

## Capítulo 3

# Estimación de rendimiento y calidad

Paula Vargas Q., Stanley Best S., Hernán Aguilera C.,  
Fabiola Flores P., Valentina Alarcón P.

### 3.1. Estimación de rendimiento

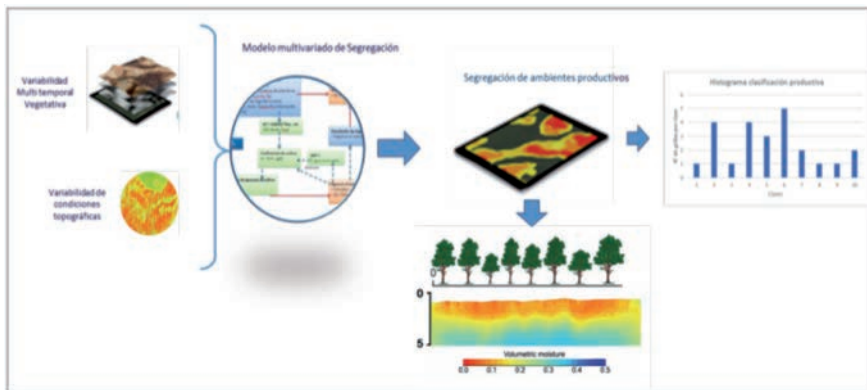
La estimación del rendimiento en los cultivos es uno de los datos más importantes a la hora de determinar la producción agrícola, tanto para ajustar sus estrategias comerciales, como para adecuar las logísticas de cosecha y postcosecha. La compilación de los datos de superficies cultivadas presenta dificultades, ya que muchos productores carecen de estos o no tienen. La forma de datos más utilizada, sigue siendo la estimación visual o el uso de estadística poco representativa. Esta práctica conduce a obtener datos poco fiables, teniendo en cuenta las condiciones de variabilidad antes expuestas. Es por esto que se considera la agricultura de precisión como el conjunto de una serie de herramientas informáticas para mejorar la generación, captación, almacenamiento y análisis de información para contribuir a la toma de decisiones.

Dentro de estas necesidades, el INIA en conjunto con la empresa Hortifrut S.A., se adjudicaron un proyecto en la convocatoria FIA 2016, que tiene como objetivo solucionar los efectos de la inestabilidad climática en la agricultura y la producción, 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”.

La tecnología desarrollada en este proyecto se basó en un sistema de optimización de cosecha para mejorar las estimaciones y planificaciones manuales, ya que con el manejo de la variabilidad espacio-temporal a nivel de sub-parcela, se buscó como resultado una producción más homogénea mediante una mayor eficiencia de los recursos disponibles. Ello con la finalidad

de manejarla de acuerdo a los objetivos productivos, además de asegurar la calidad del arándano en su destino final. El prototipo integra tecnologías de informática y electrónica de punta, que permiten lograr una convergencia tecnológica en un dispositivo de muy bajo costo y fácil aplicación, que asegura una adopción a los distintos niveles socioculturales de sus usuarios.

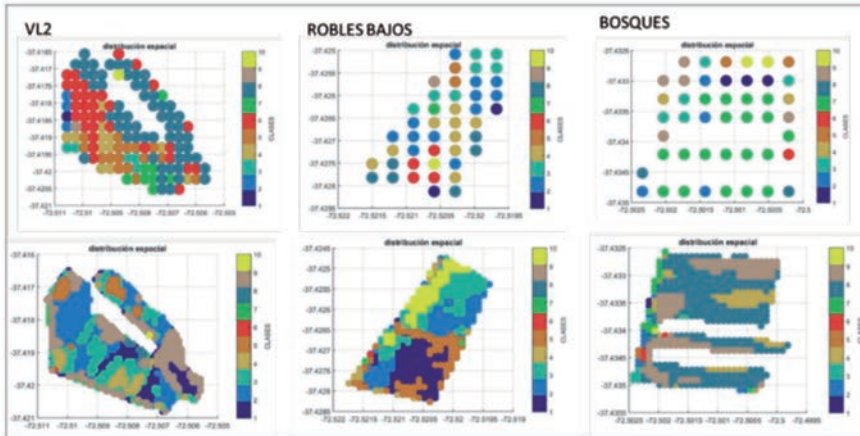
Para poder llevar a cabo una adecuada agregación de ambientes, se debe tener información relevante de caracterización de suelo (textura, profundidad, topografía, etc.) que muchas veces no se obtiene fácilmente debido a su alto costo. Otra forma de evaluar los ambientes, es mediante el uso de información multiestacional de índices vegetativos, es decir, expresión en planta, asociado a información de topografía (incidencia en radiación, suelo) que, mediante un modelamiento multivariado, explicado anteriormente, generan ambientes caracterizados (Figura 3.1.) que expresan el potencial de cada uno, factor que fue la base del modelo de estimación desarrollado por este proyecto.



