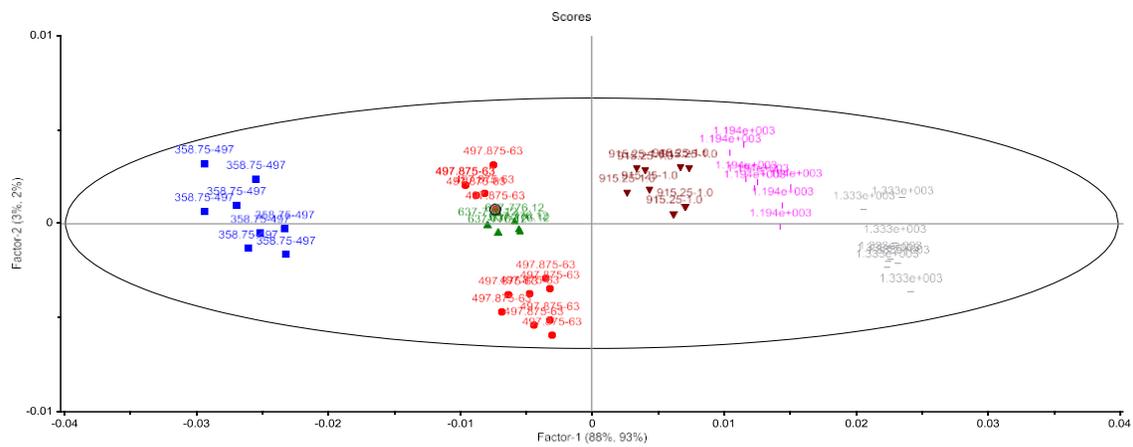


Figura 47. Análisis de componentes principales (PCA) para el contenido de antocianinas.

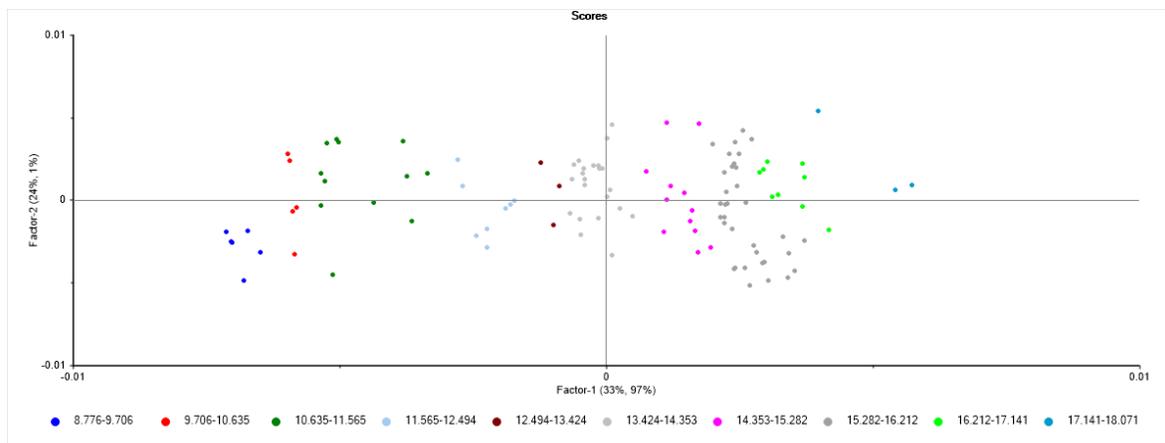


Figura 48. Análisis de componentes principales (PCA) para el contenido de brix.

Los modelos construidos fueron alrededor de 20, seleccionando un modelo final que se genera a partir de la regresión de mínimos cuadrados parciales o partial least squares regression (PLS), el cual se utiliza para encontrar las relaciones fundamentales entre las dos matrices (Curvas espectrales y dato real que se debe predecir); trata de encontrar el sentido o explicación a la multicolinealidad entre los valores de las curvas espectrales, ente caso entre brix y antocianos asociados a los espectros capturado con el sensor vis nir (Jaz-Ocean Optics).

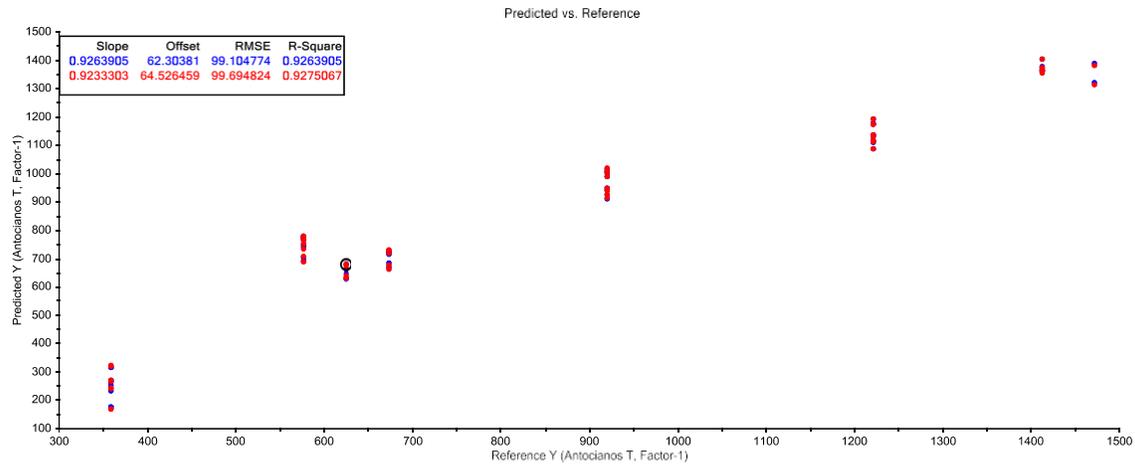


Figura 49. Análisis de PIS asociado a antocianos totales.

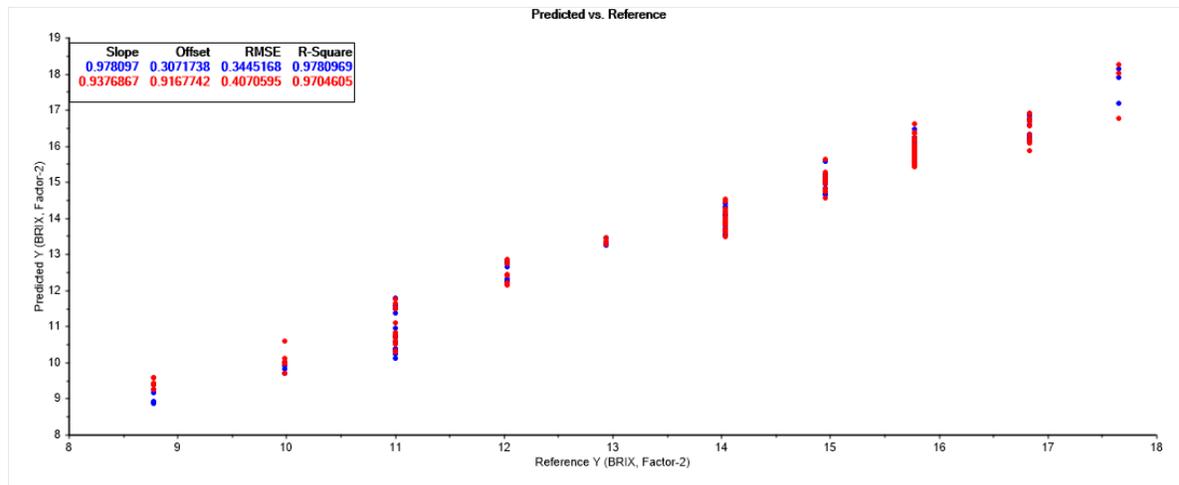


Figura 50. Análisis de PLS asociado a °brix.

Estos modelos fueron validados con data proveniente de bayas de diferentes variedades, que no está incorporada en la construcción del modelo. Este se mostró estable con un error de un 5% de desviación estándar con respecto al dato real de laboratorio.

La acidez titulable se determinó indirectamente de los °brix debido que al tener más azúcares en las bayas la acidez titulable disminuye significativamente, lo que ha permitido generar un modelo de correlación entre brix y acidez titulable. Por otra parte, debemos trabajar con la firmeza, debido a que está no se relación directamente con la acidez t. y los

grados brix lo complejiza generan un modelo correlación directa, en la Figura, se aprecia la relación entre las variables ya mencionadas.

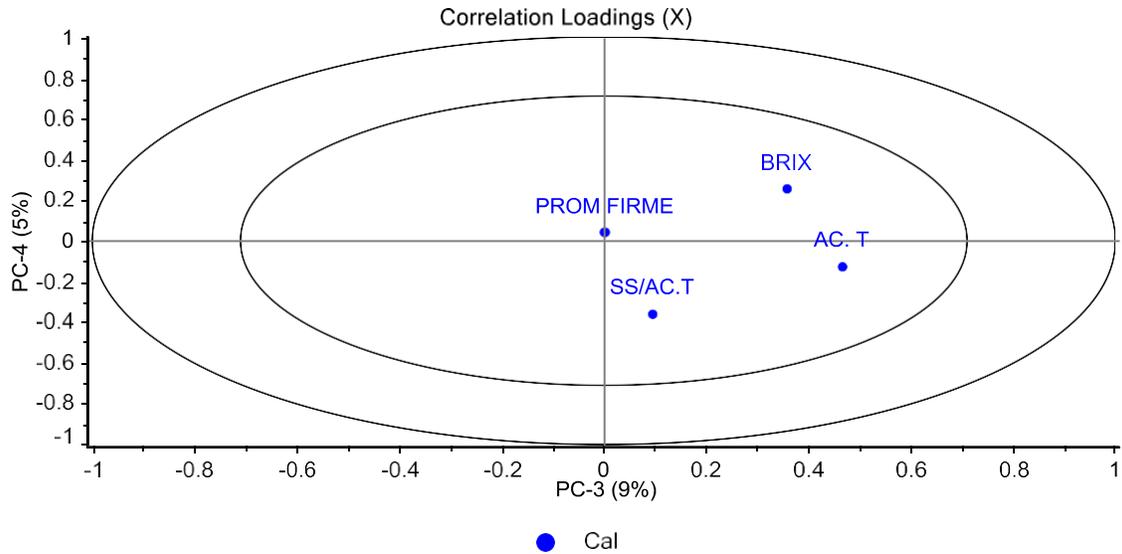


Figura 51. Análisis de componentes principales (PCA) para evaluar la relación directa e indirecta de las variables.

Una vez concluido el proceso de modelamiento con software comerciales se trabaja en programación dentro del software Matlab generando un modelo exclusivo para las variables de calidad de fruta, asociadas al equipo Jaz de OCEAN OPTICS.

Finalmente, el software de calidad de arándanos se presenta como se muestra en la figura. El software presenta dos formas de ingresar los datos, un a través de los datos directos que entrega el espectralradiómetro en formato ".txt" y en formato ".xls", que es el formato que se entrega al sacar promedio de las curvas para realizar la estimación de calidad. Luego se debe presionar el botón "**Extraer Curvas**" para procesar dichas curvas y eliminar las que provocan algún tipo de ruido. Posteriormente se debe presionar el botón "**Predicción**", con lo cual entregará la estimación de las variables de calidad de arándanos mencionados.

