



FACULTAD DE INFORMÁTICA

TESINA DE LICENCIATURA

TÍTULO: CultiBAR: Solución informática para investigadores para facilitar la carga muestral de Biomasa, Agua y Radiación
AUTORES: Dante Kaushel Barba –Juan Ignacio Riglos
DIRECTOR: Dra. Cecilia Challiol
CODIRECTOR: Dra. Silvia Gordillo
ASESOR PROFESIONAL: Ing. Miguel Maximiliano Riglos
CARRERA: Licenciatura en Sistemas

Resumen

La principal motivación de esta tesina es brindar un prototipo informático para facilitar la carga muestral de Biomasa, Agua y Radiación. Con este prototipo se busca poder colaborar a los investigadores en la toma de muestra en campo. En particular, haciendo hincapié en que el mismo no requiera de conocimientos avanzados para así poder ser usado por cualquier usuario. El prototipo combina tecnología React Native y MongoDB, y el software está desarrollado para poder usarse tanto para una Tablet como para un dispositivo móvil.

Palabras Clave

Aplicación Móvil, Muestra Biomasa, Muestra Agua, Muestra Radiación, React, React-Native, MongoDB,

Trabajos Realizados

Se desarrolló un prototipo para la carga muestral en campo de Biomasa, Agua y Radiación, donde el diseño del campo se encuentra en Villa Mercedes, Pergamino y Manfredi, siendo una réplica exacta en cada lugar. A través del prototipo los investigadores obtienen en tiempo real las mediciones que realizan ayudando a la toma de decisiones.

El prototipo permite contar con un sistema de respaldo, donde en caso de necesitar otro dispositivo podrá bajarse todos los datos que haya subido.

Se realizaron pruebas en campo del prototipo.

Conclusiones

Se presentó un prototipo para la carga muestral de la Biomasa, Agua y Radiación, que resuelve muchas de las problemáticas en las que se ven envueltos los investigadores a la hora de analizar el suelo con diversos métodos tradicionales.

El software del prototipo se desarrolló para ser Responsive y adaptarse a cualquier dispositivo sea Tablet o Smartphone tanto para Android como para iOS, y se combinó con MongoDB.

Las pruebas en campo dieron un primer resultado inicial aceptable en relación al prototipo.

Trabajos Futuros

Algunos trabajos futuros de esta tesina son:

- Poder diseñar la estructura del campo, permitiendo ordenar por tamaño cada parcela.
- Adicionar otros tipos de mediciones, como así también otras formas de realizar las existentes.
- Permitir la comparación de gráficas entre parcelas, como así también de campañas anteriores o versiones de la misma.
- Permitir trabajo colaborativo sincronizando distintos usuarios
- Permitir múltiples lenguajes.

Índice

1. Introducción	4
1.1 Motivación	4
1.2 Objetivo	6
1.3 Estructura de la tesina	7
2. Aplicaciones en el área de Agricultura	9
2.1 Cultivio [Cultivio]	9
2.2 FieldView [FieldView]	12
2.3 Trimble Ag Farmer [TrimbleAg]	14
2.4. WEEDS ID [WeedsID]	15
2.5 FarmLogs [FarmLogs]	16
2.6 Ag Mobile [AgMobile]	18
2.7 SoilWeb [SoilWeb]	18
2.8 Tank Mix Calculator [TankMixCalculator]	19
2.9 Soil Test Pro [SoilTestPro]	20
2.10 Canopeo [Canopeo]	21
2.11 Bean Cam [BeanCam]	22
2.12 Análisis de las aplicaciones presentadas	22
3. Descripción de la problemática	25
<input type="checkbox"/> Muestras de Biomasa	25
<input type="checkbox"/> Muestras de Agua	29
<input type="checkbox"/> Muestras de Radiación	31
<input type="checkbox"/> Dificultadas en la recolección de las muestras	33
4. Diseño del prototipo	35
5. Prototipo desarrollado	42
5.1 Descripción general de prototipo	42
5.2 Principales pantallas del prototipo	46
5.3 Problemáticas encontradas	58
6. Testeo con datos reales	60
7. Testeo con usuario en campo	69
7.1 Descripción del formulario SUS [Brooke, J., 1996]	70
7.2 Resultados de las encuestas para evaluar el prototipo	71
7.3 Mejoras propuestas	74
8. Conclusiones y Trabajos Futuros	76
Bibliografía	81

Anexo A: Entrevistas con el Ing. Maximiliano Riglos	84
Anexo B: Instructivo para registrar muestras de Radiación	87
Anexo C: Instructivo para registrar muestras de Biomasa	88
Anexo D: Instructivo para registrar muestras de Agua.....	89
Anexo E: Encuesta para evaluar el prototipo	90

1. Introducción

1.1 Motivación

Los avances tecnológicos que se vienen dando en los últimos años han permitido que diferentes áreas o dominios se vean beneficiados; agilizando así por ejemplo tareas que de otra manera se realizaban de forma manual. Un área en donde ha impactado la tecnología móvil es en la agricultura; surgiendo así distintas aplicaciones que asisten a distintos actores dentro de esta área a lograr algún objetivo.

Algunas aplicaciones existentes en el mercado actual para la producción agropecuaria se describen a continuación. *Trimble Ag Farmer* [TrimbleAg] fue lanzada en el año 2016, es una aplicación web con extensión para dispositivos móviles; que permite administrar parcelas, monitorear clima, cultivos, y gestionar las diferentes fechas de cultivos y su respectivo rendimiento. *Trimble Ag Farmer* cuenta con una distribución gratuita (*Farmer Starter*) como así también dos distribuciones pagas (*Farmer Fit* y *Farmer Pro*).

Otra opción disponible en el mercado es *Cultivio* [Cultivio], que es una aplicación de software con licencia propietaria y de uso gratuito; la cual permite de forma orientativa y general, proveer información acerca de potenciales o posibles rendimientos promedios de cultivos abarcando grandes áreas o extensiones, asistiendo al productor para la planificación y proteger sus lotes. *Cultivio* permite realizar la planificación de campañas, tanto de soja como de maíz, y brinda recomendaciones ajustadas a las características específicas del lote. Para esto, el productor determina la ubicación del lote y la demarcación del mismo, el tipo de suelo, cantidad de agua y esta información se cruza con datos históricos del clima y del suelo; esto es usado por la aplicación *Cultivio* para realizar una recomendación aproximada para ese ambiente determinado.

FieldView [FieldView] es una plataforma en la nube diseñada para ayudar a productores en el análisis de rendimiento y cuidado de sus parcelas. *FieldView* está compuesta por una aplicación web centralizada que permite la recuperación de datos; y aplicaciones para dispositivos móviles, compatibles con los sistemas operativos *Apple iOS* y *Google Android*. La principal motivación de *FieldView* es un análisis de performance basado en información aportados por el productor, que les permite tomar decisiones gracias a que *FieldView* recopila y analiza datos de campo, mide rendimientos, monitorea el nitrógeno y ofrece recomendaciones para una buena siembra. Además, permite la visualización de gráficos “in-field” (en campo), pudiendo el productor desplazarse en tiempo real y analizar su posición exacta en el lote. Otra de las ventajas de *FieldView* es la posibilidad de monitoreo remoto y predicción de rendimiento adaptable a cambios climáticos que pueden afectar los cultivos.

