

CONCURSO NACIONAL

ESTUDIOS Y PROYECTOS DE INNOVACIÓN AGRARIA 2014-2015

PLAN OPERATIVO

Nombre iniciativa:	Sistema predictivo para la estimación temprana de volumen de cosecha en uva de mesa y cerezas, mediante redes neuronales artificiales generadas a partir de firmas espectrales
Ejecutor:	Fundación para el Desarrollo Frutícola
Código:	PYT-2015-0080
Fecha:	01 de septiembre 2015

Tabla de contenidos

Tabla de contenidos	2
I. Plan de trabajo.....	3
1. Configuración técnica del proyecto	3
2. Costos totales consolidados	26
3. Anexos.....	28
II. Detalle administrativo (Completado por FIA).....	33

I. Plan de trabajo

1. Configuración técnica del proyecto

1.1. Objetivos del proyecto

1.1.1. Objetivo general¹

Generar una herramienta que permita predecir de manera temprana el volumen y calibre de uva y de cereza estimados a la cosecha, mediante un sistema de redes neuronales artificiales desarrolladas a partir de la firma espectral

1.1.2. Objetivos específicos²

Nº	Objetivos Específicos (OE)
1	Identificar la firma espectral del cultivo de la vid de mesa (para 3 variedades) y para cerezo (2 variedades) en sus diferentes estados fenológicos
2	Generar los algoritmos a partir de las firmas espectrales identificadas.
3	Aplicar algoritmos en las imágenes satelitales, para identificar en forma precisa información respecto a cantidad, volumen, diámetro de la fruta existente en campo.
4	Validar en terreno y por dos temporadas la precisión de la aplicación como modelo predictivo, para lo cual se tomarán como referencias predios testigos en las diferentes especies (uva de mesa y cerezo) y macrozonas geográficas (V- RM y VI-VII)
5	Generar una interfaz de entrega de pronóstico para el usuario final.

¹ El objetivo general debe dar respuesta a lo que se quiere lograr con el proyecto. Se expresa con un verbo que da cuenta de lo que se va a realizar.

² Los objetivos específicos constituyen los distintos aspectos que se deben abordar conjuntamente para alcanzar el objetivo general del proyecto. Cada objetivo específico debe conducir a uno o varios resultados. Se expresan con un verbo que da cuenta de lo que se va a realizar.

1.2. Resultados esperados e indicadores: Indique los resultados esperados y sus indicadores para cada objetivo específico de acuerdo a la siguiente tabla.

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado ³ (RE)	Indicador de Resultados (IR) ⁴				
			Nombre del indicador ⁵	Fórmula de cálculo ⁶	Línea base del indicador ⁷ (situación actual)	Meta del indicador ⁸ (situación final)	Fecha alcance meta ⁹
1	1	Obtención de Firmas espectrales	Firmas espectrales de uva de mesa y de cerezos	H=2	0	2	Diciembre 2015
2	2	Desarrollo Redes Neuronales	Red Neuronal	RN= 2	0	2	Junio 2016
3	3	Modelar patrón de búsqueda y evaluación de la información	Variables validadas en Tabla de datos	Variables (V)= 3-4 para dos especies	0	6-8	Junio 2017
4	4	Validación de información y utilización de redes neuronales	Información predictiva validada en terreno	M P=2	0	2	Abril 2017
5	5	Servicio de pronóstico a través de interfaz por internet	Servicio de Monitoreo ofrecido	Especies= 2	0	2	Febrero 2017

³ Considerar que el conjunto de resultados esperados debe dar cuenta del logro del objetivo general de la propuesta.

⁴ Los indicadores son una medida de control y demuestran que efectivamente se obtuvieron los resultados. Pueden ser tangibles o intangibles. Siempre deben ser: cuantificables, verificables, relevantes, concretos y asociados a un plazo.

⁵ Indicar el nombre del indicador en forma sintética.

⁶ Expresar el indicador con una fórmula matemática.

Completar con el valor que tiene el indicador al inicio de la propuesta.

⁸ Completar con el valor del indicador, al cual se espera llegar en la propuesta.

⁹ Indicar la fecha en la cual se alcanzará la meta del indicador de resultado.

1.3. Indicar los hitos críticos para el proyecto.

Hitos críticos ¹⁰	Resultado Esperado ¹¹ (RE)	Fecha de cumplimiento (mes y año)
Obtención de Firmas espectrales	Firmas Espectrales para cerezo y uva de mesa obtenidas para las variedades, estados fisiológicos y confusores.	Enero 2016
Desarrollo red neuronal	Red neuronal que permita analizar información satelital	Junio 2016
Identificación de frutos desde imágenes sobre territorio específico	Es posible la identificación y cuenta de frutos de cerezas y uva de mesa en predios seleccionados, a partir de imágenes satelitales.	Junio 2016
Validación de información en terreno	Construcción de modelo predictivo validado	Septiembre 2016

1.4. Método: identificar y describir los procedimientos que se van a utilizar para alcanzar cada uno de los objetivos específicos del proyecto. (Incluir al final, las actividades de difusión y transferencia de los resultados del proyecto) (máximo 8.000 caracteres para cada uno).

¹⁰ Un hito representa haber conseguido un logro importante en la propuesta, por lo que deben estar asociados a los resultados de éste. El hecho de que el hito suceda, permite que otras tareas puedan llevarse a cabo.

¹¹ Un hito puede estar asociado a uno o más resultados esperados y/o a resultados intermedios.