**Figura 3.1** Esquema de modelo de caracterización de ambientes. (Fuente: elaboración propia).

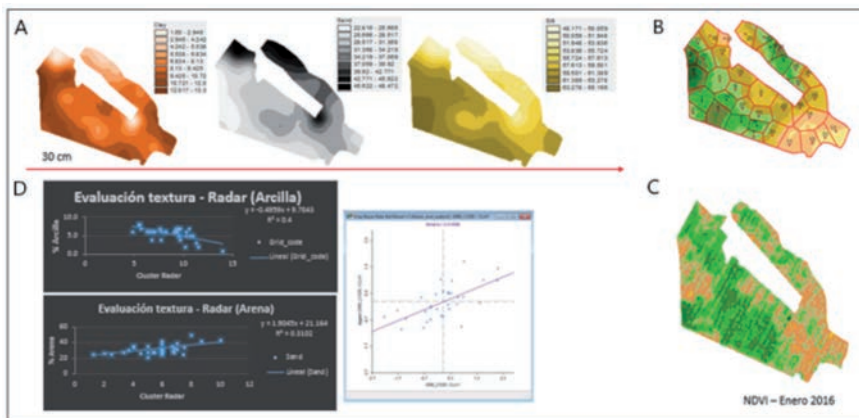
Para realizar una clasificación de zonas en los predios, se utilizaron técnicas de clustering que, en la disciplina de la inteligencia artificial, identifica de forma automática agrupaciones o clústeres de elementos de acuerdo a una medida de similitud entre ellos. Además, se utilizó el algoritmo no 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 topografía, radiación y datos de NDVI históricos obtenidos del sensor

Sentinel 2 (A y B). La estrategia fue diseñada con el objetivo de caracterizar la variabilidad espacial de la superficie y de la vigorosidad de la planta (planos de NDVI históricos) como el propuesto por Prakash et al., (2012). Finalmente, el resultado del modelo se integra bajo un árbol de decisión y clusterización en base a 10 zonas (Figura 3.2.), las cuales fluctúan desde una muy permeable (cluster 1) a las más compactadas o más impermeables (cluster 10).



**Figura 3.2.** Resultados de la caracterización zonal estructurada en 10 clases, considerando varianza temporal de la información de base. (Fuente: elaboración propia).

Dentro del marco de las herramientas de inteligencia artificial, el perceptron multicapa es en la actualidad, una de las arquitecturas más utilizadas en la resolución de este tipo de problemas. Al utilizar este método, se obtuvo un poder predictivo aceptable de variación geomorfológica del predio en estudio. Esto indica que el ajuste de los datos fue mínimo, indicando un factor de ajuste  $R^2$  (~50%, ver Figura 3.3.), por lo que no se asegura en el uso de este modelo para la predicción exacta de textura directa, pero sí como un buen modelo de evaluación de variabilidad del suelo, útil para ser utilizado para la caracterización física y, por ende, un adecuado diseño de riego.



**Figura 3.3.** 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). Fuente: elaboración propia, en base a resultados de proyecto INIA-FIA-Hortifrut. (Fuente: elaboración propia).

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. De estos se tuvo acceso a los rendimientos reales y se incorporaron los factores climáticos a un modelo numérico.

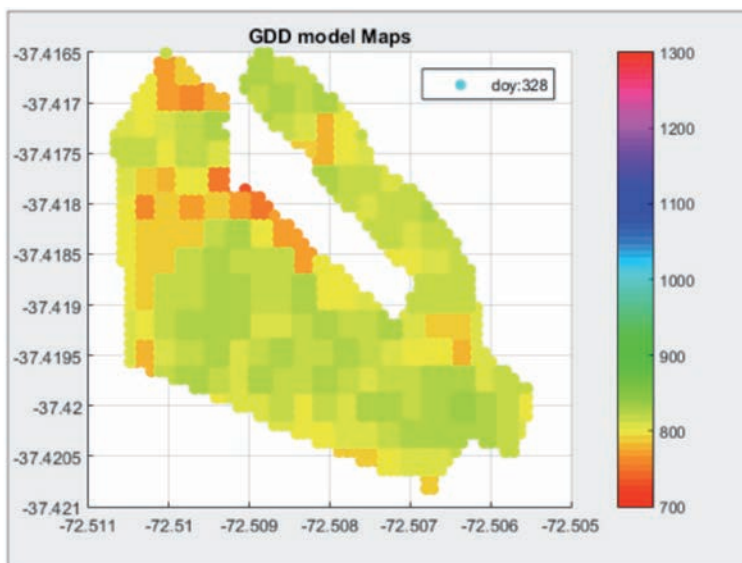
A través de una base de información de 250 cuarteles de rendimiento de más de 4 años de información espacial de suelo, variación de biomasa, clima, entre otros factores, se generó un modelo de estimación de rendimiento y calidad basados en redes neuronales (Figura 3.4.).