Otra aplicación web existente es *FruitLook* [FruitLook], la cual permite a través de imágenes satelitales y navegación satelital, ayudar con la irrigación de agua y aplicación de nitrógeno en el suelo a agricultores de frutas en *Cabo Occidental, Sudáfrica*. Todos los datos obtenidos, tales como humedad del suelo, cantidades irrigadas por actualizaciones de evapotranspiración y los límites digitales de las diferentes parcelas, se encuentran disponibles de forma pública para ser accedidos a través de una interfaz web. Además, *FruitLook* cuenta

con un servicio de pronóstico meteorológico para computar irrigación, y con un servicio SMS/MMS con información de planificación de riego y aplicación de fertilizantes [Pedersen and Lind, 2017].

A partir de lo descrito anteriormente se puede apreciar que las aplicaciones *Trimble Ag Farmer*, *Cultivio*, *FieldView* y *FruitLook* están orientadas a productores en el área de la agricultura.

En una entrevista inicial realizada con el Ingeniero Agrónomo Maximiliano Riglos, quien actualmente está realizando su doctorado en la temática "*Estrategias de producción adaptativas frente a la variabilidad y cambio climáticos en la Región Semiárida Central de Argentina: análisis eco-fisiológico comparado de los cultivos de verano en siembras tempranas y tardías*"; nos contaba que su trabajo de investigación consiste en la observación y relevamiento de determinados datos respecto a algunos cultivos. Este relevamiento lo realiza de manera manual anotando los datos en una hoja de papel. Luego, estos datos los pasa a un archivo *Excel*. Además el Ing. Riglos comentó que realiza tres tipos de mediciones: *Radiación*, *Biomasa* y *Agua*; las mismas se realizan en varias pasadas anotando en una hoja de papel los datos necesarios. Generalmente se realiza una sola medición al día, por su duración y complejidad. Para ayudar al lector a la comprensión de la tarea de medición a continuación se describe brevemente en qué consiste cada una acorde a lo descrito por el Ing. Riglos. Cabe mencionar que en relación a cada tipo de medición el ingeniero nos ha proporcionado material a citar, el cual se detalla al final de cada párrafo.

Para la medición de *Radiación* se necesita contar con un día despejado para evitar *radiación difusa*¹ generalmente esta tarea se realiza entre las once y las catorce horas donde la radiación es más alta. El material para llevarse a cabo esta tarea es un *radiómetro*² y una hoja de papel donde se anota fecha, parcela, especie, fecha de siembra, la *radiación incidente*³ e *interceptada*⁴. La medición de *Radiación* se realiza sobre la última hoja de la planta empezando de arriba, tiene que estar verde al menos el cincuenta por ciento de la hoja; si está marrón o muerta no se toma y se mide a partir de la siguiente hoja. Más información sobre esta temática se puede encontrar en [Satorre et al., 2004], [Baigorri et al., 2009].

La medición de *Biomasa* requiere contar con un serrucho de poda, éste se usa para cortar la unión de la planta al ras del suelo para no incluir las raíces, la planta cortada se guarda en bolsa dependiendo del tamaño del contenido (en algunos casos hay que cortar la planta en varios trozos), se anota sobre la bolsa con fibrón la cantidad de plantas, fecha de siembra y la fecha que se realiza; además de anotar estos datos en una hoja de papel. El mismo día se llevan las bolsas a laboratorio por que la planta respira y si se espera pierde peso. En el laboratorio se deja reposar las plantas en un horno por tres días; al sacarlas del horno, se pesa obteniendo la *biomasa aérea total*⁵ y la *biomasa reproductiva*⁶ (este valor al iniciar la

¹ La *radiación difusa* es cuando la luz solar refleja en las nubes cambiando sus propiedades.

² *Radiómetro* es un instrumento para detectar y medir la intensidad de energía térmica radiante.

³ *Radiación incidente* es el valor de la radiación tomada desde la altura más alta de la planta.

⁴ *Radiación interceptada* es el valor obtenido de la hoja más próxima a la raíz.

⁵ La *biomasa aérea total* es el peso de la planta completa, esta incluye hojas y espiga.

⁶ La *biomasa reproductiva* es el peso del fruto, ejemplo para el maíz es la espiga.

campana es cero hasta que genere el fruto), estos valores obtenidos se registran en la hoja de papel. Más información sobre esta temática se puede encontrar en [Connor, 2011].

Para la medición de *Agua* se utiliza un *barreno*⁷ para realizar pozos entre dos plantas, esto se hace hasta los dos metros de profundidad guardando la muestra de suelo cada veinte centímetros en latas o tarros de aluminio identificados con un número; en una hoja de papel se anota la parcela, especie, fecha de medición, fecha de siembra y el número de la lata o tarro. El mismo día se llevan las muestras al laboratorio para pesar la humedad de las muestras y se anota en la hoja el peso húmedo del contenido de cada lata (o tarro), luego se ponen en una estufa a secar durante tres días; para luego pesarlas y registrar en la hoja el peso seco. Más información sobre esta temática se puede encontrar en [Muchow, 1989], [Andrade and Sadras, 2000].

Luego de finalizar la etapa de carga de datos en las hojas de papel, el Ing. Riglos realiza su análisis, este proceso consiste en transcribir las hojas de papel con los datos a la computadora en tres diferentes archivos. El primer archivo Excel refleja tal cual los datos que está en las hojas de papel, en el segundo archivo Excel compara todas las diferentes mediciones realizadas hasta la fecha (mostrando una gráfica de las fechas y los resultados que en cada una obtiene) para el tercer archivo utiliza un sistema de gráficos "*Prism GraphPad*" [PrismGraphPad] para gráficas específicas. Al ser varias hojas el investigador Riglos nos cuenta que debe controlar todas varias veces dado que el error de los datos provoca resultados erróneos, llevando a una mala toma de decisiones. Esto conlleva tiempo en la carga de los datos, sin poder contar con resultados en el instante imposibilitando la posibilidad de tomar decisiones rápidas respecto a los cultivos que se están observando. Cabe mencionar que los datos de las hojas de papel son completados en gran parte en exteriores, corriendo el riesgo de que las mismas se dañen; perdiendo así información vital e irreplicable en la recolección de datos.

El Ing. Riglos nos comentaba que la investigación que está realizando se realiza en tres lugares diferentes como son *Pergamino*, *Manfredí* y *Villa Mercedes*; esto le permite estar en contacto con otros investigadores no solo de esta zona sino también de todo el país. A partir del contacto con otros investigadores, el Ing. Riglos ha detectado que su problemática de usar una hoja de papel para registrar los datos de las mediciones es también algo que les acontece a los demás investigadores con los que tiene contacto.

Acorde a lo antes descrito, se pudo detectar de la entrevista inicial que los datos que se deben completar en las hojas de papel por el Ing. Riglos podrían ser completados directamente en una aplicación; evitando así el pasaje posterior a tres planillas Excel. Esta es la principal motivación de esta tesina donde se va a proveer una solución informática para investigadores para facilitar la carga muestral de *Biomasa*, *Agua* y *Radiación*.

1.2 Objetivo

El objetivo de la tesina es proveer una solución informática para investigadores para facilitar la carga muestral de *Biomasa*, *Agua* y *Radiación*. Acorde a lo descrito en relación a las mediciones por el Ing. Riglos, esta solución informática debe permitir la carga de datos tanto

⁷ *Barreno* es una herramienta para hacer agujeros de gran tamaño, generalmente en la roca.

en campo como luego en el laboratorio. Por esta razón, la solución informática que se proveerá será una aplicación móvil, ajustándose mejor sobre todo a la carga de mediciones en campo.