Método objetivo 1: Identificar y medir la firma espectral

Identificación de las firmas espectrales: Se efectuará una toma de firmas espectrales en uva de mesa y cerezos a nivel de campo, utilizando un equipo confeccionado específicamente para la toma de firmas espectrales cuyos sensores han sido previamente calibrados. (radiómetro hiperespectral NIR 6-1.7, normalizado). Se visitarán los predios – muestra (30 en total) en oportunidades previamente definidas y coincidentes con el paso de los satélites para la toma de la firma espectral de plantas, frutos, y confusores

Debido a los requerimientos y alcances de este proyecto (2 especies, en 3 macrozonas del país y para un total de 3 variedades de uva de mesa y dos de cerezos), el trabajo en terreno requerirá el análisis de 18 predios de uva de mesa con una repetición de 1 cuartel y 8 árboles por cuartel y de 12 predios de cerezos con una repetición de 1 cuartel y 8 árboles por cuartel. Todo lo anterior para 4 fechas diferentes en una temporada de producción. .

Una vez tomadas las firmas espectrales para cada especie, variedad y confusores, mediante herramientas estadísticas se analizará la información de las diferentes variedades y de los respectivos confusores. Se identificarán los confusores de la firma para, al conocerlos, poder efectuar los análisis específicos del sustrato a identificar.

Se generará:

- 1.- Una base de datos relacional
- 2.- Matrices de confusión para validar las firmas espectrales.

Método objetivo 2: Establecer el algoritmo de la firma espectral mediante una red neuronal

Un aspecto importante de las imágenes de radar de apertura sintética (SAR), que se utilizarán, es que a diferencia de un radar de apertura real, estos son sistemas denominados coherentes, que generan imágenes de alta resolución. Los factores que influyen en esta señal de radar son fundamentalmente la constante dieléctrica y la rugosidad. Debido a su longitud de onda (superior al centímetro), la atmósfera es transparente a este tipo de sensores, por lo que, según nuestra experiencia, puede penetrar a profundidades de 140-150 metros. Lo anterior se debe a que los componentes del suelo poseen propiedades dieléctricas diferenciadas, (la capacidad de almacenar electrones y transmitirlos (cargarse y polarizarse)). Por lo señalado y debido a que estas imágenes poseen gran cantidad de información, los softwares comerciales no tienen la capacidad de extraer esta información, debido a que no son dúctiles. Por ello, y tal cual lo señalamos con anterioridad, se procederá a generar nuestros propios algoritmos en base a un criterio de red neuronal, que nos permitirá discriminar formaciones vegetales presentes en la zona, a partir de los patrones espectrales identificados en las visitas a los predios testigo y medición de la firma espectral.

Se generará nuestra base de datos espectral, que sumado al análisis que se hará de las muestras desde el punto de vista agronómico (ver descripción metodológica posterior), nos permitirá la confección de nuestros algoritmos (redes neuronales artificiales). A partir de estos patrones espectrales y de las propiedades físicas y geométricas de las predios muestra, se generarán 5 algoritmos para la macro-zona 1 y 5 algoritmos para la macro-zona 2 (uno por cada variedad y zona), desarrollados en base a nuestra experiencia, en un criterio de red neuronal, con el objetivo de especificar las zonas con presencia de diferencias agronómicas. Esto permitirá evaluar un posible descarte del uso de macro-zonas o de variedades que a priori no tenemos como discriminar.

Básicamente una red neuronal artificial (RNA) es un modelo matemático con un conjunto de propiedades específicas, como son la habilidad de adaptarse o aprender, o generalizar u organizar la información, todo ello basado en un procesamiento eminentemente paralelo. Así, emulando el funcionamiento de las neuronas cerebrales, en la red neuronal el conocimiento es adquirido por la red a través de un proceso que se denomina aprendizaje, el cual se almacena mediante la modificación de la fuerza o peso sináptico de las distintas uniones entre "neuronas". En este caso, el algoritmo confeccionado (RNA), debido a la complejidad de clasificación en un área con una conductividad como la de la zona de estudio, será de tipo no lineal, desarrollada mediante una ecuación cuadrática, que contempla el patrón geométrico y espectral de los componentes monitoreados. De esta forma, se podrá determinar y calcular la probabilidad de que un determinado píxel tenga presencia o ausencia de los patrones espectrales buscados (ejemplo cerezas o uvas de mesa), a distintos niveles en el árbol. Es preciso mencionar al respecto, que en este proyecto se experimentará con varios criterios hasta obtener el más adecuado, por lo que la decisión de emplear Redes Neuronales corresponde a una forma de asegurar una baja dispersión espectral que origina. El modelo está compuesto por un vector de pesos w ($w_1, \dots, w_d$) T , equivalente a las conexiones sinápticas en una neurona real; por ejemplo, w_0 es el umbral de acción o activación, el vector x es la entrada y el escalar y la salida de la unidad.

Método objetivo 3: Modelar patrón de búsqueda en las imágenes satelitales.

Una vez tomada la firma espectral y obtenido su respectivo algoritmo y el de los confusores, se procederá a desarrollar o modelar un patrón de búsqueda de esas firmas espectrales en las imágenes satelitales. En base a las ecuaciones no lineales, que conforman nuestras redes neuronales artificiales, será posible identificar los patrones espectrales de los frutales, sobre la base de sus patrones electromagnéticos, derivados de su firma espectral. Al aplicar los algoritmos (uno por cada predio - muestra), estos identifican las capas donde el componente buscado posee una mayor expresión territorial, generando así cartografía en 2D. Para identificar la expresión territorial en capas de cada uno de los predios - muestras, nos basaremos en la capacidad de penetración que tienen las microondas en zonas "secas" (como lo es el follaje o canopia), por lo que, tal cual se explicó, se utilizará una imagen satelital obtenida por un radar de apertura sintética (SAR, que permitirá planificar el ángulo de la toma de imagen), fusionada con una imagen óptica del satélite ASTER (que posee las longitudes de onda hiperespectrales).

