



OFICINA DE PARTES 2 FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	13 OCT 2015
Hora	10:40
Nº Ingreso	24371

Informe Final Técnico

Desarrollo de un sistema de evaluación y optimización del riego en huertos frutícolas y viñedos, a través de imágenes térmicas, desde un sistema aerotransportado autónomo y su interpretación digital.

PYT-2012-0148

Período comprendido desde el 13/10/2012 hasta el 13/10/2015

Fecha de entrega 13/10/2015

Instrucciones:

- La información presentada en el informe técnico debe estar directamente vinculada a la información presentada en el informe financiero, y ser totalmente consistente con ella.
- El informe debe incluir en los Anexo los cuadros, gráficos, fotografías y diapositivas, publicaciones, material de difusión, material audiovisual y otros materiales que apoyen o complementen la información y análisis presentados en el texto central.
- Todas las secciones del informe deben ser contestadas.
- Evite repetir información en las distintas secciones
- Utilice caracteres tipo Arial, tamaño 11, y utilice los espacios asignados para ello.
- Los informes deben ser presentados en versión digital y en papel (dos copias), en la fecha indicada como plazo de entrega en el contrato firmado con el postulante y/o Entidad Responsable.
- FIA se preocupa por el medio ambiente, si le es posible, por favor imprima a doble cara.

Contenido

1.	Antecedentes	3
2.	Costos	3
3.	Resumen del Período.....	4
4.	Objetivos Específicos	5
5.	Resultados	7
6.	Actividades.....	16
7.	Hitos Críticos.....	22
8.	Cambios en el entorno	23
9.	Difusión	24
10.	Auto Evaluación	25
11.	Conclusión	26
12.	Anexos	27

1. Antecedentes

1.1. Antecedentes Generales:

Nombre Ejecutor:	Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA.
Nombre(s) Asociado(s):	Soc. Agrícola La Rosa Sofruco e Ingeniería y Desarrollo Tecnológico Ltda. (IDETEC).
Coordinador del Proyecto:	Stanley Best.
Regiones de ejecución:	VI y VIII.
Fecha de inicio iniciativa:	Octubre 2012.
Fecha término Iniciativa:	Septiembre 2015.
Tipo Convenio FIA:	FIC regional.
Objetivo General:	Evaluar y desarrollar un modelo espacial para la optimización de la gestión del riego, a partir de imágenes térmicas aéreas, en huertos frutícolas y viñedos.

2. Costos

2.1. Costo general:

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

2.2. 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	

3. Resumen del Período

- 3.1. Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos en el período. Entregar valores cuantitativos y cualitativos. Explicar cuáles son las posibilidades de alcanzar el objetivo general y de desarrollar el negocio propuesto. Cada resumen debe contener información nueva, sin repetir lo mencionado en el resumen de informes anteriores.

El proyecto se planteo en sus inicios con el uso de termografías asociadas a vuelos con Drones para la estimación del déficit hídrico, cosa que el proyecto logró a cabalidad como lo demuestran los informes presentados con anterioridad sin embargo, en el desarrolla del proyecto en conjunto con los asociados en especial los de empresas productivas, no dimos cuenta que el uso de este tipo de tecnología si bien es muy buena esta quedaba fuera de la parte práctica debido a que se debería volar con alta frecuencia lo que incrementaría sus costos en el uso y complejidad de la logística asociada, teniendo que enfrentar un replanteamiento del proyecto en ese instante. Así, se pensó en un sistema que integrara información del sitio del estudio con información de sensores de humedad a tiempo real y la información espacial de las capturas con Drones tanto multiespectrales como termales. Lo antes expuesto llevo a la generación de modelos espacio/temporales de predicción de cambios en humedad de suelo y con esto a nivel de estrés de plantas, incorporado la posibilidad de general información aérea vía Drones cada 15 a 20 días, como factor de ajuste espacial del modelo, extendiendo la necesidad de capturas aéreas que inicialmente tenía el proyecto de alto costo. Este último factor es altamente importante para generar la viabilidad económica de este desarrollo, ya que disminuirá el costo de su uso, siendo el eje de este proyecto. Por otra parte, se avanzó en la generación y validación de los modelos que permitan generar los planos de déficit hídrico en plantas, considerando tanto el valor de estrés en suelo como en planta. Así, los algoritmos generados en todas las fases del modelo han sido integrados en un modelo general, el cual se ha llevado a una aplicación automatizada de evaluación espacio temporal de déficit hídrico de zonas en estudio. Esta aplicación permite generar los planos de déficit diarios y proyección de estos en los próximos 7 días para visualizar el próximo evento de riego. Además, en conjunto con el desarrollo del modelo espacio/temporal, se trabajó en el desarrollo de una interface de usuario simple de visualización de los planos diarios de déficit, lo que ayudará en la logística de riego del predio y da una integración de salida simple hacia el usuario altamente necesaria para el éxito del uso de estas nuevas tecnologías emergente. Cabe destacar que el proyecto en el nivel final en que se encuentra, ha logrado alcanzar todos los objetivos planteados en este proyecto, realizado una validación final del modelo durante la pasada temporada productiva y totalmente operativo bajo los marcos del proyecto. Finalmente, indiferente a la finalización del actual proyecto, se espera continuar la validación de este modelo, que permita robustecerlo y una consolidación de los resultados del proyecto, en vías de la comercialización del sistema. Frente a este último punto, ya se ha generado un convenio de cooperación con Telefónica I+D (Adjunto en Anexo 2), empresa con la cual se buscará ampliar el desarrollo a diferentes rubros agrícolas y generar una línea de servicios a las empresas agrícolas locales e internacionales.

4. Objetivos Específicos (OE)

4.1. Porcentaje de Avance:

Nº OE	Descripción OE	% de avance
1	Desarrollar e integrar sistemas electrónicos y de captura de imágenes térmicas, sobre un avión UAV, para la obtención de imágenes térmicas procesables digitalmente.	100%
2	Desarrollar un modelo de calibración de imágenes térmicas para un sistema de evaluación de estrés hídrico espacial en huertos frutícolas y viñedos.	100%
3	Desarrollar e implementar una plataforma de gestión de información de estrés hídrico espacial a nivel de usuario.	100%
4	Prospectar nuevos mercados potenciales y evaluar comercialmente el modelo de negocios predefinido y el de transferencia tecnológica.	100%
5	Difundir los resultados del proyecto para la optimización del uso del agua de riego en huertos frutícolas y viñedos.	100%

4.2. Descripción de estado de avance del período (Máx. 70 palabras por objetivo).

Nº OE	Descripción del Avance del Período
1	Se ha desarrollado en su totalidad el sistema de captura (UAV) con los sistemas tanto térmico como multiespectral, y a la vez se ha validado en campo durante toda las temporadas 2014 a la 2016.
2	Se desarrolló un modelos de calibración y validación para obtención de déficit hídrico de plantas sobre la base de captura aérea térmica a la vez, esta se ha incorporado en una plataforma de análisis de información (aplicación) incorporando data de terreno (sensores de humedad e información de física de suelo), la cual ha sido utilizada y validada dentro de la temporada agrícola 2015.
3	Se ha generado un portal web interactivo (formato html 5 para web PC y plataforma de Celulares), en el cual se han integrado todos los modelos desarrollados por el proyecto dentro de una aplicación única que interactúa con la plataforma web antes descrita, para gestar una salida amigable hacia los usuarios.

4	<p>Sobre los resultados del proyecto, se está trabajando con empresas de servicios de Drones como AVSAN (http://www.avsan.cl/) los cuales gracias al soporte del proyecto han abierto el área de agricultura de precisión, sobre el cual ya han desarrollado servicios y están ya ofreciendo servicios en el mercado. Por otra parte, se pretende con los resultados con el modelo ya desarrollado y validado por la empresa Rosa Sofruco (líder en el mercado) poder avanzar más en la línea de salida comercial de este producto, factor que nos ha hecho realizar un convenio con Telefónica I+D, en la línea de escalar el desarrollo generado por este proyecto a nivel comercial y con esto salir con este servicio a empresas de sensoramiento de riego ya instaladas tanto en Chile como internacional.</p>
5	<p>Producto del trabajo del proyecto, se ha trabajado en difundir esta tecnología de UAV sensoramiento y su potencial uso en el sector agrícola, mostrando los avances alcanzados por el proyecto en la participación del Programa AP INIA tanto en seminarios nacionales como internacionales, como también en ferias de innovación, y salida en prensa (local e internacional presentadas en informes anteriores), lo que ha generado un gran interés desde el sector privado. Actualmente se espera seguir avanzando en esta línea en un escalamiento a nivel comercial como ya se ha planteado en el objetivo 4.</p>

5. Resultados Específicos (RE).

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
1	R1.1	Sistemas electrónicos ajustados e Instalados en el Avión UAV.	100 % de Instalación	UAV de combustión y sistema inercial de mala calidad para estabilización del avión en vuelo.	UAV eléctrico e IMU de calidad para estabilización en vuelo del avión.	UAV con un upgrade sustancial para mejorar el sistema de captura termal.	100 %
	R1.2	Sistema de Captura validado y funcionando.	100% de Instalación	No existe el sistema de captura en UVA.	Instalar sistema de captura térmico adecuado a los requerimientos de detección.	Sistema de captura ha sido instalado y funcional.	100%
	R1.3	Integración, normalización y validación del prototipo desarrollado.	100% de Validación	Solo existen sistemas de sensores poco prácticos y caros y la alternativa sería la bomba scholander que es muy impráctica.	Sistema semi automático de proceso que permita generar los mapas de déficit y optimización de riego en un día.	Sistema operativo y funcionando solo adaptando sistema para el desarrollo de análisis en los tiempos adecuados.	100%
2	R2.1	Sistema de Toma de información de terreno desarrollado y funcionando.	100% de Funcionamiento	No hay un sistema adecuado por lo que escasamente se sacan datos.	Sistema operativo direccionado con información espacial y temporal estructurada.	Se ha desarrollado el sistema de captura adecuado con instalación de	100%

						sensores de humedad a tiempo real.	
	R2.2	Desarrollo de Software de segmentación de copas térmicas, en base a puntos anteriores, para obtención de termografía normalizada de copas.	100% de Desarrollo	No hay y se desarrolla manualmente tomando una eternidad realizarlo por lo que no se hace.	Sistema que capture las copas de los árboles y permita generar una máscara de corte para la parte termal.	Se actualizó el software ICAS (desarrollo PROGAP) que será utilizado en integración con el sistema termal que se está desarrollando.	100%
	R2.3	Desarrollo de Módulo de Software para la obtención del Índice CWSI e integración en un modelo de potencial xinemático.	100% de Desarrollo	No existe.	Sistema que calcule el potencial en planta para cada árbol. Prototipo generado en temporada pasada e integrado en aplicación digital.	Se desarrollaron los modelos de calibración a las imágenes térmicas y en proceso de desarrollo de aplicación digital para su validación en la actual temporada.	100%
3	R3.1	Desarrollo del módulo de software para la evaluación de déficit hídrico predial.	90% de Desarrollo	Sobre base térmica no hay, mas solo hay modelos estocásticos no determinísticos como este.	Sistema que genera mapas de déficit.	Modelo teórico desarrollado, e integrado en aplicación digital. Se espera validación en temporada	100%

						actual.	
	R3.2	Desarrollo de una plataforma web y servidor asociado, con la información de monitoreo y mapas obtenidos.	100% de Desarrollo	Existen pero de monitoreo de variables de planta y suelo.	Sistema integrado web donde se aloje la información generada con acceso móvil.	Se ha realizado la generación del servidor del sistema. Se ha integrado con el modelo de la sección R3.1.	100%
	R3.3	Desarrollo de Plataforma Móvil (Smartphone APP android) conectada al servidor, para nivel usuario en terreno.	100% de Desarrollo	Existen app en la web pero son genéricas y muy difíciles de utilizar por un usuario no experto.	Sistema de visualizador móvil de resultados para validar en campo.	Se desarrolló el app para uso de usuarios.	100%
4	R4.1	Estudio de Caracterización de Nuevos Mercados potenciales.	Cantidad de Estudios Obtenidos.	No hay.	Potencial mercado en sector servicios.	Se han iniciado las conversaciones para un uso potencial en empresas agrícolas con empresas de servicios, esperando consolidar hacia el final proyecto. Por otra parte, se han visto utilidades en	100 %

						otras áreas como la forestal y uso de esta tecnología también en el sector minero, como resultados eso si alternativos y no como eje de este proyecto.	
R4.2	Definición de Acuerdos de Transferencia Tecnológica.	Cantidad de Protocolos Desarrollados	No hay.	Potencial mercado en sector servicios.	Se han iniciado las conversaciones con Telefónica I+D para escalar los resultados finales proyecto.	100%	
R4.3	Prospección comercial de los resultados del proyecto en función del Modelo de Negocios	Cantidad de Estudios Obtenidos	No hay.	Potencial mercado en sector servicios.	Se está trabajando con la empresa testigo en esta línea con buenos resultados. Por otra parte, Se han iniciado las conversaciones con	100%	

						Telefónica I+D para escalar los resultados finales proyecto.	
5	R5.1	Estudio de Análisis Comparativo relación Costo - Beneficio sistemas de AP Actuales vs Sistema Autónomo aéreo.	Cantidad de Estudios Obtenidos	No hay.	Potencial mercado en sector servicios.	Se está recopilando información técnica y económica en los ensayos, encontrándose un significativo costo extra por sobre aplicación de riego durante la mayor parte temporada.	100%
	R5.2	Cuantificación del avance: (Cuantifique el avance para todos los resultados esperados)	Cantidad de Seminarios Desarrollados	No hay.	Potencial mercado en sector servicios del sector hortofrutícola.	Presentaciones en seminarios internacionales y locales. Existe también un creciente movimiento en los medios de difusión	100%

						mediáticos asociados a estos desarrollos, como se ha visto en las últimas publicaciones de revistas del agro.	
R5.3	Descripción del avance del período (describa sólo aquellos que han tenido actividad durante el período)	Cantidad de Boletines Desarrollados	No hay.	Potencial mercado en sector servicios.	Se han desarrollado boletines y escritos asociados a las presentaciones de congresos y seminarios.	100%	
R5.4	Actividades de Difusión – Días de Campo.	Cantidad de Días de Campo Desarrollado	No hay.	Potencial mercado en sector servicios.	Salida a terreno con estudiantes de INACAP, Productores Agrícolas y Equipos de Agrónomos de Empresas Agrícolas.	80%	

Nº RE	Descripción Avance	Problemas y Desviaciones	Repercusiones	Acciones Correctivas
R1.1	UAV con sistema de auto-pilot y estabilizador instalado y funcional.	Totalmente finalizado.	No hay.	No hay.
R1.1	Sistema de captura termal y multiespectral instalado para su test de captura.	Todos los sistemas instalados y totalmente operativos.	No hay.	No hay.
R1.2	Sistema operativo y funcionando en los tiempos adecuados.	Ensayos realizados acorde a lo esperado.	No hay.	No hay.
R1.3	Se ha desarrollado el sistema de captura adecuado en todas las variables necesarias para este desarrollo.	Todo bien definido sin problemas.	No hay.	No hay.
R2.1	Se actualizó el software ICAS (desarrollo PROGAP) para el uso integrado con el sistema termal.	Detección de copas clara y sin problemas.	No hay.	No hay.
R2.2	Evaluación de zonificación de copas para uso en aplicación térmicas.	Aplicación realizada.	No hay.	No hay.
R2.3	Se desarrolló el modelo de normalización de imágenes térmicas que permita desarrollar los mosaicos térmicos y se está desarrollando la aplicación para su automatización.	Se ha desarrollado la aplicación para realizar esto automatizado.	No hay.	No hay..
R3.1	Desarrollo del módulo de software para la evaluación de déficit hídrico predial	Se ha logrado desarrollar el modelo de aplicación para desarrollo de mapas de potencial hídrico de plantas, y se ha desarrollado una aplicación para su automatización.	No hay.	No hay.
R3.2	Se ha generado el servidor web del sistema.	Desarrollado e integrado con resultados de R3.1.	No hay.	No hay.
R3.3	Se desarrolló el app y lista para uso con usuarios del sistema.	Desarrollo de plataforma en html 5 utilizable tanto en PC como en sistemas de Celulares.	No hay.	No hay.