Para poder diseñar la aplicación móvil se realizarán entrevistas con el Ing. Riglos para poder caracterizar cada tipo de muestra (*Biomasa, Agua y Radiación*), y los diferentes pasos que involucran cada una de estas; para poder proveer una mejor asistencia en la carga de datos desde la aplicación móvil. Estas entrevistas permitirán caracterizar bien la problemática y diseñar una solución más escalable.

Si bien el foco del desarrollo será brindar soporte para facilitar la carga muestral de *Biomasa, Agua y Radiación*. La solución se diseñará para que pueda adaptarse a otro tipo de mediciones, pensando así desde una etapa inicial como dicho desarrollo puede evolucionar para ser útil para otros investigadores.

La aplicación móvil será probada en campo y en laboratorio con el asesor técnico de esta tesina; para determinar cómo la misma puede facilitar al proceso de carga de muestras de *Biomasa, Agua y Radiación*. Desde las entrevistas hasta la puesta en práctica del desarrollo se irán registrando los distintos aprendizajes, los cuales se van a transcribir en la tesina; en pos de que sean útiles para futuros desarrollos de este estilo.

1.3 Estructura de la tesina

La estructura de la tesina se describe a continuación. En el Capítulo 2 se presenta el background en relación a la temática de la tesina, por un lado, diferentes aplicaciones existentes en el área de la agroindustria; y además, un resumen de las características principales de las tecnologías usadas en el prototipo implementado en esta tesina.

En el Capítulo 3 se describe la problemática que se busca dar solución en la presente tesina. La cual se presenta acorde a las entrevistas realizadas con el Ingeniero. Maximiliano Riglos.

En el Capítulo 4 se detalla el diseño del prototipo. Detallando cómo el mismo fue diseñado en base a la documentación diseñada por el Ing. Riglos para sentar las bases para la presente tesina.

El prototipo desarrollado se presenta en el Capítulo 5, se describen las características principales del mismo como así también las pantallas que el mismo presenta. Además, se detallan los problemas encontrados y cómo los mismos fueron solucionados.

En el Capítulo 6 se detallan las validaciones realizadas con los datos proporcionados por el Ing. Riglos sobre el prototipo desarrollado, de esta manera se realiza una primera validación del funcionamiento del prototipo.

En el Capítulo 7 se muestran las distintas evaluaciones llevadas a cabo en el prototipo en base a los planes de prueba ejecutados en campo por los investigadores. Además, se hace un análisis sobre resultados de las encuestas completadas y se detallan las mejoras propuestas.

Las conclusiones que se desprenden de la tesina son descritas en el Capítulo 8, como así también algunos trabajos futuros que se desprenden de la tesina desarrollada.

2. Aplicaciones en el área de Agricultura

En este capítulo se presenta algunas aplicaciones existentes que brindan solución a alguna problemática relacionada al área de agricultura.

2.1 Cultivio [Cultivio]

Cultivio es una aplicación de software con licencia propietaria y de uso gratuito. Creada para utilizarse en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Permite de forma orientativa y general, proveer información acerca de potenciales o posibles rendimientos promedios de cultivos abarcando grandes áreas o extensiones, asistiendo al productor para la planificación y protección de sus lotes. *Cultivio* permite realizar la planificación de campañas, tanto de soja como de maíz, y brinda recomendaciones ajustadas a las características específicas del lote. El productor determina la ubicación del lote y la demarcación del mismo, el tipo de suelo, cantidad de agua y esta información se cruza con datos de redes de ensayos existentes, datos históricos del clima y del suelo, para realizar una recomendación apropiada para ese ambiente determinado.

En lo que respecta a la aplicación, *Cultivio* se encuentra basada en una plataforma Web, adaptable a teléfonos móviles. No cuenta con alternativas nativas tanto para *Google Android*, como para *Apple iOS*. En la Figura 2.1.1 se puede apreciar la pantalla inicial de la aplicación *Cultivio*, la cual permite crear una cuenta o ingresar como invitado.



Figura 2.1.1: Pantalla principal de *Cultivio* [Cultivio].

En el caso de optar, en la Figura 2.1.1, de ingresar como invitado; se puede navegar la aplicación con un setup de prueba. Al empezar a navegar se presentan diferentes opciones de cultivos como se puede observar en la Figura 2.2.2.

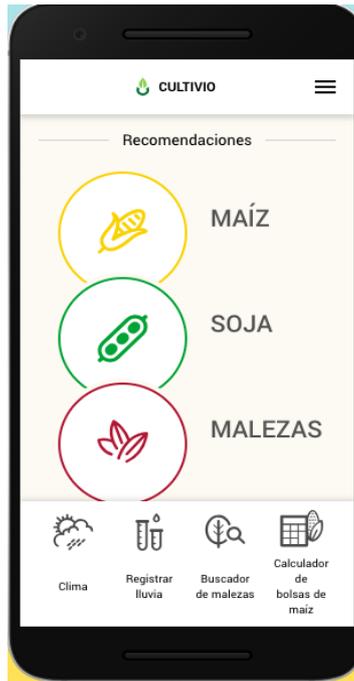


Figura 2.1.2: Selección de cultivos [Cultivio].

Supongamos que de la Figura 2.1.2 se selecciona el cultivo de maíz, acorde a esto se muestra la pantalla de la Figura 2.1.3; donde se debe seleccionar el lote como primer paso. En el caso de ingresar como invitado, se permite cargar lotes precargados.

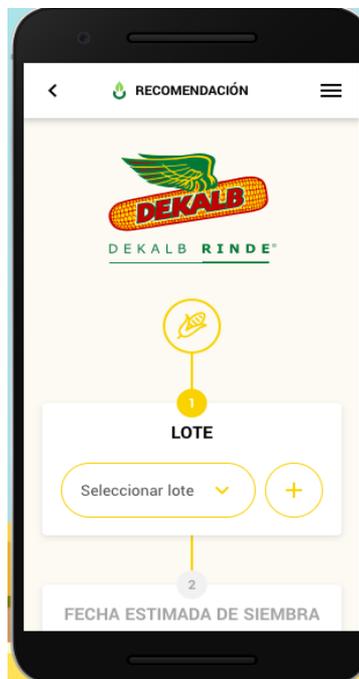


Figura 2.1.3: Selección de lote [Cultivio].

Como segundo paso, se debe ingresar la fecha estimada de siembra como se puede visualizar en la Figura 2.1.4.



Figura 2.1.4: Ingresar la fecha estimada de siembra [Cultivio].

Como tercer paso, se debe ingresar los datos del ambiente para la siembra. Esto proporciona un rendimiento estimado, con franjas estimativas, expresado en quintales por hectárea (qq/ha). Esta información se puede observar en la Figura 2.1.5.

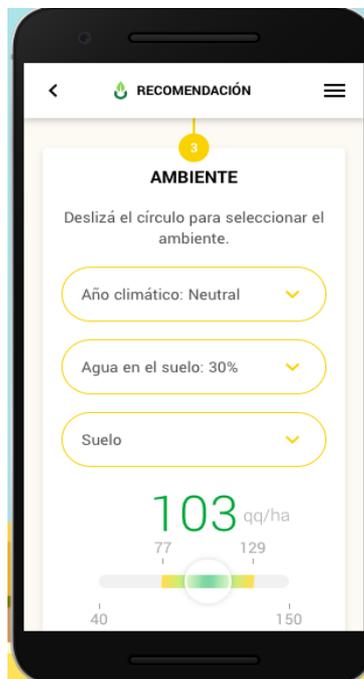


Figura 2.1.5: Completar datos del ambiente [Cultivio].

