

## Proyecto Lab-Phone

### **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.**

Esta iniciativa se desarrolla a partir de la necesidad de contar con resultados de laboratorio en tiempos más rápidos y oportunos para la toma de decisiones, ya que un proceso de análisis en un laboratorio particular puede demorar entre 1 a 15 días para entregar una respuesta dependiendo del tipo de análisis.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema (OST-SMART), de monitoreo para mejorar la gestión agronómica (producción y calidad), mediante la interacción de dos factores claves: óptica de espectrometría la cual es un método de análisis usado para determinar la relación que existe entre la absorción de luz por parte de un compuesto y su concentración.

Hasta la fecha, ya van dos temporadas de cosecha de arándanos y uvas viníferas, donde se cuenta con una vasta cantidad de datos, evaluando distintos parámetros de calidad organoléptica (brix, antocianas, polifenoles, índice de madurez, firmeza y acidez titulable) y análisis de carbono nitrógeno en podas para ambos cultivos.

El resultado esperando es tener un nanosensor que permita evaluar los parámetros brix, antocianas, polifenoles, índice de madurez, firmeza, acidez titulable, relación Carbono nitrógeno en menos de 1 hora (ideal si es en tiempo real), los cuales serán enviados vía Smartphone, quien arrojará los valores cuantificados una vez procesado con los algoritmos correspondientes para cada parámetro.

#### Ficha del proyecto

Institución que financia	FIA- Hortifrut
Participantes	FIA, INIA, Hortifrut
Periodo del proyecto	1 de marzo de 2018 al 28 de febrero 2021
Monto total de proyecto	267.228.080

## RESUMEN TECNICO

## **“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.”**

El proyecto se adjudicó a manos de Hortifrut S.A. en la convocatoria nacional de proyectos FIA 2017. Dio a inicio el 01 de marzo de 2018 y tendrá fin el 28 de febrero de 2021.

### **Objetivo General:**

Desarrollar un sistema (OST-SMART), de monitoreo para mejorar la gestión agronómica (producción y calidad), mediante la interacción de dos factores claves: óptica de espectrometría y tecnología IoT.

### **Objetivos Específicos (OE)**

1. Evaluar nano sensores (hardware) basado en óptica de espectrografía smart, de almacenamiento, transformación y comunicación con dispositivos móviles.
2. Generar un sistema de segmentación predial sobre la base de información satelital para la definición de puntos de muestreo, que permita evaluar la fenología de cultivo y el efecto del cambio climático.
3. Desarrollar modelos predictivos basados en quimiometría analítica para determinar podas en ramillas y sarmientos, y la madurez química de las frutas, usando el sensor VIS/NIR seleccionado.
4. Desarrollar aplicación móvil (app) y plataforma web que integre los algoritmos quimiométricos - ópticos (software) para la visualización espacial de los resultados a través de internet of things (IoT), optimizando las acciones agronómicas para el rendimiento y calidad ajustadas al cambio climático.
5. Evaluación de impacto económico de implementación y difusión de los resultados del proyecto, a empresas agroindustriales, productores y asesores que serán los usuarios potenciales del desarrollo

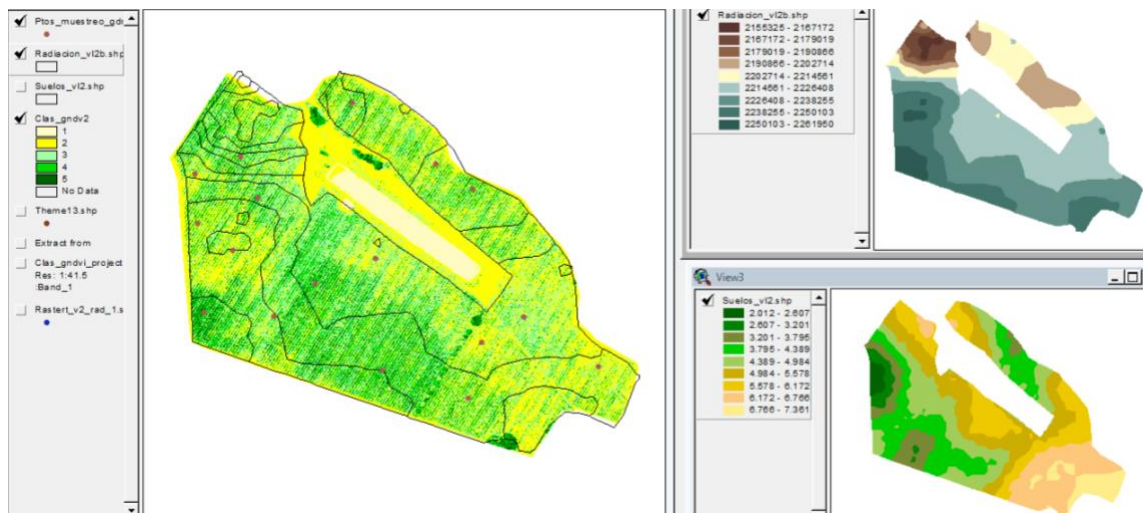
### **Desarrollo y seguimiento del proyecto**