**Figura 3.4.** Interfaz usuario del modelo de estimación de rendimiento obtenido. (A) Modelo de determinación de fecha de cosecha y variabilidad de GDD. (B) Modelo de clasificación de variabilidad y generación de archivos base para estimar rendimiento. (C) Modelo de estimación de rendimiento con módulo A y módulo B. (D) Modelo de detección de Berry. (E) Generación de reportes. (Fuente: elaboración propia).

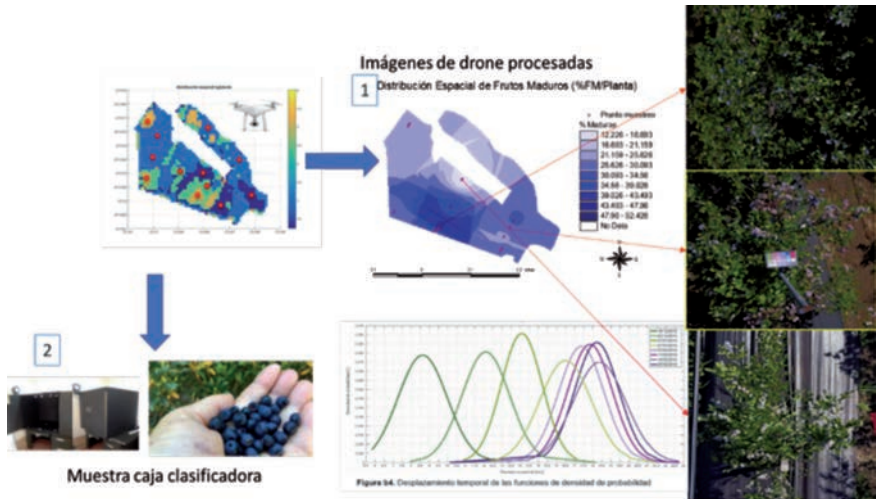
Los resultados del modelo generaron errores de estimaciones, en general, menor a 10 %, realizadas con 2 meses de antelación a cosecha (octubre), la cual fue validada en la temporada 2019 con resultados de igual orden de magnitud de error. Sin embargo, para el correcto funcionamiento del modelo, se requiere de información satelital en septiembre y octubre, factor no muy funcional para la zona sur de Chile, por el alto grado de nubosidad presente, pero en la medida que se pueda ir incorporando información al modelo de microsátélites (información diaria), se podrá mejorar este problema.

Por otra parte, el sistema predice el día de cosecha, sobre la base de acumulaciones térmicas prediales con un pixel de 30 m, tal como se puede visualizar en la Figura 3.5.



**Figura 3.5.** Evolución de acumulación térmica en gados día espacial del bloque en VL2 en estudio. (Fuente: elaboración propia).

Sumado a la estimación, se logró desarrollar un modelo que permite evaluar los diferentes potenciales niveles de madurez y llevarlos a planos espaciales. Los modelos fueron validados con información verídica de terreno, utilizando el prototipo óptico de captura (drones), permitiendo segmentar espacialmente los niveles de madurez (Figura 3.6.) usados, para la evaluación localizada de fruta.



**Figura 3.6.** Esquema de salidas del modelo espacial de madurez de fruta (1) y sección de muestreo en campo para análisis químico detallado (2). (Fuente: elaboración propia).

### 3.2. Evaluación de calidad de fruta

Hace algunos años se consideró al arándano como uno de los frutos más deseados a nivel mundial, lo que demandó un mayor manejo agronómico para aumentar su producción y mejorar su calidad. En el hemisferio sur se realizaron diferentes estudios para ver los beneficios de este cultivo, aumentando año tras año la producción y, por ende, los envíos a distintas zonas geográficas a nivel mundial, siendo Chile uno de los principales países exportadores.

Según cifras de ODEPA, en 2018 se exportaron 113.944 toneladas de arándanos en frescos. Para mantener estas cifras, se exige una adecuación en la oferta orientada, básicamente, a satisfacer al consumidor con alimentos de alta calidad, ya que a medida que el comercio evoluciona hacia lo internacional, la calidad se consolida como la herramienta competitiva por excelencia, conduciendo a la necesidad de fortalecer un mercado interno exigente, así como la inserción y posicionamiento de sus productos en los mercados internacionales.

Estos estándares de calidad e inocuidad nacen para proteger la salud del consumidor y satisfacer sus expectativas de calidad. Las demandas de alimentos de calidad son cada vez mayores; en consecuencia, se han incrementado las exigencias de los productos agrícolas, de modo cumplan altos estándares y sean producidos en condiciones ecológicamente responsables. Esta calidad de la fruta está influenciada por los manejos agronómicos y condiciones agroclimáticas, las cuales atrasan o adelantan los estados fisiológicos del cultivo, lo que se traduce en el potencial productivo y afectan considerablemente la aceptabilidad del arándano chileno en los mercados objetivos, trayendo consigo consecuencias en el largo plazo. A esto se suma la creciente preocupación por tener una dieta más equilibrada y nutritiva, características propias del arándano que son altamente apreciadas por los mercados, debido a su alto valor nutricional y contenido de antioxidantes.