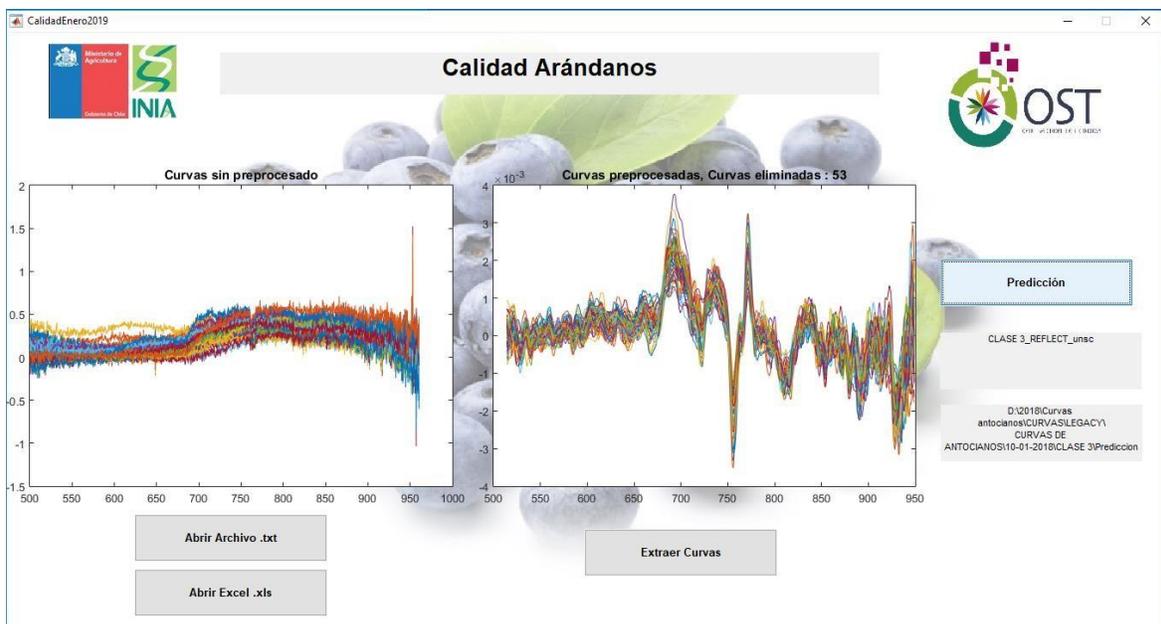


Figura 52. Software de estimación de calidad de Arándanos.

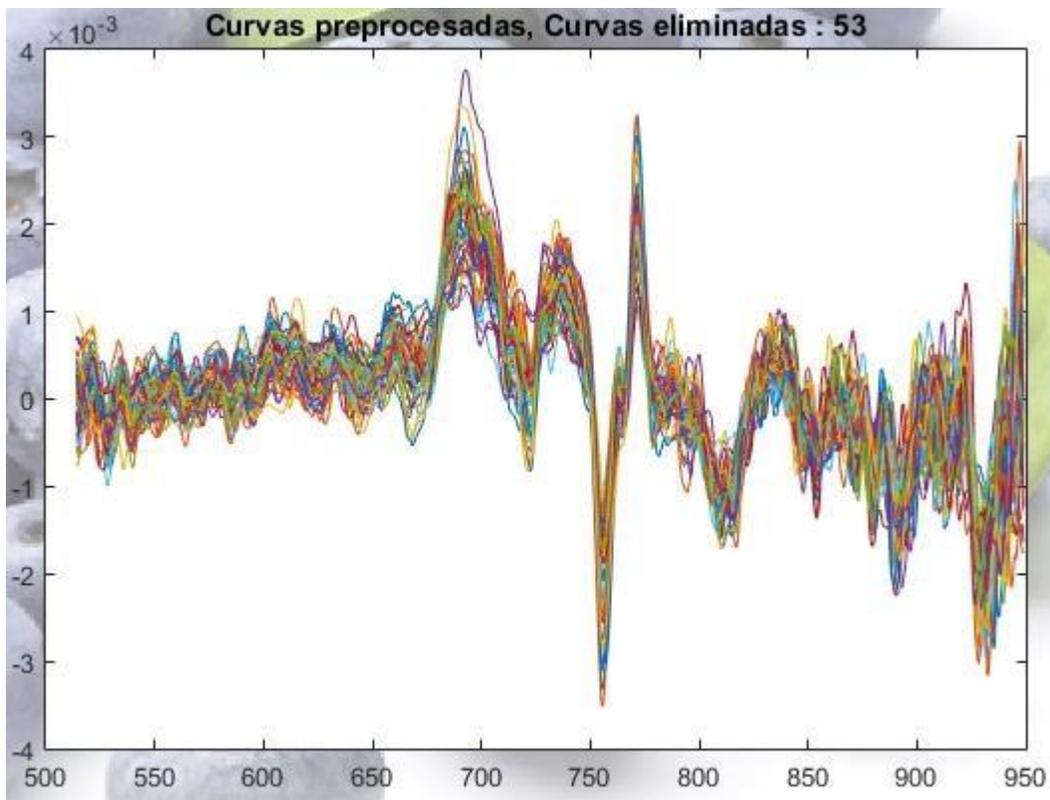


Figura 53. Curvas preprocesadas y número de curvas eliminadas.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Numero	Antocianos T	Antocianos F	Polifenoles	°Brix	Acidez Titulable	
2	2	660,20584	48,5113747	24,1046192	-1,0559246	1,955399	
3	3	656,18195	47,2333874	23,9901115	0,28491565	1,83794139	
4	5	788,192619	89,1599759	27,7467338	9,01879817	1,07285328	
5	6	901,866061	125,262661	30,9815344	7,79613372	1,17995869	
6	8	759,36229	80,0034633	26,9263103	3,11740303	1,58981549	
7	9	577,927043	22,3796289	21,7632147	4,20755323	1,49431834	
8	10	799,441547	92,7326353	28,0668441	5,38964258	1,39076731	
9	11	734,963166	72,2543015	26,2319854	0,9497725	1,77969993	
10	23	862,34232	112,709921	29,8568089	6,35963068	1,30579635	

Figura 54. Formato de archivo Excel que entrega el software con los resultados

	A	B
1	Numero eliminado	
2	0	
3	1	
4	4	
5	7	
6	12	
7	13	
8	14	
9	15	
10	16	
11	17	
12	18	
13	19	
14	20	
15	21	
16	22	
17	30	

Figura 55. Formato Excel, entrega el número de las curvas eliminadas.

4.7. Plataforma Web

Proyecto FIA “Estimación del rendimiento y calidad de los huertos de arándanos basados en herramientas de agricultura de precisión e IoT (internet of things) para la optimización de las variables de producción”

Para acceder al sitio web, se debe dar click al siguiente enlace: <http://estimacionrendinia.cl.serve585.arvixevps.com/admin/login/login/>.

Una vez abierto se debe ingresar en la opción de “iniciar sesión”, la cual entrega la opción de entrar a un usuario e ingresar una clave, para así tener información necesaria (Figura 56).

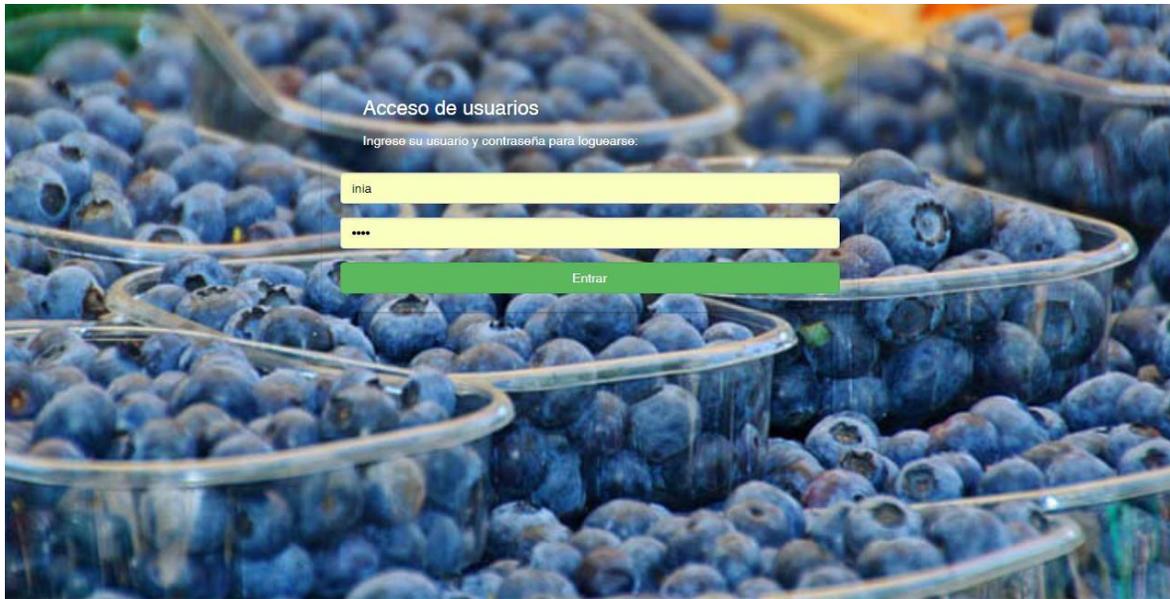


Figura 56. Pantalla de inicio de plataforma de gestión de rendimientos y calidad en arándanos.

Ya entrando en la plataforma, según la clave correspondiente, se encontrará con el despliegue de la plataforma y de los cuarteles ya incorporados en sistema como lo podemos ver en la figura 57.



Figura 57. Esquema de entrada de plataforma de gestión de rendimiento y calidad de arándanos.

Esta plataforma web nos muestra diferentes opciones de uso. En el menú superior podemos encontrar el menú inicio, ingreso de empresas (en caso de administrador puede ingresar nuevas empresas o campos al sistema, Figura 58), ingreso de personal por empresa, Figura 59)

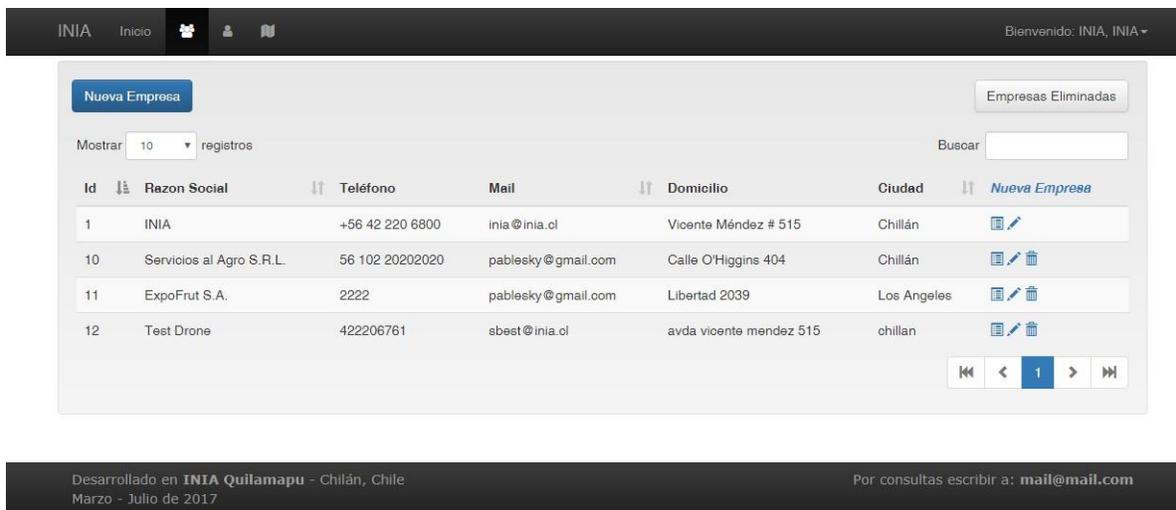


Figura 58. Ingreso de nuevas empresas dentro del sistema

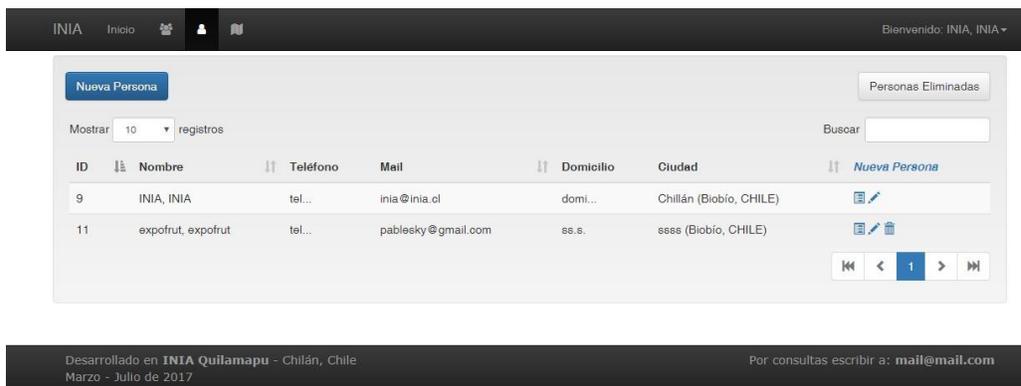


Figura 59. Ingreso de personal por empresa al sistema.