Es importante destacar que las imágenes obtenidas por sensores remotos son concebidas para ser analizadas digitalmente y no de manera visual, como pudiese pensarse. En este sentido, el aspecto visual de los datos brutos obtenidos por un SAR es el de ruido, asemejando un patrón muy complejo de difracción. Por ello, y de acuerdo a nuestra experiencia en estudios similares, se aplicará un método de compresión en azimut, basado en la onda dispersada por el terreno. Para la disminución del ruido speckle se promediará píxeles en la dirección azimutal, formando una imagen con vistas de número similar. Así, se conseguirá reducir considerablemente la desviación típica que produce speckle, e igualar el tamaño del píxel en azimut y en profundidad.

Para la corrección atmosférica de la imagen ASTER, y de acuerdo a los parámetros físicos de la zona, aplicará el método de corrección simplificada conocido como Dark Object Subtraction, debido a que los valores para corrección se obtienen a partir de la misma imagen a ser corregida, y no es necesaria ninguna otra información sobre las condiciones atmosféricas.

De esta forma se procederá a adaptar, de acuerdo a los cultivos, los algoritmos ya mencionados de clasificación, que se fundamentan en la discriminación de las distintas estructuras morfológicas que conforman la canopia, basados en las firmas espectrales, usando máximos y mínimos de absorción, así como de reflectividad medida, en las regiones respectivas del espectro electromagnético. De esta forma se podrán correlacionar las firmas espectrales de cada píxel de la imagen con las firmas espectrales obtenidas en laboratorio.

Método de georeferenciación: Con el objetivo de obtener la precisión adecuada a los requerimientos de este proyecto, esto es una aplicación para productores, se confeccionarán ecuaciones de transformación que se incorporarán como capa adicional de procesamiento de las imágenes. Estos polinomios serán confeccionados en base a la técnica de convolución cúbica, debido a que esta considera los niveles digitales (ND) de los 16 píxeles más próximos y tiene como característica fundamental el mejorar visualmente los elementos geométricos (lineales) de una imagen (Zavala, 2001), aspectos que son de interés para este trabajo.

Se utilizará el propio modelo orbital de la imagen SAR más 24 puntos terrestres que se poseen de la zona de estudio, en coordenadas UTM. El elipsoide y Datum aplicado será medido cuando se desarrolle el proyecto. Se espera poder obtener un error cuadrático medio (RMS) de 0.32 metros de posicionamiento, lo que le otorga similar precisión a la cartografía generada, debido a que las imágenes serán previamente re muestreadas de acuerdo al modelo de Richards, lo que permite establecer la no pérdida de los valores originales de la conversión analógica digital que realiza el sensor al monitorear la superficie terrestre.

Método objetivo 4: Validar en terreno la aplicación y precisión del sistema predictivo

Análisis Agronómico y sistema predictivo:

Aplicando el algoritmo de la firma espectral identificada, través de imágenes satelitales de predios específicos, se procederá a estimar la producción y calibre en al menos tres estados fenológicos del cultivo. Se obtendrá un "mapa" por huerto, indicando la cantidad de racimos/fruta y el diámetro de bayas y su estratificación. Esta información será comparada en terreno por el registro de 8 árboles por cada cuartel comprendido en el estudio de un total de 30 huertos. Estos árboles serán aislados dentro del cuartel con cintas para evitar que su fruta sea cosechada sin recuento. Se llevará copia del registro de campo en cada visita (una semanal) durante el periodo de flor a cosecha.

Para validación, en cosecha, se medirá en terreno el volumen real de uva/cerezas obtenidas en cada predio, distribución de calibres y sus características de madurez, de la muestra ya señalada, para interpretar la imagen espectral y correlacionarla con la predicción de un volumen de cosecha efectuada por firma espectral.

Con tres pronósticos en la temporada se podrá elaborar la curva de crecimiento de baya y se podrá estimar a través de modelación, el rendimiento estimado a cosecha y su dispersión.

El producto final son algoritmos validados para estimar volumen de cosecha, desde "n" días antes de cosecha, (unos 20 días antes de cosecha) y distribución de calibres por cuartel.

El proyecto desarrollará firmas espectrales y posteriormente un pronóstico temprano de volumen de cosecha y calibre de fruta en las siguientes especies, variedades y Macrozonas.

Uva de mesa: Macrozona 1: Entre Llay-Llay y Buin y Macrozona 2: Entre Buin y San Fernando

En cada una se evaluará las variedades Red Globe Thompson y Crimson

Cerezas: Macrozona entre Buin y Curicó. Se evaluará variedades Bing y Lapins.