Respecto a la calidad de las frutas, no se debe pensar únicamente en frutos de aspecto homogéneo y que no tengan daños, sino que se debe determinar cómo los consumidores perciben la fruta en términos sensoriales, entre los cuales destacan parámetros como la firmeza, los grados brix y la acidez titulable, así como también los análisis de antocianos y polifenoles. Estos permiten caracterizar la fruta y establecer relaciones con la calidad y vida de postcosecha que ella presentará. Para esto es necesario realizar diferentes mediciones de los parámetros, con la finalidad de obtener un resultado reproducible y comprobable mediante escalas. En el caso de la madurez del fruto, que está relacionado con las antocianinas y polifenoles, la calidad de la apariencia se determina visualmente; sin embargo, de esta forma no es posible clasificar con precisión el grado de coloración de los frutos maduros, derivados de una alta heterogeneidad de frutos cosechados.

Lo expuesto anteriormente ha impulsado que los esfuerzos estén orientados a generar nuevas tecnologías y a adaptar otras que permitan predecir los rendimientos, la calidad y condición de los frutos, para tomar acciones de mitigación y disminuir las pérdidas de sustentabilidad que pudiera generar el cambio climático.

## **¿Qué son las antocianinas?**

Se trata de la madurez fisiológica y fenológica del fruto que depende, principalmente, del porcentaje de contenidos fenólicos y sólidos solubles



(azúcares) presentes en la baya. Mientras más altos los contenidos de sólidos solubles y fenólicos, mayores serán sus propiedades organolépticas, demostradas en color, sabor y aroma en el fruto. Existe una relación entre el color y la maduración de las frutas que se refleja al momento de la cosecha, postcosecha y comercialización, debido a los cambios de pigmentación que tienen lugar durante el desarrollo y maduración del producto en la planta. De este modo, se puede relacionar el contenido antioxidante con el color de las frutas.

El fruto del arándano contiene principalmente antocianinas, responsables de su característico color azul, y además posee una excelente fuente de vitamina C, fibra dietética, y minerales como manganeso, potasio, hierro y calcio. También es importante destacar que, por su elevada actividad antioxidante, presenta potenciales beneficios para la salud, lo que ha despertado gran interés desde el punto de vista nutricional y, a su vez, desde el enfoque de protección y prevención de enfermedades.

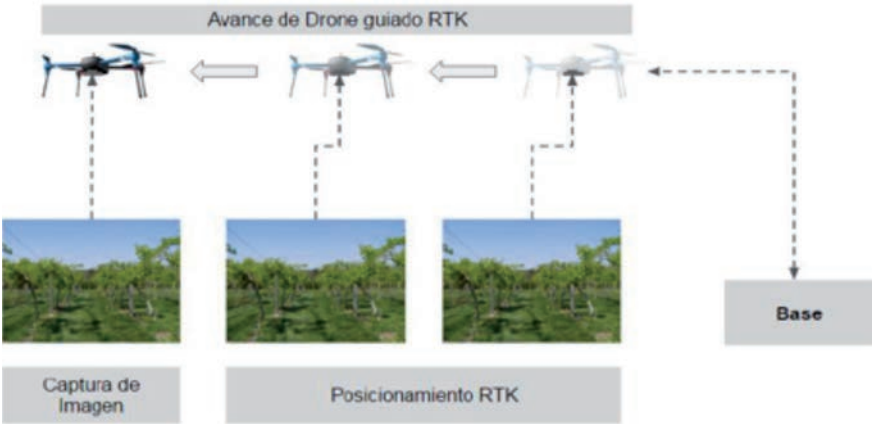
### **3.3. Prototipo óptico de captura (dron) para estimar rendimiento y evaluar el índice de madurez de las frutas**

La adopción de técnicas de agricultura de precisión permite un ahorro considerable en el consumo de insumos y energía, orientado a la calidad de los cultivos. Herramientas como drones y espectroscopía de infrarojo cercano, han permitido monitorizar el rendimiento y la calidad de la fruta de una forma no destructiva.

Se evidencia que, a partir de los drones, vistos como una herramienta tecnológica innovadora, es posible resolver las problemáticas expuestas en campos de cultivos de gran extensión, ya que con cámaras de alta definición e información geográfica, pueden recorrer más de mil hectáreas en menos de una hora. Estos dispositivos para la toma de mediciones y captura remota que sobrevuelan los cultivos con cámaras multiespectrales, pueden tomar fotografías y grabar videos de alta resolución que detectan características de los cultivos, ayudando a respaldar las decisiones para una mejor precisión y productividad del campo.