El último punto del menú superior es el de inicio donde se puede visualizar las diferentes utilidades de esta plataforma, los cuales se pueden encontrar en el sub-menú en la parte inferior (Figura 60), como lo son:

- Rendimiento localizado, en el cual se ve todo el trabajo realizado con el Drone en campo para poder tomar la data y luego ser analizada.
- Proyección de rendimiento, la cual muestra de forma macro el rendimiento asociado a los cuarteles en campo.
- Estimación de calidad del huerto, todo el trabajo realizado asociado a la calidad de la fruta que viene del huerto, como se presenta esta fruta y los diferentes parámetros asociado a su calidad, para así determinar la calidad de la fruta.



Figura 60. Menú explicativo de acciones posibles desarrolladas por plataforma.

Al ingresar en la opción “Ingresar a plataforma” vuelve al menú espacial donde se pueden observar los polígonos en que se están trabajando con el servicio de datos. Aquí, en el menú superior derecho, se pueden ingresar nuevos polígonos al predio donde se está trabajando. Para desarrollar esta función se debe apretar el botón con el polígono que inicia el formato de dibujo de polígono tal como se muestra en la figura 61 (img superior). Terminado de dibujar el polígono en el mismo menú se aprieta el botón finalizar y se levanta un pop up (figura 61, img inferior) donde se le preguntará la información asociada a este polígono para su clara definición, factor que se utilizará luego en todos los siguientes pasos.



Figura 61. Definición de polígonos del campo a trabajar (superior) e ingreso de información base de cada polígono (inferior).

Por otra parte, en la plataforma al posicionarse en un cuartel y hacer click con el mouse con el botón derecho, se despliega el menú de opciones asociado a los diferentes componentes de esta plataforma (Figura 62). Así como primera fase es subir la estimación de rendimiento espacial (explicada y validada anteriormente en este informe), de tal forma que esta sirva de base para la localización de punto de muestreo tanto para la captura de información por el dron como la toma de muestreo de fruta para ser evaluada en el equipo de medición de calidad (también explicada anteriormente en este informe).



Figura 64. Pop up de subir información de rendimiento y despliegue.

Teniendo ya en plataforma el mapa de rendimiento estimado, se puede pasar a la segunda fase la cual implica la selección de puntos de monitoreo tanto para las capturas con dron como para la recolección de muestras para evaluación de calidad de frutas con equipo estacionario desarrollado por este proyecto también. Así, Al seleccionar la primera opción del menú secundario “alta de muestreos”, se abre una nueva ventana mostrando un zoom del cuartel seleccionado, en el cual se pueden realizar nuevas acciones, en la parte superior izquierda se muestra una opción de aumento y disminución de tamaño de la vista seleccionada (Figura 65).

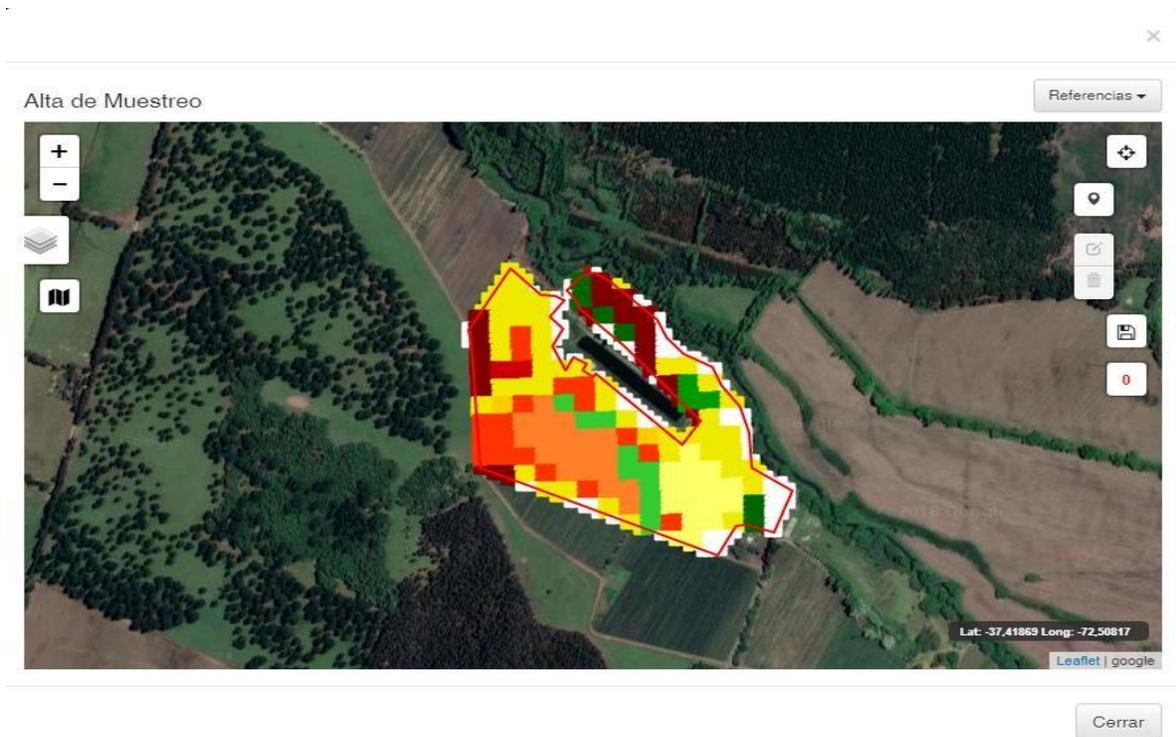


Figura 65. Pop up de plataforma para la selección de puntos de muestreo.

Al seleccionar la segunda opción en la parte superior izquierda, en donde se muestra un ícono de capas, se puede abrir una nueva opción de Google Satélite y puntos de monitoreo (Figura 66).

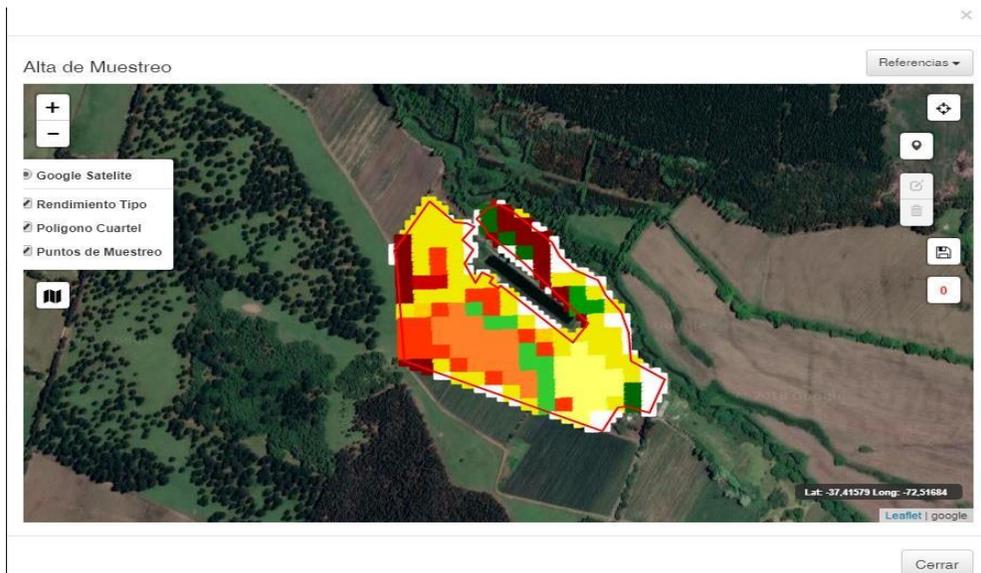


Figura 66. Esquema para desplegar dentro de pantalla el mapa de rendimiento, polígono del cuartel y puntos de muestreo.

Volviendo a la Figura 66, en la parte superior derecha se encuentran 6 opciones más de actividades para seguir realizando, las cuales son expuestas en la figura 67.



Figura 67. Esquema explicativo de menú de monitoreo.

Otra opción que será más utilizada es la de localizar los puntos de monitoreo dirigida con plano de rendimiento, la cual se debe seleccionar la segunda opción como se muestra en la parte superior derecha y arrastrarla sobre el punto del polígono donde se quiere monitorear y así agregar los puntos que se necesiten manualmente, esta opción también puede ser validada con terreno, ya que la primera opción marca el punto exacto donde uno se encuentra y así poder marcar un punto exacto donde se necesita monitoreo (Figura 68).

Luego de haber definido el punto del sector que se quiere monitorear, puede ser reubicado el punto de muestreo con el tercer ícono o simplemente eliminado con el cuarto icono, el basurero.

Al finalizar la ubicación de uno o más puntos de muestreo, la siguiente opción es para guardar lo realizado y así generar los puntos de muestreo donde se quiere monitorear con el drone o localización de recolección de muestras para evaluar calidad, factor que se debe definir en la pantalla a continuación.

Cuartel: Vega Larga 1 Cultivo: Arándano Campaña: 2017-18

Datos del Muestreo

Tipo de Muestreo:
ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTO

Técnica de Muestreo:
VUELO CON DRON

Persona de la Empresa Empresa de Servicios
INIA, INIA

Muestreo Unico Muestreo Repetitivo

Fecha: 2018-08-24

Cancelar Guardar

Figura 68. Pop up de definición del tipo de muestreo a ser realizado en plataforma.

Volviendo al mapa principal (Figura 62), y desplegar el menú con el botón derecho sobre un polígono trabajado de muestreo, uno debe ir a listado de muestreo que abrirá un pop up donde se podrán ver todos los muestreos asociados a este cuartel en cuanto al tipo (rendimiento o calidad), Fecha propuesta de realización, el responsable del muestreo, cuando se realizó o si está pendiente y las diferentes acciones que se pueden realizar que se pueden ver en la figura 69.

Cuartel: Vega Larga 1 Cultivo: Arándano Campaña: 2017-18

Listado de Muestreos

mostrar 10 registros

#	Tipo	Fecha Propuesta	Responsable	Realizado	Acciones
70	Estimación de Rendimiento	2018-03-27	INIA, INIA (P)	2018-03-28	
71	Estimación de Rendimiento	2018-03-31	INIA, INIA (P)	2018-03-30	
74	Estimación de Rendimiento	2018-05-15	INIA, INIA (P)	Pendiente	
75	Nivel de Calidad	2018-08-22	INIA, INIA (P)	2018-08-22	
76	Estimación de Rendimiento	2018-08-24	INIA, INIA (P)	2018-08-24	