Hasta la fecha, se lleva a cabo dos temporadas de cosecha de arándanos y uvas viníferas, donde se cuenta con una vasta cantidad de datos, evaluando distintos parámetros de calidad organoléptica (brix, antocianos, polifenoles, índice de madurez, firmeza y acidez titulable) y análisis de carbono nitrógeno en podas para ambos cultivos. Para llevar a cabo este desarrollo consta de las siguientes etapas:

#### **1. Segmentación de zonas diferenciadas:**

Para identificar zonas diferenciadas de calidad y poder recolectar muestras con diferentes niveles de calidad organoléptica, se evaluaron las propiedades dieléctricas de los medios utilizando

plataformas satelitales como el radar de apertura sintética (SAR- SENTINEL 1A) y su asociación con las características físicas de suelo. Mediante esta segmentación se determinaron los puntos de control para extraer las muestras a analizar, que se condicionaron por el vigor (Alto, medio y bajo).



**Figura 1.** Zonificación de un huerto de arándanos (Identificación de los puntos de control)

## 2. Selección de equipo Vis Nir

Se evaluaron tres sensores Vis-Nir de bajo costo, con los cuales se generaron lecturas de espectrometrías en ensayos a nivel de campo, seleccionando solo uno que nos brindó una mejor calidad y resolución de espectro. Este sensor corresponde al espectroradiómetro Stratio Linksquare que mide en longitudes de onda de los 400 a los 1100 nm, rangos de interés para el estudio, esta cuenta con una licencia de investigación para desarrollar calibraciones y modelos propios. Es un equipo de reflectancia el cual posee en su arquitectura luz propia, además de conexión vía bluetooth y wifi, con sistemas Smartphone para visualizar los datos en campos.



**Figura 3.** Sensor utilizado para el desarrollo del proyecto, Stratio Linksquare.

La cobertura del espectro del nano sensor tanto la luz visible como infrarrojo cercano (NIR) para identificar los compuestos químicos (relación carbono - poda y calidad organoléptica en frutas), emite una luz sobre las muestras para detectar el grado en que se absorben o reflejan las

longitudes de onda de luz, creando una firma que es específica para cada compuesto químico que se desea evaluar.

### 3. Toma de muestras:

Para la toma de muestras en terreno tanto para determinar calidad como análisis de poda, se seleccionan distintos puntos de control que van a estar originados por la diferenciación de zonas presentes, dadas por las condiciones del suelo, temperatura y radiación, que se generan mediante mapas de zonificación de ambos predios.

La cosecha de la fruta se realiza semanalmente con distintos índices de madurez, la cual es llevada al laboratorio de agricultura de precisión en INIA Quilamapu, donde es refrigerada (no congelada) para que no se vea alterada y realizar sus posteriores análisis. La fruta es recogida de manera aleatoria en todas las hileras determinadas por los puntos de control donde están condicionadas por su vigor (alto, medio y bajo).