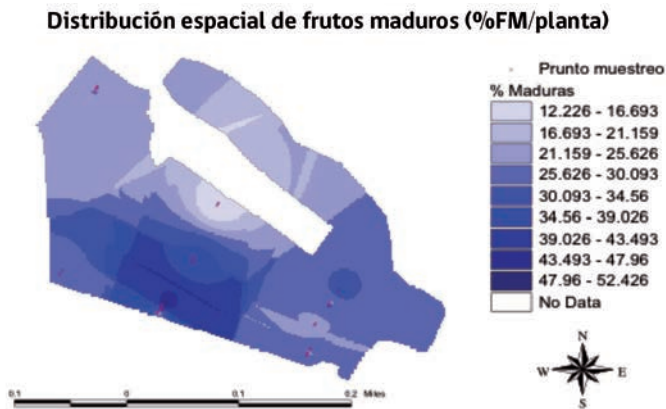
Como se ha mencionado, los principales indicadores de calidad de los arándanos están asociados con la aceptabilidad del consumidor. En el proyecto de estimación de rendimiento y calidad en arándanos, se buscó desarrollar un modelo para la clasificación de rendimiento y calidad de las bayas cosechadas, 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 (contenido adecuado de azúcares, ácidos y compuestos volátiles responsables del aroma característico de los arándanos), con el objetivo de asociar las distribuciones de calidad de la fruta en postcosecha.

La evaluación del rendimiento y calidad de arándanos se propone de la siguiente manera: el dron cuenta con capacidad de vuelo autónoma guiada por sistema de posicionamiento RTK (cinemática en tiempo real) con sistema de captura de datos inalámbrico e integración de electrónica y programación para control automático de recolección, almacenamiento y descarga de datos. Este envía las imágenes RGB capturadas sobre las plantas a un servidor que procesa y estima los kilogramos de fruta de la planta y, a su vez, mide el índice de color de la fruta para determinar el punto óptimo de cosecha. En la Figura 3.8., se muestra el porcentaje de índice de madurez por planta de arándano.



**Figura 3.7.** Dron para estimar rendimiento y calidad. (Fuente: elaboración propia).

Una vez capturada las imágenes de los arándanos, se envían al servidor web de procesamiento para el análisis y proyección de los datos, generando un plano de madurez que determina las zonas con mayor madurez dentro del campo.



**Figura 3.8.** Mapa de proyección datos para indicar el índice de madurez de las bayas de arándano. (Fuente: elaboración propia).

### 3.4. Caja de selección de frutos NIR para indicar calidad en arándanos

La madurez en la cosecha determina, considerablemente, la calidad y el potencial de vida de postcosecha de las frutas (Kader, 1999). La heterogeneidad de la madurez del fruto dificulta la estimación de la fecha óptima de inicio de la cosecha. El trabajo apunta a precisar la fecha exacta de cosecha, para que la producción no se vea afectada por el descarte de las empresas exportadoras, al no cumplir con los estándares requeridos. La idea es crear una herramienta de clasificación de calidad a través de la espectroscopía de infrarrojo, que además destaque por su condición de detección de patrones para selección de bayas, originando un fruto deseable para los mercados.

El método de espectroscopía de infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés) se utiliza ampliamente para la determinación de ciertos compuestos químicos, lo que permite analizar un gran número de muestras en corto tiempo, sin necesidad de hacer extracción previa de los compuestos. El uso de sensores VIS-NIR es un gran avance para la agricultura. Estas herramientas utilizan el infrarrojo

cercano, donde un haz de luz que es emitido por la lámpara, pasa directamente a la muestra donde una parte es absorbida y otra reflejada, permitiendo determinar, a través de calibraciones, el analito de interés. Esta tecnología apunta al monitoreo del cultivo a tiempo real, considerando las variables de producción, podas y la condición de calidad de la fruta que hoy son subjetivas, y que para un real impacto deben ser objetivas y de bajo costo. Actualmente se cuenta con metodologías o herramientas que evalúan el ciclo productivo del cultivo o la calidad de la fruta, dando un diagnóstico directo a través de un análisis químico de ésta. Por su alto costo se toman sólo de 1 a 5 muestras por predio, siendo poco representativas dentro del área de producción a causa del desconocimiento de la variabilidad espacial del campo. Estas metodologías, además son poco utilizadas debido al tiempo de entrega de los resultados por parte del laboratorio (costo/beneficio). Debido a esto, los resultados de los análisis químicos limitan la toma de decisiones de forma oportuna afectando los planes de manejo agronómico de los cultivos. Las otras vías utilizadas son a través de manuales técnicos y recomendaciones bibliográficas, quedando sujeto a la experiencia e intuición del técnico o asesores de campo que muchas veces son erráticas debido a que no están sujetas para cada condición edafoclimática específica y que, asociados a la inestabilidad climática, causan enormes pérdidas en la calidad comercial de la producción.