Página 1 de 1 Anterior 1 Siguiente

Muestreo # 70 - Cuartel: Vega Larga 1

Tipo Muestreo: Estimación de Rendimiento

Técnica: Vuelo con dron

Fecha Propuesta: 2018-03-27

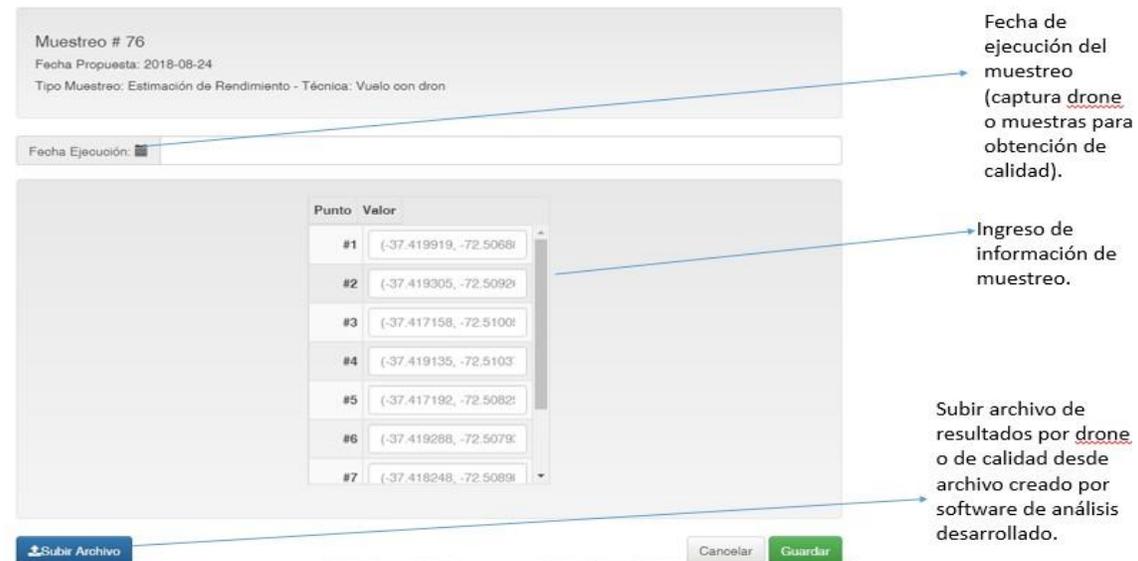
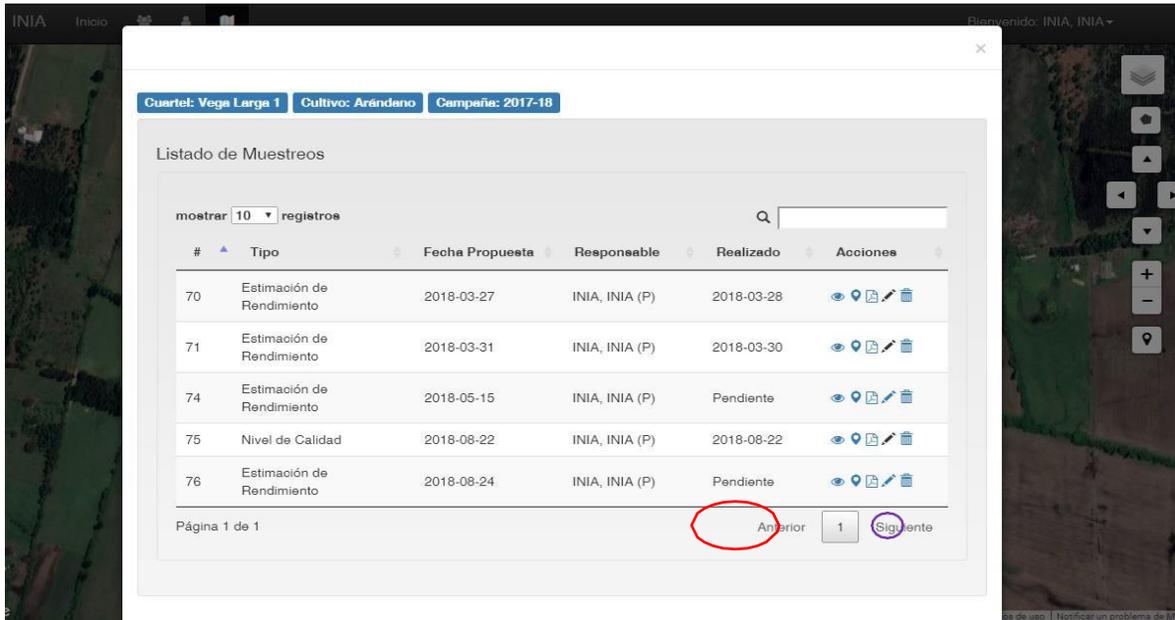
Responsable: INIA, INIA (P)

#	Estado	Localidad	Valor de Estimación
1	2018-03-27	2018-03-27	0.26
2	2018-03-27	2018-03-27	2.0000
3	2018-03-27	2018-03-27	1.0000

Figura 69. Pop up de visualización de muestreos y acciones posibles de realizar en plataforma.

En caso de que la acción de muestreo esté pendiente (figura 70), se deben ingresar los datos del muestreo (sea de dron o calidad), para lo cual se debe ingresar la información

apretando el icono de lápiz en el menú de iconos (Figura 70). Al realizar la acción antes mencionada, se levantará un pop up donde se pueden ingresar la data en forma manual o en forma de archivo, los cuales son las salidas de los softwares de calidad o de análisis de imágenes de drones expuestos anteriormente en este informe.



Fecha de ejecución del muestreo (captura drone o muestras para obtención de calidad).

Ingreso de información de muestreo.

Subir archivo de resultados por drone o de calidad desde archivo creado por software de análisis desarrollado.

Figura 70. Pop up de ingreso de datos de muestreo a ser realizado en plataforma.

Ya ingresadas las muestras, el sistema interno de plataforma desarrollará los mapas interpolados de la información ingresada, generando los planos en formato de base de data que permitirán no solo ser visualizados, sino también poder ser utilizados como información base para estudios más avanzados de modelos. Para visualizar los mapas, debemos ir al

menú de iconos dentro de menú de listado de muestreo y seleccionar el icono de un ojo (Figura 70), el cual desplegará un pop up que permite visualizar el mapa del monitoreo según sea seleccionado, genera un resumen de los rendimientos por cuartel y finalmente la posibilidad de bajar a un celular el archivo kml del mapa seleccionado que permite ir a terreno y evaluar en campo los resultados o más importante aún tratar de evaluar el porqué de los resultados, sean buenos o malos. Finalmente, como se visualiza en el contexto del proyecto, se ha generado un sistema que integra la estimación del rendimiento y calidad de la fruta bajo un esquema de operación claro, y que se puede observar en la figura 43. Los resultados de rendimiento y calidad de fruta no solo serán útiles para la evaluación y logística de cosecha sino también para ajustes en labores agronómicas como podas, fertilizaciones post cosecha entre otros (Figura 71).



Figura 71. Esquema de operación del modelo de estimación del rendimiento y calidad de fruta.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

Basado en objetivo del proyecto “Desarrollar un sistema de estimación de rendimiento y calidad de arándanos espacio temporal, sobre la base de sistemas ópticos de captura, con el fin de optimizar el uso de mano de obra requerida y disminuir los rechazos a nivel de exportación” lo que se expondrá más adelante es la perfectibilidad técnica- económica de los dos escenarios con proyecto y sin proyecto. La situación experimental consta de 10 Ha plantadas arándanos, con tres variedades distintas Briggita, Duke y Legasi, se consideraron tres variedades ya que tienen distintas fechas de cosecha asegurando al huerto un constante movimientos y abastecimiento del mercado durante toda la temporada, este supuesto se realizó con datos aportados por ODEPA actualizados a la temporada 2015 que representa a casi el 50% de los huertos chilenos. La evaluación económica como ya se ha mencionado tiene en cuenta dos escenarios donde consideraron diferentes costos asociados a la cosecha tanto como costos de inversión, personal capacitado, materiales y transporte para un ciclo productivo de 4 meses. Los indicadores económicos utilizados arrojaron valores de 1.030,85 UF para el VAN y 17.03% para la TIR en el escenario real y al compararlo con el del proyecto este se incrementa un 2.104,68 en el VAN y el TIR 22.03%. Estas cifras indican que bajo condiciones establecidas el proyecto es rentable.

Según el estudio de sensibilidad la cantidad de Ton producidas resulta relevante en el cálculo del VAN, debido a que una variación en el tamaño tiene directa influencia en los costos e ingresos del proyecto.

Objetivo general

Determinar la prefactibilidad técnica-económica del proyecto.

Objetivos específicos

1. Evaluar económicamente el proyecto.
2. Evaluar la cadena de valores del arandano
3. Evaluar la sensibilidad del proyecto frente a cambios en las variables críticas.

Misión

El proyecto busca entregar una herramienta de fácil utilización e interpretación para un técnico en terreno ayudando a la toma decisiones de los productores de arándanos, asociado a la estimación del rendimiento de la planta, a la calidad de los frutos y tiempo de durabilidad en postcosecha que son factores determinantes para el comercio y lugar de destino de la producción.

Visión

En un mediano plazo poder aplicar un prototipo de estimación de rendimientos y calidad, para mejorar la eficiencia del uso de la mano de obra en la producción sobre la base de un sistema óptico y técnicas de visión artificial asociados a otros rubros frutícolas.

Metas

- Optimizar la producción de la empresa y rendimiento del cultivo
- Expandir a los productores a nuevos mercados con producciones de alta calidad.
- Aumentar la superficie plantada de los pequeños agricultores progresivamente cada año.

Situación mundial del arándano

La superficie de arándanos a nivel mundial ha tenido un constante aumento, alcanzando el año 2010 la cifra de 76.900 hectáreas plantadas. Gran parte de esta superficie se concentra en Norteamérica, seguida de Sudamérica. Precisamente en Sudamérica, Chile presenta la mayor superficie (73%), esto se produce porque el área nacional ha crecido considerablemente durante la última década, llegando incluso a sobrepasar las 13.000 hectáreas (ODEPA, 2013).



Chile es el segundo mayor productor de arándanos a nivel mundial, detrás de Estados Unidos (ODEPA, 2012). Durante los últimos años en Chile se observó un crecimiento acelerado en la superficie de este cultivo, debido a que se abrió una nueva ventana para la exportación nacional, ya que el consumo de arándanos frescos en Estados Unidos ha sido persistente durante la contraestación productiva (FIA, 2008). Todos estos antecedentes han puesto a Chile como el primer exportador mundial de arándanos frescos, logrando un 30,9% de la participación mundial (ODEPA, 2012).

La aparición de nuevos competidores en la última parte de la década como Uruguay, Argentina, Perú (ODEPA, 2012) y México (Maggio & Retamales, 2013), más el constante aumento de la oferta de arándanos frescos obliga a los productores a reducir costos y lograr una mayor eficiencia a través de los procesos productivos, cosecha y transporte (Bañados, 2006).

El factor que tiene el mayor efecto negativo sobre la calidad de la fruta, es el retraso durante la postcosecha (Maggio & Retamales, 2013). Para minimizar el retraso, las decisiones estratégicas deben tomarse en relación a la cantidad de recolectores y personal que se contratarán durante la cosecha y postcosecha, todo esto para garantizar la calidad de cosecha y la cadena de frío en el envío del producto. Esto realza la importancia de tener una buena predicción de la producción de la huerta (Swain, et al. 2010), además de tener en cuenta que la mano de obra representa casi el 60% del costo de producción, reduciendo la rentabilidad de la industria (Maggio & Retamales, 2013).

Definición del producto

Este proyecto busca una validación de modelos de estimación de rendimiento que permitan generar predicciones espaciales según el estado fenológico de la planta anticipándonos a la cosecha mediante la ayuda de tecnologías de visión digital integradas a herramientas estadísticas de muestreo y estimación. Adicionalmente, es necesario avanzar hacia la determinación de las características organolépticas de los frutos con el objetivo de asociar las distribuciones de rendimiento a las respectivas distribuciones de calidades de fruta. Es así que durante cosecha es necesario discernir la distribución de categorías de frutos maduros que están siendo incluidas en los mapas de distribución de cosecha. Así, por ejemplo, es prioritario el saber con exactitud la diferencia en la condición de madurez de aquellos arándanos que ya presentan una coloración azul completa y que pudieran generar diferencias en postcosecha, las que típicamente no son detectadas a simple vista.

De esta manera, en el presente proyecto propone la generación de un sistema de estimación de rendimiento en arándanos basado en visión artificial, el cual permitiría reducir ostensiblemente los niveles de error y disminuir los costos de una determinación espacial de dichas variables aumentando la exactitud espacial de las mismas y dando paso a la posibilidad de un monitoreo en etapas críticas del cultivo. Un sistema de estas características formaría además la base de análisis para una predicción temprana de rendimiento final al considerar otras variables asociadas a cultivo tales como las variables de suelo y expresión vegetativa. La constante necesidad de este tipo de estimación por parte de la industria involucra una clara oportunidad de mercado para la comercialización del producto a ser desarrollado.

Mercado Objetivo

En Chile Existen más de 14.800 has de arándanos. La mayoría de los huertos se distribuyen entre las regiones de O'Higgins y la Araucanía, siendo las regiones del Maule y del Biobío las que concentran la mayor superficie con aproximadamente 4.300 has cada una. Esta distribución regional permite contar con una temporada que se inicia a mediados de octubre en las regiones del Norte del país, hasta fines de abril con las producciones ubicadas en la región Sur.

El mercado objetivo serán los pequeños, medianos y grandes productores de arándanos ya que este proyectó no discrimina razón socio-económica, se estiman bajos costos de implantación de estos servicios que no tienen gran significancia en los costos de producción, se espera como respuesta el incremento del 15% de la utilidad retorno hacia los productores, lo que es favorable para una estabilidad económica del país. Además da confiabilidad a los productores de que su producción cumple con los estándares de calidad e inocuidad necesarios para que sus productos puedan ser exportados hacia nuevos mercado, considerando que Chile cuenta con una importante oportunidad por las firmas de Tratados de Libres Comercio.