R4.1	Estudio de Caracterización de Nuevos Mercados potenciales	El avance de las diferentes etapas del proyecto ha permitido tener la información necesaria para poder exponer estos a otras empresas actualmente Telefónica I+D ha demostrado interés en avanzar con nosotros en una salida comercial del producto, firmándose un acuerdo de cooperación para tal efecto.	No hay.	Seguir avanzando en el escalamiento del proyecto con Telefónica I+D.
R4.2	Definición de Acuerdos de Transferencia Tecnológica.	Se ha avanzado con los resultados del proyecto y esto ha permitido tener una difusión al mercado y con empresas buscando la línea de transferencia por vías comerciales, tal como se ha realizado en conversaciones con Telefónica I+D para el escalamiento de los resultados de esta iniciativa.	No hay.	Seguir avanzando en el escalamiento del proyecto con Telefónica I+D.
R4.3	Prospección comercial de los resultados del proyecto en función del Modelo de Negocios	Se ha iniciado potenciales alternativas en esta línea, se está evaluando un modelo de negocio adecuado a esta línea de desarrollo en conjunto con Telefónica I+D.	No hay.	Seguir avanzando en el escalamiento del proyecto con Telefónica I+D.
R5.4	Inicio de un esquema de difusión escalonada según los avances del proyecto y proyección de este en seminarios.	Se busca ir acotando las necesidades y visión del sector privado para mejorar el desarrollo final, asociado al trabajo a realizar con telefónica I+D.	No hay.	Seguir avanzando en el escalamiento del proyecto con Telefónica I+D.

6. Actividades

6.1. Cuantificación del avance. Cuantifique el avance para todos los resultados esperados:

Nº OE	Nº RE	Actividades	Programado		Real		% Avance
			Inicio	Término	Inicio	Término	
1	R1.1	1.1 Compra e Internación de Cámara y Equipos Electrónicos.	1	6	5	10	100
		1.2 Desarrollo de la Electrónica asociada a integración de cámara y equipamiento electrónico al Avión UAV.	4	12	2	11	100
1	R1.2	1.3 Desarrollo de Sistema Digital de Captura de Imágenes Termal y Control con estación de base de control del avión UAV.	10	18	2	12	100
1	R1.3	1.4 Desarrollo del sistema de entrega de las imágenes capturadas e información de vuelo.	13	24	13	20	100
		1.5 Integración, normalización y validación del prototipo desarrollado.	13	36	3	24	100
2	R2.1	2.1 Desarrollo de SIG Predial	1	6	4	5	100
		2.3 Obtención de Información de Terreno (variabilidad de suelos)	1	6	4	8	100
		2.4 Desarrollo de zonas Homogéneas a partir de la información satelital y de					

		terreno.					
		2.5 Adquisición y localización de puntos de control y monitoreo de humedad y temperatura de suelo.	1	12	4	8	100
		2.10 Determinación de Puntos Muestreales anexos a los puntos de monitoreo de suelo, asociados a la variabilidad térmica de detalle detectadas en los primeros vuelos del UAV.	4	12	4	7	100
		2.11 Monitoreo de temperatura en terreno de las plantas y potencial xilemático, para obtención de modelo de ajuste hídrico termal - aéreo.	1	30	10	18	100
			13	30	4	30	100
2	R2.2	2.2 Obtención de Información Satelital (Landsat 7) y análisis espacio temporal.	1	12	3	12	100
		2.6 Transformación y Normalización de las imágenes capturadas con la información de vuelo y SIG de Campo.	13	18	11	18	100
		2.7 Generación de Mosaicos de Imágenes Transformadas y Normalizadas.	13	24	11	18	100
		2.8 Generación de Mosaico RGB y definición de copas de árboles a trabajar (uso de Software ICAS).	25	36	4	8	100
		2.15 Integración y validación de los Software desarrollados.	25	36	24	32	100

2	R2.3	2.6 Transformación y Normalización de las imágenes capturadas con la información de vuelo y SIG de Campo.	13	18	11	20	100
		2.7 Generación de Mosaicos de Imágenes Transformadas y Normalizadas.	13	24	11	18	100
		2.8 Generación de Mosaico RGB y definición de copas de árboles a trabajar (uso de Software ICAS).	13	24	4	12	100
		2.9 Desarrollo de Software de segmentación de copas térmicas, en base a puntos anteriores, para obtención de termografía normalizada de copas.	19	24	4	24	100
		2.13 Desarrollo de Módulo de Software para la obtención del Índice CWSI e integración en un modelo de potencial xinemático.	19	24	10	24	100
		2.15 Integración y validación de los Software desarrollados.	25	36	20	30	100
2	R2.4	2.12 Evaluación espacial de los rendimientos de las zonas homogéneas determinadas.	1	30	3	30	100
		2.14 Desarrollo del módulo de software para la evaluación de déficit hídrico predial.	19	24	18	24	100
		2.15 Integración y validación de los					

		Software desarrollados.	25	36	20	30	100
3	R3.1	3.1 Desarrollo de una plataforma web y servidor asociado, con la información de monitoreo y mapas obtenidos	19	36	4	30	100
3	R3.2	3.2 Desarrollo de Plataforma Móvil (celular) conectada al servidor, para nivel usuario en terreno.	19	36	4	33	100
4	R4.1	4.1 Estudio de Caracterización de Nuevos Mercados Potenciales.	1	6	11	32	100
4	R4.2	4.2 Definición de Acuerdos de Transferencia Tecnológica.	25	30	25	32	100
4	R4.3	4.3 Estudio de Prospección Comercial de los resultados del proyecto en función del Modelo de Negocios.	28	30	11	32	100
5	R5.1	5.4 Seminario de Difusión.	31	36	11	33	100
5	R5.2	5.1 Manuales de Operación. 5.3 Brochures de Difusión.	31 34	36 36	31 31	36 34	100 100
5	R5.3	5.2 Charlas de Capacitación.	10	36	11	36	100

6.2. Descripción del avance del período (describa sólo aquellos que han tenido actividad durante el período)

Actividad	Descripción Avance	Problemas y Desviaciones	Repercusiones	Acciones Correctivas
R3.1	Desarrollo del módulo de software para la evaluación de déficit hídrico predial.	Se han integrado todos los modelos tanto de imágenes térmicas a potencial xilemático para evaluación de déficit, como los modelos de variación de humedad de suelo y a la vez se han evaluado su proyección temporal con la data de campo validando el modelo desarrollado.	No se ve problemas.	Se ha desarrollado los algoritmos necesarios para el desarrollo de la aplicación requerida y se integró en software único.
R3.1 y 3.2	Desarrollo de una plataforma web y celular asociado a servidor, con la información de monitoreo y mapas obtenidos	Se desarrolló una plataforma única (web PC y Celular en html 5) para visualizar desarrollos obtenidos de la aplicación integrada de modelos de estrés con clara orientación a la facilidad de uso para productores.	No se ve problemas.	Se generó aplicación práctica en formato web para pc y celulares a modo de evitar la complejidad al usuario.
R4.1	4.1 Estudio de Caracterización de Nuevos Mercados Potenciales.	Inicio de prospección de mercados en empresas de integración comercial como Telefónica I+D, de tal forma que permitan una mejor definición de necesidades para el desarrollo de salida comercial de los resultados del proyecto.	No se ve problemas ya que se ha avanzado en una salida muy interesante del proyecto.	Potencial comercialización de resultados con empresa líder del sector TIC's.
R5.3	5.2 Charlas de Capacitación.	Los resultados de la temporada que validan los objetivos del proyecto se han presentado a los asociados del proyecto y personal FIA encontrándose una muy buena aceptación de estos. Se espera continuar su escalamiento con salida comercial.	No tiene mayor repercusión en el proyecto.	Potencial comercialización de resultados con empresa líder del sector TIC's.

7. Hitos Críticos

7.1. Indique el grado de cumplimiento de los hitos críticos fijados:

Nº RE	Hitos críticos	Fecha Programado	% Avance a la fecha	Fecha Real Cumplimiento
R1.1; R1.2; R1.3	H.1 Integración, normalización y validación del prototipo desarrollado.	Mes 36	100%	Mes 32
R2.1; R2.2; R2.3; R2.4; R3.1	H.2 Desarrollo de una plataforma web y servidor asociado, con la información de monitoreo y mapas obtenidos.	Mes 36	100%	Mes 30
R2.1; R2.2; R2.3; R2.4; R3.2	H.3 Desarrollo de Plataforma Móvil (Smartphone APP android) conectada al servidor, para nivel usuario en terreno.	Mes 36	100 %	Mes 18
R4.1; R4.2; R4.3	H.4 Prospección comercial de los resultados del proyecto en función del Modelo de Negocios.	Mes 30	100%	Mes 34

7.2. Describa el grado de cumplimiento y posibles desviaciones (máx. 200 palabras).

Al finalizar el proyecto, se visualiza un cumplimiento sustancial en relación a lo comprometido, produciéndose pequeños retrasos en algunas actividades, pero los cuales se subsanaron y no se consideraron importantes para dar un cumplimiento cabal al proyecto. Cabe destacar, el proyecto en su base fue reorientado a lo que termino con un adecuado enfoque más práctico, generando un gran interés desde el sector privado y de empresas tan importantes como telefónica I+D con los cuales se pretende seguir adelante en el escalamiento de esta iniciativa. Por otra parte, se ha generado un inusitado interés por este tipo de desarrollo desde diferentes sectores lo que hace que el avance de este proyecto se vea promisorio y desde la perspectiva del sector productivo muy interesante, factor que ha permitido al personal del proyecto, ser llamado a presentar en diferentes seminarios tanto locales como internacionales.

8. Cambios en el entorno

8.1. Tecnológico

Se debe analizar la situación de la investigación básica y aplicada, así como los procesos, innovaciones, patentes, royalties o publicaciones de los agentes que intervienen y ofrecen soluciones en el sector en particular, en terceros relacionados y en toda la cadena de valor (Máx. 170 palabras)

En cuanto a los avances tecnológicos asociados a la detección de déficit hídrico, se han generado desarrollos en el ámbito de sensoramiento, los cuales van en la línea de detección puntual o en una planta pero no dan una visión espacial y son de alto costo como para tener una instalación masiva, por lo que no se ha generado mayor introducción de estos en el sector productivo. Por otra parte, se han generado avances en lo referente a uso de sensoramiento remoto pero en general por la escala de la información se han trabajado a nivel de zonas o regiones, en escala predial no han dado mayor resultado. Así, lo desarrollado por el proyecto integra ambos frentes en una solución de bajo costo, factor que ya está siendo avanzada en España e Australia, en una línea similar a lo que se está desarrollando en Chile.

8.2. Mercado

Refiérase a los ámbitos de: oferta y demanda; competidores; nuevas alianzas comerciales; productos diferenciados, sustitutos o alternativos; mercados emergentes; productividad de los recursos humanos; precios de mercado, liderazgo del costo de producción; tipo de cambio, tasa de interés, disponibilidad de materias primaras, barreras de entrada al mercado, tratados de libre comercio, subvenciones o apoyo estatal.

Se han realizado un acuerdo de trabajo con empresas del rubro TIC's, en especial con Telefónica I+D, se espera un mayor avance en esta línea para llevar los resultados del proyecto a un nivel comercial.

8.3. Otros

Describe cambios en leyes, regulaciones, impuestos, barreras normativas o legales, normas no escritas, normas medio ambientales, responsabilidad social empresarial "dumping" (laboral o ambiental), entre otros.

No se tiene información con respecto a este punto.

9. Difusión

9.1. Describa las actividades de difusión programadas para el próximo período.

Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participantes	Perfil de los participantes	Medio de Invitación
13/10	INTA	Seminario Internacional	3000	Productores, Técnicos y Profesionales	Invitación a exponer como expositor del seminario.

9.2. Describa las actividades de difusión realizadas durante el período:

Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participantes*	Documentación Generada*
04/ 06	Universidad Católica	Seminario	300	Presentación PPT y texto asociado a los proceeding del seminario.

*Debe adjuntar en anexos material de difusión generado y listas de participantes

10. Auto Evaluación

10.1. ¿Considera que su proyecto logrará insertar en el mercado el bien o servicio o mejorar la competitividad? Explique (máx. 80 palabras)

Se visualiza la validación del modelo generado en forma técnica y por la empresa asociada ha sido altamente exitoso, lo que promete un alto impacto del proyecto dado su base de reducción de costos en uso de estas tecnologías de monitoreo. Lo antes expuesto, se reafirma dado que existe una clara deficiencia en cuanto a las decisiones de riego, optimización de sistemas de riego ya instalados, detección de problemas de riego, logística en el uso de sistemas de riego, etc. que generan grandes mermas en los productores. Este sistema es una alternativa de bajo costo y factible de usar que mejorará sustancialmente la competitividad. Por otra parte, existe un alto interés de las empresas en especial por Telefónica I+D, con la cual se espera escalar el desarrollo a un nivel que pretende dar servicios a las diferentes empresas de venta y servicios de sensores de monitoreo hídrico que permitan a éstas aumentar sus ventas local e internacionalmente.

10.2. ¿Cómo evalúa los resultados obtenidos en función del objetivo general del proyecto? (máx. 80 palabras)

El proyecto ha logrado la obtención de planos de déficit hídrico que permiten definir necesidades de riego en un formato en el espacio/tiempo y una automatización del análisis para lograr los resultados en el momento oportuno. Además, se desarrolló una clara y fácil interface con el usuario, factor vital para el éxito comercial potencial de esta iniciativa. Así, los resultados que se esperaban de este proyecto han sido completamente cumplidos y además se denota un claro y creciente interés por parte de la empresa en su uso y de otras por avanzar en la vía comercial de este.

10.3. ¿Cómo evalúa el grado de cumplimiento de las actividades programadas?(máx. 80 palabras)

En general se han desarrollado las actividades programadas a su cabalidad, sólo pequeños retrasos en algunas actividades, durante la ejecución del proyecto, en cuanto al cambio de enfoque pero esto se logró afianzar adecuadamente no generando retrasos en la finalización correcta del proyecto.

10.4. ¿Cómo ha sido la participación de los asociados? (máx. 80 palabras)

En general se ha logrado una participación activa de los asociados con un creciente interés en los desarrollos más allá de los esperado inicialmente, lo que se ha producido en una motivación al equipo del proyecto, potenciando los avances. Por otra parte, este interés ha trascendido a la empresa participante, con empresas de servicio en esta área, lo que mejoró el feedback hacia el proyecto. Finalmente, la participación de los asociados fue clave en la reorientación que tuvo el proyecto y permitió lograr el exitoso final de este.

11. Conclusión

- 11.1. Concluya y explique la situación actual de la iniciativa, considerando amenazas u oportunidades (máx. 230 palabras).

En conclusión, se visualiza que el proyecto ha logrado obtener los ajustes requeridos para la definición de déficit en el espacio/tiempo y por ende cumplir a cabalidad con el objetivo principal del proyecto. Así, esta iniciativa logró las etapas más complejas de este proyecto, la cuales estuvieron asociada a lograr los modelos de ajuste y calibración en la detección del déficit su espacialización y predicción, y por ende la definición de la necesidad de riego de cuanto y cuando realizarlo, pregunta que siempre es realizada por los productores. Por otra parte, se logró la aplicación digital que permita realizar la detección en forma automatizada y presentada en un formato fácil de uso, factor que se presenta en este informe, y que era vital para el éxito de esta iniciativa. Lo antes expuesto, ha motivado no solo al equipo de trabajo sino también, a la empresa asociada donde se están llevando a cabo los ensayos, como otras de servicios tecnológicos de UAV y Telefónica I+D que han despertado interés sobre el proyecto, generando la firma de un convenio con telefónica I+D para continuar con el escalamiento de este, en su versión comercial más amplia. Finalmente, creemos que el proyecto ha logrado romper con las barreras de adopción de nuevas tecnologías que se asocian a factores como que debe ser de bajo costo y muy de fácil uso, esto si se analiza el contexto de los últimos 10 años en que se han creado diversas tecnologías algunas excepcionales, la mayoría ha fracasado por los dos factores antes expuestos, los cuales el proyecto ha logrado romper. En la actualidad solo queda avanzar en una solución más acotada a la comercialización de este desarrollo pero ya a nivel predial factor que ya se ha explicado cómo se abordará.