Por último, el cuarto paso, acorde a los datos ingresados en el formulario se presentan las opciones de productos recomendados como se puede apreciar en la Figura 2.1.6.

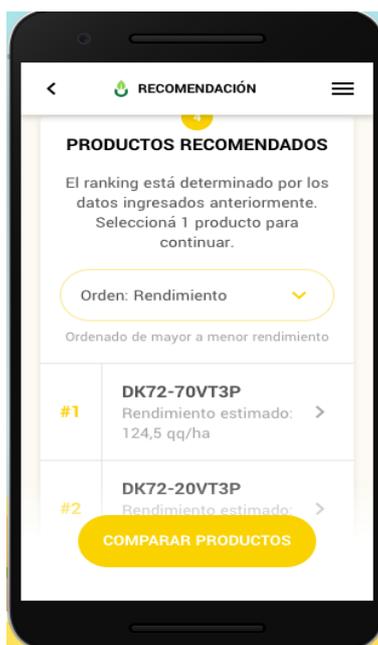


Figura 2.1.6: Productos recomendados acorde a los datos ingresados [Cultivio].

En las Figuras 2.1.3 a 2.1.6 se puede observar como los campos a medida que se completan se desliza hacia abajo (swipe down), esto permite al usuario el análisis secuencial de los pasos, proporcionando resultados parciales sin tener que completar todo el formulario.

2.2 FieldView [FieldView]

FieldView es una plataforma en la nube, diseñada para ayudar a productores en el análisis de rendimiento y cuidado de sus parcelas. Esta plataforma compuesta por una aplicación web centralizada que permite la recuperación de datos, y aplicaciones para dispositivos móviles, compatibles con los sistemas operativos *Apple iOS* y *Google Android*.

La plataforma es ofrecida en formato de suscripción, siendo la primera opción "*FieldView Prime*" gratuita, la segunda opción "*FieldView Plus*" con un costo a la fecha de 999 dólares estadounidenses y la tercera opción "*FieldView Pro*" a un costo a la fecha de un dólar estadounidense por acre⁸. Además cuenta con una extensa API para ser explotada por desarrolladores terceros. Actualmente, es utilizada para monitorear aproximadamente treinta y siete millones de hectáreas por más de cien mil productores en los Estados Unidos, Sin embargo, aún no ha sido habilitada para la república Argentina.

La principal motivación de *FieldView* es el análisis de performance basado en información aportados por el productor; acorde a esto, les permite tomar decisiones gracias a que la plataforma recopila y analiza datos de campo, mide rendimientos, monitorea el nitrógeno y ofrece recomendaciones para una buena siembra.

En la Figura 2.2.1 se puede apreciar una pantalla de la aplicación *FieldView*, donde se muestra en diferentes colores el nivel de productividad de cada zona en la Figura 2.2.1.a. Mientras que la Figura 2.2.1.b se muestran las precipitaciones por zonas.

⁸ Los costos están tomados al 27-6-2019, los cuales pueden diferir en el tiempo.

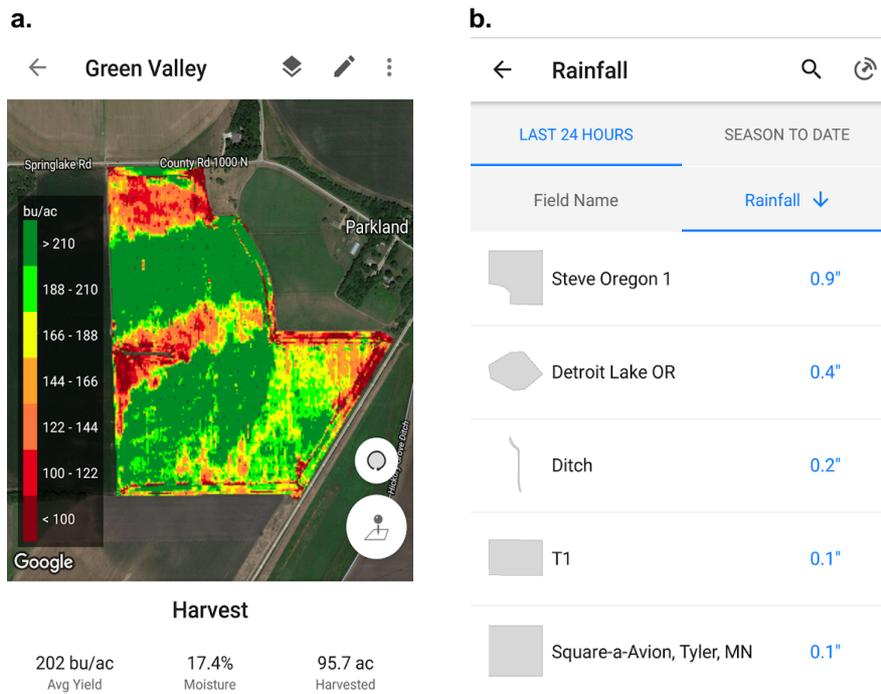


Figura 2.2.1: Pantallas de la aplicación *FieldView* [PlayStoreFieldView].

FieldView permite la visualización de gráficos “in-field”, pudiendo el productor desplazarse en tiempo real y analizar su posición exacta en el lote. Además, otra de sus ventajas es la posibilidad de monitoreo remoto y predicción de rendimiento adaptable a cambios climáticos que pueden afectar los cultivos. En la Figura 2.2.2 se puede observar el rendimiento de una parcela en particular junto con la posición GPS de referencia.

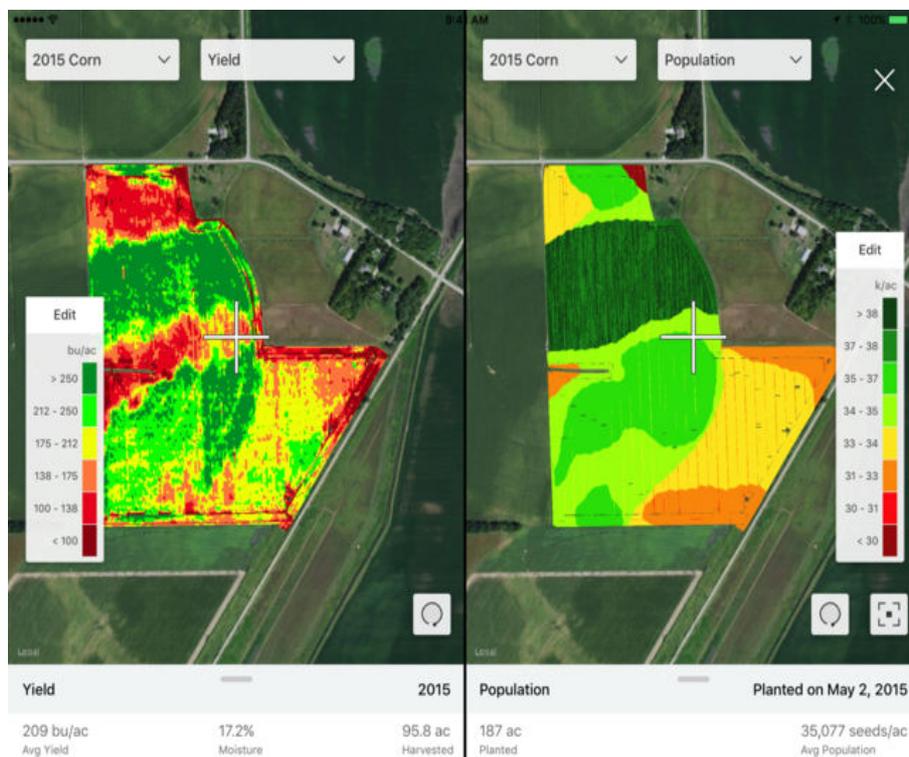


Figura 2.2.2: Datos de rendimiento en parcela [PlayStoreFieldView].