Características del mercado

Se puede considerar que Chile es un potencial de mercado para proyectos de innovación asociados a la producción del cultivo de arándanos debido al aumento de la superficie plantada en los últimos años, las condiciones agroclimáticas presentes en el país favorecen aclimatación de este cultivo, las diferencias de temperaturas registradas desde norte a sur

permiten tener una producción desde principios octubre a mediados de marzo, por otra parte los volúmenes de exportación van progresivamente en aumento, por estas razones este proyecto es de suma importancia para los productores ya que dará respuesta producción y calidad que se tiene en los huerto, adicional a esta información podrán determinar el mercado destino de sus arándanos, esta información es no es solo relevante relevante para pequeños y grandes productores de arándanos tanto a nivel nacional nacionales como internacional, esto da como resultado la existencia de numerosos mercados distintos o sub mercados para este proyecto. Esta existencia de sub mercados permite sostener que siempre habrá un nicho en el cual se pueda incursionar.

Este mercado está en constante evolución es competitivo, abierto y con gran oferta de bienes y servicios, resultado tanto de su producción interna como la afluencia de productos importados. Por ello para un nuevo impacto tecnológico es necesario desarrollar e invertir fuertemente en una estrategia de comercialización que permita destacar los atributos del producto sino también diferenciarse de los demás.

Características del productor

El productor frutícola chileno tiene las mismas características como la mayoría de los agricultores en general es una persona competitiva que busca ser el mejor en su área y siempre dispuesta a probar nuevos y novedosos productos que aseguren y mejorar su rentabilidad en tiempo. Pero estos a su vez son exigente, bien informado y tiene conciencia del medio ambiente. La tendencia es a buscar productos prácticos, favoreciendo la comodidad de los productores.

Entorno de marketing definido

Marketing estratégico

¿Cuáles son los valores que nos diferenciaran de la competencia?

Compromiso con la atención al cliente, el productor es el actor principal del proyecto. Por lo que nos comprometemos con la producción y calidad de su huerto. No solo ofrecemos un tecnología de innovación, sino que al estar comprometidos con la agricultura nos preocupamos de ofrecer un servicio confiable y que sea del alcance normal de todos los productores incrementando la utilidad de cosecha sobre 15%. Para ello se han evaluado

diversas variables de terreno y laboratorio que nos ayudaran a obtener datos de precisos para predecir lo que ocurre en las temporadas de cosechas.

Marketing táctico

Nuestro proyecto está destinado principalmente a los huertos que quieren solucionar la problemática de estos últimos años relacionados con la producción total, calidad de cosecha y destino de la producción.

Atractivo de Mercado

Rivalidad de Competidores de la Industria: Un mercado es atractivo si:

- a) El crecimiento del mercado es rápido. **SI**
- b) Contiene pocos competidores. **Si**
- c) Los activos no son caros ni especializados. **SI**
- d) No existe exceso de producción. **No**
- e) La rentabilidad media del sector es alta. **SI**
- f) La diferenciación del producto es alta. **SI**
- g) Las barreras de salida son bajas. **SI**

Amenaza de Nuevos Competidores: Un mercado es atractivo cuanto más difícil sea para nuevos competidores entrar en él, es decir cuándo:

- a) Existen economías de escala. **SI**
- b) El acceso a los canales de distribución es difícil. **SI**
- c) Las necesidades de capital son altas. **SI**
- d) Existe difícil acceso a las tecnologías. **SI**
- e) Las leyes son restrictivas. **SI**
- g) Los trámites son burocráticos. **SI**
- h) La reacción esperada de los actuales competidores es enérgica. **SI**

Poder de los Proveedores: Un mercado es atractivo si los proveedores (los que surten de materiales necesarios para fabricar el producto) tienen poco poder, es decir:

- a) Los proveedores son muchos. **NO**
- b) El costo de cambiarse de proveedor es bajo **NO**
- c) La probabilidad que los proveedores realicen mi negocio es baja. **SI**
- d) La importancia del sector para los proveedores es grande. **SI**

Poder de los Clientes: Un mercado es atractivo si los clientes tienen poco poder, es decir:

- a) Existen muchos clientes **SI**
- b) La probabilidad que los clientes realicen mi negocio es baja. **SI**
- c) La rentabilidad de los clientes es alta. **NO**
- d) El costo de cambio de proveedor de los clientes es alta. **SI**

Amenaza de Productos Sustitutos: Un mercado es atractivo si no existen sustitutos reales o potenciales del producto, es decir:

- a) La disponibilidad de productos sustitutos es pequeña. **SI**
- b) La agresividad de los oferentes de productos sustitutos es baja. **SI**

Resumen del atractivo de mercado

- 1) Rivalidad de competidores de la industria: 85,71% de atractivo.
- 2) Amenaza de nuevos competidores: 100 % atractivo.
- 3) Poder de los proveedores: 50 % atractivo.
- 4) Poder de los clientes: 75 % atractivo.
- 5) Amenaza de productos sustitutos: 100% atractivo.

Promedio: **72,14%** atractivo.

Análisis de la cadena de valor.



Actividades de apoyo

Infraestructura de empresa	Gestión de Recursos Humanos	Desarrollo tecnológico	Aprovisionamiento
Oficinas y transporte	Capacitaciones	Conocimiento de expertos	Materia prima propia y externa
Laboratorios de análisis químico	Mano de obra especializada	Implementación de tecnología de packing y frigoríficos	Proveedores de insumos, servicios técnicos y otros
Sala de recepción de muestras, frigoríficos y packing			

Análisis FODA

El análisis FODA sintetiza las fortalezas y debilidades internas de nuestro proyecto y las oportunidades y amenazas del contexto externo.

FORTALEZAS: son las capacidades especiales con que cuenta nuestro proyecto, y por los que cuenta con una posición privilegiada frente a la competencia.

- Zona productora de arándanos
- Equipos prácticos de fácil utilización
- Cortas distancias con las plazas
- No hay competencia en el mercado
- Se conservaran todas las propiedades del fruto
- Servicio de precio accesible
- Sistemas no destructivos ni invasivos de medición en la planta

OPORTUNIDADES: son aquellos factores que resultan positivos, favorables, explotables, que se deben descubrir en el entorno en el que actúa el proyecto y que permiten obtener ventajas competitivas.

- Ingresar al mercado un método de evaluación innovador no encontrado en ningún mercado.
- Modificable para ser aplicados a otro cultivos frutales
- Servicios que se pueden expandir internacionalizar
- Se genera una nueva fuente laboral

DEBILIDADES: son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia.

- Débil imagen en el mercado

AMENAZAS: son aquellas situaciones que provienen del entorno y que pueden llegar a atentar incluso contra la permanencia del proyecto.

- Robos
- Catástrofes naturales
- Competencia de parte de otras empresas
- Enfermedades que afecten al arándano en Chile
- Que el cultivo del arándano como fruto, ya no sea rentable, por consecuencia la fruta no sea comercio para exportación.

Antecedentes generales del cultivo de arándanos:

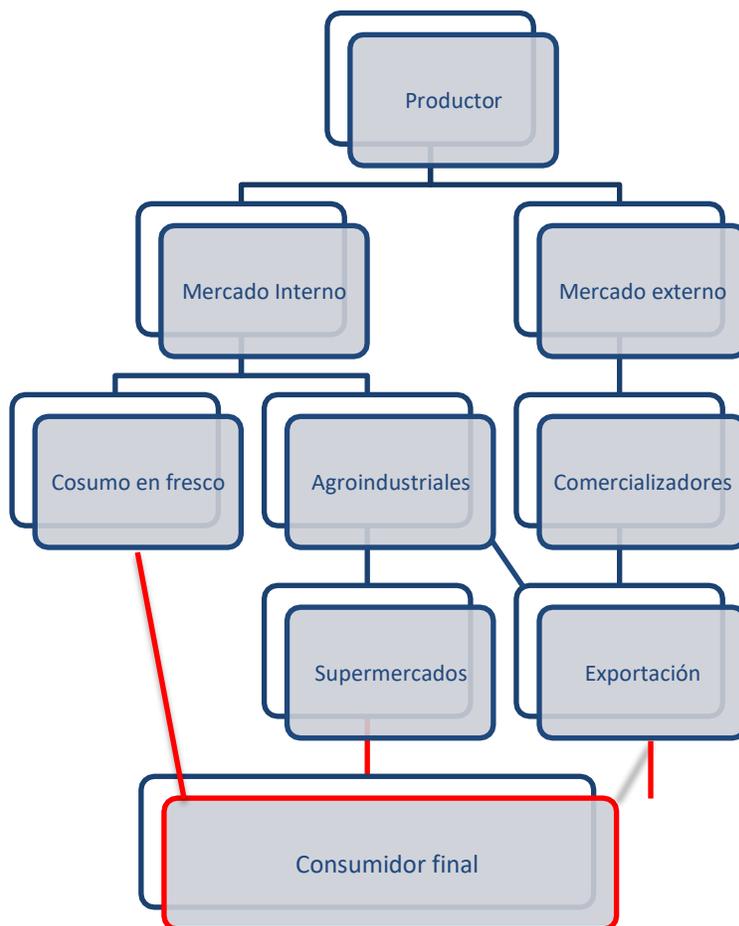
Plan predial

Con respecto al consumo de arándano en fresco de contraestación, Chile, junto con otros países productores del Hemisferio Sur, ha dispuesto de una extensa ventana durante la cual los mercados del Hemisferio Norte se encuentran desabastecidos. Aprovechando así los mejores precios que resultan de una distribución más uniforme de las colocaciones del producto en el mercado a lo largo de la temporada.

Cuadro de Estacionalidad de la producción mundial.

Pais	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
EE.UU	■	■	■							■	■	■
Canada	■	■	■							■	■	■
España	■									■	■	■
Francia	■	■										■
Alemaia	■	■	■									■
Polonia	■	■	■									
Chile				■	■	■	■	■	■	■		
Autria			■	■	■	■	■					
Nva. Zelanda					■	■	■	■				
Argentina			■	■	■	■						

Cadena de comercialización del arándano



Antecedentes

La evaluación económica, se determinó a través de la evaluación de la factibilidad del cultivo arándanos a un horizonte de proyección de 10 años. Para determinar si el proyecto es rentable, se calcularon indicadores económicos como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y el Periodo de Recuperación del Capital (PRC), a partir de flujos de caja netos considerando ingresos, costos totales, inversión y tasa de costos de capital.

Presentación del plan económico

Esta evaluación económica se realizó con supuestos y datos obtenidos de ODPa actualizados a la temporadas 2015. Este análisis está centrado determinar los puntos que repercuten en la cadena de comercialización asociados al no cumplimiento de las normas de calidad en la producción arándanos afectando directamente a los retornos del agricultor, con la finalidad de mostrar el impacto que generaría la implementación de nuevas

tecnologías basadas en la estimación de rendimiento de huerto, la determinación de madurez y calidad del fruto minimizando los porcentajes de descarte y pérdidas asociados a la producción total.

Datos generales:

Evaluación de proyecto	Cosecha – Exportación
Superficie plantada (Ha)	10
Total de producción (Ton)	90
Plantas/Ha	33200
Variedades	Briggita, Duke, Legasi
Superficie de variedad (Ha)	Briggita 5; Duke 2.5; Legasi 2.5
Meses de cosecha	Noviembre- Febrero
Conversión	UF

Meses/cosecha				
Variedad	Nov	Dic	Ene	Feb
Duke	x	x	x	-
Briggita	x	x	x	x
Legasi	-	-	x	x

Variedad	% Producción/ fecha		
Duke	Nov 15%	Dic 75%	Ene 10%
Briggita	Nov 25%	Dic 25%	Ene 30%
Legasi	Ene 85%	Feb 15%	

Cosecha

Situación real (Tablas de color azul):

La situación real del productor es que solo destina a calidad comerciable 85% , del 15% restante se destina un 75% congelado, 24% procesados y pérdida en huerto 1% por varios factores caídas de fruto, incidencias climáticas, malas prácticas de poda dejando los frutos muy concentrados, etc.

Producción	Nov	Dic	Ene	Feb
Ton/mes	14,625	28,125	34,875	12,375
Perdida Ton/mes	2,19375	4,21875	5,23125	1,85625
Calidad comercial Ton/mes	12,43125	23,90625	29,64375	10,51875

Cosecha (Ton)							
Variedad	N° Ha	Total (Ton)	Calidad comerciable (Ton)	15% Descarte de Exportación	Congelados (Ton)	Procesados (Ton)	Defecto (Ton)
Briggita	5	45	38.25	6.75	5.0625	1.62	0.0675
Duke	2.5	22,5	19,125	3,375	2,53125	0,81	0,03375
Legasi	2.5	22,5	19,125	3.375	2,53125	0,81	0,03375
Total	10	90	76,5	13,5	10,125	3,24	0,135

Situación con proyecto (Tablas de color naranja)

Con proyecto en la cosecha se espera corregir 5% del total del error de 15%, lo que produce un leve aumento en el total de la producción para fresco.