### 4. Análisis para determinar podas y parámetros de calidad en arándanos y uvas viníferas:

Para determinar la calidad del fruto existen diversos parámetros a considerar como la firmeza, los grados Brix y la acidez titulable, así como también los análisis de antocianos y polifenoles. Estos se dividirán en dos partes. Se evaluarán los puntos de control (plantas-frutas) identificados, capturando datos con el nano sensor seleccionado y se recolectarán las muestras de material vegetal y frutas, para envió a laboratorio, lo que permitirá generar los distintos algoritmos de calibración y predicción de las características asociadas a calidad

**Arándanos:** Para este ensayo se marcaron en terreno diferentes tipos de estructuras productivas en diferentes plantas dentro de los puntos de monitoreo (alto, medio y bajo) de las distintas variedades, las cuales se categorizaron por tamaño:



- 5-10 cm
- 10-20 cm
- 20-40 cm
- 40-60 cm

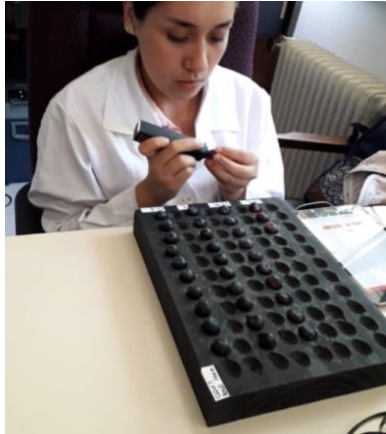
**Figura 4.** Muestras de poda

### Variables de evaluación de calidad en arándanos:

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

#### 4.1. Medición de curvas espectrales

Hoy se cuenta con un software de modelamiento elaborado por el equipo de trabajo del proyecto, el cual permite avanzar de forma rápida en construcción de modelos quimiométricos, que se conectaran con el sensor Vis-Nir seleccionado.



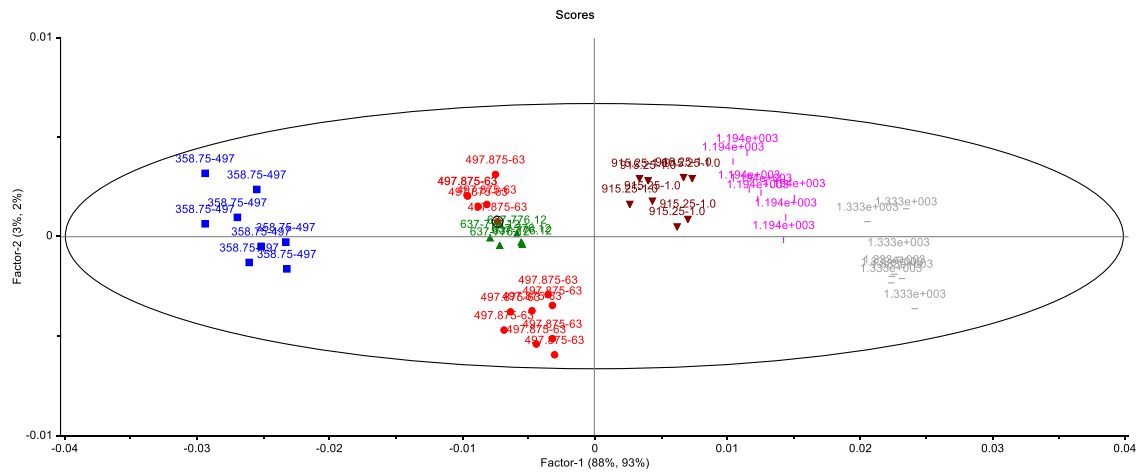
**Figura 5.** Muestras de calidad con espectrómetro