Anexos

12. Anexo 1. Detalle de etapas de trabajo del modelo desarrollado y validación de éste.

1. Especificaciones del sitio de estudio

En esta temporada se contempló un diseño experimental basado en la relación de las variables en estudio, para ello se utilizaron dos cuarteles para la colección de datos, con un total de 3.92 ha. Estos están ubicados en la misma localidad que los ensayos de la temporada anterior, a diferencia que se utilizó dos cuarteles sin cobertura de plástico.



Figura 1. Especificación del sitio de estudio.

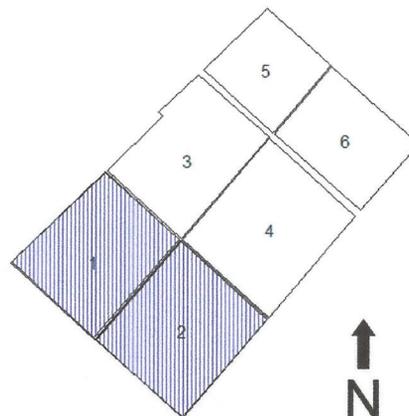


Figura 2. Especificación de la zona de colección de datos (bloque 1 y 2).

Los cuarteles uno y dos fueron los que se utilizaron para coleccionar los datos (Figura 2), el cuartel uno tiene una superficie de 1.89 ha y el cuartel dos tiene una superficie de 2.03 ha.

2. Suelo y mediciones asociadas

El proceso de obtención de estos datos, fueron implementados desde el comienzo del proyecto, el objetivo principal es obtener las zonas de manejo y los puntos de monitoreo asociado a las zonas, donde, se instalaron los sensores de monitoreo (Humedad de suelo, muestreo de suelo, potencial xilemático e imágenes termales).

2.1. Mapa topográfico

El mapa topográfico se ha obtenido de satélite, donde posee una resolución de 40 m. por 20 m., en el interior del cuartel de ensayo se encuentran 43 puntos, con las alturas respectivas del terreno. Estos datos son importante para conocer el efecto del agua con respecto a la pendiente y a la profundidad del suelo.

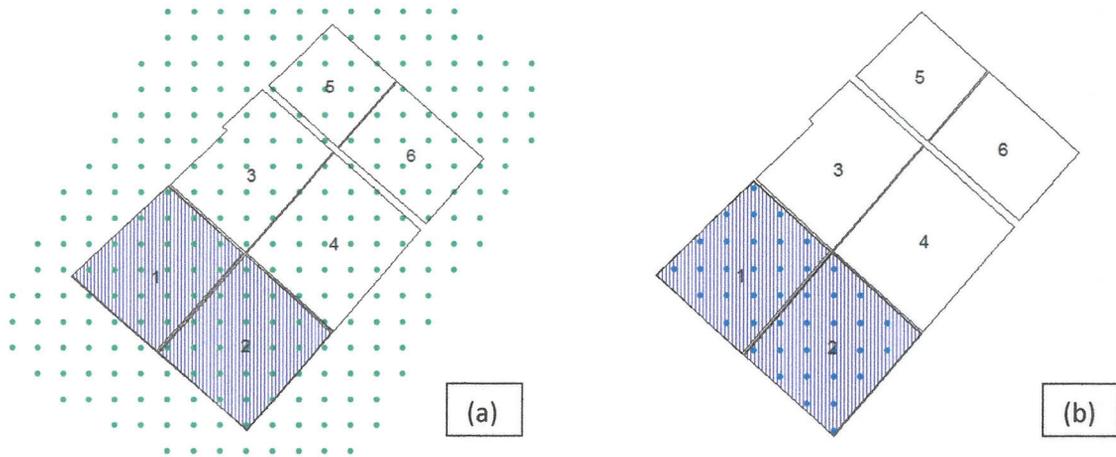


Figura 3. (a) Puntos de topografía total, (b) puntos de topografía en cuartel.

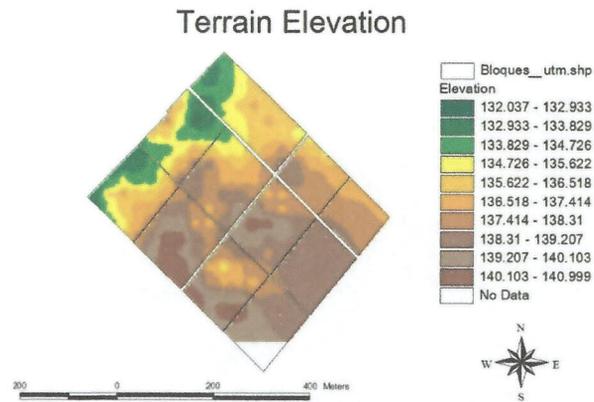


Figura 4. Interpolación de los datos de elevación de terreno.

2.2. Mediciones de conductividad eléctrica

Los datos de conductividad eléctrica fueron obtenidos mediante el equipo EM38, de la empresa Canadiense Geonics Lt. (<http://www.geonics.com/>), este equipo permite la caracterización de las propiedades del subsuelo, ofrece la medición de la conductividad aparente y susceptibilidad magnética a una profundidad efectiva de 1,5 metros. Para este estudio se realizó la medición a una profundidad de 1 m., durante el mes de marzo del 2014.

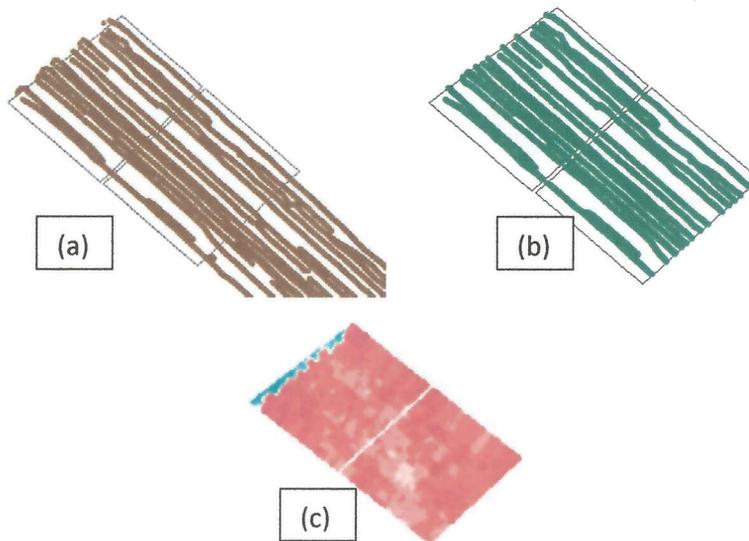


Figura 5. (a) Detalle de obtención de datos con EM38, (b) filtro de data en el cuartel de ensayo, (c) interpolación de data de EM38.

En el proceso de filtraje de datos, en el interior del cuartel, se obtuvieron 4333 datos asociados a las características del suelo. Se dispuso el sistema en una moto de cuatro ruedas, y la recolección de datos espaciales fueron realizadas con Gps diferencial (Trimble, Mod: 4600) y datalogger (Alegro, mod: CX).

2.3. Mapa de textura

Los datos de textura fueron obtenidos basados en puntos de medición asociados a la variabilidad del cuartel, utilizando la información de canopia obtenida con imágenes multiespectral de UAV, descritas más adelante.

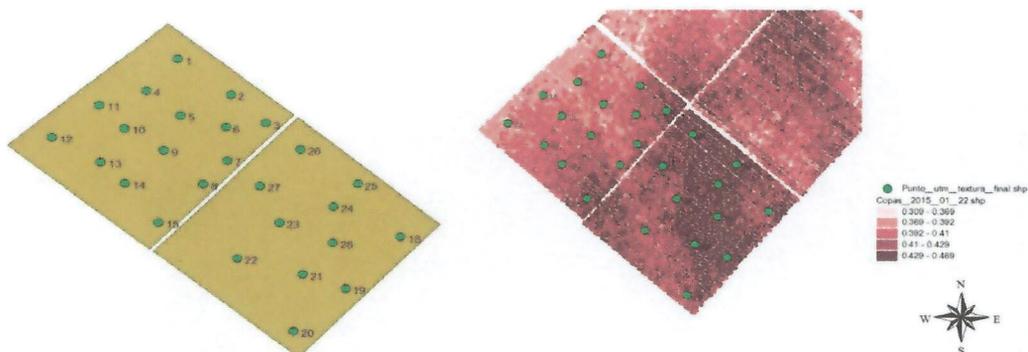


Figura 6. Puntos de monitoreo para la obtención de datos texturales.

Se dispusieron 26 puntos de monitoreo en ambos cuarteles, 15 de los cuales se encuentran en el cuartel 1, y 11 en el cuartel 2. Se obtuvieron muestras de suelo (1 kg) a una profundidad de 30 cm sobre la hilera, y en laboratorio se utilizó el método de hidrometría (Bouyoucos), para determinar los porcentajes de: Arena, Limo y Arcilla.

2.4. Compactación del suelo

El estanque de almacenamiento de agua en el suelo está influenciado por las compactación del suelo, para ello fue necesario realizar esta medición y reconocer el comportamiento en el cuartel de estudio. Los datos de compactación de suelo se realizaron mediante una grilla estandarizada, de 5 hileras por 10 árboles, se midió a diferentes profundidades (20, 40, 50, 60 y 70 cm), se utilizó un equipo (penetrómetro) de la marca Rimik, mod: CP402 ultrasonic. Se obtuvieron 46 muestras en el cuartel. La fecha de medición fue en marzo de 2015.

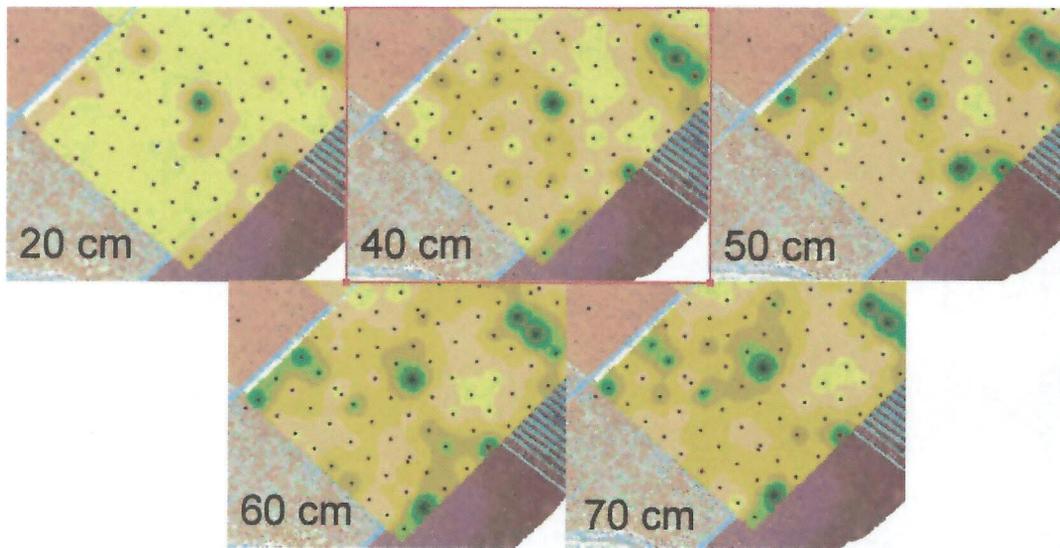


Figura 7. Interpolación de data de compactación del suelo a diferentes profundidades.

3. Datos de cultivo

3.1. Índices obtenido de plataforma UAV

3.1.1. Plataforma UAV

El UAV utilizado es un avión ultra liviano de alimentación eléctrica, fabricado por la empresa chilena IDETEC, posee dos cámaras a bordo (Multiespectral y termal) y sistema de auto-pilot que permite la autonomía de vuelo por unos 50 minutos.



Figura 8. Plataforma UAV de captura de imágenes.

3.1.2. Extracción de índices para la determinación de la variabilidad espacial

La extracción de la información se realizó mediante el software ICAS (Inia Canopy Analyze System, software realizado en INIA Quilamapu), que mediante parámetros relacionados al cultivo (distancia entre hilera, distancia sobre hilera y delimitador del cuartel) en la imagen, es capaz mediante análisis supervisado, de detectar los árboles en el huerto, a lo que llamamos “copas”, donde mediante el índice NDVI (Normalized difference vegetation index) genera las diferencias de vegetación con las diferentes bandas de la imagen. ICAS fue modificado de su versión anterior para que genere un archivo de grillas estandarizadas con la información del cultivo. Además, estas grillas nos permiten incorporar otro tipo de información del huerto al mismo formato estandarizado.

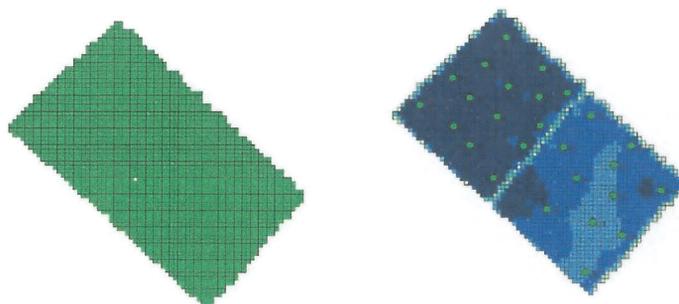


Figura 9. Muestra de estandarización de datos espaciales mediante grillas.

3.1.3. Fechas de capturas

Las fechas de medición fueron realizadas para dos temporadas, de las cuales se detallan las incorporadas en el cuartel de ensayo.

Tabla 1. Fechas de realización de capturas aéreas.

season	date	Multispectral	Thermal	Block 1	Block 2
1	7-Dec-13	X	-	X	X
1	4-Dec-13	X	-	X	X
1	7-Jan-14	X	X	X	X
1	21-Jan-14	X	X	X	X
1	30-Jan-14	X	X	X	X
1	4-Feb-14	X	X	X	X
1	6-Mar-14	X	-	X	X
2	11-Dec-14	X	-	X	X
2	22-Jan-15	X	X	X	X
2	8-Feb-15	X	X	X	X
2	12-Feb-15	X	X	X	X

(X) captura, (-) no captura.

3.1.4. Especificaciones de cámara Multiespectral

La cámara utilizada es un modelo modificado realizado por la empresa Maxmax (<https://www.maxmax.com/>), se utilizó la Canon Powershot SX230 HS, la cual se le adhirió un filtro de 37 mm en la parte frontal del sensor, y se removió el filtro de corte que poseía. La cámara tiene una resolución de 12.1 megapixels (Mpx) y tiene capacidad para leer en el espectro visible e infrarrojo.

Tabla 2. Longitud de onda de las diferentes bandas de lectura de la cámara.

	Wavelength
BLUE	470 nm
GREEN	520 nm
RED	-
IR	710 nm

3.1.5. Resolución del pixel en el huerto

El pixel de la imagen a la altura de la canopia, depende de diversos factores, entre ellos la altura de vuelo del UAV y la resolución de la cámara. La cámara tiene una resolución de 12.1 Mpx, aproximadamente 4000 pixeles de ancho y 3000 pixeles de alto. La altura de vuelo es aproximadamente de 300 m, teniendo en total un pixel de 10 cm a la altura de la canopia.



Figura 10. Demostración de tamaño de pixel.

3.1.6. Mosaicos

El proceso de mosaico es realizado en el software Agisoft Photoscan (<http://www.agisoft.com/>), el proceso de conversión digital a índices es realizado mediante un algoritmo implementado en software ICAS (Inia Quilamapu). La georreferenciación se realizó en el software ENVI (<http://www.sigsa.info/envi>).

3.1.7. Selección de los puntos de monitoreo y colección de datos.

Se seleccionaron nueve puntos de medición de los 26 puntos integrados en los cuarteles de ensayos, donde, se dispuso tres zonas (tratamientos), en cada una de ellas tiene tres repeticiones. Donde se dispuso a realizar las capturas de imágenes termales.