Producción	Nov	Dic	Ene	Feb
Ton/mes	14,625	28,125	34,875	12,375
Perdida Ton/mes	1,4625	2,8125	3,4875	1,2375
Calidad comercial Ton/mes	13,1625	25,3125	31,3875	11,1375

Productor y exportadora

Cosecha (Ton)

Variedad	N° Ha	Total (Ton)	Calidad comercial (Ton)	10%Descarte de exportación	Congelados (Ton)	Procesados (Ton)	Defecto (Ton)
Briggita	5	45	40,5	4,5	3,375	1,08	0,045
Duke	2,5	22,5	20,25	2,25	1,6875	0,54	0,0225
Legacy	2,5	22,5	20,25	2,25	1,6875	0,54	0,0225
Total	10	90	81	9	6,75	2,16	0,09

Del total de las 90 toneladas de producción solo el 76.5 llega a la exportadora, donde se genera un descarte en línea de 15%, un porcentaje de desecho 1% y por sobre peso 5%, lo cual disminuye un 21% de la producción destinada a fresco.

(Sin proyecto)

Calidad comercial (Ton)	76.5
Descarte línea (15%)	11.475
Desechos (1%)	0.765
Sobre peso (5%)	3.825
Total perdida	16.065
Total exportable	60.435

Exportable en fresco/Ton	60.435
Total de caja/ 1,4478kg	41743
Total nº de copas	3479

Al corregir solo un 5% de la perdida con la detección de las zonas de mejor calidad los cosecheros se concentraron en los puntos de mayor calidad logrando aumentar de 76.5 a 81 toneladas para entregar a la exportadora.

(Con proyecto)

Calidad comercial (Ton)	81
Descarte línea (15%)	8.1
Desechos (1%)	0.81
Sobre peso (5%)	4.05
Total perdida	12.96
Total exportable	68.04

Exportable en fresco/Ton	68.04
Total de caja/ 1,4478kg	41743
Total nº de copas	3916

Exportadora e importador

En el último paso de la cadena de comercialización para llegar al consumidor se produce una incertidumbre de 50% del total de toneladas exportadas, por efecto de la interrogante en la calidad que llega a país destino, si cumplirá con las normas de la calidad producción del país importador para el consumo en fresco. Y si son rechazados los pallets se tendrá que tomar medidas de renegocio cambiando de fresco a congelado o a proceso agroindustriales (jugos, pulpas mermeladas etc.) o en el peor de casos serán devueltas a país exportador creando quiebres con los tratos de la exportadora y el país importador, esto genera desequilibrio económico en agricultor muchas hasta el quiebre por no cubrir los costos generados en la cosecha y mantención del huerto. Para este supuesto se utilizó un rechazo 15% destinados a congelados con nuestro sistemas de detección pensamos corregir 10% menos del rechazo que puede ocurrir en puerto, ya que sabremos de la condición de arándanos en cosecha lo que determinara el país destino, manteniendo sus condiciones naturales casi al 95%.

Sin proyecto

Exportación (Ton)	60.435
Descarte 15%	9.06525
Total producción vendida en fresco (Ton)	51.36975

Con proyecto

Exportación (Ton)	68.04
Descarte 10%	3.402
Total producción vendida en fresco	64.638

Flujo de caja de los dos escenarios con y sin proyecto

Para la evaluación económica del proyecto se consideraron diferentes variables que influyen directamente en la toma de decisión con respecto a la puesta en marcha de del proyecto.

Algunas de las variables que se evaluaron durante un horizonte de proyección de 10 años son precio (UF/Ton), producción (Ton), costos totales (UF) e inversiones (UF), permitiendo por medio de indicadores económicos como el VAN (Valor actual neto) conocer la viabilidad del proyecto.

Inversiones del proyecto

Para un tamaño de cultivo de 10 hectáreas se determinaron 33.200 plantas, con una producción anual de 90 Ton. Se considerando tres cuarteles y tres variedades Briggita, Duke y Legasi.

Por lo tanto, los cálculos expresados en la Tabla 18 con respecto a la inversión en activos fijos, fueron determinados en base a lo anterior.

Tabla 1 (sin proyecto)

Detalle	Vida útil	Cantidad	Costo (UF)	Depreciacion	Valor de desecho
Inversión Inicial			3000		
<u>Materiales</u>					
Atril	9	100	21.00	2.33	2.33
Potes	6	200	2	0.33	0.33
Casetas	9	4	85.68	9.52	9.52
Balanzas	9	3	31.53	3.50	3.50
Bandejas	6	2500	25	4.17	4.17
<u>Movilización</u>					
Tractor	8	1	323.3	40.41	40.41
Coloso	7	1	60.62	8.66	8.66
Camionetas	7	2	420	60.00	60.00
<u>Otros</u>					
Baños químicos	9	6	240.6	26.73	80.20
Utiles de cocina	3	1	5.25	1.75	17.50
<u>Materiales Administrativo</u>					
Cumputador	6	2	28.28	4.71	47.13
Impresora	6	1	2.02	0.34	3.37
Total			4,245.28	162.46	3968.15

Tabla 2 (con proyecto)

Detalle	Vida útil	Cantidad	Costo (UF)	Depreciacion	Valor de desecho
Inversión inicial			3000		
Materiales					
Atril	9	110	23.10	2.57	0.00
Potes	6	220	2.2	0.37	0.00
Casetas	9	4	85.68	9.52	0.00
Balanzas	9	3	10.51	1.17	0.00
Bandejas	6	2500	25	4.17	12.50
Movilización					
Tractor	8	1	323.3	40.41	40.41
Coloso	7	1	60.62	8.66	8.66
Camionetas	7	2	420	60.00	60.00
Otros					
Baños químicos	9	6	240.6	26.73	80.20
Utiles de cocina	3	1	5.25	1.75	17.50
Materiales Administrativo					
Computador	6	2	28.28	4.71	47.13
Impresora	6	1	2.02	0.34	3.37
Total			4,226.56	160.39	3956.79

En el caso de los activos intangibles que se muestran en las a continuación, se consideró el costo de la capacitación y estudios de pre y factibilidad del proyecto que se paga sólo al comienzo del proyecto correspondiente a \$ 5.691.000.

Sin proyecto

Detalle	Costo (UF)
Estudio Pre y factibilidad	108
Capacitación	121
Total	229

Con proyecto

Detalle	Costo (UF)
Estudio Pre y factibilidad	108
Capacitación	121
Total	229

Otro ítem importante en la inversión del proyecto es el capital de trabajo, considerando un periodo productivo de 4 meses. De manera que el valor estimado corresponde a 8719 UF sin proyecto y con proyecto 8071 UF.

En el caso de la inversión para la establecer el cultivo y la mantención se puso incluyo en la inversión inicial ya que nos fijamos solo en costos de cosecha, que es donde actúa el proyecto.

Para esta actividad se consideraron 96 días de trabajo en jornadas de 8 horas diarias, necesitando un total de 110 cosecheros en caso de que se integre el proyecto ya que detectando los punto de madures ideal será mucho más eficiente la cosecha, disminuirá la mano de obra en packing e incrementara los recepcionistas para agilizar la salida de los frutos del huerto, además del personal fijo correspondiente a un administrador y encargado del huerto.

Sin proyecto

Detalle	Cantidad	Costo mensual (UF)	Costo de Temporada (UF)
Administrador de huerto	1	25.51	306.12
Encargado de huerto	1	21.32	255.84
Encargado de Packing	3	51.57	206.28
Supervisores cosecha	4	42.04	168.16
Recepcionista	4	40.04	160.16
Cosecheros	100	1501	6004
Encargado de aseo	1	10.51	42.04
Encargado de cocina	2	20.82	83.28
Encargado de Remuneraciones	1	28.1	112.4
Contador	1	2.91	34.92
Conductor	3	38.79	155.16
	121	1782.61	7528.36

Con proyecto

Detalle	Cantidad	Costo mensual (UF)	Costo de Temporada (UF)
Administrador de huerto	1	25.71	308.52
Encargado de huerto	1	21.42	257.04
Encargado de Packing	2	34.38	137.52
Supervisores cosecha	3	31.53	126.12
Recepcionista	5	52.55	210.2
Cosecheros	110	1651.1	6604.4
Encargado de aseo	1	10.51	42.04
Encargado de cocina	2	20.82	83.28
Encargado de Remuneraciones	1	28.1	112.4
Contador	1	2.91	34.92
Conductor	3	38.79	155.16
	130	1917.82	8071.60

Posteriormente, se estudiaron los costos variables correspondientes a los gastos por combustible, cosecha y reposición de los recursos involucrados.

Sin proyecto

Detalle	Cantidad	Costo mensual (UF)	Costo de Temporada (UF)
Energía eléctrica (kw/h)	300	20.41	81.64
Ferretería	1	12.93	51.72
Art. de Oficina	1	2.83	11.32
Agua potable mt3	300	10.86	43.44
Teléfono (min)	220	2.1	8.4
Combustible	600	10.10	40.40
Colación	141	203.04	812.16
Patentes	1	5.79	23.16
		268.06	1072.24

Con proyecto

Detalle	Cantidad	Costo mensual (UF)	Costo de Temporada (UF)
Energía eléctrica (kw/h)	300	20.41	81.64
Ferretería	1	12.93	51.72
Art. de Oficina	1	2.83	11.32
Agua potable mt3	300	10.86	43.44
Teléfono (min)	220	2.1	8.4
Combustible	600	10.10	40.40
Colación	124	203.04	812.16
Patentes	1	2.79	11.16
Servicio Progap			
Monitoreo de calidad		44.688	178.752
		309.75	1238.99

Ingresos

En el caso de los ingresos se consideró las Ton producción de la temporada por el precio final del producto. En caso que entre actuar el proyecto aumenta las Ton de fresco aumentando los ingresos del huerto.

Sin proyecto

Detalle	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Precio Exportable (UF/Ton)		140.00	140.00	140.00	140.00	142.00	142.00	142.00	142.00	142.00	142.00
Precio Congelados (UF/Ton)		100	100	100	100	101	101	101	101	101	101
Precio Procesados (UF/Ton)		40	40	40	40	41	41	41	41	41	41
Producción total (Ton)		44	51	58	66	73	73	73	73	73	73
Producción Exportación (Ton)		30.82	35.96	41.10	46.23	51.37	51.37	51.37	51.37	51.37	51.37
Producción Congelados (Ton)		11.01	12.84	14.68	16.51	18.35	18.35	18.35	18.35	18.35	18.35
Producción Procesados (Ton)		1.94	2.27	2.59	2.92	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
Ingreso por cosecha anual (UF)		5,494	6,409	7,325	8,240	9,280	9,280	9,280	9,280	9,280	9,280

Con proyecto

Detalle	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Precio Exportable (UF/Ton)		140.00	140.00	140.00	140.00	142.00	142.00	142.00	142.00	142.00	142.00
Precio Congelados (UF/Ton)		100	100	100	100	101	101	101	101	101	101
Precio Procesados (UF/Ton)		40	40	40	40	41	41	41	41	41	41
Producción total (Ton)		46	54	62	69	77	77	77	77	77	77
Producción Exportación (Ton)		39	45	52	58	65	65	65	65	65	65
Producción Congelados (Ton)		6.1	7.1	8.1	9.1	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
Producción Procesados (Ton)		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Ingreso por cosecha anual (UF)		6,091	7,106	8,121	9,136	10,293	10,293	10,293	10,293	10,293	10,293

Utilidad

La utilidad antes de impuesto que se detalla en la tabla a continuación, se obtuvo a partir de los ingresos generados por la producción durante un año, menos los costos asociados a dicha producción, es decir, costos fijos, de cosecha, combustible y reposición, lo que fueron detallados anteriormente.