##### 4.1.1 Modelos predefinidos para la cuantificación de antocianinas y grados Brix

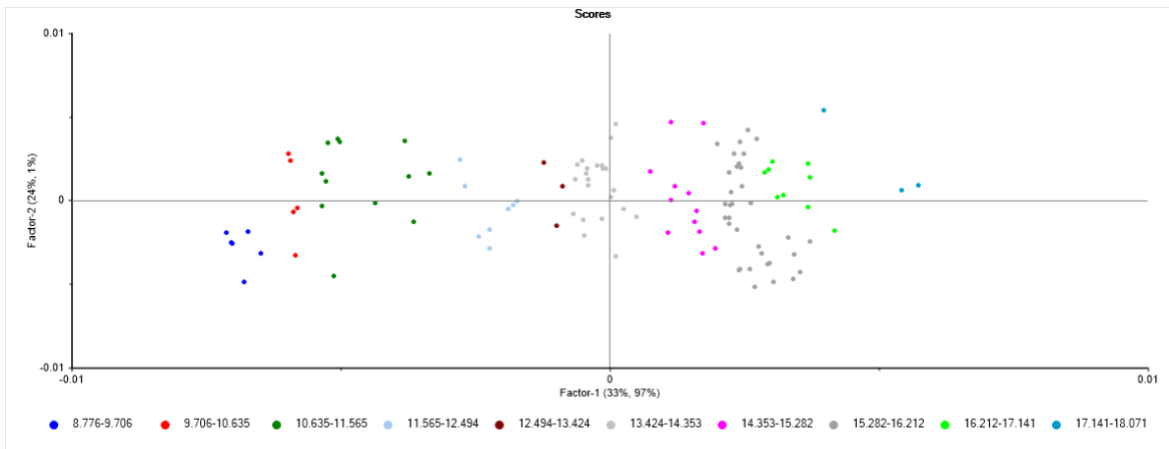
Al obtener las curvas limpias de señales erróneas se procede a asociar al dato real de laboratorio de calidad organoléptica de las bayas. Este proceso se comienza con la construcción del modelo de clasificación y termina en un modelo único de predicción por cada variable evaluada. El diseño del modelo 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.