En la agricultura, estos sensores se calibran mediante técnicas de quimiometría analítica, que podría definirse como la aplicación de la química que utiliza la matemática y la estadística para diseñar experimentos y analizar datos químicos. Así, el conjunto de datos proporcionados por los sensores (espectros VIS-NIR) y los datos de los laboratorios convencionales, permiten generar algoritmos de predicción para identificar y cuantificar un compuesto de interés. Estos métodos tienen variadas aplicaciones en la agricultura para evaluar calidad de frutas y semillas, nutrición foliar y de suelo, además de detección de enfermedades. Esto solo con el espectro proporcionado por el sensor una vez calibrado, entrega los parámetros cuantitativos o de calidad de un producto en específico. Este sistema resulta tener muchas ventajas, entre ellas, que es un sistema no destructivo, y que no necesita una preparación de la muestra. Basta solo con acercar el sensor y obtener el espectro del haz de luz. Otra ventaja es el número de muestras que pueden obtener, ya que es una herramienta útil en el análisis rápido de muestras, tanto en campo, como en laboratorio sin utilizar reactivos químicos ni producir contaminantes. Además, estas técnicas permiten obtener información de las muestras en tiempo real, lo que posibilita la toma de decisiones de manera oportuna, mejorando las logísticas del predio.

La interacción NIR con diferentes compuestos en la planta, puede proporcionar información sobre muchos parámetros químicos y físicos en cultivos, como también análisis de suelo y tejidos vegetales, mediciones de madurez y calidad en la fruta, determinación de enfermedades, entre otras. Estos sistemas se encuentran dentro del mercado y están a la venta con diferentes precios y usos (Figura 3.9). Algunos de ellos son: Avaspec-NIR256 de Avantes, ocupado para la identificación de patógenos; el espectroradiómetro Felix F-750 para la medición de calidad como materia seca, sólidos solubles, acidez titulable y color; el analizador NIR portátil Phazir Rx de Polychromix, especialmente para uso en distintas áreas; o el uso de cámaras NIR en un sistema de detección automatizada (drone) de Sentera, que permite visualizar diferentes parámetros a través de todo el campo en tan solo minutos.



**Figura 3.9.** Espectroradiómetros disponibles en el mercado. (Fuente: imágenes libres internet).

Así, para el caso de los arándanos, el principal interés del prototipo NIR desarrollado en este estudio, fue relacionar los porcentajes de pigmentos fenólicos con el índice de madurez, que son cambios de aspecto visual, fisiológico y bioquímico, sobre el efecto en calidad y madurez del fruto, con la utilización de diferentes técnicas de evaluación a través de la caja de selección de frutos.

La caja de selección de frutos indicadores de calidad se basa en un sistema o software de clasificación de bayas de arándanos, a partir de filtros ópticos que permiten el paso de luz correcto para determinar las antocianinas. Esto filtros son montados en una cámara NIR, dando origen a una segregación de frutos desde pintones a maduros, identificando la condición de las bayas cosechadas que puede determinar su vida útil en postcosecha y su destino de comercialización (Figura 3.10).



**Figura 3.10.** Prototipo para captura de imágenes con cámara NIR, en condiciones de luz controlada. (Fuente: elaboración propia).

Para determinar la calidad de los frutos, en este caso 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 el factor variabilidad en el muestreo.

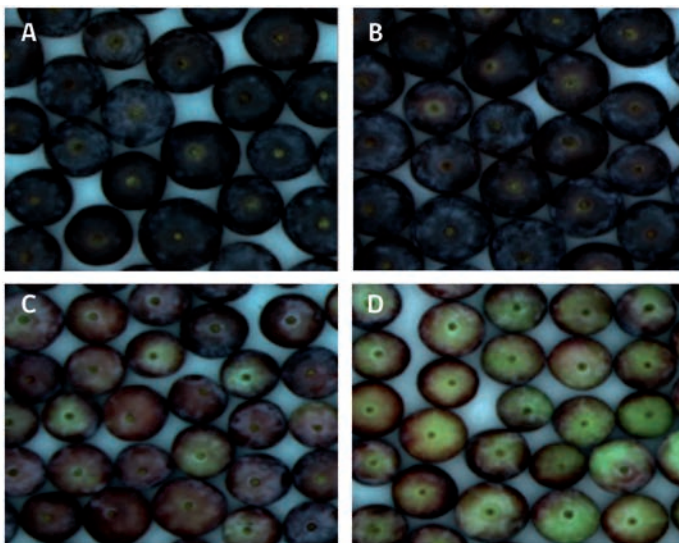
Los frutos cosechados se clasifican según el grado de madurez (Fig. 3.11.):

Clase 1: Sobre madura (IQF).

Clase 2: Madura (exportación).

Clase 3: Medio pintón (exportación según destino y porcentaje de muestra).

Clase 4: Pintón (exportación según destino y porcentaje de muestra).



**Figura 3.11.** Grados de madurez del arándano: a) sobre maduras, b) maduras, c) medio pintón, d) pintón. (Fuente: elaboración propia).

La cámara NIR seleccionada corresponde a una cámara de alta resolución que facilita el posterior procesamiento de las imágenes. Esta corresponde a una cámara QSI, que posee una alta sensibilidad, amplio rango dinámico, tasas de lectura doble, rendimiento de ruido muy bajo y la posibilidad de montar ruedas portafiltros internas (Figura 3.12.).