Los predios y cuarteles seleccionados se tipificarán en cuanto a su ubicación, condiciones físicas, climatológicas y productivas,

Definición de momentos de toma de datos satelitales:

Uva de mesa. Los especialistas de la industria han señalado que la predicción debería iniciarse desde el estado fenológico de cuaja. Se efectuarán al menos tres mediciones a través de fotos espectrales satelitales desde ese momento, y que inicialmente, corresponderían a:

Lectura 1: Cierre del racimo - Lectura 2: Enero - Lectura 3: 20 a 30 días antes de fecha estimada de cosecha

Cereza. La literatura en Chile describe tres estados fenológicos de interés para el proyecto: plena flor, fruto pequeño y cosecha, caracterizándose por el breve tiempo entre ellos: poco más de un mes. Se efectuarán mediciones espectrales satelitales en: Lectura 1: Fruto pequeño a los 10 días después de caída de pétalos.- Lectura 2: Inicio de cambio de color de las bayas.

Para ambas especies, es posible que estos momentos puedan ser modificados según utilidad de la información entregada por el satélite.

En los estados fenológicos ya definidos y señalados, se efectuará la lectura espectral de las imágenes satelitales correspondientes al cuartel. Al haber determinado, en etapa previa, el algoritmo de identificación de la fruta, será posible a partir de las imágenes espectrales y mediante el uso de softwares, determinar las siguientes variables:

- Cantidad de racimos, (en caso de uva de mesa) y frutos, (en caso de cereza).
- Cantidad de bayas por racimo (estratificado)
- Diámetro de baya (estratificado)
- Geometría de racimos

Método objetivo 4: Validar en terreno la aplicación y precisión del modelo predictivo (cont)

Validación de la información

La validación de la información corresponde a la actividad en la cual se medirán en terreno los mismos parámetros determinados mediante la medición satelital, en cada uno de los momentos de toma de datos satelitales especificados anteriormente y durante el periodo de plena flor a cosecha a través de una visita semanal a cada cuartel.

Para ello, en cada cuartel se efectuará un muestreo estratificado simple, seleccionando plantas o conjuntos de plantas o partes, para contar y medir en terreno la cantidad de frutos, su calibre y dispersión para comparar estadísticamente los valores obtenidos en terreno (rendimiento, cantidad de frutos, calibre y dispersión) con los valores espectrales para esas plantas o conjunto de plantas muestreadas. Toda la información será registrada en planillas especialmente diseñadas y se efectuará a comparación estadística para determinar su correlación.

Se determinará la correlación estadística entre la información espectral y la realidad en el cuartel. Dadas las características únicas de las imágenes hiperespectrales y su especificidad y dada la experiencia en el uso de esta tecnología en otro tipo de mediciones ((a) Estudio e investigación de análisis de imagen satelital Quick Bird 2: Censo de Tarucas y Guanacos. Proyecto 1087-337-OC 07. CONAF Tarapacá 2007), se espera que los resultados posean al menos un 90% de precisión. En caso contrario cabría re-analizar los algoritmos utilizados para la identificación de las bayas y para la medición de su tamaño a fin de efectuar las correlaciones necesarias.

Con lo anterior se espera modelar la medición temprana efectuada a nivel espectral, con la estimación de los rendimientos finales esperados.

En paralelo, a partir de los pronósticos tempranos obtenidos de las imágenes hiperespectrales, se desarrollará la metodología, que permita estimar el calibre de fruta a cosecha a partir de las mediciones previas y a estimar el rendimiento a partir de la cantidad de racimos, de bayas y sus calibres. Para ello el proyecto considera contar con la asesoría de fisiólogos y estadísticos.

Método objetivo 5: Generar una interfaz de entrega de pronósticos al usuario final

El pronóstico de cosecha para las especies uva de mesa y cerezas quedará establecido como un servicio a través de internet entre aproximadamente octubre a fines de enero en caso de cerezas y noviembre a fines de febrero en caso de uva de mesa. Se desarrollará un sistema de entrega de información a los productores, que posea características gráficas y numéricas para el predio o cuartel en el cual tengan interés de aplicar esta tecnología.

Para efectuar el monitoreo y predicción de volumen de fruta, la condición es que haya fruta en el árbol y con una anticipación de pronóstico según lo determinado por los propios usuarios. El servicio se ofrecerá como pronóstico a nivel predial, por lo cual los interesados deberán inscribirse en el sitio web, cancelar e identificar el predio, cuarteles y especies para los cuales desea obtener el pronóstico de cosecha.

Con esta información se debe proceder a localizar los predios y cuarteles con GPS diferencial. Con lo anterior se podrá determinar las localidades para las cuales el servicio requerirá adquirir imágenes espectrales satelitales sobre las cuales correr los modelos desarrollados.

Una vez identificados los predios y fechas, a través del análisis de las imágenes satelitales respectivas, se aplicará la red neuronal desarrollada para identificar la cantidad y volumen de fruta en el lugar. Los datos se mantendrán en una base de datos relacional georeferenciada, la cual permitirá elaborar todos los cruces y análisis de información que sean necesarios.

Acorde a lo planteado por las empresas participantes, se requerirá contar con un sistema de información, por internet, preferentemente base en Google earth para trazar la localización del predio individual. Se considera entregar lo siguiente:

- Información predictiva de rendimiento para la subdivisión. (cuarteles o subcuarteles)
- Cantidad de fruta total por cuartel o subcuartel
- Dispersión de Calibres
- Distribución por cuartel o subcuartel
- Identificar en un mapa o gráfico, las áreas no homogéneas por cuartel en cuanto a fruta y calibre (diámetro de baya). Ello será posible debido a que la información original se obtendrá en forma georeferenciada

Se espera poder representar, por ejemplo la cantidad de fruta y su calibre en forma gráfica en relación a la geolocalización, a partir de tablas y gráficos.