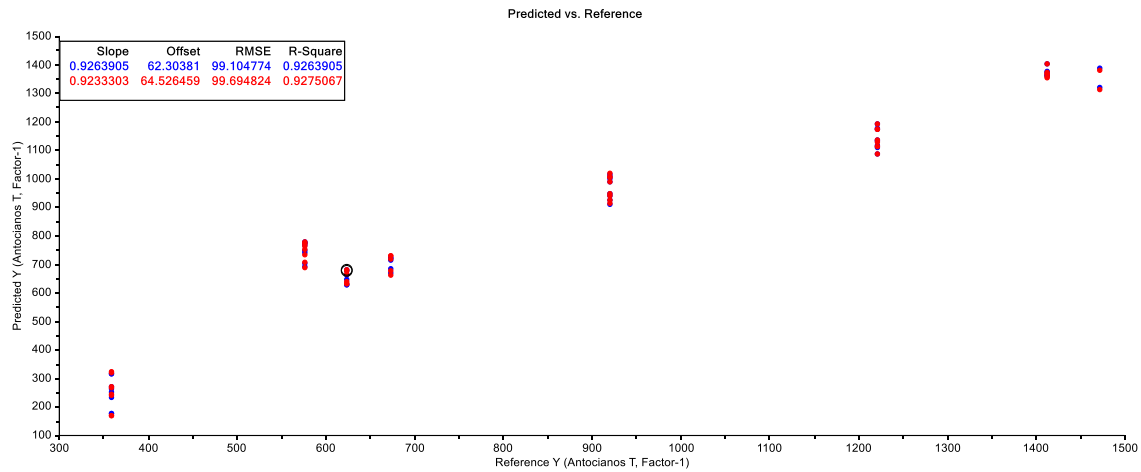


**Figura 6.** Análisis de componentes principales (PCA) para el contenido de antocianinas.

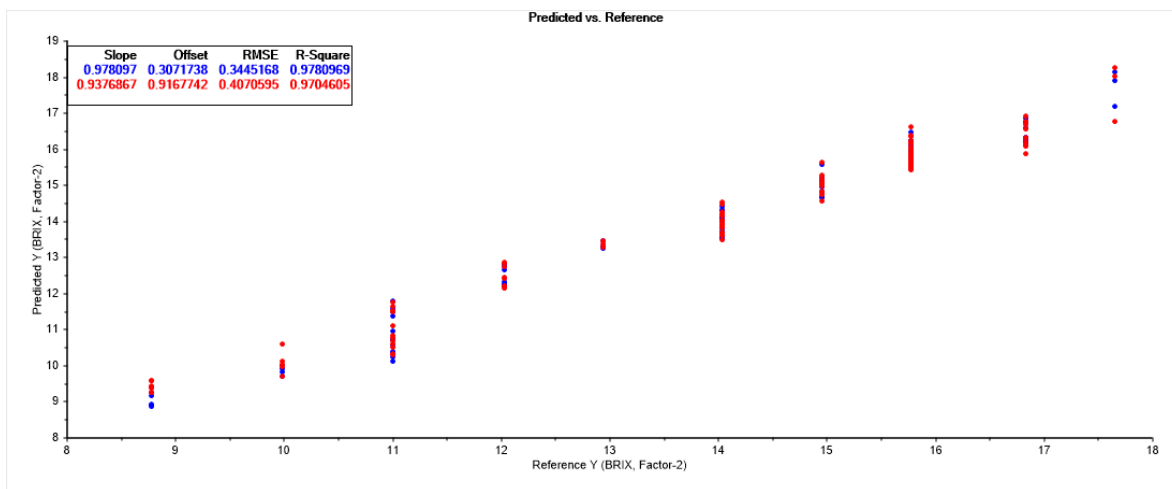


**Figura 7.** Análisis de componentes principales (PCA) para el contenido de °Brix.

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).



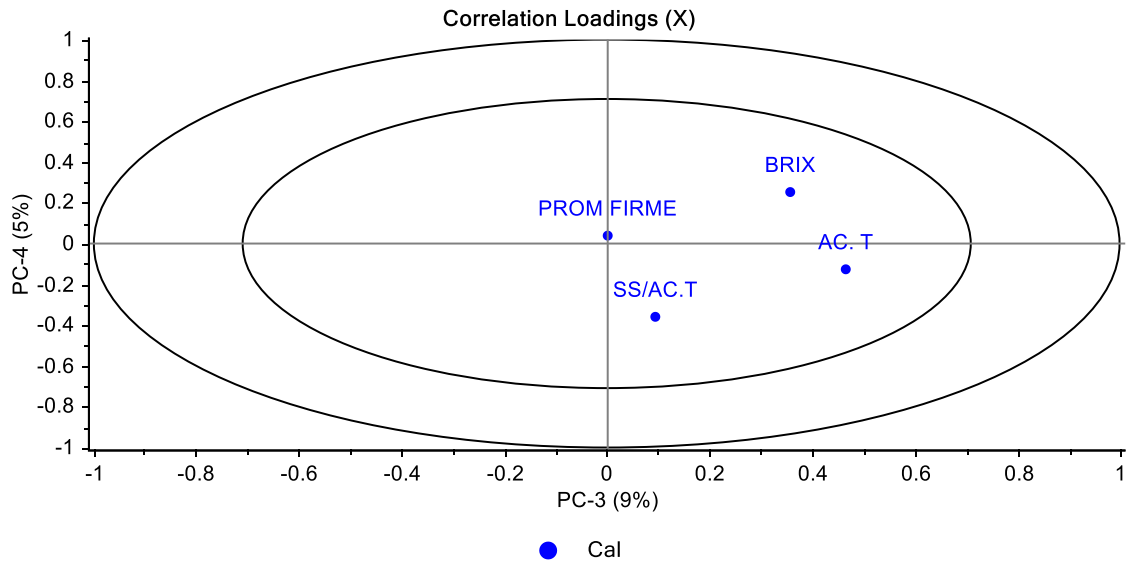
**Figura 8.** Análisis de PIS asociado a antocianos totales.