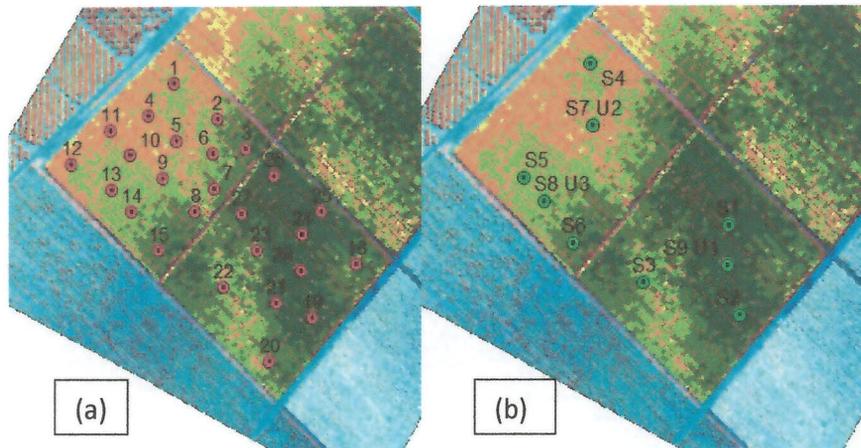


Figura 11. Location of the measurement whit thermal images. (a) All point in the field, (b) selected point per zone.

3.2. Cámara termal en UAV

3.2.1. Equipamiento

Se utilizó una cámara de la marca ICI Infrared Cameras, modelo: 7320 P, con una resolución de 320 pixel de ancho por 240 pixeles de alto (<http://www.infraredcamerasinc.com/infrared-camera-7320.html>), esta cámara está montada en UAV conectada a una plataforma de Raspberry Pi, que genera la sincronización de la capturas y posterior almacenamiento.



Figura 12. ICI cámara termal.

3.2.2. Mosaicos

El proceso de mosaico es realizado en el software Agisoft Photoscan (<http://www.agisoft.com/>), el proceso de conversión digital a temperatura es realizado mediante un algoritmo implementado en Matlab (2012b), descrito en los informes anteriores. La georreferenciación se realizó en el software ENVI (<http://www.sigs.info/envi>).

3.2.3. Fecha de capturas

Las fechas de capturas se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 3. Fechas de captura de imágenes termales.

season	date	Multispectral	Thermal	Block 1	Block 2
2	22-Jan-15	X	X	X	X
2	8-Feb-15	X	X	X	X
2	12-Feb-15	X	X	X	X

(X) captura, (-) no captura.

3.3. Cámara térmica utilizada bajo el cultivo

El usos de esta cámara fue calibrar el potencial xilemático en hoja con la temperatura de la canopia, además, se utilizó para registrar la temperatura de la canopia y relacionar con la temperatura expresada en la imagen térmica obtenida con el UAV, que nos permitirán crear los mapas de potencial xilemático desde el aire.

3.3.1. Detalle de sistema

Se utilizó una cámara termografía (radiométrica), de la marca Fluke TIR40 con una resolución de 320X240, donde se capturan imágenes en cada punto de monitoreo, en la parte de arriba de la canopia y en la parte de debajo de la canopia.



Figura 13. Captura con cámara termal bajo la canopia.

3.3.2. Fecha de medición

Tabla 4. Fechas de medición en cuartel 1 y 2.

Id	Measurementpoint	Treatment	Repetition	Dates			
				1/22/2015	1/29/2015	2/4/2015	2/12/2015
22	S3	1	3	X	X	X	X
1	S4	1	2	X	X	X	X
5	S7 U2	1	1	X	X	X	X
13	S5	2	2	X	X	X	X
15	S6	2	3	X	X	X	X
14	S8 U3	2	1	X	X	X	X
24	S1	3	2	X	X	X	X
19	S2	3	3	X	X	X	X
28	S9 U1	3	1	X	X	X	X

(X) captura, (-) no captura.

3.4. Potencial xilemático en hoja

3.4.1. Equipamiento

Se realizaron las mediciones del potencial xilemático en hoja, utilizando una cámara de presión, de la marca PMS modelo 670. La metodología utilizada es la propuesta por Scholander, et al 1964.

3.4.2. Fecha de medición

Tabla 5. Fecha de medición en cuartel 1 y 2.

Id	Measurementpoint	Treatment	Repetition	Dates			
				1/22/2015	1/29/2015	2/4/2015	2/12/2015
22	S3	1	3	X	X	X	X
1	S4	1	2	X	X	X	X
5	S7 U2	1	1	X	X	X	X
13	S5	2	2	X	X	X	X
15	S6	2	3	X	X	X	X
14	S8 U3	2	1	X	X	X	X
24	S1	3	2	X	X	X	X
19	S2	3	3	X	X	X	X
28	S9 U1	3	1	X	X	X	X

(X) captura, (-) no captura.

3.4.3. Lugar de medición

Las zonas de medición son las mismas utilizadas para las variables anteriores, utilizando las zonas (tratamiento) y las repeticiones en cada punto, como se aprecia en la figura 11.

3.5. Datos de rendimiento

3.5.1. Rendimiento 2015

En los 26 puntos de mediciones, se procedió a medir los racimos de los arboles asociados, a partir de esta medición, se obtuvieron los rendimientos por zonas, asociados a los tratamientos.

Tabla 6. Medición de rendimiento a cosecha (17-feb-2015).

id	Point	Treatment	Repetition	Zone	Yieldmeasurement
22	S3	1	3	Low	YES
2				Low	YES
1	S4	1	2	Low	YES
4				Low	YES
	S7				
5	U2	1	1	Low	YES
6				Low	YES
7				Low	YES
8				Low	YES
11				Low	YES
23				Middle	YES
27				Middle	YES
3				Middle	YES
9				Middle	YES
10				Middle	YES
12				Middle	YES
13	S5	2	2	Middle	YES
	S8				
14	U3	2	1	Middle	YES
15	S6	2	3	Middle	YES
18				High	YES
19	S2	3	3	High	YES
20				High	YES
21				High	YES
24	S1	3	2	High	YES
25				High	YES
26				High	YES
	S9				
28	U1	3	1	High	YES

Tabla 7. Rendimiento de cada cuartel de estudio (La rosa-Sofruco, 2015).

Block	hectares	kg/ha
1	1.89	65.403
2	2.03	72.289

3.6. Tamaño de baya en racimos

Los tamaños de las bayas fueron medidos con instrumento de precisión (Digital Caliper), el cual se procedió a medir un total de 30 bayas por racimo, en un total de 4 racimos por planta, en diversas fechas que se detallan a continuación:

Tabla 8. Mediciones de tamaños de fruta con caliper.

Id	Point	Treatment	Repetition	Date				
				12/18/2014	1/8/2015	1/28/2015	2/12/2015	2/17/2015
22	S3	1	3	X	X	X	X	X
1	S4	1	2	X	X	X	X	X
5	S7 U2	1	1	X	X	X	X	X
13	S5	2	2	X	X	X	X	X
15	S6	2	3	X	X	X	X	X
14	S8 U3	2	1	X	X	X	X	X
24	S1	3	2	X	X	X	X	X
19	S2	3	3	X	X	X	X	X
28	S9 U1	3	1	X	X	X	X	X

(X) captura, (-) no captura.

3.6.1.1. Cosecha

La cosecha y mediciones se realizaron el 02/17/2015, se midió los tamaños de baya en las frutas, monitoreo de las diferencias vegetativas con ceptómetro y sistema digital de captura.

4. Monitoreo de agua

4.1. Sensores de humedad de suelo

Se instalaron sensores en cada una de los puntos de medición (9 puntos) mencionados anteriormente, en la tabla 12 se especifican la distribución de las mediciones. La marca de los sensores es Decagon Device, mod: ECH2O 5.

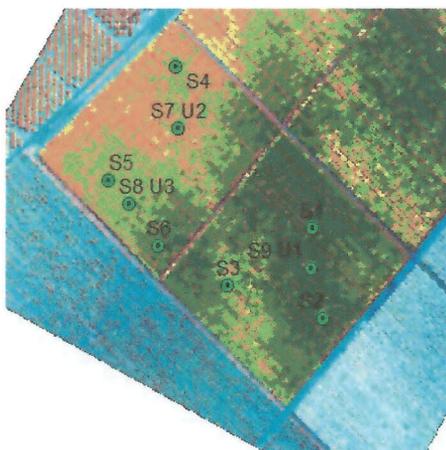


Figura 14. Localización de los puntos de medición.

4.1.1. Instalación

La profundidad de instalación para las repeticiones (Rep. 2 y Rep. 3) es de 30 cm, a una distancia de 60 cm del tronco, sobre la hilera y bajo el gotero de riego. Para las Rep. 1 de cada tratamiento se dispuso dos sensores, uno a 30 cm de profundidad y otro a 70 cm de profundidad. A una distancia de 60 cm del tronco sobre la hilera y bajo el gotero de riego.

Tabla 9. Especificación de sensores de humedad instalados en el cuartel

Id	Point	Treatment	Repetition	n° of sensor	Deep 1 (cm)	Deep 2 (cm)	Block
22	S3	1	3	1	30	-	2
1	S4	1	2	1	30	-	1
5	S7 U2	1	1	2	30	70	1
13	S5	2	2	1	30	-	1
15	S6	2	3	1	30	-	1
14	S8 U3	2	1	2	30	70	1
24	S1	3	2	1	30	-	2
19	S2	3	3	1	30	-	2
28	S9 U1	3	1	2	30	70	2

4.1.2. Frecuencia de lectura

Se programó el datalogger para una frecuencia de 2 horas de lectura de la humedad del suelo para cada sensor instalado en los cuarteles, desde 01 noviembre del 2014 hasta la fecha.

4.1.3. Método de calibración

La calibración de los sensores de humedad se utilizó dos métodos: (a) El primer método se usó el método gravimétrico de contenido de humedad, consistió en la medición "in situ", mediante muestras de suelo obtenida con cilindros con volumen conocido. Se evaluó cada semana desde el 01 de enero 2015 hasta el 28 de febrero 2015, se observó el contenido de humedad en

relación a la información RAW que proporciona el sensor, generando así la curva polinomial de calibración. Las muestras son obtenidas en cada punto de medición determinado anteriormente (Figura 14), asociado a los ensayos.

(b) El segundo método es utilizar una porción de suelo obtenida de cada zona, las muestras se van secando progresivamente al aire y se van tomando medidas simultáneas con el sensor y del peso de la muestra con la balanza de laboratorio. Finalmente se determina el peso seco tras secado en estufa a 105°C. A partir de los pesos obtenidos y con el peso seco se calcula el valor de humedad como cociente entre la diferencia de pesadas entre ambos pesos y el volumen de muestra. Este método se utilizó una muestra obtenida en abril 2015 y está en proceso de evaluación.

4.2. Programación del riego

4.2.1. Detalle de cortes y riegos

Los riegos se realizaron en la frecuencia que la empresa frutícola lo determinó, sin embargo los cortes se realizaron en una hilera completa, donde se instaló llaves de paso que no permitieron el paso del agua. El corte se programó para el 01 de enero del 2015 hasta el 25 de febrero del 2015, en cada repetición 1 y 2 de cada tratamiento, para la repetición 1 se dejó con el riego normal del cuartel establecido por la empresa.

Cada una de estas variables está en cada punto de medición expresadas anteriormente.

Tabla 10. Programación de riego por cada uno de los tratamientos y repeticiones (horas de riego).

			Block			1 1 2			1 1 1			2 2 2		
			Treatment			1 1 1			2 2 2			3 3 3		
			repetition			1 2 3			1 2 3			1 2 3		
			S7	S4	S3	S8	S5	S6	S9	S1	S2			
date	day	kc												
12/15/2014	lunes	0.7												
12/16/2014	martes	0.7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
12/17/2014	miércoles	0.7												
12/18/2014	jueves	0.7												
12/19/2014	viernes	0.7												
12/20/2014	sábado	0.7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
12/21/2014	domingo	0.7												
12/22/2014	lunes	0.7												
12/23/2014	martes	0.7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
12/24/2014	miércoles	0.7												
12/25/2014	jueves	0.7												
12/26/2014	viernes	0.7												
12/27/2014	sábado	0.7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
12/28/2014	domingo	0.7												

12/29/2014	lunes	0.7	8	8	8	8	8	8	8	8
12/30/2014	martes	0.7								
12/31/2014	miércoles	0.7	8	8	8	8	8	8	8	8
1/1/2015	jueves	0.7								
1/2/2015	viernes	0.7								
1/3/2015	sábado	0.7								
1/4/2015	domingo	0.7								
1/5/2015	lunes	1	10			10				10
1/6/2015	martes	1								
1/7/2015	miércoles	1	10			10				10
1/8/2015	jueves	1								
1/9/2015	viernes	1	10			10				10
1/10/2015	sábado	1								
1/11/2015	domingo	1								
1/12/2015	lunes	1	10			10				10
1/13/2015	martes	1								
1/14/2015	miércoles	1	10			10				10
1/15/2015	jueves	1								
1/16/2015	viernes	1	10			10				10
1/17/2015	sábado	1								
1/18/2015	domingo	1								
1/19/2015	lunes	1	10			10				10
1/20/2015	martes	1								
1/21/2015	miércoles	1	10			10				10
1/22/2015	jueves	1								
1/23/2015	viernes	1	10			10				10
1/24/2015	sábado	1								
1/25/2015	domingo	1								
1/26/2015	lunes	1	10			10				10
1/27/2015	martes	1								
1/28/2015	miércoles	1	10			10				10
1/29/2015	jueves	1								
1/30/2015	viernes	1	10			10				10
1/31/2015	sábado	1								
2/1/2015	domingo	1								
2/2/2015	lunes	1	10			10				10
2/3/2015	martes	1								
2/4/2015	miércoles	1	10			10				10
2/5/2015	jueves	1								
2/6/2015	viernes	1	10			10				10
2/7/2015	sábado	1								
2/8/2015	domingo	1								
2/9/2015	lunes	1	10			10				10

2/10/2015	martes	1							
2/11/2015	miércoles	1	10			10			10
2/12/2015	jueves	1							
2/13/2015	viernes	1	10			10			10
2/14/2015	sábado	1							
2/15/2015	domingo	1							
2/16/2015	lunes	1	10			10			10
2/17/2015	martes	1							
2/18/2015	miércoles	1	10			10			10
2/19/2015	jueves	1							
2/20/2015	viernes	1	10			10			10
2/21/2015	sábado	1							
2/22/2015	domingo	1							
2/23/2015	lunes	1							
2/24/2015	martes	1							
2/25/2015	miércoles	1							
2/26/2015	jueves	1	8	8	8	8	8	8	8
2/27/2015	viernes	1							
2/28/2015	sábado	1							
3/1/2015	domingo	1							
3/2/2015	lunes	1							
3/3/2015	martes	1							
3/4/2015	miércoles	1							
3/5/2015	jueves	1							
3/6/2015	viernes	1							
3/7/2015	sábado	1							
3/8/2015	domingo	1							
3/9/2015	lunes	1	6	6	6	6	6	6	6
3/10/2015	martes	1							
3/11/2015	miércoles	1	6	6	6	6	6	6	6
3/12/2015	jueves	1							
3/13/2015	viernes	1	6	6	6	6	6	6	6
3/14/2015	sábado	1							
3/15/2015	domingo	1							
3/16/2015	lunes	1	6	6	6	6	6	6	6
3/17/2015	martes	1							
3/18/2015	miércoles	1	6	6	6	6	6	6	6
3/19/2015	jueves	1							
3/20/2015	viernes	1	6	6	6	6	6	6	6
3/21/2015	sábado	1							
3/22/2015	domingo	1							
3/23/2015	lunes	1	6	6	6	6	6	6	6
3/24/2015	martes	1							

3/25/2015	miércoles	1	6	6	6	6	6	6	6	6
3/26/2015	jueves	1								
3/27/2015	viernes	1	6	6	6	6	6	6	6	6
3/28/2015	sábado	1								
3/29/2015	domingo	1								
3/30/2015	lunes	1	6	6	6	6	6	6	6	6
3/31/2015	martes	1								

5. Resumen de los datos colectados

date	day	Berry size (caliper)	Stemwaterpotential	SoilMoisture	Soilmoisturesample	Temperature, Relativehumidity	UAV images	Thermalimages (under)	Yield data
12/15/2014	Monday								
12/16/2014	Tuesday								
12/17/2014	Wednesday								
12/18/2014	Thursday								
12/19/2014	Friday								
12/20/2014	Saturday								
12/21/2014	Sunday								
12/22/2014	Monday								
12/23/2014	Tuesday								
12/24/2014	Wednesday								
12/25/2014	Thursday								
12/26/2014	Friday								
12/27/2014	Saturday								
12/28/2014	Sunday								
12/29/2014	Monday								
12/30/2014	Tuesday								
12/31/2014	Wednesday								
1/1/2015	Thursday								
1/2/2015	Friday								
1/3/2015	Saturday								
1/4/2015	Sunday								
1/5/2015	Monday								
1/6/2015	Tuesday								
1/7/2015	Wednesday								
1/8/2015	Thursday								
1/9/2015	Friday								
1/10/2015	Saturday								
1/11/2015	Sunday								
1/12/2015	Monday								
1/13/2015	Tuesday								