La transformación de la información a mapas y gráficos tanto para la cantidad de racimos por planta en la hilera como para el calibre y su dispersión, son parte de desarrollo que el proyecto considera.

Las condiciones para las partes interesadas dependerán de la cantidad de hectáreas interesadas para evaluar su pronóstico de rendimiento, dado que el principal costo es el de compra de imágenes satelitales. Sin embargo, a priori, se ha conversado con actores de la industria y se estima que un valor por hectárea es razonable.

1.5. Actividades: Indicar las actividades a llevar a cabo en el proyecto, asociándolas a los objetivos específicos y resultados esperados.

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Actividades
1	1	Obtención de Firmas espectrales. Es la base para definir los elementos a buscar en las imágenes satelitales. Para ello es necesario identificar y medir las firmas espectrales para las variedades de uva de mesa y cerezo y los confusores.	
			Búsqueda e identificación de predios y superficie a cubrir: Se buscaran predios de uva de mesa y cereza para llegar a contar con sitios 18 de medición para uva de mesa y 12 de cerezos. Para determinar con exactitud la ubicación de los predios bajo estudio en el proyecto se georeferenciarán, usando un GPS diferencial y se estimará la superficie de análisis.
			Montaje ensayo medición: Una vez establecidos los parámetros geográficos y las superficies se procederá a seleccionar las imágenes satelitales a utilizar y las fechas probables de paso de acuerdo a su trayectoria, para gestionar la adquisición de las imágenes.
			Análisis emplazamiento predios uva de mesa: En conjunto con el equipo técnico agronómico, se identificarán las variables agronómicas propias de cada huerto de manera de identificar los posibles confusores (tipo de

			suelo, sistema de riego, sistema de conducción, caminos, viento imperante, etc.) que deberán ser analizados.
			Análisis emplazamiento Predios Cerezas: en conjunto con el equipo técnico agronómico, se identificarán las variables agronómicas propias de cada huerto de manera de identificar los posibles confusores (tipo de suelo, sistema de riego, sistema de conducción, caminos, viento imperante, etc.) que deberán ser analizados.
			Toma de firmas espectrales en uva de mesa y cerezos a nivel de campo: Se utilizará un equipo radiómetro hiperspectral, cuyos sensores han sido previamente calibrados en laboratorio. Actividad determinante en la precisión de la firma espectral a obtener. Se visitarán los predios – muestra (30 en total) en 4 oportunidades previamente definidas y coincidentes con el paso de los satélites para la toma de las firmas espectrales de plantas, frutos y confusores.
			Identificación de firma espectral para cada especie, variedad y confusores: una vez tomada la firma espectral, ésta será procesada en el laboratorio espectral de Cetaet para generar los algoritmos respectivos y los algoritmos de los confusores. Mediante herramientas estadísticas se analizarán las diferentes variedades. Se identificarán los confusores de la firma para, al conocerlos, poder efectuar los análisis específicos del sustrato a identificar.

2	2	Desarrollo Red Neuronal. Consiste en desarrollar los algoritmos que permitirá que las firmas espectrales tanto de las especies frutales como de los confusores se formulen en el mismo lenguaje de las imágenes hiperespectrales satelitales a fin de posteriormente identificar coincidencias.	
			Generación de red neuronal para Uva de mesa: Esta actividad consiste en generar los algoritmos, a partir de múltiples tomas de firmas espectrales para el mismo sustrato, para identificar los frutos de uva de mesa y los confusores, mediante las coincidencias de las firmas espectrales.
			Generación de red neuronal para Cereza: Esta actividad consiste en generar los algoritmos, a partir de múltiples tomas de firmas espectrales para el mismo sustrato, para identificar los frutos de cereza y los confusores, mediante las coincidencias de las firmas espectrales.
			Elaboración de matrices de confusión: En forma paralela programará cada uno de los confusores o ruidos encontrados en la medición de la firma hiperespectral, con el fin de reducir el error. Los confusores pueden corresponder a variables tan amplias como humedad, polvo, decaimiento de la planta por enfermedad o ataque de plagas, etc. Las firmas hiperespectrales de estos confusores serán configuradas como matrices,

			que sólo registrarán los eventos detectados en la medición de la firma.
			Evaluación a nivel laboratorio de matrices con algoritmo de firma espectral: Para evaluar a nivel de laboratorio que el algoritmo de red neuronal identifique lo que se busca, tanto para cerezo como para uva de mesa, se emplearán imágenes de los huertos conocidos y reconocibles. Se chequeará con la información en terreno y se corregirá.
3	3	Modelar un patrón de búsqueda y evaluación de información. Consiste en la aplicación final: Efectuar la evaluación de la red neuronal en imágenes satelitales y construir el reporte de datos, de manera que sea fácilmente entendido por los usuarios y especialistas para la formulación de las estimaciones de parámetros de rendimiento y calibres.	
			Obtención de imágenes satelitales: se procederá a obtener las imágenes satelitales en las fechas determinadas según el desarrollo del cultivo, para evaluar el modelo fenológico obtenido en el tiempo. Para ello se planificarán los parámetros orbitales previos a ser tomados.
			Confección de las redes neuronales: Se procederá a desarrollar una red neuronal para la búsqueda de la firma de interés en las imágenes satelitales y posteriormente, en la etapa de validación, correlacionar sus