Sin proyecto

Detalle	Valor anual
Precio Exportable(UF/Ton)	142
Precio Congelados (UF/Ton)	101
Precio Procesados (UF/Ton)	41
Producción E. (Ton)	51.36975
Producción C. (Ton)	18.3465
Producción P. (Ton)	3.24
Ingresos (UF)	9280.341
Costos fijos	7528.36
Costos variables	1072.24
Utilidad anual (UF)	679.741

Con proyecto

Detalle	Valor anual
Precio Exportable(UF/Ton)	142
Precio Congelados (UF/Ton)	101
Precio Procesados (UF/Ton)	41
Producción E. (Ton)	64.638
Producción C. (Ton)	10.152
Producción P. (Ton)	2.16
Ingresos (UF)	10292.508
Costos fijos	8071.6
Costos variables	1238.99
Utilidad anual (UF)	981.92

Indicadores económicos

Luego de haber estimado las inversiones, costos e ingresos, el siguiente paso para determinar la rentabilidad del proyecto fue calcular los flujos de caja considerando que el proyecto es financiado en un 100% con capital propio por un sólo inversionista, sin solicitar financiamiento externo. En el Excel presenta en detalle los flujos de caja que permitieron el cálculo del VAN y TIR.

Sin proyecto

VAN	\$1,030.85
TIR	17.03%
PR	5

Con proyecto

VAN	2104.68
TIR	22.03%
PR	1

5.1. Impactos y Logros del Proyecto:

5.1.1. Impactos Productivos, Económicos y Comerciales

Logro	Al inicio del Proyecto	Al final del proyecto	Diferencial
Formación de empresa o unidades de negocio	No se consideró la venta de prototipo, ni de las tecnología integradas	Existe la posibilidad de realizar una unidad de negocio a partir del prototipo y sus aplicaciones asociadas. (Gestión predial, evaluación de rendimiento y calidad)	Prototipo y tecnologías pueden ser aplicadas y vendidas en otros cultivos
Producción (<i>por producto</i>)			No determinado
Costos de producción			No determinado
Ventas y/o Ingresos			No determinado
<i>Nacional</i>			No determinado
<i>Internacional</i>			No determinado
Convenios comerciales			No hay

5.1.2. Impactos Sociales

Logro	Al inicio del Proyecto	Al final del proyecto	Diferencial
Nivel de empleo anual	-	-	-
Nuevos empleos generados	-	-	-
Productores o unidades de negocio replicadas	-	Piloto a nivel predial	Se puede replicar a otros productores

5.1.3. Impactos Tecnológicos

Logro	Numero			Detalle
	Nuevo en mercado	Nuevo en la empresa	Mejorado	
Producto		X	X	Prototipo final generado.
Proceso	X	X		Algoritmos de visión artificial para cuantificar la calidad y el rendimiento.
Servicio	X	X		Plataforma integral que puede ser expandible a otros servicios

Propiedad Intelectual	Número	Detalle
Patentes		
Solicitudes de patente		
Intención de patentar	1	Prototipo
Secreto industrial		
Resultado no patentable		
Resultado interés público		

Logro	Número	Detalle
Convenio o alianza tecnológica		INIA
Generación nuevos proyectos		“SISTEMAS DE MONITOREO DE ÓPTICA DE ESPECTROMETRÍA Y TECNOLÓGICA (OST- SMART) PARA EL CONTROL Y GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN UVAS Y ARÁNDANOS PARA ENFRENTAR EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

5.1.4. Impactos Científicos

Logro	Número	Detalle (<i>Citas, título, descripción</i>)
Publicaciones		
<i>(Por Ranking)</i>		
Eventos de divulgación científica		<p>Marzo 2016. Seminario-Taller. Agricultura de precisión: Sensores para la agricultura. Chile</p> <p>Marzo 2016. Día de Campo, Peumo Agtech.</p> <p>2ª Feria de Tecnología e Innovación HORTIFRUT</p> <p>Septiembre 2016. Seminario Internacional: Agricultura de precisión “Su potencial transformador para la agricultura de América Latina y el Caribe”</p>
Integración a redes de investigación		V d

5.1.5. Impactos en Formación

Logro	Numero	Detalle (Título, grado, lugar, institución)
Tesis pregrado	-	-
Tesis postgrado	-	-
Pasantías	-	-
Cursos de capacitación	-	-

6. PROBLEMAS ENFRENTADOS DURANTE EL PROYECTO

- Legales: No se presentaron problemas legales.
- Técnicos: Sólo los que se presentaron con el prototipo, probando diferentes opciones en terreno, resultado un prototipo terminado.
- Administrativos: no se presentaron
- Gestión: El término del proyecto no coincidió con el esperado, pero sólo fue por el tema de validar los modelos de la última temporada.

7. OTROS ASPECTOS DE INTERÉS

El prototipo y tecnologías generadas en este proyecto se pueden replicar para otros cultivos. Han demostrado interés en replicar este prototipo, 2 grandes empresas (Orafti y Rioking), con las cuales se están generando nuevos proyectos para así generar nuevos algoritmos y aplicarlos a sus necesidades.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del proyecto ha sido de gran interés para los asociados, ya que se ha demostrado que las tecnologías aplicadas y desarrolladas, son herramientas que mejorarán su sistema de gestión, manejo y calidad de exportación. Con este sistema se tendrá conocimiento del cuartel completo en donde se realice su implementación.

Estas herramientas han permitido demostrar cosas que no son tan evidentes para el manejo del huerto, como por ejemplo, la madurez y desarrollo de los fruto en función de las variables agroclimáticas. El equipo desarrollado permite evaluar en términos espaciales la verdad de terreno y dar valor agregado a herramientas que por sí solas no son muy bien evaluadas. Toda la información se integra en una plataforma virtual, lo

que por primera vez se realiza y ha entregado muy buenos resultados para los asociados.

Las herramientas generadas por el proyecto han sido implementadas en el huerto de Hortifrut en Los Ángeles, Virquenco y han demostrado ser una herramienta potente para el manejo y gestión del huerto en estudio, por lo que han manifestado su inquietud de expandirla a otros predios.

9. INFORME DE DIFUSIÓN

9.1. Programa Lanzamiento Agtech Chile

Redagrícola



PROGRAMA LANZAMIENTO AGTECH CHILE

Viernes 11 de Diciembre 2015, Centro de Extensión Pontificia Universidad Católica

"Plataforma de difusión, transferencia de tecnología y negocios para convertir a empresas chilenas de Bioinsumos y Agricultura de Precisión en Organizaciones de clase Mundial"

8:30 - 9:00 Acreditación

9:00 - 9:15 Bienvenida, Representante de CORFO.

9:15 - 9:45 "Presentación proyecto AgTech", Patricio Trebilcock, Director Proyecto AGTECH CHILE.

9:45 - 10:30 "Tendencias globales en el uso de bioinsumos en la agricultura" Experto Universidad de California, Davis Chile.

10:30 - 11:30 Coffee Break

11:30 - 12:30 "Precisión Agriculture in the word: history, challenges and perspectives" Raj Khosla, PhD, Distinguished Monfort Professor of Precision Agriculture, Colorado State University. Senior Science Advisor to the US Department of State, Estados Unidos.

12:30 - 13:30 Almuerzo

13:30-14:15 "Perspectivas de la Agricultura de Precisión en Chile" Stanley Best, Ing. Agrónomo, PhD, Director Programa de Agricultura de Precisión INIA.

14:15-14:45 "Experiencias en el uso de tecnologías de agriculturas de precisión y Bioinsumos en La Rosa - Sofruco" Hugo Poblete Herrera, Ing. Agrónomo, MGTA, Gerente Técnico La Rosa – Sofruco.

Proyecto apoyado por



Red agrícola



14:45-15:15 Coffee

15:15-15:45 "Implementación de tecnologías de Agricultura de Precisión y manejo integrado de la Nutrición en Agrícola Garcés" Sebastián Warnier, Ing. Agrónomo, Gerente Técnico Sociedad San Francisco Lo Garcés.

15:45-16:30 "Hacia la Microbiología de Precisión" Rodrigo Ortega Blu, Ing. Agrónomo, PhD, Director Científico Proyecto AGTECH CHILE.

Esperamos contar con su valiosa presencia,

Atentamente,

Patricio Trebilcock
Director General

Rodrigo Ortega
Director de contenido

Proyecto apoyado por



9.2. Seminario-Taller. Agricultura de precisión: Sensores para la agricultura



Seminario-Taller

Agricultura de Precisión:
Sensores para la agricultura

29 y 30 de marzo de 2016

Día 1: Aspectos teóricos

Santiago, Espacio Riesco

Programa

08:30-09:00	Acreditación de participantes
09:00-09:10	El proyecto Agtech Chile. Resultados preliminares. Patricio Trebilcock, Periodista, Director Proyecto AgTech Chile.
09:10-09:30	Apertura CORFO. Patricio Feres, Director ejecutivo INNOVA CORFO
09:30-10:20	Estado del Arte de los Sensores para Agricultura. Viacheslav I. Adamchuk, PhD. Bioresource Engineering Department, McGill University, Canada.
10:20-10:50	Café
10:50-11:40	Sensores para la medición de gases en procesos de fermentación. Dr. José Fernando Reyes. Facultad de Ing. Agrícola Universidad de Concepción.
11:40-12:30	Utilización de sensores de humedad del suelo con fines de riego. Raul Ferreyra Spada, MS. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
12:30-14:00	Almuerzo
14:00-14:50	Experiencias en el uso de sensores para determinar calidad de fruta. Stanley Best Sepúlveda, PhD. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
14:50-15:40	Uso de sensores remotos para fines de manejo y predicción de cosecha. Rodrigo Ortega Blu, PhD. Universidad Técnica Federico Santa María. Director Científico Proyecto AgTech.
15:40-16:10	Café
16:10-17:00	IoT services para sensores. Herman Junge, especialista en la plataforma IoT.
17:00-17:50	Mesa redonda: potencialidad y desafíos en el uso de sensores en agricultura. Todos los expositores.

Día 2: Práctica de terreno

La Rosa, Sofruco, Peumo.

Salida bus desde Santiago 07:00 hrs.
Metro Manquehue. Referencia: Av.Apoquindo/Mar de los Sargazos.

Los participantes se dividirán en cinco grupos para visitar cada una de las estaciones que a continuación se presentan.

Al finalizar, todos los grupos se reunirán en la zona de stands para asistir a la presentación final de resultados que realizarán los expertos a cargo de la demostración de cada tecnología.

Estaciones

Bienvenida	Zona Stands. Patricio Trebilcock, Periodista, Director Proyecto Agtech Chile y Redagrícola.
Estación 1	Sensores de gases. Expositor: Dr. José Fernando Reyes. Facultad de Ing. Agrícola Universidad de Concepción.
Estación 2	Sensores de suelo. Expositor: Viacheslav I. Adamchuk, PhD. Bioresource Engineering Department, McGill University, Canadá.
Estación 3	Sensores remotos en plataforma Dron y su uso para espacializar información de suelo. Expositor: Stanley Best Sepúlveda, PhD. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
Estación 4	Sensores de riego. Expositores: Hugo Poblete, MS. La Rosa Sofruco; Raul Ferreyra Spada, MS. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
Estación 5	Sensores remotos activos en plataforma terrestre. Expositor: Rodrigo Ortega Blu. PhD. Universidad Técnica Federico Santa María. Director Científico Proyecto Agtech.
Resultados	Zona Stands. Todos los expositores.







el canal agrícola de Chile

9.3. 2ª Feria de Tecnología e Innovación HORTIFRUT (2016)





STANLEY C. BEST SEPULVEDA

INGENIERO AGRÓNOMO Y MSc EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y PHD IN BIORESOURCES AND AGRI. ENGINEERING, COLORADO STATE UNIVERSITY, USA.

Uno de los más destacados investigadores en agricultura de precisión aplicada en frutales y cultivos. Director del Programa de Agricultura de Precisión del INIA. Encargado Nacional de Plataformas PROCISUR-MERCOSUR de Ecocertificación y Agricultura de Precisión.

Ha participado como Miembro de Comités Científicos en más de 10 Congresos de nivel mundial y como expositor en más de 30. Como también se le destaca por ser Investigador líder en más de 16 proyectos nacionales como internacionales.