1/14/2015	Wednesday								
1/15/2015	Thursday								
1/16/2015	Friday								
1/17/2015	Saturday								
1/18/2015	Sunday								
1/19/2015	Monday								
1/20/2015	Tuesday								
1/21/2015	Wednesday								
1/22/2015	Thursday								
1/23/2015	Friday								
1/24/2015	Saturday								
1/25/2015	Sunday								
1/26/2015	Monday								
1/27/2015	Tuesday								
1/28/2015	Wednesday								
1/29/2015	Thursday								
1/30/2015	Friday								
1/31/2015	Saturday								
2/1/2015	Sunday								
2/2/2015	Monday								
2/3/2015	Tuesday								
2/4/2015	Wednesday								
2/5/2015	Thursday								
2/6/2015	Friday								
2/7/2015	Saturday								
2/8/2015	Sunday								
2/9/2015	Monday								
2/10/2015	Tuesday								
2/11/2015	Wednesday								
2/12/2015	Thursday								
2/13/2015	Friday								
2/14/2015	Saturday								
2/15/2015	Sunday								
2/16/2015	Monday								
2/17/2015	Tuesday								
2/18/2015	Wednesday								
2/19/2015	Thursday								
2/20/2015	Friday								
2/21/2015	Saturday								
2/22/2015	Sunday								
2/23/2015	Monday								

2/24/2015	Tuesday								
2/25/2015	Wednesday								
2/26/2015	Thursday								
2/27/2015	Friday								
2/28/2015	Saturday								
3/1/2015	Sunday								
3/2/2015	Monday								
3/3/2015	Tuesday								
3/4/2015	Wednesday								
3/5/2015	Thursday								
3/6/2015	Friday								
3/7/2015	Saturday								
3/8/2015	Sunday								
3/9/2015	Monday								
3/10/2015	Tuesday								
3/11/2015	Wednesday								
3/12/2015	Thursday								
3/13/2015	Friday								
3/14/2015	Saturday								
3/15/2015	Sunday								
3/16/2015	Monday								
3/17/2015	Tuesday								
3/18/2015	Wednesday								
3/19/2015	Thursday								
3/20/2015	Friday								
3/21/2015	Saturday								
3/22/2015	Sunday								
3/23/2015	Monday								
3/24/2015	Tuesday								
3/25/2015	Wednesday								
3/26/2015	Thursday								
3/27/2015	Friday								
3/28/2015	Saturday								
3/29/2015	Sunday								
3/30/2015	Monday								
3/31/2015	Tuesday								

6. Resultados

6.1. Aplicación Temporal y Espacial de evaluación de déficit hídrico en plantas mediante uso de la aplicación ICAS W1, desarrollado por el proyecto.

Luego de testear el modelo, según lo expuesto en la sección anterior, y evaluar el buen performance de este se procedió a generar la aplicación que integre todos los algoritmos generados en una aplicación de evaluación y proyección del déficit hídrico (Figura 15).

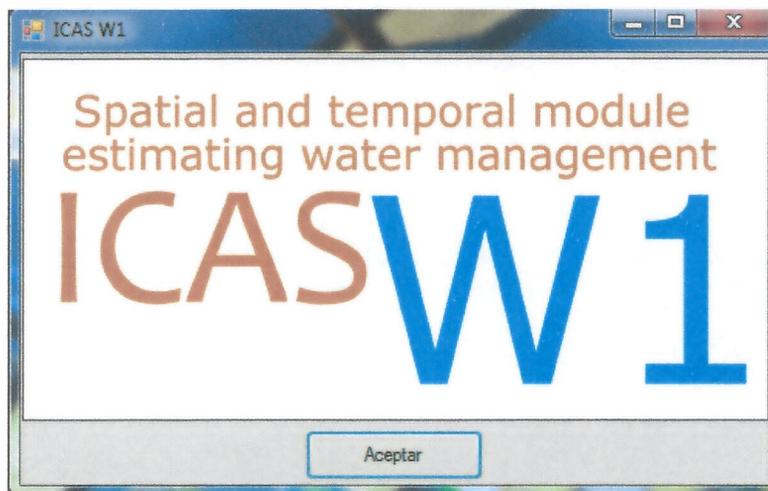


Figura 15. Vista de pantalla de inicio de aplicación ICASw1.

A continuación se detalla un resumen de la aplicación desarrollada y sus funcionalidades. En la Figura 16, podemos visualizar la pantalla principal de la aplicación en la cual se debe seleccionar como primera fase las opciones del sistema, donde se selecciona la localización de la librería espacial desarrollada y carpeta de salida de resultados.

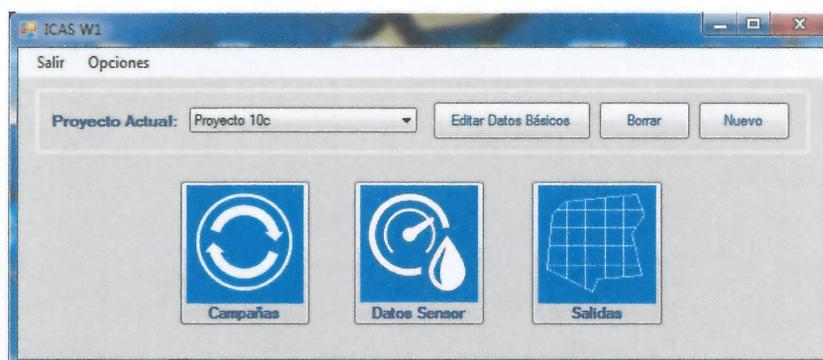


Figura 16. Pantalla principal del ICASw1.

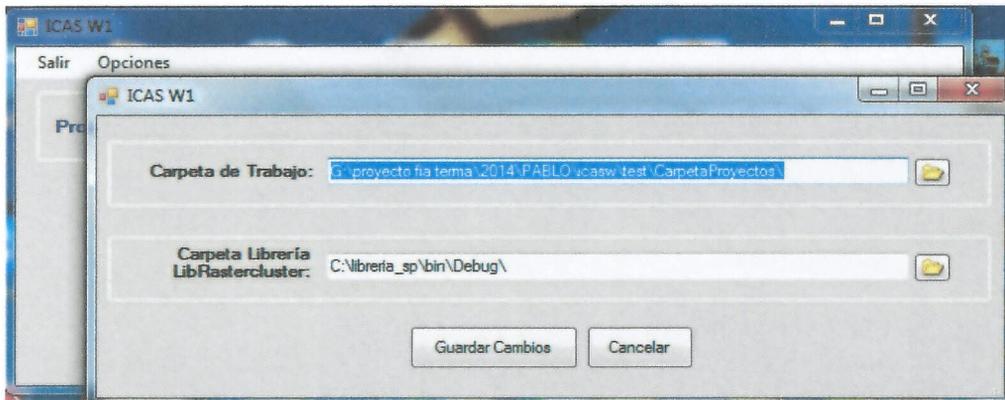


Figura 17. Ventana de opciones del sistema (librería y localización de salidas)

Luego de dar las opciones del sistema se debe generar un nuevo proyecto el cual genera toda la estructura de carpetas donde se deben incorporar la información base de imágenes, data de copas del sector. En este nuevo proyecto, se elige el cultivo a trabajar, localización de la estación de monitoreo de humedad de suelo, fecha de inicio de campaña que será la fecha de inicio del modelamiento espacio temporal.

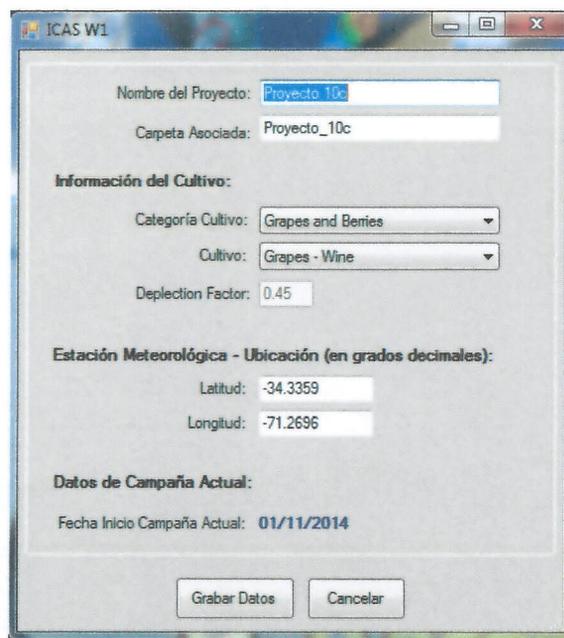


Figura 18. Pantalla de ingreso de información de nueva campaña.

Terminado el ingreso de la información de campaña (planos de copas, termal, etc.), el sistema chequea los datos para evaluar que todo este correcto en cuanto a ingreso de información en pantalla va mostrando loas diferentes evaluaciones que hace el sistema para ver si existe un error de ingreso de data ver donde se generó para corrección (Figura 19).

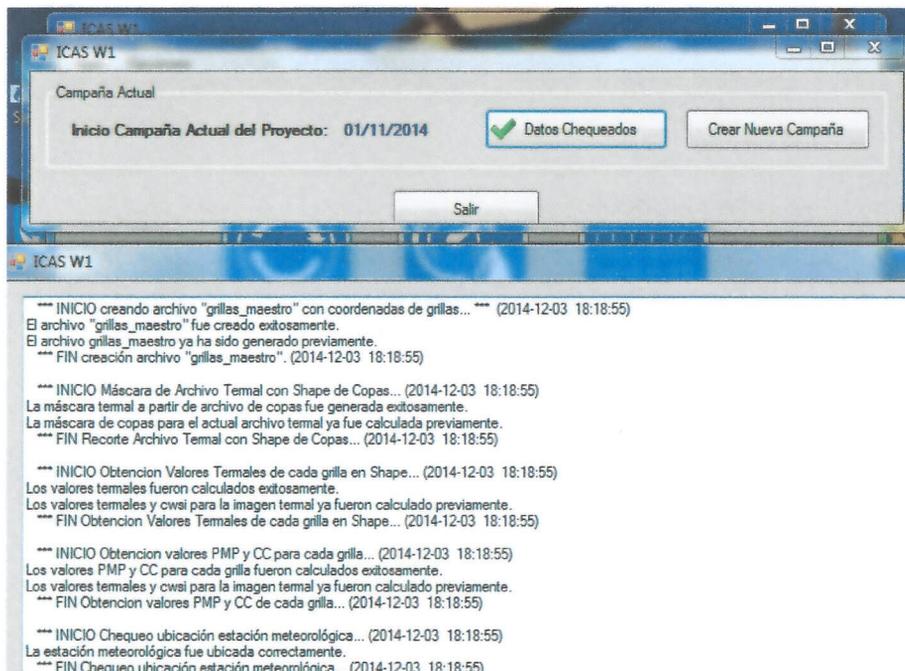


Figura 19. Evaluación y chequeo de variables de entrada del modelo.

Si todas las variables de entrada están correctas, el sistema debe indicar con un signo de check verde que todo está correctamente ingresado. Esta etapa si bien se ve un poco compleja solo se hace al inicio de la campaña ya que luego esta queda pre ingresada en el sistema y luego solo se va ingresando las imágenes termales y de NDVI cada 15 a 20 días para ir ajustando el modelo. La fase repetitiva del modelo está en la sección datos del sensor (Figura 20), en la cual uno debe ir ingresando el valor de humedad diario que se obtiene desde la estación automática. En esta parte, se debe hacer un ingreso manual diario para generar las salidas de humedad de suelo espacial y nivel de estrés de plantas. Esta fase manual, se desarrolló solo en esta etapa de prueba, luego se puede conectar directamente con la estación para obtener este dato automático pero no se ha desarrollado todavía debido a que se debe validar primero el modelo y luego dependerá de los diferentes sensores y estaciones del mercado por lo que esto debe realizarse luego en una fase comercial del modelo.

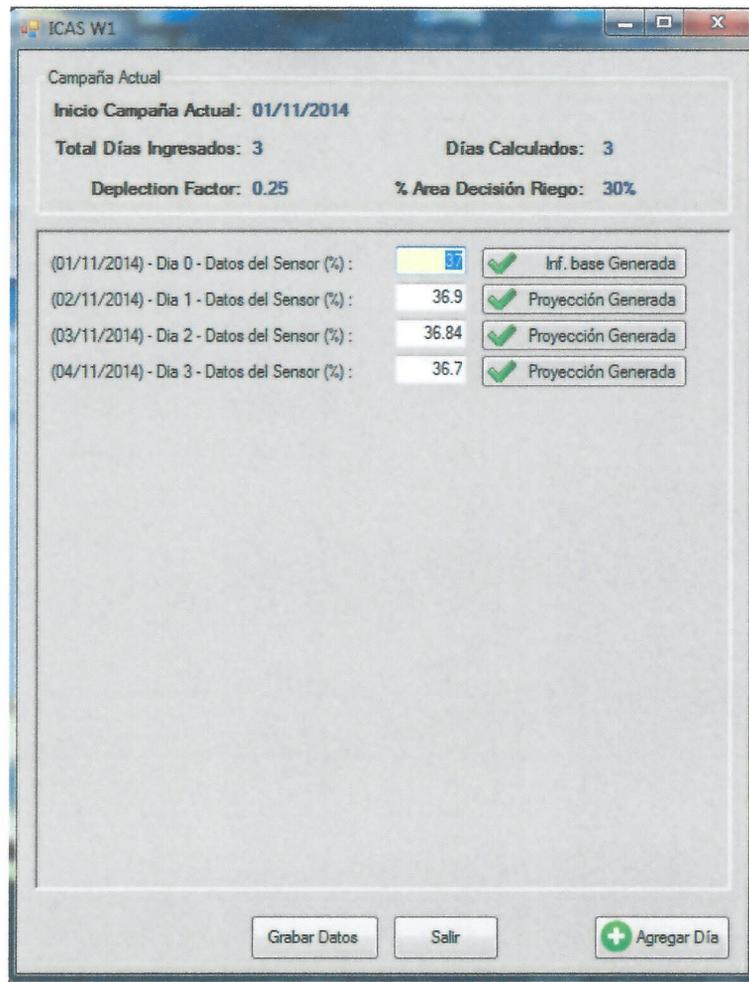


Figura 20. Pantalla de modelamiento de espacio temporal del estrés hídrico del sector en estudio.

El modelo generado, no solo genera una salida de proyección del dato diario en el espacio (mapa espacial del nivel de humedad de suelo del día), sino también la proyección de humedad de los datos en los próximos 7 días según las tasas existentes al día de hoy. Es claro que, si las condiciones mañana cambian, el modelo considerará este cambio para proyectar los próximos 7 días, cambiando lo que se pudo proyectar hoy. Además, este modelo fue gestado para considerar el nivel de área bajo estrés permitido (ejemplo no más del 30 % del área bajo estrés), debido a que como los diseños de riego en general son homogéneos y no consideran la variabilidad de suelo, se debe asumir que existirán zonas que se estresarán antes y considerando este problema, se ajustó el sistema para incorporar esta condición. Así el modelo genera una tabla resumen en la cual define las zonas con estrés y en cuantos días más se debería regar la zona de estudio.