			resultados con los datos obtenidos del terreno. Adicionalmente se identificarán los confusores, si es que están presentes.
			Los resultados de las redes neuronales serán corregidos geográficamente a partir de los datos de terreno de los predios-muestra y georeferenciados, de manera de poder identificarlos por predio y por cuartel en forma automática.
			Elaboración de variables y parámetros: Para el levantamiento y posterior análisis de información, se generará una tabla de datos para cada variable y los valores en el tiempo. Estos serán almacenados en una base de datos de acceso remoto para el desarrollo de las aplicaciones
			Generación de reporte de datos para su uso: los datos serán formateados a un reporte tipo que entregará su frecuencia de ocurrencia y su dispersión y una tabla con los datos de calibre, volumen y cantidad. De esta forma, a nivel de desarrollo, el producto generado corresponde a datos numéricos, que serán empleados por los modelos predictivos de estimación de rendimiento y carga instantánea del huerto.
4	4	Validación de Información y utilización de redes neuronales Consiste en validar los datos obtenidos por teledetección mediante el uso de modelos fenológicos y pruebas estadísticas de ajuste además de la comprobación mediante datos de campo aportados por exportadoras,	

		productores y el monitoreo de campo en los huertos – muestra.	
			Medición en campos previamente definidos: Se analizarán, en plantas muestra, todos los parámetros a medir (diámetro, cantidad de fruta etc) y se obtendrán rangos de cada variable para efectuar las correlaciones entre la predicción espectral con lo obtenido en campo.
			Validación en uva de mesa: Corresponde a actividad en terreno. En tres estados de desarrollo en precosecha, se efectuará un seguimiento de los huertos y plantas marcadas, mediante visitas en los días en que se obtenga la imagen satelital durante las 2 temporadas. Se realizará en 2 macrozonas: desde Llay Llay hasta Buin y desde Buin hasta San Fernando por el sur. Los datos de cantidad de fruta, calibre y distribución se contrastarán con la información obtenida a través de firma espectral.
			Validación en cereza: Corresponde a actividad en terreno. En dos estados de desarrollo en precosecha se efectuará un seguimiento de los huertos y árboles marcados, mediante visitas en los días en que se obtenga la imagen satelital durante las 2 temporadas. La macrozona abarca desde San Fernando hasta Curicó. Los datos de cantidad de fruta, calibre y distribución se contrastarán con la información obtenida a través de firma espectral
			Análisis y control de labores agrícolas. Para evaluar su impacto en los resultados obtenidos, adicional a lo registrado en las visitas semanales de los agrónomos de terreno, se llevará copia de los cuadernos de campo

		con el registro de todas las aplicaciones, manejos, riegos, etc.
		Análisis información de campo: En cosecha Se procederá a obtener la información de los cuarteles y plantas en seguimiento, referidos a rendimientos, vigor de la planta, crecimiento de los frutos, diámetro de bayas, cantidad de racimos / bayas.
		Validación de parámetros (estimados vs reales): Mediante el apoyo de un asesor especialista, se generará un modelo de datos que permita validar mediante correlaciones la respuesta estimada versus la real obtenida y de esta forma consignar el error y los parámetros de ajuste. Se desarrollará un set de estadísticas graficadas como material de trabajo de campo de manera de analizar las desviaciones.
		Estimación del error y construcción variables de ajuste: Al depurar el modelo para las dos temporadas, se construirán las variables de ajuste estadísticas con su respectiva estimación del error muestral. A priori se estima que para declarar exitoso el modelo de ajuste, debe ajustar sobre un 90% con un error muestral inferior al 3%. Sin embargo la construcción dependerá de los parámetros que finalmente se determinen como relevantes en dicho ajuste.
		Construcción del sistema operativo: Una vez probadas las estimaciones con sus respectivos ajustes y estimación de error, se aplicará un software estadístico que procese los datos obtenidos desde la teledetección, para la generación de la información que se informará a los productores y exportadoras. Esta base de información contendrá toda la superficie comprendida en el área de las imágenes, por lo que será información podrá ser agregada.

5	5	Servicio de pronóstico a través de una interfaz por internet	Evaluación de la aplicación de estimación una vez desarrollada, de manera de probar su operación y funcionamiento bajo condiciones habituales de uso.
			Construcción de Interfase georreferenciada para usuarios: para la obtención de los reportes prediales específicos, se desarrollará una interfase georreferenciada que mediante las coordenadas de los predios permitirá obtener datos acotados solo a la superficie indicada.
			Determinación de costo de servicio: se estimará el costo de uso de la aplicación como servicio, de manera de validar los supuestos previos, en lo referido a la cobertura y amplitud de hectáreas que serán contratados.
			Medición de eficiencia de servicio prototipo en la temporada: se desarrollará un seguimiento constante a los datos e informes entregados a los usuarios de manera de chequear los informes pronosticados con los valores reales observados.
			Definición de costo por factores de proceso: una vez evaluado la prestación técnica de los servicios, se desarrollará un análisis de costo de factores para complementar las políticas de difusión y lanzamiento comerciales de la aplicación tanto a nivel nacional, como para su licenciamiento a otros países.