2.3 Trimble Ag Farmer [TrimbleAg]

Trimble Ag Farmer es una aplicación web desarrollada con extensión para dispositivos móviles; que permite administrar parcelas, monitorear clima, cultivos, y gestionar las diferentes fechas de cultivos y su respectivo rendimiento.

La aplicación se distribuye en una plataforma digital, basada en la nube. Cuenta con tres planes, de los cuales dos tienen un costo anual. *Farmer Starter*, es el plan básico gratuito. *Farmer Fit*, por el contrario, tiene un costo de 996 dólares estadounidenses. La versión *Farmer Pro*, es la más onerosa, con un costo total de 1800 dólares estadounidenses al año.⁹

La aplicación web *Trimble Ag Farmer* provee las siguientes funcionalidades:

- *Límites de parcelas*: permite crear campos con límites y luego verlos junto con otros datos de mapeo, incluyendo imágenes aéreas y mapas de calles. Los límites se pueden importar a través de un archivo “*shapefile*”, dibujados a mano o descargados a través de la aplicación móvil para ayudar a visualizar toda la operación agrícola.
- *Panel de control*: permite acceder a la información meteorológica en tablero para realizar un seguimiento de la temperatura actual, la velocidad del viento, la dirección del viento, la humedad y la probabilidad de precipitación. Los mapas de radar *Doppler* se pueden usar para superponerse en los límites del campo para ayudar a anticipar eventos meteorológicos futuros. Además, permite ver los precios futuros en tiempo real y las ofertas locales en efectivo para simplificar su estrategia de comercialización de granos.
- *Registros de parcelas*: permite asignar un cultivo y las fechas de siembra a un campo para rastrear su superficie sembrada para la parcela. Al momento de la cosecha, a través de la aplicación móvil se puede ingresar el rendimiento promedio de cada parcela y tener esa información histórica al alcance de la mano.

La aplicación móvil se complementa con la plataforma web, sin embargo no posee las mismas funcionalidades, ya que cumple el rol de extensión. Algunas de sus funcionalidades principales son:

- Detalles sobre labranza, siembra, fumigación, cosecha, etc.
- Rastrear registros de cosecha y ver inventarios de contenedores actualizados.
- Ingresar detalles de exploración para plagas y condiciones de cultivo.
- Captura y geo-referencia de imágenes digitales de plagas.
- Ver imágenes de salud de cultivos para ayudar con la exploración específica.
- Calcular áreas (acres o hectáreas) y mapear los límites del campo.
- Cambiar entre rutas de acceso, puntos y áreas de polígonos.
- Crear rejillas de muestreo de suelo personalizadas.
- Navegar a cada punto de destino.
- Ver las posiciones de la flota en tiempo real.

⁹ Los costos están tomados al 27-6-2019, los cuales pueden diferir en el tiempo.

- Ver el estado de trabajo de máquinas agregadas.
- Seguimiento de la capacidad de los contenedores de grano y otros lugares de almacenamiento.
- Asignar cosechas y ventas de cultivos a contenedores.
- Ver inventarios de contenedores, cosecha histórica y registros de ventas.

En la Figura 2.3.1 se puede observar un mapa de rendimiento de una parcela en particular usando la aplicación *Trimble Ag Farmer*.



Figura 2.3.1: Rendimiento en una parcela [PlayStoreTrimbleAgFarmer]

2.4. WEEDS ID [WeedsID]

Weeds ID es producido por la División de Ciencia de Plantas de la Facultad de Agricultura, Alimentos y Recursos Naturales de la Universidad de Misuri. Es una aplicación gratuita, se encuentra publicada tanto en *Google Play* como en *App Store*. Esta aplicación ayuda a identificar la mala hierba o la maleza. La aplicación se encuentra disponible a nivel mundial y permite ser utilizada en cualquier locación. En la Figura 2.4.1 se puede apreciar la pantalla de inicio de *Weeds ID*.

Weeds ID permite buscar malezas por su nombre común o latino, ver una lista de malezas o identificar malezas en función de una serie de características diferentes, utilizando una o varias fotografías de referencia provistas por la aplicación.

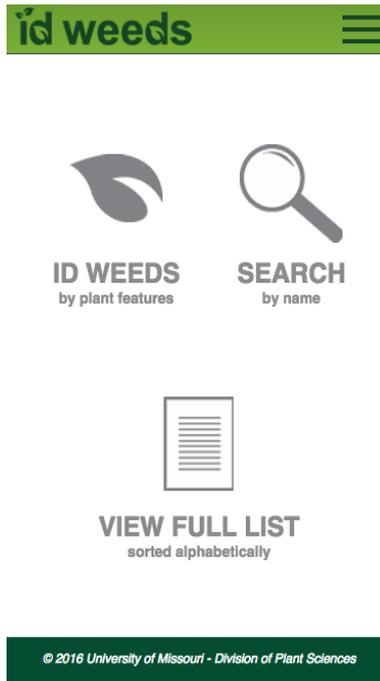


Figura 2.4.1: Pantalla de inicio de *Weeds ID* [PlayStoreWeedsID].

En la Figura 2.4.2 se puede apreciar la descripción de una maleza buscada, donde se brinda no solo detalle sino también una fotografía.



Figura 2.4.2: Búsqueda de una maleza [PlayStoreWeedsID].

2.5 FarmLogs [FarmLogs]

FarmLogs es una aplicación móvil que permite al usuario correlacionar los límites de tu campo y obtener información histórica y en tiempo real datos de lluvia, mapas de suelo, rendimiento

y estimaciones de crecimiento. Se puede registrar y compartir notas, fotos y actividades del campo y controlarlo de forma remota.

FarmLogs se presenta en dos versiones, *Lite* y *Complete*. La versión “*Complete*” tiene un costo adicional de 99 dólares estadounidenses al mes¹⁰. La aplicación únicamente se encuentra disponible en Estados Unidos.

En la Figura 2.5.1 se puede visualizar la pantalla de evaluación de parcelas, en este caso condiciones meteorológicas.

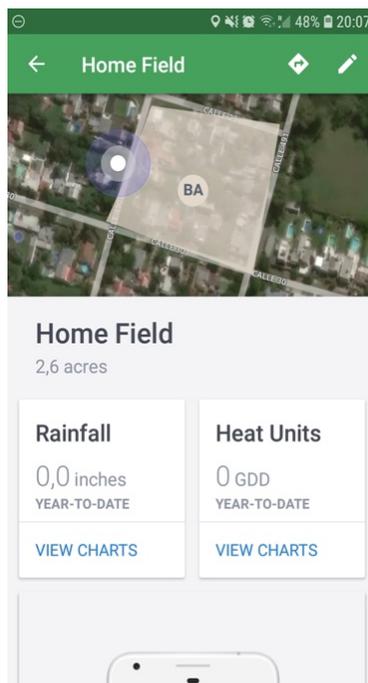


Figura 2.5.1: Carga de campo en aplicación *FarmLogs*.