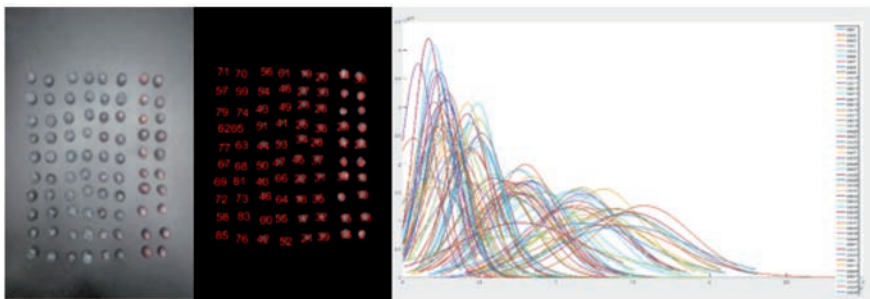
**Figura 3.12.** Cámara QSI. (Fuente: elaboración propia).

## Determinación de distancia para fabricación de carcasa del prototipo

Antes de realizar la carcasa del prototipo, es necesario tener en cuenta los puntos anteriormente mencionados (cámara, filtros cámara e iluminación), así como también la distancia a la que se ubicará la cámara del objeto, en este caso en particular bayas. La idea es generar un software que además determine el diámetro de bayas de manera automática a través de las imágenes capturadas, para disminuir el tiempo en que se realiza manualmente.

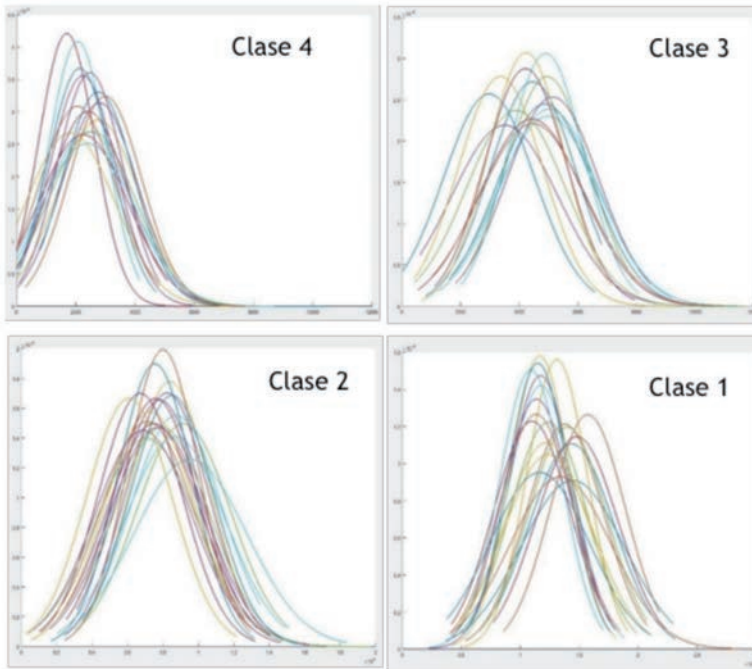
### 3.5. Software para clasificación del estado de madurez

Se capturaron varias imágenes con las bayas separadas por clases subjetivamente, para obtener las curvas espectrales de cada baya, discriminando las que se salgan de los rangos medios (Figura 3.13.). A partir de varias curvas (conjunto de datos) espectrales por clase, se determinaron los rangos espectrales de cada tipo a clasificar (Figura 3.14.).