- 1.6. Carta Gantt: Indicar la secuencia cronológica para el desarrollo de las actividades señaladas anteriormente de acuerdo a la siguiente tabla: (Proyecto se inicia en Agosto 2015 . Finaliza en Julio 2017)

Nº OE	Nº RE	Actividades	Año 2015....											
			Trimestre											
			Ene- Mar			Abr-Jun			Jul-Sep			Oct-Dic		
1	1	Obtención de Firmas espectrales.												
1	1.1	Búsqueda e identificación de predios y superficie												
1	1.2	Análisis emplazamiento predios uva de mesa y cerezas										X	X	
	1.3	Toma de firmas espectrales en uva de mesa y cerezos a nivel de campo										X	X	X
	1.4	Identificación de firma espectral para cada especie, variedad y confusores											X	X
2	2	Desarrollo Red Neuronal.												
2	2.1	Generación de red neuronal para Uva de mesa y cerezas												
	2.2	Elaboración de matrices de confusión												
	2.3	Evaluación a nivel laboratorio de matrices con algoritmo de firma espectral:												
3	3	Modelar un patrón de búsqueda y evaluación de información.												
	3.1	Obtención de imágenes satelitales en fechas según el desarrollo del cultivo,												

	3.2	Aplicación de la red neuronal en las imágenes satelitales											
	3.3	Generación de una tabla de datos para cada variable y los valores en el tiempo											
	3.4	Generación de reporte de datos											
4	4	Validación de Información y utilización de redes neuronales											
	4.1	Medición en precosecha de parámetros en estudio en los campos previamente definidos									X	X	X
	4.2	Medición en cosecha: rendimientos, diámetro de bayas, cantidad de racimos / bayas.										X	X
	4.3	Validación de parámetros (estimados por firma espectral vs reales):											
	4.4	Estimación del error y construcción variables de ajuste											
	4.5	Construcción del sistema operativo											
5	5	Servicio de pronóstico a través de una interfaz por internet											
	5.1	Construcción de Interfase georreferenciada para usuarios:											
	5.2	Servicio disponible en forma piloto											

Nº OE	Nº RE	Actividades	Año 2016....											
			Trimestre											
			Ene- Mar			Abr-Jun			Jul-Sep			Oct-Dic		
		Obtención de Firmas espectrales.												
	1.3	Toma de firmas espectrales en uva de mesa y cerezos a nivel de campo	X											
	1.4	Identificación de firma espectral para cada especie, variedad y confusores.	X	X										
2	2	Desarrollo Red Neuronal.												
	2.1	Generación de red neuronal para Uva de mesa y cerezas	X	X	X									
	2.2	Elaboración de matrices de confusión		X	X									
	2.3	Evaluación a nivel laboratorio de matrices con algoritmo de firma espectral:				X	X	X						
3	3	Modelar un patrón de búsqueda y evaluación de información.												
	3.1	Obtención de imágenes satelitales en fechas acordes al desarrollo del cultivo	x	x	x	x						X	X	X
	3.2	Aplicación de la red neuronal en las imágenes satelitales			X	x	x	X				X	X	X
	3.3	Generación de una tabla de datos para cada variable y los valores en el tiempo						x	X	X	X			
	3.4	Generación de reporte de datos							x	X	X			

4	4	Validación de Información y utilización de redes neuronales													
	4.1	Medición en precosecha de parámetros en estudio en los campos previamente definidos										X	X	X	
	4.2	Medición en cosecha: rendimientos, diámetro de bayas, cantidad de racimos / bayas.	X	X	X										
	4.3	Validación de parámetros (estimados por firma espectral vs reales):				x	x	X	X	X					
	4.4	Estimación del error y construcción variables de ajuste						x	X	X					
	4.5	Construcción del sistema operativo						x	x	X	X				
5	5	Servicio de pronóstico a través de una interfaz por internet													
	5.1	Construcción de Interfase georreferenciada para usuarios								X	X	X	X	X	
	5.2	Servicio disponible en forma piloto													X

Nº OE	Nº RE	Actividades	Año 2017....											
			Trimestre											
			Ene- Mar			Abr-Jun			Jul-Sep			Oct-Dic		
3	3	Modelar un patrón de búsqueda y evaluación de información.												
	3.1	Obtención de imágenes satelitales en fechas según el desarrollo del cultivo.	x	x	x									
	3.2	Aplicación de la red neuronal en las imágenes satelitales.	X	X	x	x	x	X						
	3.3	Verificación de tabla de datos construída.		X	X	X								
	3.4	Generación de reporte de datos.												
4	4	Validación de Información y utilización de redes neuronales												
	4.1	Medición en precosecha de parámetros en estudio en los campos previamente definidos												
	4.2	Medición en cosecha: rendimientos, diámetro de bayas, cantidad de racimos / bayas.	X	X	X									
	4.3	Validación de parámetros (estimados por firma espectral vs reales):			x	x								
	4.4	Estimación del error y construcción variables de ajuste				x								
	4.5	Construcción del sistema operativo												

5	5	Servicio de pronóstico a través de una interfaz por internet												
	5.1	Construcción de Interfase georreferenciada para usuarios:												
	5.2	Servicio disponible en forma piloto	X	X										
	5.3	DIFUSION					X	X						

1.7. Actividades de difusión programadas:

Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participantes	Perfil de los participantes	Medio de Invitación
Junio 2017	Entre San Felipe y Curicó	Sesión explicativa para futuros usuarios	120 en cuatro o cinco sesiones	Profesionales y agricultores del sector fruta fresca de exportación, que requieran conocer pronósticos de rendimientos	Invitaciones a través de empresas y A.G del sector
Junio 2017	Santiago	Publicaciones en revistas de interés para el sector frutícola	Cinco publicaciones		Cinco publicaciones en distintas revistas
Junio de 2017	Santiago	Elaboración de video explicativo del servicio.	Un video		Video ilustrativo de app 5 a 8 minutos describiendo el servicio. Para dejar disponible en sitios web de FDF y ASOEX
Junio 2017	Santiago	Impresión de folletos	500 folletos		500 folletos (dúpticos), explicando el servicio, para entregar en actividades de FDF o ASOEX (seminarios etc)