A continuación se listan las principales características de la aplicación *FarmLogs*:

- Permite planificar y realizar un seguimiento de la cantidad de precipitaciones que recibe una parcela.
- Permite, utilizando etiquetas geolocalizadas, crear notas en base a imágenes tomadas en campo.
- Permite acceso a precios de mercado y comparaciones de tendencias de los diferentes cultivos.
- En su versión “*Complete*” permite utilizar imágenes satelitales propietarias.
- En su versión “*Complete*” añade la posibilidad de realizar reportes y descargarlos en formato excel, csv o pdf.
- Permite desglosar la productividad de las parcelas.

¹⁰ Este costo está tomados al 27-6-2019, el cual pueden diferir en el tiempo.

2.6 Ag Mobile [AgMobile]

Ag Mobile es una aplicación que ofrece una variedad de información, incluyendo mercados productivos básicos, noticias y clima. También detalla cotizaciones, gráficos locales de granos, comentarios en vivo del mercado y análisis técnico de *granos*. La aplicación es meramente informativa, no permite al usuario ingresar información ni ningún tipo de muestra. La aplicación se encuentra disponible mundialmente.

En la Figura 2.6.1 se puede apreciar un listado con información acerca de los mercados de granos en la aplicación *Ag Mobile*.

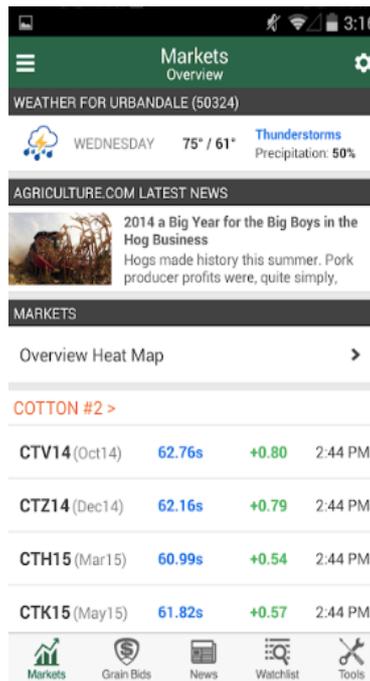


Figura 2.6.1: Información de mercados en la aplicación *Ag Mobile* [PlayStoreAgMobile].

2.7 SoilWeb [SoilWeb]

SoilWeb es una aplicación web y para teléfonos móviles que utiliza el GPS del dispositivo para indicar el tipo de suelo en el que se encuentra y permite explorar niveles profundos de información sobre suelos del USA. Con esta aplicación se puede saber todo lo que necesita de su campo, tipo de suelo, clasificación de la tierra, hídrica y de inundaciones, etc.

En la Figura 2.7.1 se puede apreciar la pantalla con la respectiva composición del suelo para una ubicación en particular.

El posicionamiento se puede ajustar con diferentes niveles de precisión, estándar (menos precisión pero consume menos batería) o alta precisión (más preciso pero consume mucha batería). Cabe mencionar que la actualización de la posición permite continuamente tener actualizada la información en un intervalo de tiempo.

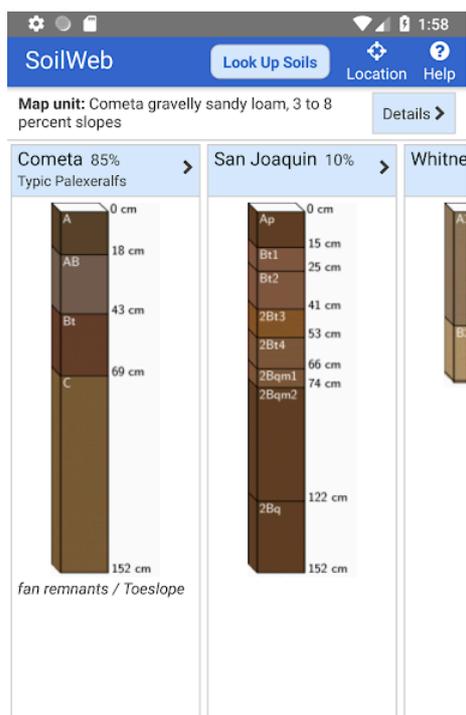


Figura 2.7.1: Pantalla con descripción de composición del suelo [PlayStoreSoilWeb].

2.8 Tank Mix Calculator [TankMixCalculator]

Tank Mix Calculator es una aplicación para teléfonos móviles que permite la selección de pesticida y cálculo de dosis según la parcela. Contiene una base de datos de 10.000 distintos pesticidas con su respectiva configuración ideal según la parcela ingresada en la aplicación.

Para generar rápida y fácilmente una mezcla de tanques, hay que ingresar su superficie, el tamaño del tanque y el volumen. Luego, seleccionando los productos químicos de una lista o agregando los propios; la aplicación muestra el número de cargas necesarias para pulverizar el campo.

A continuación se listan las principales características de la aplicación *Tank Mix Calculator*.

- Ingreso de tamaño de parcela, tamaño de tanque y volumen para obtener el cálculo respectivo del pesticida.
- Base de datos con 10.000 pesticidas, y la posibilidad de agregar pesticidas seleccionados por el usuario.
- Cálculo de cantidades necesarias.
- Ver y enviar por e-mail las distintas recetas de mezcla para cada tanque seleccionado.

En la Figura 2.8.1.a se puede apreciar el listado de herbicidas disponibles y en la Figura 2.8.1.b se puede apreciar el cálculo de un tanque.

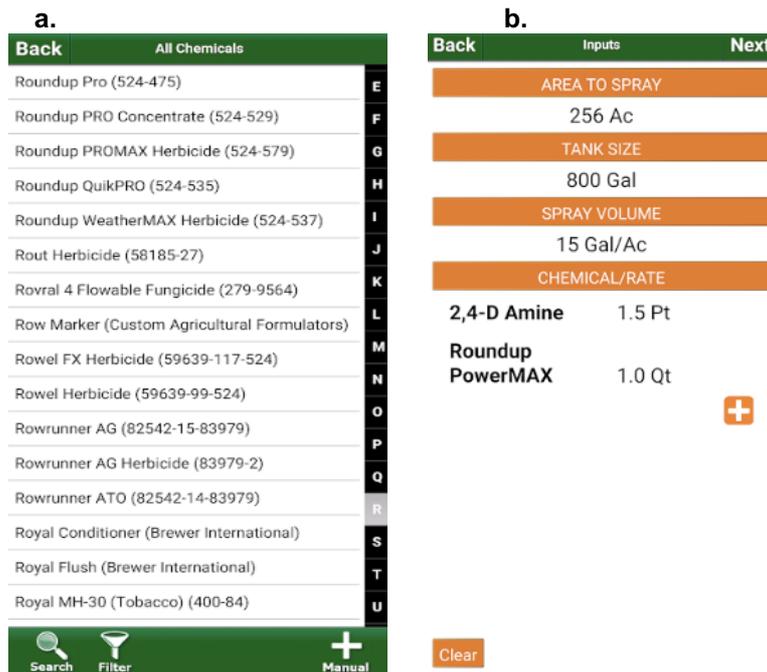


Figura 2.8.1: Aplicación *Tank Mix Calculator* [PlayStoreTankMixCalculator].