**Figura 3.13.** Curvas espectrales para cada baya, diferenciación de clases. (Fuente: elaboración propia).

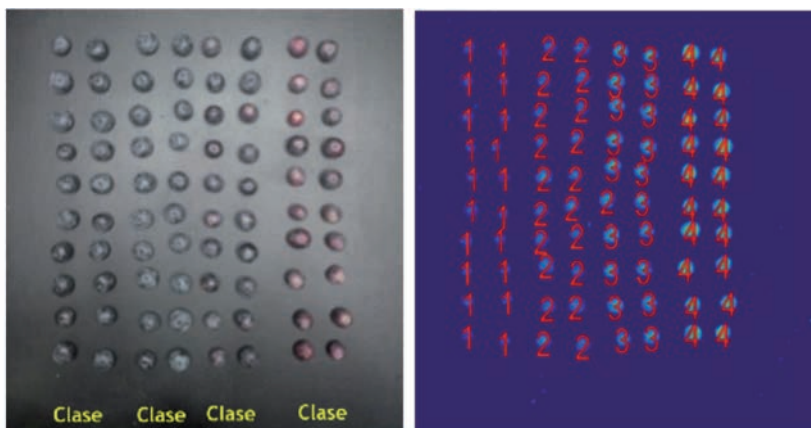




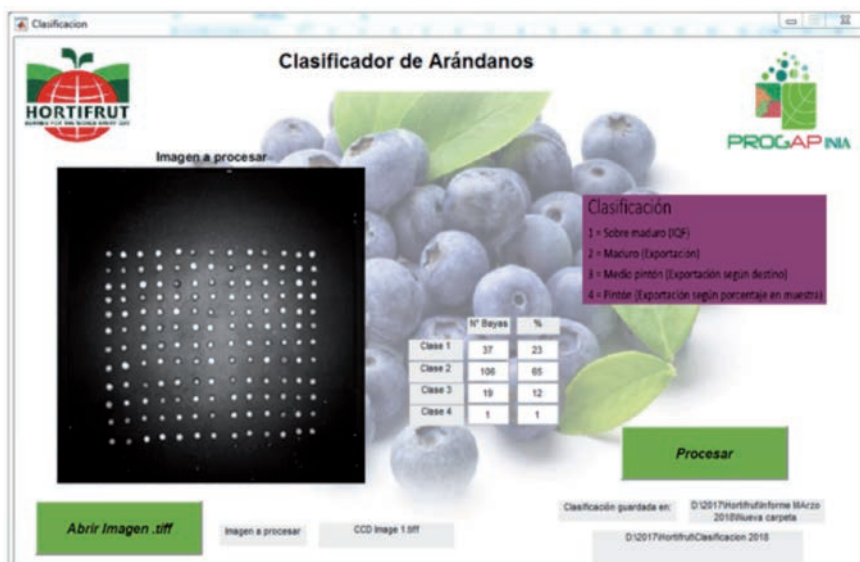
**Figura 3.14.** Curvas espectrales para cada baya, para diferenciación de clases o estados de madurez. (Fuente: elaboración propia).

Una vez definidos los rangos, se genera el software de clasificación. Lo primero que realiza el programa es el pre procesamiento de la imagen, donde se mejora la calidad de este, aplicando filtros y eliminando ruidos, para realizar así el trabajo posterior.

Luego se detecta cada baya mediante técnicas de detección de objetos, lo que consiste en transformar puntos de la imagen en un espacio de parámetros. La idea es encontrar curvas parametrizables (círculos) (Figura 3.15.). Tras detectar los círculos o bayas, se obtienen las propiedades de cada una, se extrae el promedio de los píxeles de cada baya y a partir de este valor se realiza su clasificación.



**Figura 3.15.** Clasificación de arándanos separados visualmente. (Fuente: elaboración propia).



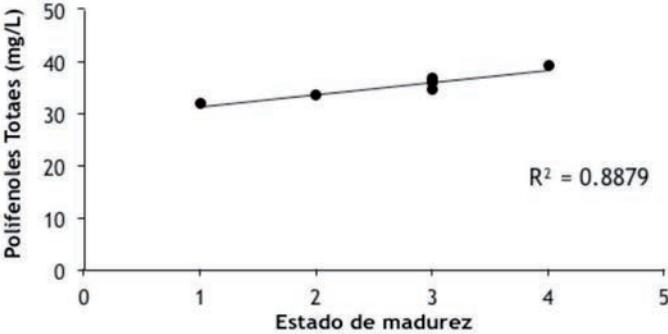
**Figura 3.16.** Software de clasificación de frutos para determinar su índice de madurez. (Fuente: elaboración propia).

Finalmente, el software de clasificación de frutos se presenta como se muestra en la Figura 3.16. En este se introduce la imagen obtenida de la cámara QSI de las bayas en formato tiff. Luego se presiona el botón “Procesar” para procesar dichas imágenes. El resultado que se presenta en el recuadro corresponde a la cantidad de bayas por clase que hay y guarda una imagen en la carpeta, señalando las bayas con sus respectivas clases.

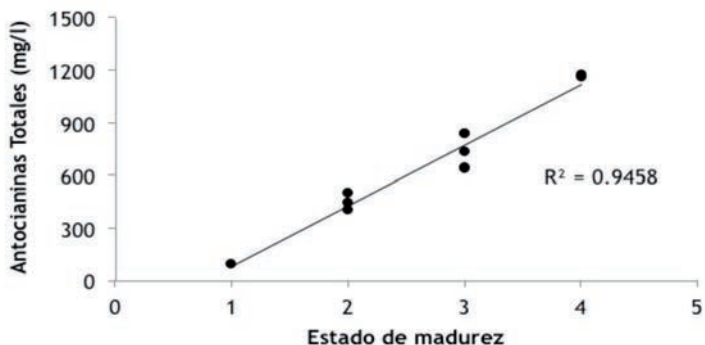
### ¿Cómo se relaciona la madurez fenólica con la cámara NIR?

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 debido al efecto del envejecimiento celular, por la degradación de las paredes y membranas celulares. Es por ello que ocurre una liberación de antocianos desde las células, facilitando su extracción y 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.

En las Figuras 3.17. y 3.18., 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 3.17.** Polifenoles totales en función de la clasificación del estado de madurez. (Fuente: elaboración propia).



**Figura 3.18.** Antocianos totales en función de la clasificación del estado de madurez. (Fuente: elaboración propia).

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.

Una vez que los rangos están definidos, se genera el software de clasificación, tal como lo muestra la Figura 3.16. Este nuevo software entrega un porcentaje de 200 bayas clasificadas para cada clase y su porcentaje de madurez correspondiente.