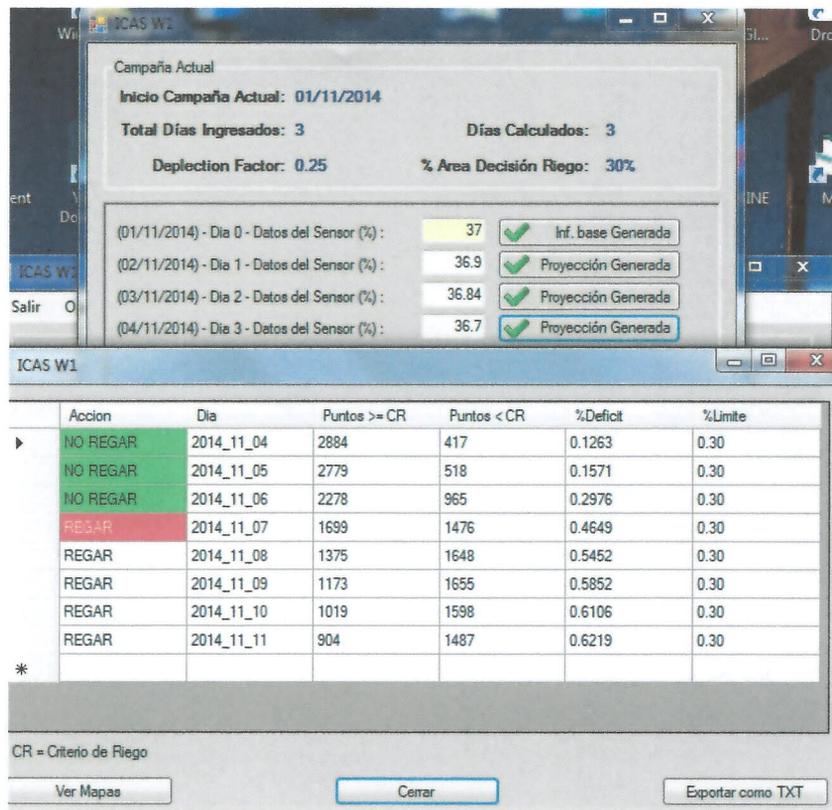
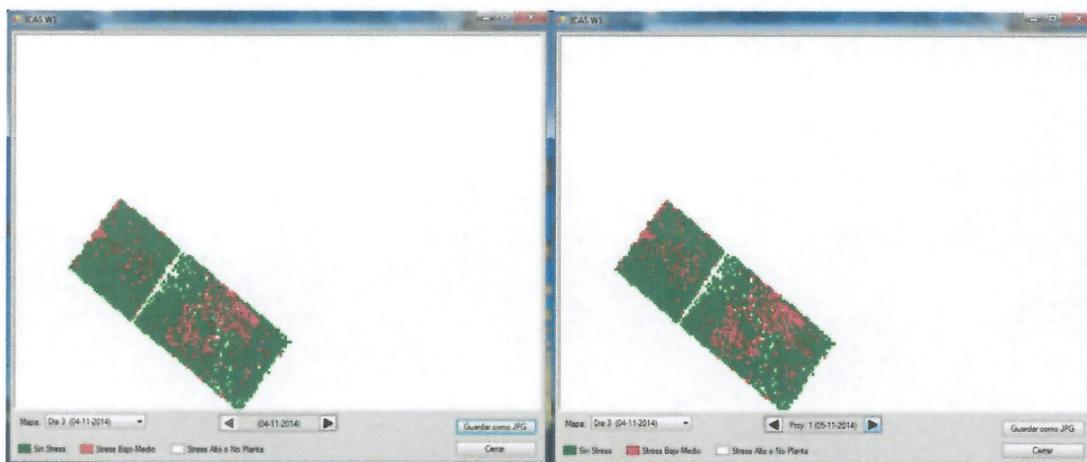


Figura 21. Cuadro resumen del modelamiento espacio temporal y definición del próximo día de riego del área en estudio.

Por otra parte, esta aplicación genera un mapa de cada una de las proyecciones diarias desarrolladas, los cuales va guardando en las carpetas de salida del sistema. Estas pueden visualizarse desde el visualizador de mapas, permitiendo ver la evolución de las zonas con estrés lo que es altamente útil para focalizar los problemas de falta de agua y manejos agronómicos asociados posibles.



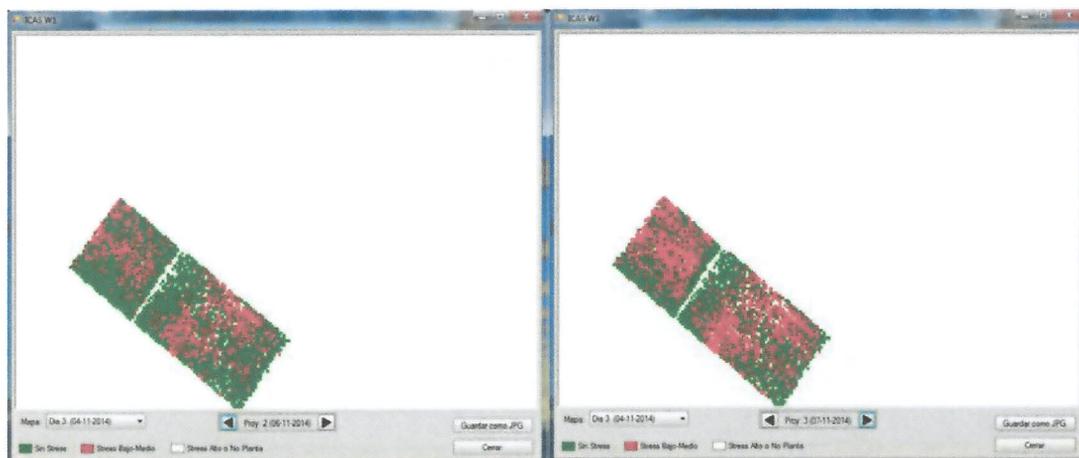


Figura 22. Pantallas de visualización de la evolución espacio - temporal del contenido de humedad de suelo (zonas alto estrés, blancas, zonas estrés moderado, rojas, zonas sin estrés verdes).

Estructura de estandarización de datos orientada a Web.

Una de las nuevas tecnologías incorporadas a ICASW1 es la implementación de la estandarización de datos orientada a web, para ello se ha diseñado para que sea adaptado a diferentes plataformas de visualización. Hoy en día las tecnologías orientadas a web tienen que tener un formato que sea legible por cualquier sistema para que sea amigable y permita una interacción más flexible, por otro lado, la interactividad que debe poseer este formato es clave para el éxito de cualquier desarrollo tecnológico orientado a web. Sobre esto hemos utilizado e implementado la creación de archivos GeoJson (Java Script Notation Geospatial topology), básicamente son estructuras de bases de datos con orientación de objetos geolocalizados, diseñados para representar datos en objetos y visualizarlos en la web, permitiendo la manipulación de cada información que contenga.

A ICASW1 se ha implementado la salida de datos en este formato (*.geojson), con la información de la humedad del día actual, las predicciones de humedad a 7 días, datos de CC, CR y PMP. Esta estructura está catalogada para cada día que se ejecute el software. Esta estructura está definida en la figura 23.



Figura 23. Descripción de formato Geojson, estructuras y mapas.

Finalmente, los mapas desarrollados serán subidos diariamente en la plataforma espacial del proyecto, localizada en la web de ProgapINIA (<http://www.progapinia.cl>), para ser visualizada por el personal del proyecto y asociados en la Rosa Sofruco se unirá a través de una API (*Application Programming Interface*) a la web de la empresa.

6.2. Validación del software

Para la validación del software se procedió a rescatar los datos de los sensores de humedad, instalados en las diferentes zonas del cuartel, asociadas a los vigores. La información de los sensores permitió validar los datos proyectados por el software ICAS W1. Uno de los procesos para la validación es la identificación de los puntos de monitoreo, para ello se realizó una grilla de estandarización que permitió referenciar cada zona en el huerto. En la figura 23, podemos ver como se demuestra el proceso de obtención de las grillas de estandarización, el proceso comienza con las imágenes multiespectrales, obtenidas con el sistema no tripulado aéreo (UAV), y mediante el software ICAS se obtienen grillas estandarizadas de 5 por 5 m. el cual las define en una base de datos asignando un id a cada cuadrante.

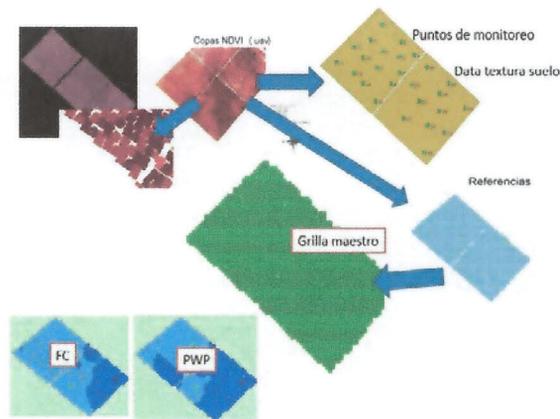


Figura 24. Layer y grillas de input y salida del modelo.

Los cuadrantes establecidos, se pueden asociar a cada variable medida en el cuartel, donde se incorporó los datos de suelo y vegetación para luego ser analizadas. Las referencias (id) en las grillas no permite identificar cada punto en el cuartel y poder monitorizar los procesos del software. En la figura 24 podemos ver el archivo interno de base de datos, que identifica cada cuadrante con el id, y la posición geográfica de cada uno, además integra la variable asociada al cuadrante.

Id	Left	Top	Right	Bottom	promndvi		
1	291218.103183401			6198721.77576343	291222.089647519	6198717.77981378	0.3449
2	291222.089647519			6198721.77576343	291226.07611638	6198717.77981378	0.3507
3	291226.07611638			6198721.77576343	291230.062575756	6198717.77981378	0.3791
4	291214.116719283			6198717.77981378	291218.103183401	6198713.78386414	0.3322
5	291218.103183401			6198717.77981378	291222.089647519	6198713.78386414	0.3588
6	291222.089647519			6198717.77981378	291226.07611638	6198713.78386414	0.3648
7	291226.07611638			6198717.77981378	291230.062575756	6198713.78386414	0.3791
8	291230.062575756			6198717.77981378	291234.049039874	6198713.78386414	0.3669
9	291206.143791046			6198713.78386414	291210.130255164	6198709.78791449	0.3378
10	291210.130255164			6198713.78386414	291214.116719283	6198709.78791449	0.3354
11	291214.116719283			6198713.78386414	291218.103183401	6198709.78791449	0.3611
12	291218.103183401			6198713.78386414	291222.089647519	6198709.78791449	0.365
13	291222.089647519			6198713.78386414	291226.07611638	6198709.78791449	0.3522
14	291226.07611638			6198713.78386414	291230.062575756	6198709.78791449	0.354
15	291230.062575756			6198713.78386414	291234.049039874	6198709.78791449	0.3669

Figura 25. Formato de base de datos obtenida de las grillas.

Con la información recopilada de las diversas variables, es posible extraer la información y analizar con mayor detalle.

Uno de las variables influyentes en el modelo de estimación, es el NDVI, donde cumple la función de relacionar los niveles de canopia que se relacionan con el consumo de agua por la planta. De la base de datos se obtuvo la información y se clasificó. En la figura 25 es posible ver los diferentes niveles de NDVI en cada punto de monitoreo que fluctúa entre 0.35 hasta 0.45 para bajo y alto vigor respectivamente. Además, podemos ver la frecuencia de distribución de todas las copas obtenidas del cuartel de estudio. Otro punto que podemos apreciar es la relación de los valores de NDVI, llamado RNDVI, que nos entrega el factor de relación entre un vigor y otro.

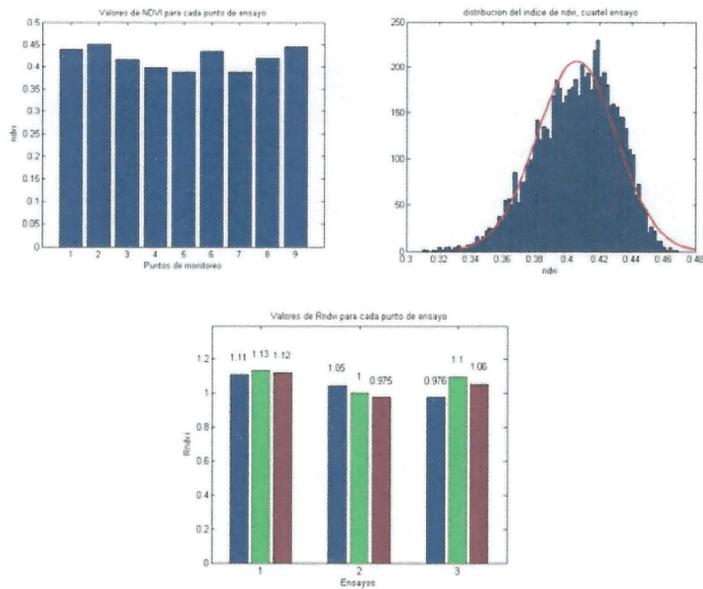


Figura 26. Relación de Ndvi y Rndvi, propuesto para el modelo.

En el mismo formato de estandarización de datos, se clasifico y registro los datos de textura, con la finalidad de realizar los cálculos propuestos por Saxton y Rawls, 2006, que determinan las características físico hídricas del suelo, tales como la capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP), que permitió calcular los puntos críticos de riego. Estas variables son de vital importancia para el modelo, ya que integran los límites de cada cuadrante para realizar las proyecciones de la humedad a través de la temporada.

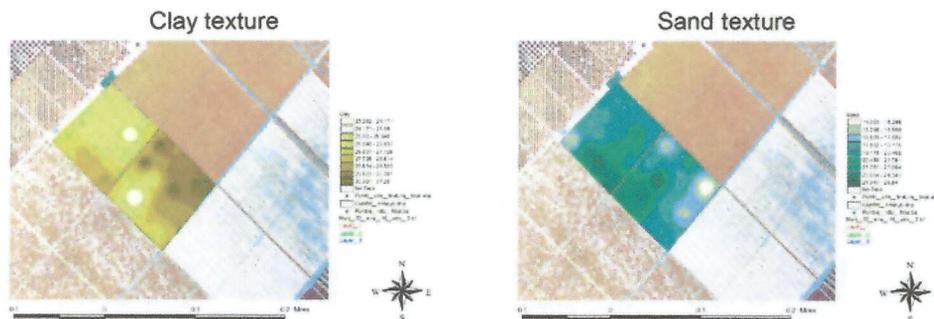


Figura 27. Mapas interpolados de arcilla y arena.

Al integrar la información al software ICAS W1, fue posible estimar la humedad en cada cuadrante propuesto y asociados a las otra variables medidas, para ello se integró un base de datos que registre el seguimiento de los datos proyectados, que permitió extraer la información para validar el modelo.

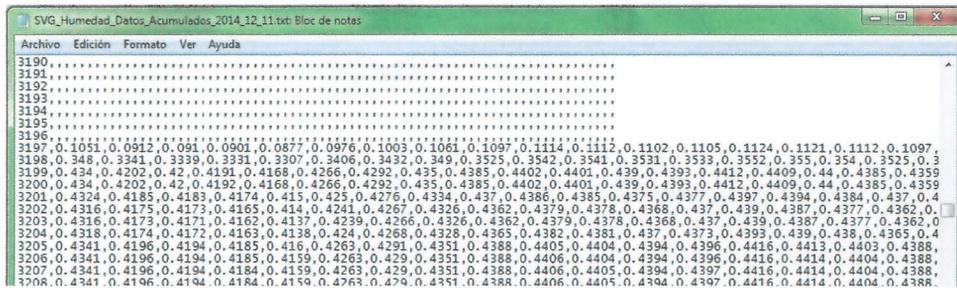


Figura 28. Formato de base de datos para la acumulación de los datos de humedad estimados.

Los primero análisis se basó en relacionar las pendientes negativas de los sensores, asociadas al consumo de agua por la planta; las positivas son de aporte de agua asociadas al riego, estas pendientes son incorporadas en el modelo propuesto y permite obtener el valor de humedad, al observar los datos de dos puntos (id 22 é id 13), podemos ver la relación entre los datos de humedad observados con el sensor y los datos estimados con el modelo W1, donde se puede ver que existe una relación de 87% y 95% para id 22 é id 13 respectivamente. Sin embargo, se procedió al final de la temporada a evaluar los datos en forma conjunta, de los 9 puntos de monitoreo se evaluó cada dato por día de los sensores de humedad, con los cortes y sin corte de agua.