**Figura 9.** 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.



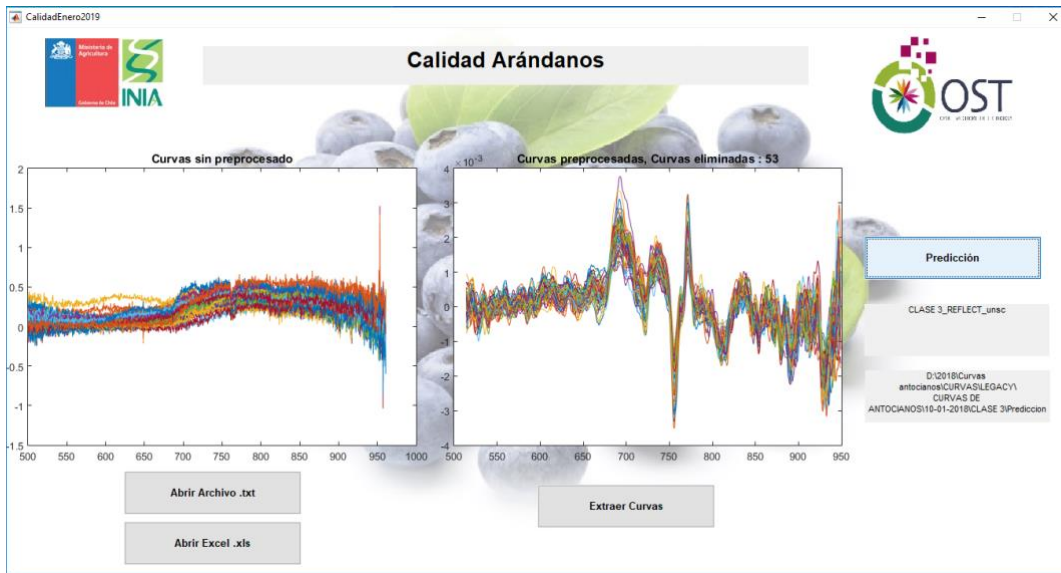
**Figura 10.** Análisis de componentes principales (PCA) para evaluar la relación directa e indirecta de las variables.

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 espectroradiómetro 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.





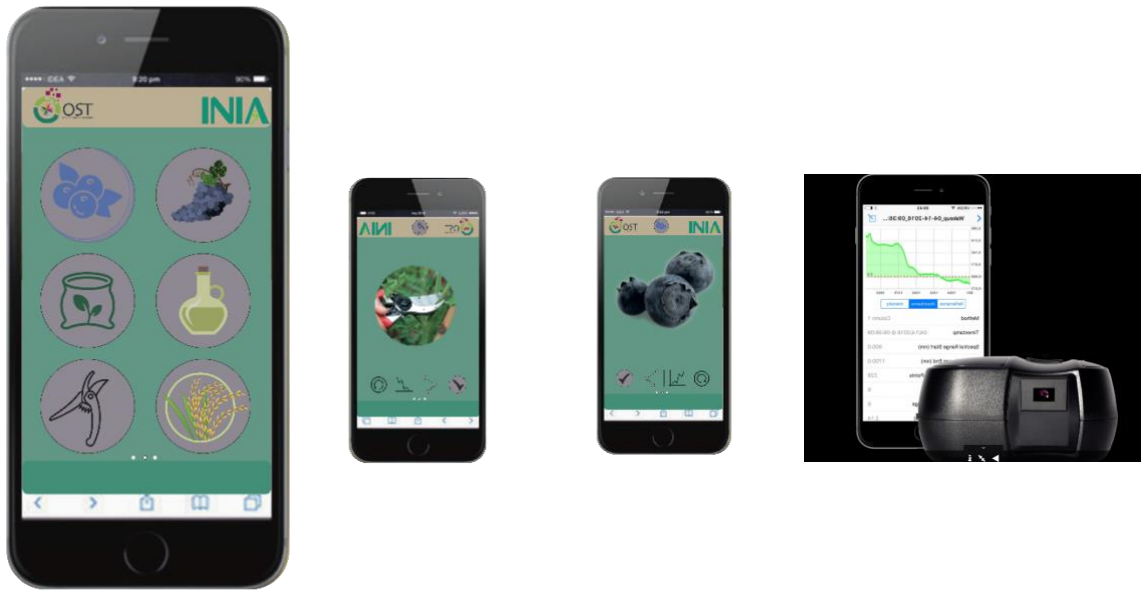


**Figura 11.** Software de estimación de calidad de Arándanos.

Es por último se piensa generar una página web donde se integren todas aplicaciones generadas con este sistema operativos de espectrometría Smart donde ya un proyecto de para calidad en arándanos y evaluar el material vegetal para determinar las podas en arándanos y vides financiado por FIA en 2021.



**Figura 12.** Diseño de página web donde se podrán comprar cada una de estas aplicaciones



**Figura 13.** Diseño Aplicación móvil conectada con el sensor Vis/Nir

**Artículos relacionados**

<http://www.redagricola.com/cl/antocianinas-permiten-una-rapida-y-exacta-medicion-de-madurez-en-arandano/>