2.9 Soil Test Pro [SoilTestPro]

Soil Test Pro es una aplicación móvil que permite realizar métricas en base a muestras de suelo. *Soil Test Pro* permite realizar una matriz de muestras según la parcela del campo para así poder administrar y tomar mejores decisiones en base a la calidad del suelo.

En la Figura 2.9.1.a se puede apreciar un mapa con las distintas parcelas ingresadas en *Soil Test. Pro*. En la Figura F.9.1.b se puede observar la información y propiedades de cada parcela.

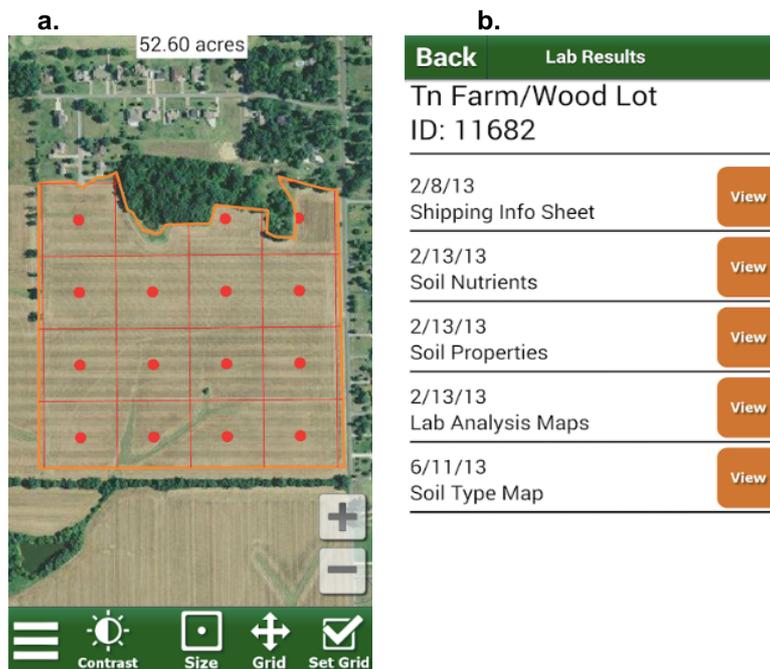


Figura 2.9.1: Mapa con parcelas [PlayStoreSoilTestPro].

El usuario ingresa el tamaño de su parcela y delimita la misma utilizando el sistema GPS. La aplicación permite ser utilizada de forma offline una vez descargados los datos requeridos. El usuario también puede ingresar las respectivas muestras con su numeración de bolsa y contenido, para una parcela en particular.

2.10 Canopeo [Canopeo]

Canopeo se basa en la investigación realizada en la Universidad del Estado de Oklahoma. Le permite al productor o investigador determinar con precisión el porcentaje de cobertura del canopeo en tiempo real. La aplicación logra estimar la cobertura FGCC (*Fractional Green Canopy Cover*) a través del análisis de los patrones de color en las imágenes. De esta forma el usuario puede supervisar con precisión el progreso de los cultivos y tomar decisiones de gestión informadas. La aplicación se encuentra disponible de forma mundial.

FGCC es una variable clave para estimar el desarrollo del canopeo, o densidad de vegetación verde. También es útil para corroborar la intercepción de luz y evapotranspiración. Anteriormente existían otras aplicaciones orientadas a realizar este tipo de análisis, como *SamplePoint* y *SigmaScan*; sin embargo *Canopeo*, la cual fue desarrollada utilizando el lenguaje Matlab, probó ser desde 75 hasta 2500 veces más rápida que *SamplePoint*, y desde 20 hasta 130 veces más rápida que *SigmaScan* a la hora de procesar las imágenes. [Patrignani and Ochsner, 2015]

La aplicación *Canopeo* permite cargar imágenes a través del wifi, así como una pantalla muestra la ubicación geográfica de las imágenes en la cuenta creada por el usuario. En las Figuras 2.10.1.a se muestra la evaluación de *Canopeo* por color mientras que la Figura 2.10.1.b se puede apreciar la evaluación de *Canopeo* por escala de grises.

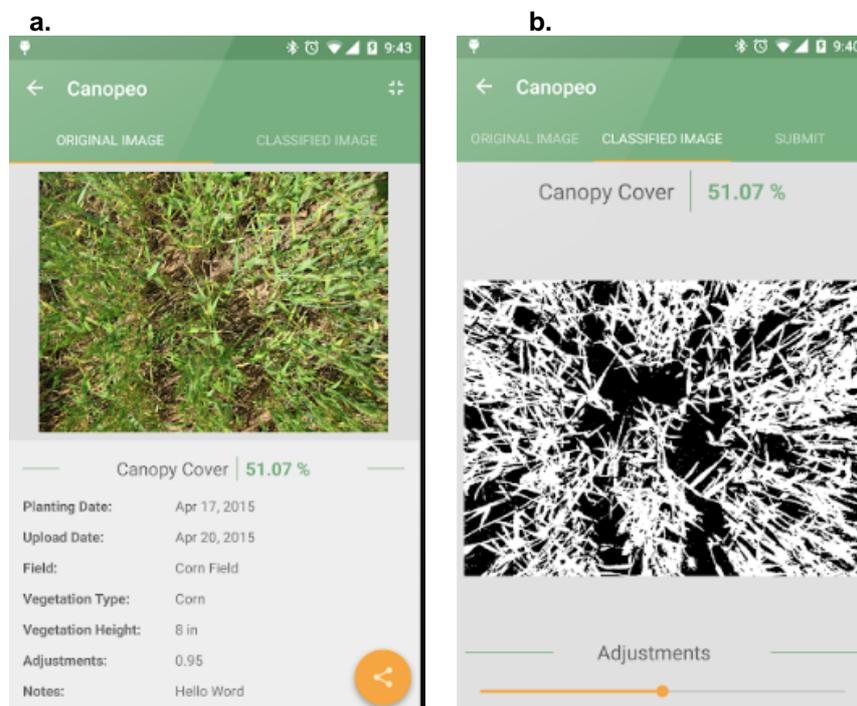


Figura 2.10.1: Aplicación *Canopeo* [PlayStoreCanopeo]

2.11 Bean Cam [BeanCam]

Bean Cam utiliza un espectro de luz verde en la cámara del teléfono para estimar los estándares de la soja. Con ello obtendrá una estimación de rendimiento de la soja y estimación del lugar plantado. Para tomar las muestras se puede contar de forma manual las filas de plantas, o se puede utilizar la cámara para contar de forma automática. La aplicación permite de forma interactiva asistir al usuario a tomar la fotografía de forma correcta para que la misma esté debidamente calibrada a los parámetros esperados por la aplicación. En la Figura 2.11.1 se puede observar algunas métricas brindadas por *Bean Cam*.

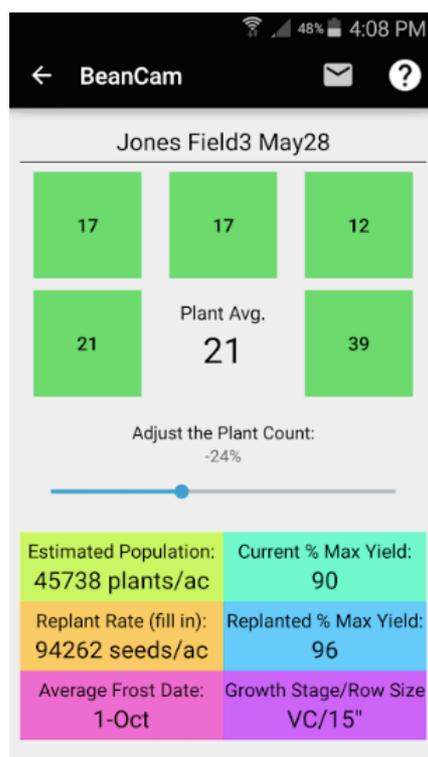


Figura 2.11.1: Pantalla de métricas de *Bean Cam* [PlayStoreBeanCam].