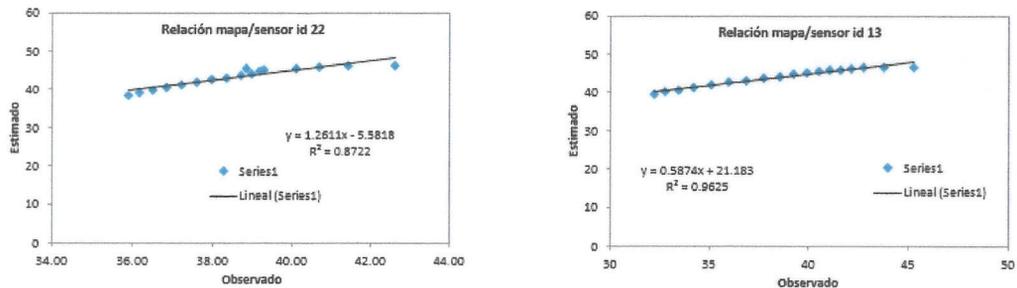


Figura 29. Relación entre los datos observados y estimados en dos puntos.

Las curvas de humedad obtenidas de los sensores instalados en cada punto de monitoreo, se muestran en las siguientes figuras en rojo, donde muestra el comportamiento de los días sin corte de agua y los días con corte de agua, podemos ver que desde el día 12 de diciembre del 2014, que corresponde al día 0 en los gráficos, se muestra hasta el día 20 en el grafico (31 dic 2014) que el agua estuvo en niveles muy por encima del punto crítico establecido por el modelo de Saxton y Rawls, 2006, como lo demuestra la figura 28. Sin embargo después del 01 de enero del 2015 se aprecia el incremento de la curva, ya que se realizó un aumento en las horas de riego para mantener todos los sensores al mismo nivel de saturación de agua en el suelo, este riego está registrado en la tabla 10. Y podemos ver la desorción producida por el corte de agua. En la figura 30 podemos ver en azul la curva realizada por el modelos W1 en el software ICAS W1, que proyecto a este cuadrante la curva de humedad, podemos ver que al analizar la conducta de la proyección tiene un comportamiento del mismo orden que de los

datos observados en el sensor de humedad, si observamos la relación entre ambos datos podemos ver que existe una relación de un 97% con un error 0.02 %vol. No obstante podemos inferir que las curvas tiene un comportamiento no similar a lo expresado por el sensor, ya que influyen diversas variables que son complicadas de medir.

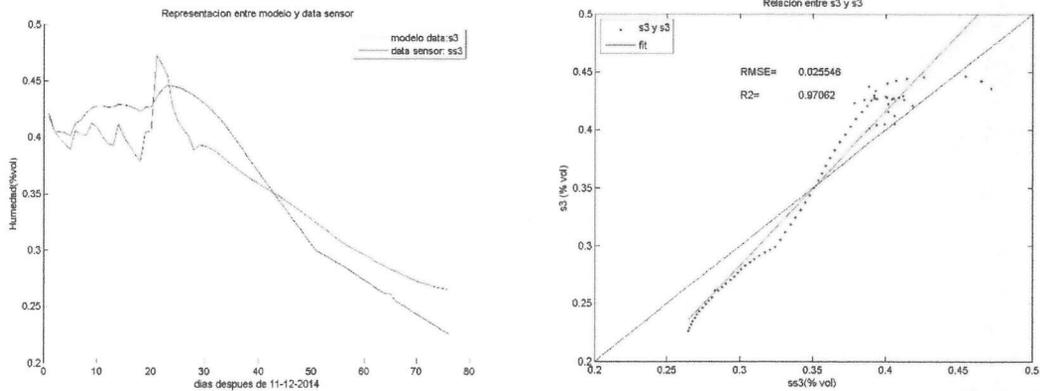


Figura 30. (a) Curvas de humedad, (roja) datos del sensor de humedad, (azul) datos del modelo; (b) correlación de datos observados y estimados.

En la figura 30 es posible ver otro análisis de proyección realizado, donde muestra el comportamiento de la curva de humedad estimada y observada, podemos ver que existe una relación en un 98% para ambos datos, con un error de un 0.01%vol. Podemos ver una similitud en el comportamiento de la curva a través de la temporada.

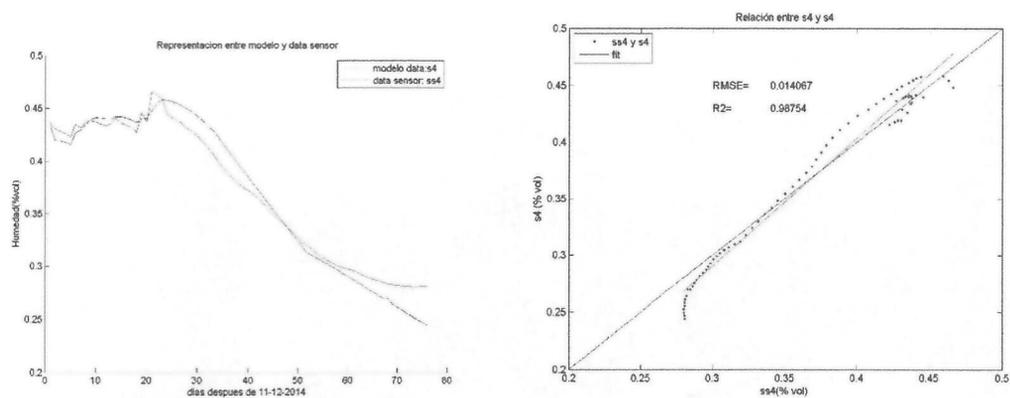


Figura 31. (a) Curvas de humedad, (roja) datos del sensor de humedad, (azul) datos del modelo; (b) correlación de datos observados y estimados.

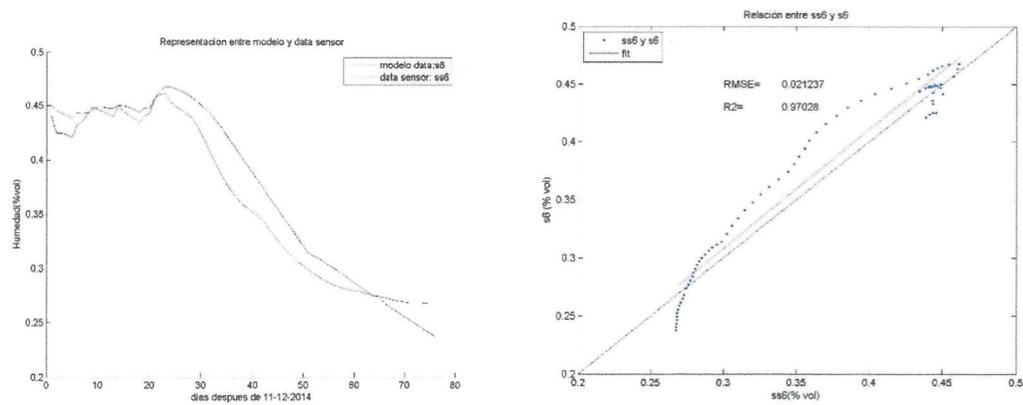


Figura 32. (a) Curvas de humedad, (roja) datos del sensor de humedad, (azul) datos del modelo; (b) correlación de datos observados y estimados.

En la figura 31 podemos apreciar otro de los análisis de validación que se realizó al software, podemos ver que existe un 97% de relación en ambos datos y observamos una fuerte similitud en las curvas, sobre todo cuando comienza el periodo de aumento de las horas de riego.

Patrones y ajuste del modelo W1

El modelo de ajuste está basado principalmente en la relación que hay entre los NDVI, ajustando a la pendiente entre cada punto del block y que permitirá la proyección de los datos. Consecuentemente, los valores de pendientes presentan un patrón que se ajusta para diferentes fechas.

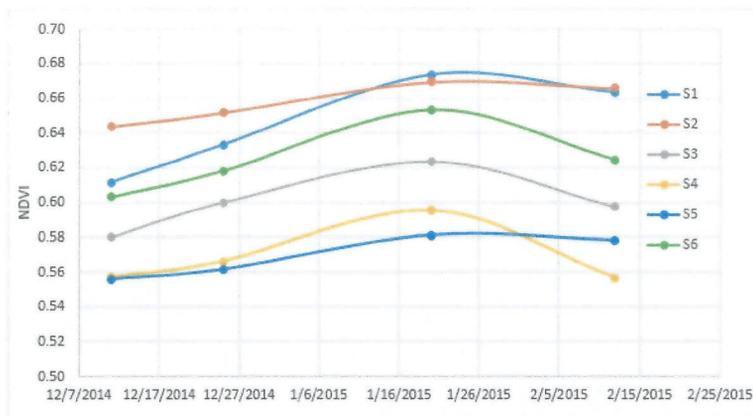


Figura 33. Evolución del NDVI, medido con las imágenes multiespectrales en UAV.

Los valores medidos en cada fecha son expresados en la figura 34, donde se muestran las diversas desorción de agua en el suelo, expresado en los datos de los sensores de humedad, instalados en cada punto de monitoreo. En la figura 33 se muestran los valores de NDVI que ajustan al modelo W1, podemos apreciar como existe una evolución al comienzo de la temporada y existe una disminución

al final, esto se ajusta al modelo de crecimiento expresado por algunos autores en la literatura y a la variabilidad existente en el block.

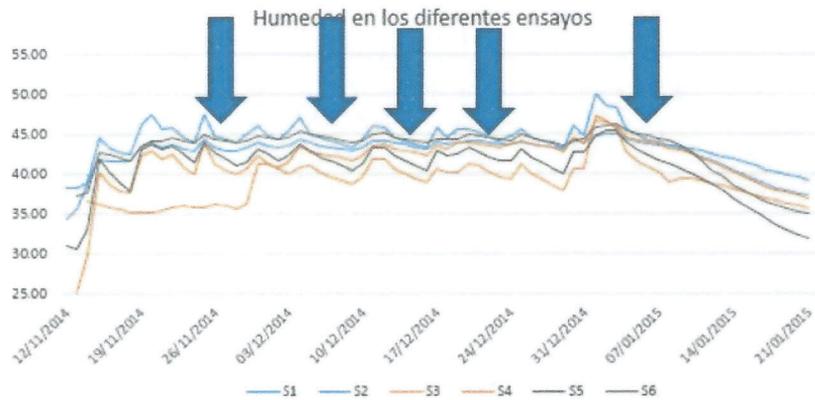
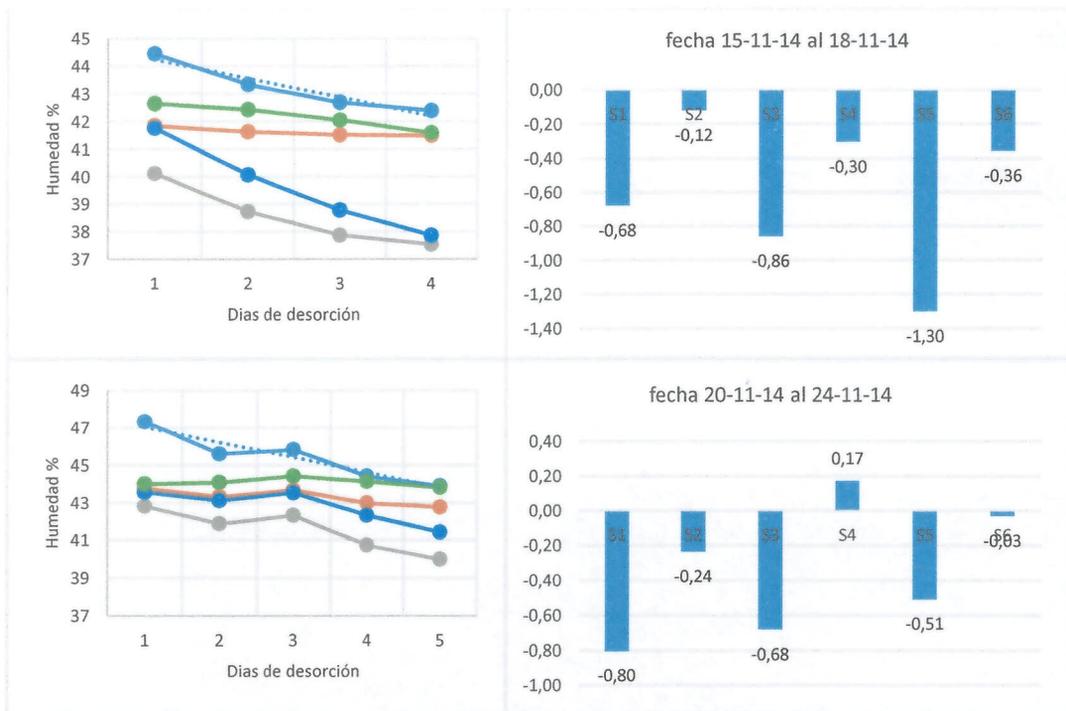


Figura 34. Data de sensores de humedad en los diferentes puntos, indicando los datos de muestras para las correcciones de las curvas con los patrones de pendiente.



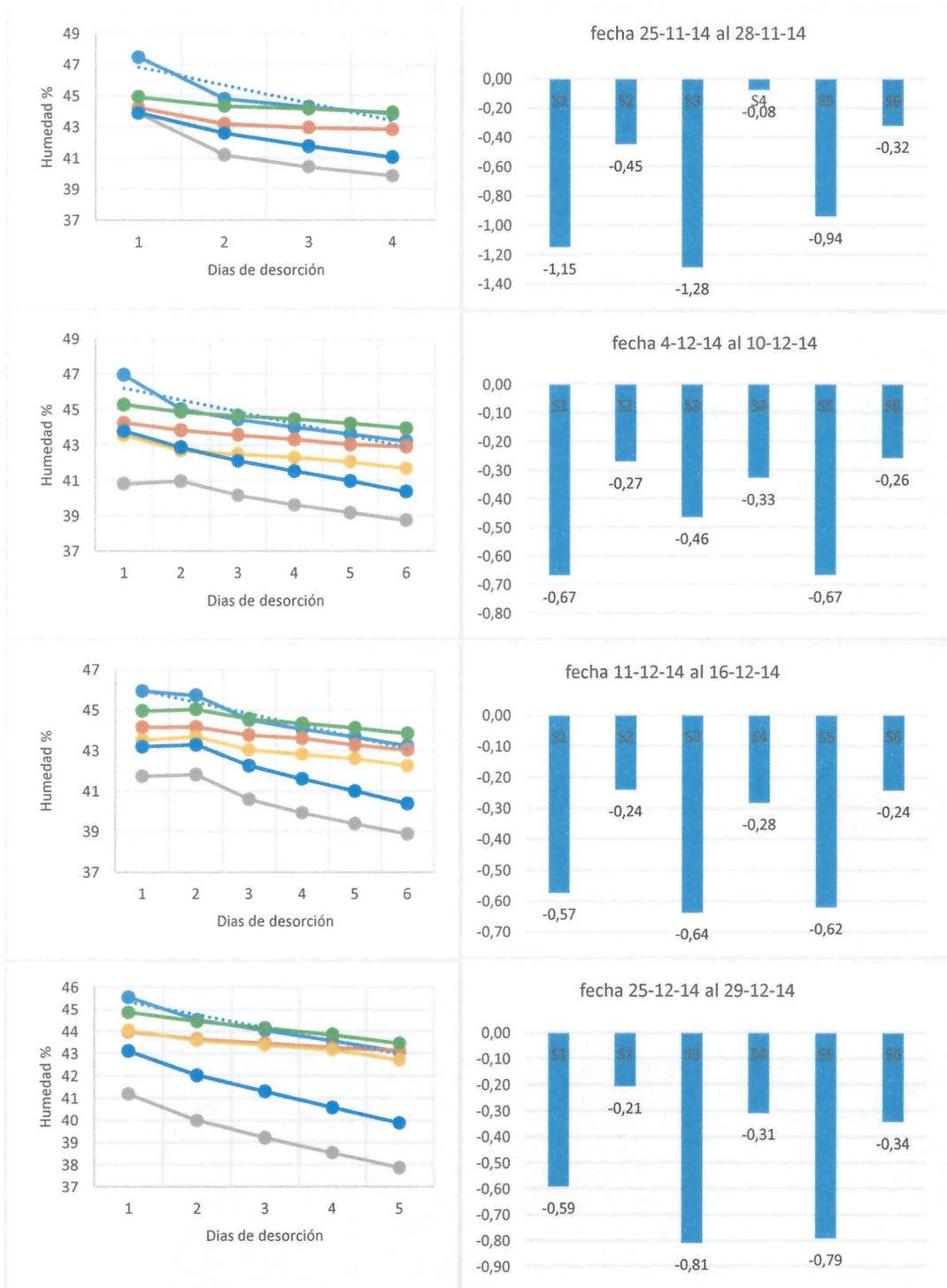


Figura 35. Datos de desorción de la humedad en fechas específicas y los datos de pendiente para cada uno de los puntos de monitoreo.