CHARLAS TÉCNICAS	
17:05 - 18:10	
<p>Enfrentando un Cambio Necesario hacia la Producción de Cerezas de los Próximos 20 Años</p> <p>Carlos Tapia</p>	<p>Control Biológico de Larvas de Suelo en Arándanos</p> <p>Ernesto Cisternas</p>
<p>Desafíos de una Fertilización Equilibrada en Cerezas</p> <p>Juan Hirzel</p>	<p>Nuevas Tecnologías Aplicadas en la Fruticultura al 2020</p> <p>Stanley Best</p>
<p>Enfermedades en Cerezos: No todo es Cáncer Bacterial</p> <p>Andrés France</p>	<p>Nuevas Leyes Laborales y su Efecto en el Área Agrícola</p> <p>Manuel Saavedra</p>

9.4. Seminario Internacional (2016): Agricultura de precisión “Su potencial transformador para la agricultura de América Latina y el Caribe”

Agricultura de precisión: su potencial transformador para la agricultura de América Latina y el Caribe

Fecha de Evento: 08/09/2016 Ciudad: San José, Costa Rica País: Hemisférico



Descripción



Programa



Conferencistas



Transmisión en vivo

Conferencistas

- Evandro Chartuni Mantovani, EMBRAPA Brasil
- Stanley Best, INIA Chile
- Andrés Méndez, INTA Argentina
- Roell Jerry, John Deere
- Eduardo Perez Pico, Monsanto
- Rajiv Khosla, Colorado State University

9.5. 3ª Feria de Tecnología e Innovación HORTIFRUT (2019)

Sala Palta		
CAMBIO CLIMÁTICO		
12:30 - 13:00	13:00 - 13:30	13:30 - 14:00
		
El cambio climático y el agua en Chile	Adaptación al cambio climático	Monitoreando el cambio climático
Pablo García - Chevesich	Marjorie Menard	Stanley Best
RESERCHER PROFESOR U. ARIZONA.	PERSPECTIVES CLIMATE CHANGE S.L.	INIA



10. FICHAS DE IDENTIFICACIÓN

10.1. Ficha de identificación del postulante ejecutor.

Nombre Representante Legal	Ramiro Soffia Moller/ Alberto Nicolás Moller Opazo
RUT	<input type="text"/>
Aporte total en pesos:	<input type="text"/>
Aporte pecuniario	<input type="text"/>
Aporte no pecuniario	<input type="text"/>

10.2. Ficha asociado 1.

Nombre Representante Legal	Julio Kalazich Barassi
----------------------------	------------------------

RUT	
-----	--

Aporte total en pesos:	
------------------------	--

Aporte pecuniario	
-------------------	--

Aporte no pecuniario	
----------------------	--

10.3. Ficha Asociado 2.

8. ASOCIADO 2: <u>Agroid</u>	
Nombre Representante Legal	Diego Cortés <u>Sanchez</u>
RUT	
Aporte total en pesos:	
Aporte pecuniario	
Aporte no pecuniario	

10.4. Fichas equipo técnico.



Chillán

25 de agosto de 2015

Yo **Diego Eduardo Cortés Sánchez**, vengo a manifestar mi compromiso de participar activamente como **Soporte web y desarrollo de software integración del proyecto a códigos QR** del proyecto denominado **"Estimación del rendimiento y calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción"**, presentado a la Convocatoria "Estudios y Proyectos de Agricultura Sustentable 2015-2016" de la Fundación para la Innovación Agraria. Para el cumplimiento de mis funciones me comprometo a participar trabajando **9** horas por mes durante un total de **36** meses, servicio que tendrá un costo total de _____ valor que se desglosa en _____ como aporte FIA, _____ como aportes pecuniarios de la Contraparte y _____ como aportes no pecuniarios.



Santiago
28 de agosto de 2015

Yo **Carolina Andrea Peñailillo Bustamante**, vengo a manifestar mi compromiso de participar activamente como **Secretaría Administrativa** en el Proyecto denominado **"Estimación del rendimiento y calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción"**, presentado a la Convocatoria "Estudios y Proyectos de Agricultura Sustentable 2015-2016" de la Fundación para la Innovación Agraria. Para el cumplimiento de mis funciones me comprometo a participar trabajando **13,5** horas por mes durante un total de **36** meses, servicio que tendrá un costo total de _____ valor que se desglosa en _____ como aporte FIA, _____ como aportes pecuniarios de la Contraparte y _____ como aportes no pecuniarios.



Santiago
28 de agosto de 2015

Yo **Denise Catherine Donnay Avila**, vengo a manifestar mi compromiso de participar activamente como **Coordinadora del proyecto de dirigir y establecer variables de cultivo** denominado **"Estimación del rendimiento y calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción"**, presentado a la Convocatoria "Estudios y Proyectos de Agricultura Sustentable 2015-2016" de la Fundación para la Innovación Agraria. Para el cumplimiento de mis funciones me comprometo a participar trabajando 13,5 horas por mes durante un total de **36** meses, servicio que tendrá un costo total de valor que se desglosa en como aporte FIA, pesos como aportes pecuniarios de la Contraparte y como aportes no pecuniarios.



Chillán

28 de agosto de 2015

Yo **Emilio Merino**, _____ vengo a manifestar mi compromiso de participar activamente como **Gestión de proyecto y conexión con Agroid** denominado **"Estimación del rendimiento y calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción"**, presentado a la Convocatoria "Estudios y Proyectos de Agricultura Sustentable 2015-2016" de la Fundación para la Innovación Agraria. Para el cumplimiento de mis funciones me comprometo a participar trabajando **9** horas por mes durante un total de **36** meses, servicio que tendrá un costo total de _____ valor que se desglosa en _____ como aporte FIA, _____ como aportes pecuniarios de la Contraparte y _____ como aportes no pecuniarios.



Chillán
25 de agosto de 2015

Yo **Stanley Best Sepúlveda**, vengo a manifestar mi compromiso de participar activamente como **Coordinador por Parte INIA (Asociado)** en el proyecto denominado "**Estimación del rendimiento y calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción**", presentado a la Convocatoria "Estudios y Proyectos de Agricultura Sustentable 2015-2016" de la Fundación para la Innovación Agraria. Para el cumplimiento de mis funciones me comprometo a participar trabajando **10** horas por mes durante un total de **36** de meses, servicio que tendrá un costo total de _____ valor que se desglosa en _____ como aporte FIA, _____ como aportes pecuniarios de la Contraparte y _____ como aportes no pecuniarios.



Chillán

25 de agosto de 2015

Yo **Erick R. Sepúlveda Fuentealba**, vengo a manifestar mi compromiso de participar activamente como **Profesional de apoyo y técnico de INIA** en el proyecto denominado "**Estimación del rendimiento y calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción**", presentado a la Convocatoria "Estudios y Proyectos de Agricultura Sustentable 2015-2016" de la Fundación para la Innovación Agraria. Para el cumplimiento de mis funciones me comprometo a participar trabajando **10 horas por mes durante un total de 36 de meses**, servicio que tendrá un costo total de _____ valor que se desglosa en _____ como aporte FIA, _____ como aportes pecuniarios de la Contraparte y _____ como aportes no pecuniarios.





Chillán

25 de agosto de 2015

Yo **Fabiola Flores Pacheco**, vengo a manifestar mi compromiso de participar activamente como **investigadora** en el proyecto denominado "**Estimación del rendimiento y calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción**", presentado a la Convocatoria "Estudios y Proyectos de Agricultura Sustentable 2015-2016" de la Fundación para la Innovación Agraria. Para el cumplimiento de mis funciones me comprometo a participar trabajando **180** horas por mes durante un total de **36** de meses, servicio que tendrá un costo total de _____ valor que se desglosa en _____ como aporte FIA, _____ como aportes pecuniarios de la Contraparte y _____ como aportes no pecuniarios.





Chillán

25 de agosto de 2015

Yo **Juan Hirzel Campos**, vengo a manifestar mi compromiso de participar activamente como **Coordinador INIA** en el proyecto denominado "**Estimación del rendimiento y calidad de los huertos de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) basado en herramientas de agricultura de precisión e IoT (Internet of Things) para la optimización de las variables de producción**", presentado a la Convocatoria "Estudios y Proyectos de Agricultura Sustentable 2015-2016" de la Fundación para la Innovación Agraria. Para el cumplimiento de mis funciones me comprometo a participar trabajando **10** horas por mes durante un total de **36** de meses, servicio que tendrá un costo total de valor que se desglosa en [] como aporte FIA, [] como aportes pecuniarios de la Contraparte y [] como aportes no pecuniarios.

Chillan,

30, 12, 2016

Yo **Paula Vargas Quiñones**, vengo a manifestar mi compromiso de participar activamente como **análisis de datos y encargado de terreno** en el proyecto denominado **"ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LOS HUERTOS DE ARÁNDANOS BASADOS EN HERRAMIENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN E IOT (INTERNET OF THINGS) PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE PRODUCCION"**, presentado a la Convocatoria **"Estudios y Proyectos de Agricultura Sustentable 2015-2016"** de la **Fundación para la Innovación Agraria**. Para el cumplimiento de mis funciones me comprometo a participar trabajando **número de horas** por mes durante un total de **24**, servicio que tendrá un costo total de **monto en pesos**, valor que se desglosa en _____ como aporte FIA, **monto en pesos** como aportes pecuniarios de la **Contraparte** y **monto en pesos** como aportes no pecuniarios.

11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Chan. T.F., L.A. Vese, Active contours without edges IEEE Transactions on Image Processing, 10 (2) (2001), pp.266-277
- Chan T, Esedoglu S., A multiscale algorithm for mumford-shah image segmentation. Mathematics Department, UCLA. Dec. 2003.
- Cornelius H, Kragic D, Eklundh J. Object and pose recognition using contour and shape information. In Proc. 12th Int. Conference on Advanced Robotics, Seattle, WA, 613-620, 2005.
- Cortés, J., A. Muriel y J. Mendoza. 2011. Comparación cualitativa y cuantitativa de las técnicas básicas de umbralización global basadas en histogramas para el procesamiento digital de imágenes. Scientia et Technica Año XVI, N°49, Universidad Tecnológica de Pereira.
- Gatica G, Best S, Ceroni J, Lefranc G., Olive Fruits Recognition Using Neural Networks, Elsevier, Procedia. Computer Science vol.17 pp. 412-419, 2013.
- Gatica G, Best S, Ceroni J, Lefranc G. A new method for olive fruits recognition, Springer, Progress in Pattern. Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications. Lecture Notes in Computer Science, vol 7042 pp. 642-653, 2011.
- Jamil N, Mohamed A, Abdullah S. Automated grading of palm oil fresh fruit bunches (FFB) using neuro-fuzzy technique. Int. Conf. of Soft Computing and Pattern Recognition, Malaca, 245-249, 2009.
- Li Yinqing, Zheng Xiaodong, Wang Xiaojie. Fruit discrimination on region feature. Fifth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, Shandong, 590-594, 2008.
- Mery M, Lefranc G., Computer vision for fruits classification by color and size (in spanish). XVIII Congreso de la Asociación Chilena de Control Automático, Chile, Dec. 2008.
- Mumford, D., J. Shah, Optimal approximations by piecewise smooth functions and associated variational problems Comm. Pure Appl. Math, 42 (5) (1989), pp. 577-685
- Rosés, H. y J. Valenzuela. 1999. Uva de mesa en Chile. Revista Tierra Adentro INIA N°27: 24-25.
- Saito Y, Hatanaka T, Uosaki K, Shigeto K. Eggplant. Classification using artificial neural network. In Proc. Int. Joint. Conference on Neural Networks, 1013-1018, vol.2, 2003.
- Unay D, Gosselin B. Artificial neural network-based segmentation and apple grading by machine vision. In Proc. IEEE Int. Conference on Image Processing, II-630-3, 2005.

Wang Jin-jing, Zhao De-an, Ji Wei, Tu Jun-jun, Zhang Ying. Application of support vector machine to apple recognition using in apple harvesting robot.IEEE Int. Conference on Information and Automation, Zuhuhai, Macau, 1110-1115, 2009.

Wijethunga P, Samarasinghe S, Kulasiri D, Woodhead I. Digital image analysis based automated kiwifruit counting technique.23rdInt. Conference Image and Vision Computing, New Zealand, Christchurch, 1-6, 2008.

Woo Chaw Seng, Mirisae SH. A new method for fruits recognition system.Int. Conference on Electrical Engineering and Informatics, Selangor, 130-134, vol.1, 2009.

Zhao J., Tow J., Katupitiya J. On-tree fruit recognition using texture properties and color data.IEEE/RSJ Int. Conference on Intelligent Robots and Systems, 263-268, 2005.