2. Costos totales consolidados

2.1. Estructura de financiamiento.

		Monto (\$)	%
FIA	Ejecutor		
	Asociado(s)		
	Total FIA		
Contraparte	Pecuniario		
	No Pecuniario		
	Total Contraparte		
Total			

3. Anexos

Anexo 1. Ficha identificación del postulante ejecutor

Nombre completo o razón social	Fundación para el Desarrollo Frutícola	
Giro / Actividad	Giro: Otros servicios agrícolas/Actividad: investigación, desarrollo y transferencia técnica	
RUT		
Tipo de organización	Empresas	
	Personas naturales	
	Universidades	
	Otras (especificar)	Fundación
Banco y número de cuenta corriente del postulante ejecutor para depósito de aportes FIA		
Ventas en el mercado nacional, último año tributario (UF)		
Exportaciones, último año tributario (US\$)		
Número total de trabajadores		
Usuario INDAP (sí / no)		
Dirección postal (calle, comuna, ciudad, provincia, región)		
Teléfono fijo		
Fax		
Teléfono celular		
Email		
Dirección Web	www.fdf.cl	
Nombre completo representante legal	Francisco Letelier Edwards /Ricardo Adonis Ponce	
RUT del representante legal		
Profesión del representante legal	Ingeniero Agrónomo	
Cargo o actividad que desarrolla el representante legal en la organización postulante	Presidente / Gerente de Desarrollo	
Firma representante legal		

Anexo 2. Ficha identificación de los asociados. Esta ficha debe ser llenada para cada uno de los asociados al proyecto.

Nombre completo o razón social	No hay agentes asociados	
Giro / Actividad		
RUT		
Tipo de organización	Empresas	
	Personas naturales	
	Universidades	
	Otras (especificar)	
Ventas en el mercado nacional, último año tributario (UF)		
Exportaciones, último año tributario (US\$)		
Número total de trabajadores		
Usuario INDAP (sí / no)		
Dirección (calle, comuna, ciudad, provincia, región)		
Teléfono fijo		
Fax		
Teléfono celular		
Email		
Dirección Web		
Nombre completo representante legal		
RUT del representante legal		
Cargo o actividad que desarrolla el representante legal en la organización postulante		
Firma representante legal		

Anexo 3. Ficha identificación coordinador y equipo técnico. Esta ficha debe ser llenada por el coordinador y por cada uno de los profesionales del equipo técnico.

Nombre completo	Ricardo Adonis Ponce
RUT	
Profesión	Ingeniero Agrónomo
Nombre de la empresa/organización donde trabaja	Fundación para el Desarrollo Frutícola
RUT de la empresa/organización donde trabaja	
Cargo que ocupa en la empresa/organización donde trabaja	Gerente de Desarrollo
Dirección postal (calle, comuna, ciudad, provincia, región)	
Teléfono fijo	
Fax	
Teléfono celular	
Email	
Firma	

Nombre completo	Cristián Arancibia Riveros
RUT	
Profesión	Ingeniero Agrónomo
Nombre de la empresa/organización donde trabaja	Fundación para el Desarrollo Frutícola
RUT de la empresa/organización donde trabaja	
Cargo que ocupa en la empresa/organización donde trabaja	Sub Gte de Fruticultura
Dirección postal de la empresa/organización donde trabaja (calle, comuna, ciudad, provincia, región)	
Teléfono fijo	
Fax	
Teléfono celular	
Email	
Firma	

Nombre completo	Carolina PAOLA JARA TURAZUCH
RUT	
Profesión	Biólogo Ambiental
Nombre de la empresa/organización donde trabaja	
RUT de la empresa/organización donde trabaja	
Cargo que ocupa en la empresa/organización donde trabaja	
Dirección postal de la empresa/organización donde trabaja (calle, comuna, ciudad, provincia, región)	
Teléfono fijo	
Fax	
Teléfono celular	
Email	
Firma	

II. Detalle administrativo (Completado por FIA)

- Los Costos Totales de la Iniciativa serán (\$):

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

- Período de ejecución.

Período ejecución	
Fecha inicio:	01 de octubre 2015
Fecha término:	30 de junio 2017
Duración (meses)	21

- Calendario de Desembolsos

Nº	Fecha	Requisito	Observación	Monto (\$)
1		Firma Contrato		
2	16/05/2016	Aprobación Informes Técnico y Financiero N°1		
3	18/10/2016	Aprobación Informes Técnico y Financiero N°2		
4	15/03/2017	Aprobación Informes Técnico y Financiero N°3		
5	02/10/2017	Aprobación Informes Técnico y Financiero Finales	hasta	
	Total			

(*) El informe financiero final debe justificar el gasto de este aporte

- Calendario de entrega de informes

Informes Técnicos	
Informe Técnico de Avance 1:	11/03/2016
Informe Técnico de Avance 2:	11/08/2016
Informe Técnico de Avance 3:	11/01/2017

Informes Financieros	
Informe Financiero de Avance 1:	11/03/2016
Informe Financiero de Avance 2:	11/08/2016
Informe Financiero de Avance 3:	11/01/2017

Informe Técnico Final:	14/07/2017
Informe Financiero Final:	14/07/2017

- Además, se deberá declarar en el Sistema de Declaración de Gastos en Línea los gastos correspondientes a cada mes, a más tardar al tercer día hábil del mes siguiente.