En la figura 35, podemos apreciar el patrón de conducta en los datos de humedad, registrados por el sensor, este patrón es común en valores de humedad que están en torno a capacidad de campo, influyendo principalmente las características del suelo y la planta. El experimento realizado, se propuso cortar el agua en los diversos punto de monitoreo, los datos recopilado durante el corte permitió

expresar estos patrones (figura 34 y 35). Según el modelo propuesto, existen tres fases que diversamente cada una es influenciada por diversos parámetros que involucran el suelo, la planta y la atmosfera. Es importante destacar que la relación de NDVI tiene una relación directa con el factor de cobertura y el Kc utilizado para el cálculo de la evapotranspiración (informes anteriores). Además, podemos apreciar en los ajustes que existe una buena relación en los datos de NDVI, como lo expresa el siguiente cuadro con los coeficientes de relación.

Tabla 11. Cuadro de coeficiente de relaciones para las fechas cercanas a CC.

Fecha	ndvi 0	ndvi 1	ndvi 2
29-01-2015	0,5240415	0,41713791	0,59209718
30-01-2015	0,61682523	0,46688817	0,70684027
31-01-2015	0,71768421	0,56030035	0,83095668
01-02-2015	0,73729003	0,61962883	0,88909995
02-02-2015	0,7237881	0,63964242	0,90173123
03-02-2015	0,67057697	0,62041729	0,87816584
04-02-2015	0,61574173	0,55799107	0,8225315
05-02-2015	0,61076444	0,4862442	0,76655328
06-02-2015	0,5903586	0,45684126	0,71373307
07-02-2015	0,59324365	0,46120693	0,68906484

Los datos de la tabla 11, representan los coeficientes de relación para todos los puntos ajustados a los datos de pendientes con los datos de NDVI para tres fechas, podemos apreciar coeficiente de un 90% de relación en la tercera fecha de ndvi. Estos ajustes nos permiten estimar los valores de humedad con más exactitud.

Por otro lado, la generación de la estimación en cada cuadrante nos permite construir mapas de evolución del estado hídrico del huerto, donde es posible generar y almacenar para ser visualizados en la plataforma creada para estos fines.

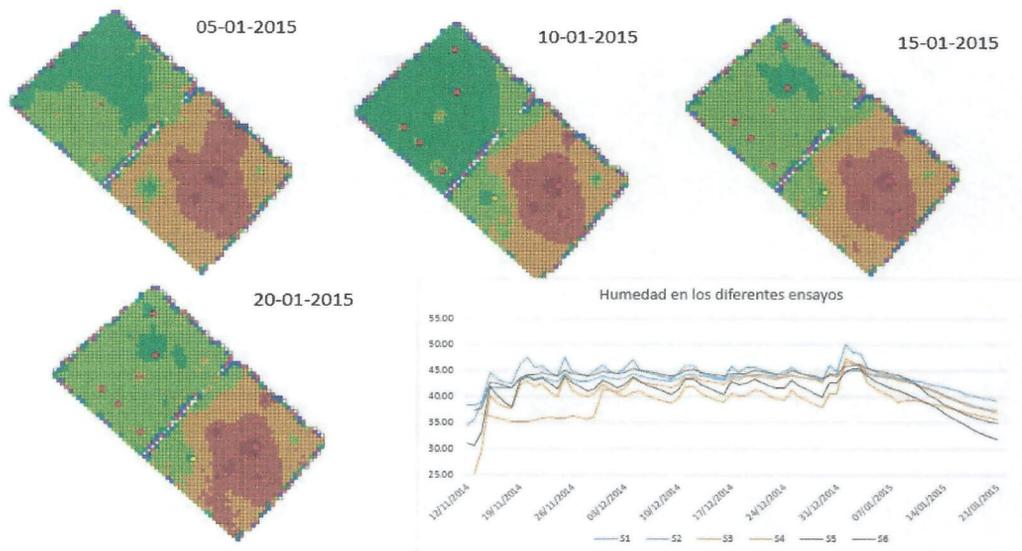


Figura 36. Mapas de humedad obtenidos de las proyecciones realizadas con ICAS W1, a partir de los sensores de humedad instalados.

En la figura 36 observamos un ejemplo de cómo se visualizan los mapas en diversas fechas a lo largo de la temporada, estos mapas permitieron ver una visión general de como es el comportamiento del agua en el cuartel. Además, esta información es visualizada todos los días, a la actualidad sólo se ingresa la información de humedad en forma manual y realizar el proceso realizando un click. A futuro permitirá conectarse directamente con los sensores y realizar los procesos en forma automática de proyección, estimación y almacenamiento en los servidores, pero en la actualidad se realiza manual ya que se deben realizar las conexiones con las diferentes empresas de servicios que tienen asociados a sus servidores esta información, factor que se pretende abordar con la iniciativa con Telefónica I+D. Finalmente, los mapas desarrollados serán subidos diariamente en la plataforma espacial del proyecto.

6.3. Plataforma del usuario desarrollada por Proyecto.

Inicialmente el proyecto desarrollo una versión inicial de plataforma espacial (Figura 38), localizada en la web del proyecto (Figura 37), para ser visualizada por el personal del proyecto y asociados en la Rosa Sofruco.

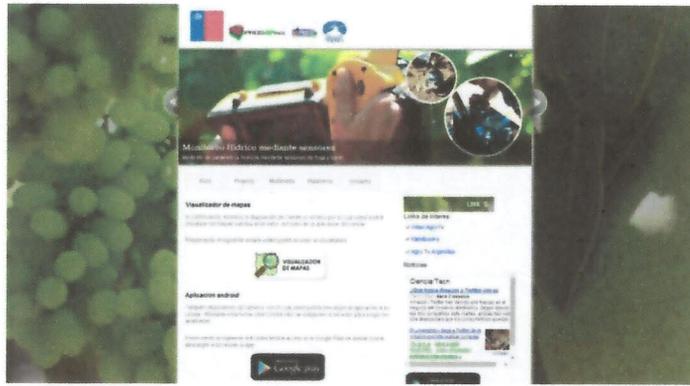


Figura 37. Plataforma web del proyecto.



Figura 38. Sistema web de visualización de mapas del déficit hídrico.

Sin embargo, se vio la necesidad de mejorar esta plataforma para que por una parte existiera una mejor interacción entre ICASW1 y esta plataforma que en una primera etapa era muy consumidora en tiempo y se vio con los asociados un poco compleja.

Desarrollo de sistema integrado de datos orientado a Web (plataforma).

La plataforma se ha creado pensando en las necesidades de diferentes usuarios que interactuaran con ella, se han ideado módulos de conexión que permitan al usuario revisar qué tipo de información está incluida; el modulo principal, unido a los sensores de humedad, permiten visualizar y almacenar la información y desplegarla mediante graficas en la web (dashboard). Los módulos complementarios por un lado permiten generar reportes basado en la información que el usuario está observando, por otro lado, además pueden ingresar otro tipo de información geo-localizada.

Las herramientas utilizadas para la implementación de plataforma digital y para la visualización de mapas con entornos gráficos a través de internet, fue un estudio de investigación de las principales plataformas existentes en el mercado, y se ha generado una lista de los sistemas más comunes que se utilizan, además, se ha investigado sobre las estructura acorde a la estandarización de datos en internet.

Con la finalidad de poder ampliar la información a diversos tipos de soportes en otros sistemas.

La plataforma se ha desarrollado en base a software de distribución libre (GNU), y en un servidor HTTP Apache (versión 2.2.31). Para el almacenamiento de datos se incorpora un gestor de base de datos MySQL (en su versión 5.5).

Para la estructura base se utiliza HTML (versión 5), incluyendo en estos otros lenguajes, cada uno para una determinada función, los que se detallan a continuación:

Para el acceso y manipulación de datos almacenados en la base de datos (BD) se utiliza Hypertext Pre-processor (PHP) (v 5.3), además, es utilizado para generar archivos en formato Json (Java Script Object Notation) y leer archivos GeoJson (Objetos Geoespaciales) del software ICASW1. Para la transferencia de datos entre los distintos lenguajes, son conectados a través de JavaScript a los mapas y gráficos de la API Google.

Para el entorno gráfico y estilos visuales, se utiliza principalmente el Framework Bootstrap, el cual incluye algunas librerías adicionales. También se utiliza CSS (v3) y LESS para algunos estilos y formas.

Para obtener los datos de los sensores, se utilizaran API de I3M que transmitan los datos a la BD, para ser leídos por la plataforma e ICASW1 para el cálculo de los modelos, esta última genera los archivos Geojson para ser visualizados en la plataforma por mapas y gráficas. ICASW1 genera una API a partir de los datos de FTP y sube estos archivos a la plataforma en forma automática.

Resumen lenguajes utilizados:

- HTML (v5)
- PHP (v5.3)
- MySql (v5.5)
- JavaScript
- Json / GeoJson
- CSS (v3)
- LESS
- Bootstrap (v3)

La integración de niveles de usuarios, fue importante ya que cada usuario tiene una función distinta, para ello hemos diseñado diferentes niveles que proporcionan funcionalidades distintas, a continuación se describen las siguientes clasificaciones de niveles:

- a) Nivel 1: Súper Usuario.
- b) Nivel 2: Administrador del sistema.
- c) Nivel 3: Técnico.

d) Nivel 4: Básico.

Cada uno de estos niveles puede realizar diferentes funciones en la plataforma, el cual pueden acceder con “usuario” y “password” (figura 35). Estos pueden ser modificados por el Súper Usuario y administrador en el menú “gestión de usuarios”.

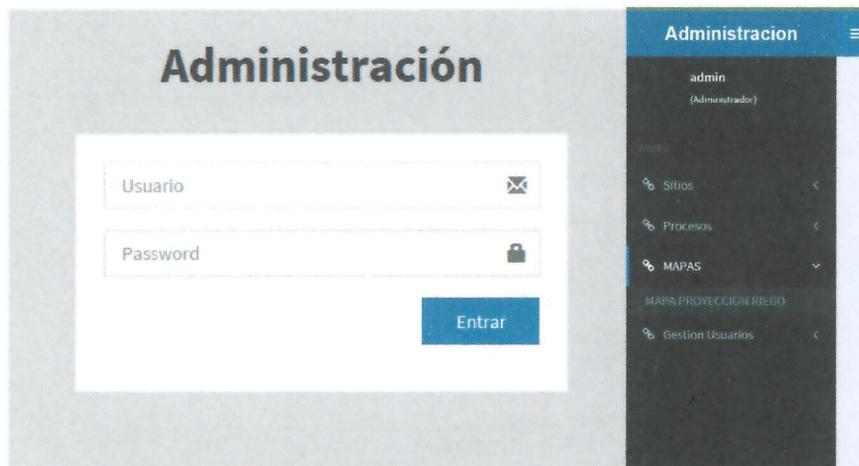


Figura 39. Acceso a plataforma y menú de administración.

La plataforma posee tres espacios definidos, (a) el menú de administración, ubicado en la parte izquierda del sistema, este puede desplegarse y abatirse para una mejor visualización de los otros espacios. En este espacio van lo que es la administración de datos, mapas y usuarios, así como el ingreso y salida del sistema. (b) el entorno de mapas, aquí se visualizan cada mapa que es desplegado en el menú mapas del entorno de administración y (b) espacio de visualización grafica (dashboard), este espacio fue diseñado con la finalidad de incorporar la visualización de la información en formatos de infografías para que sea de fácil acceso al usuario, además se incorporó el menú de predicciones de humedad en el suelo para una correcta visualización. Este espacio está pensado en módulos que puedan activarse y desactivarse dependiendo del usuario o los requerimientos de visualización de datos.

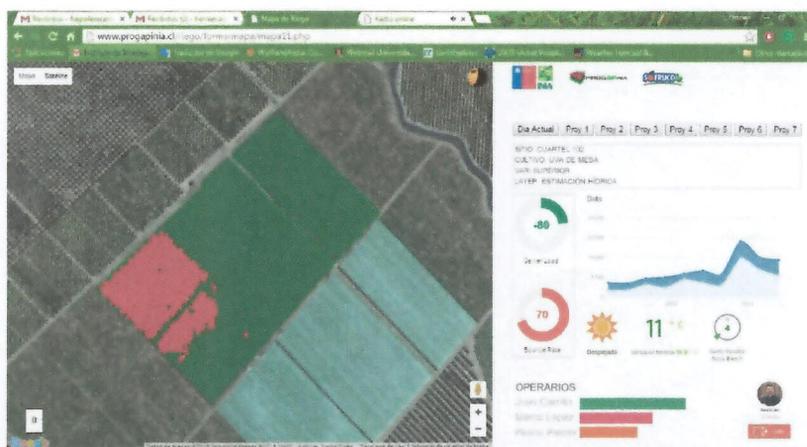


Figura 40. Estructura de nuevo sistema de visualización de datos.

7. Difusión de los resultados del proyecto

Como se ha informado en informes anteriores se ha desarrollado diferentes instancias de difusión del proyecto, generando grandes expectativas y plataformas para avanzar en esta línea que convergen en solicitudes para nuevas presentaciones como se mencionan a continuación.

7.1. Exposición en Congreso Nacional de Drones en la agricultura.

Congreso Nacional de Drones en la agricultura

Participación como expositor en el próximo seminario de Drones en la agricultura en la Universidad Católica (junio, 2015). Este seminario ha tenido bastante difusión y será el momento para presentar los resultados del proyecto en un evento masivo y dirigido en especial a la temática que ha llevado el proyecto a cabo.



Décimo cuarta edición del Curso Internacional de Agricultura de Precisión, INTA Buenos Aires, Argentina.

La décimo cuarta edición del Curso Internacional de Agricultura de Precisión tendrá lugar en INTA Castelar los días 14 y 15 de octubre de 2015. Esta edición del Curso Internacional de Agricultura de Precisión vendrá con importantes novedades que se complementarán al clásico formato teórico práctico del evento. Como en las ediciones

anteriores, la capacitación estará dividida en 3 auditorios y espacios para dinámicas específicas.

La novedad en las dinámicas estará dada por la representación de un sistema agropecuario conectado mediante las tecnologías de la agricultura de precisión, mostrando todos los eslabones de la cadena productiva. Las dinámicas tendrán un apartado especial para las demostraciones de drones para uso agrícola. Los RPAS tendrán un espacio protagónico en el evento, donde podrán mostrar las utilidades y beneficios del uso de plataformas no tripuladas equipadas con cámaras multispectrales y de alta definición para el control y relevamiento de datos de la actividad agropecuaria.

Se realizarán presentaciones y dinámicas demostrativas del uso agronómico de drones, donde los asistentes podrán apreciar el trabajo que realizan y las imágenes que obtienen estas herramientas de vanguardia.

14º CURSO INTERNACIONAL
DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN
Y MÁQUINAS PRECISAS

14 y 15 de OCTUBRE de 2015 INTA C.N.I.A. Castelar (Bs. As.)

El mayor evento de capacitación sobre agricultura de precisión de Latinoamérica

3 auditorios de capacitación con más de 40 disertaciones a cargo de especialistas nacionales y del extranjero.
Novedosas dinámicas a campo con la representación de un sistema agropecuario conectado con herramientas de Agricultura de Precisión.
Demostraciones de drones para uso agrícola, equipados con cámaras multispectrales y de alta definición para el control y seguimiento de actividades agropecuarias.

Temario

Agricultura y ganadería de precisión. Dinámicas a campo y demostraciones de drones para uso agropecuario. Automatismo, robotización y trazabilidad de la producción agropecuaria. Innovación en maquinarias y tecnologías de precisión. Tecnologías de aplicación selectiva de insumos mediante sensoramiento remoto. Maquinaria precisa para pequeños productores. Principios de la bioenergía, asociativismo y agregado de valor. Capacitación sobre software para el análisis de imágenes satelitales y mapas de rendimiento.

ENTRADA GRATUITA

Informes: www.inta.gob.ar - www.agriculturadeprecision.org

Anexo 2. Convenio INIA – Telefónica I+D.