2.12 Análisis de las aplicaciones presentadas

En esta sección se presenta un resumen de las aplicaciones analizadas en este capítulo. En la Tabla 2.12.1 se puede apreciar, como algunas tienen un alcance mundial y otras regionales, además algunas son gratuitas y otras tienen una versión paga. Se puede observar en dicha tabla que plataformas son soportadas por cada aplicación analizada.

En la Tabla 2.12.1 se puede observar que la mayoría de las aplicaciones están orientadas al productor. *WEEDS ID* y *Canopeo* considera la opción de que dichas aplicaciones sean usadas por el público en general; mientras que solo *Canopeo* considera a los investigadores como posibles destinatarios. Esto permite apreciar que la mayoría de las aplicaciones del área están destinadas a los productores, no estando cubierta la necesidad que tienen los investigadores en esta área, esto es una de las motivaciones de esta tesina.

Tabla 2.12.1: Resumen características generales de las aplicaciones analizadas.

Nombre	Alcance geográfico	Costos	Plataformas disponibles	Destinatario
<i>Cultivio</i>	Argentina/Brasil/Paraguay/Uruguay	Gratis	iOS/Android/web	Productor
<i>FieldView</i>	Estados Unidos	Prueba/Pago	iOS/Android	Productor
<i>Trimble Ag Farmer</i>	Mundial	Pago	iOS/Android	Productor
<i>WEEDS ID</i>	Mundial	Gratis	iOS/Android	Productor/ Publico general
<i>FarmLogs</i>	Mundial	Gratis/Pago	iOS/Android	Productor
<i>Ag Mobile</i>	Mundial	Gratis	iOS/Android	Productor
<i>SoilWeb</i>	Mundial	Gratis	iOS	Productor
<i>Tank Mix Calculator</i>	Mundial	Gratis	iOS/Android	Productor
<i>Soil Test Pro</i>	Mundial	Pago	iOS/Android	Productor
<i>Canopeo</i>	Mundial	Gratis	iOS/Android	Productor/ Investigador/ Publico general
<i>Bean Cam</i>	Mundial	Gratis	iOS/Android	Productor

En la Tabla 2.12.2 se puede apreciar un resumen de las funcionalidades de las aplicaciones analizadas en este capítulo. Se puede observar que muy pocas aplicaciones soportan gráficos en tiempo real. Como se puede observar en la Tabla 2.12.2 solo algunas aplicaciones de las analizadas permiten registrar muestras en campo, las cuales están orientadas a guardar variados tipos de datos, sin embargo ninguna de ellas permite registrar *Biomasa*, *Agua* y *Radiación*. Esto motiva el foco de la tesina propuesta.

Cabe mencionar que tanto *Bean Cam* como *Canopeo* tienen la posibilidad de autodetectar mediante procesamiento de imágenes los valores que surgen en base a la captura tomada como muestra.

Acorde al análisis de las aplicaciones analizadas se puede detectar la necesidad de contar con aplicaciones móviles destinadas a investigadores, en particular para la toma de muestras en campo de *Biomasa*, *Agua* y *Radiación*. Este es el principal aporte de la presente tesina que intenta cubrir esta necesidad brindando una versión inicial de una aplicación móvil para tal fin.

Tabla 2.12.2: Resumen de funcionalidades de las aplicaciones analizadas.

Nombre	Gráficos tiempo real	Muestras en campo	Tipo muestras que se recolectan
<i>Cultivio</i>	No	No	-
<i>FieldView</i>	Si	Si	Volumen de cosecha por área seleccionada
<i>Trimble Ag Farmer</i>	No	Si	Volumen de siembra, cantidades de agentes fumigantes, volumen de cosecha por área.
<i>WEEDS ID</i>	No	No	-
<i>FarmLogs</i>	No	No	-
<i>Ag Mobile</i>	No	No	-
<i>SoilWeb</i>	No	No	-
<i>Tank Mix Calculator</i>	No	No	-
<i>Soil Test Pro</i>	No	Si	Número de bolsa con muestra de suelo junto con etiqueta de la posición GPS de la muestra tomada.
<i>Canopeo</i>	Si	Si	Imágenes de áreas sembradas para evaluar su canopeo
<i>Bean Cam</i>	No	Si	Imágenes o conteo manual de las plantaciones de soja.

3. Descripción de la problemática

En este capítulo se describe la problemática que motiva la presente tesina utilizando un lenguaje simple para una mayor comprensión del lector.

La problemática se describe acorde al relevamiento obtenido en las entrevistas realizadas al Ingeniero Riglos Miguel Maximiliano (la cual se detalla en el Anexo A). En las mismas, Riglos comenta, que a partir de la experiencia personal y de otros investigadores que se encuentran realizando la misma actividad, pudo observar algunas dificultades por parte de los investigadores a la hora de analizar los datos recolectados en el campo.

Para comenzar este proceso, el investigador debe dejar el suelo “*limpio*” sin malezas, sin rastrojo¹¹, con buena porosidad y en lo posible con buenas condiciones de humedad para sembrar. Luego, se debe armar la estructura, para establecer las condiciones requeridas por las especies para su crecimiento y desarrollo, proceso que puede durar seis meses que es el período donde el investigador trabaja en el campo.

Finalmente, una vez montada la estructura para proteger el ensayo del granizo y establecidos los cultivos (por ejemplo, maíz, soja, maní y sorgo), se procede a la obtención de datos. Las mediciones que realiza en particular el Ing. Riglos son la evaluación del crecimiento mediante muestreos destructivos de biomasa, del consumo de agua del cultivo y la radiación interceptada. En esta tesina son objeto de interés estas tres mediciones mencionadas, las cuales se detallan a continuación describiendo los elementos involucrados en cada una de ellas como así también el proceso que implica cada muestra respecto al llenado de planillas de papel.

Cabe mencionar que el rango que la recolección de las muestras es entre noviembre a abril, lo cual se considera una campaña.

- **Muestras de Biomasa**

- **Descripción general del proceso - elementos involucrados**

Para la medición de *Biomasa* el investigador se dirige al campo donde anota con fibrón la cantidad de plantas, la parcela y la fecha que se realiza la muestra sobre la bolsa como se puede observar en la Figura 3.1.

El mismo día el ingeniero transporta las muestras al laboratorio como se puede apreciar en la Figura 3.2. Dado que la planta respira, provocando la pérdida de peso del material, siendo fundamental llevarla el mismo día.

¹¹ El *Rastrojo* son las plantas muertas.



Figura 3.1¹²: Bolsa usada para la recolección de las plantas.



Figura 3.2¹³: Transportando las bolsas a laboratorio.

Al llegar al laboratorio el investigador debe hacer un trabajo manual que consiste en separar las muestras en varias porciones para que entren en la estufa como se puede

¹² Imagen brindada por el Ing. Riglos.

¹³ Imagen brindada por el Ing. Riglos.

apreciar en la Figura 3.3. Previamente separa las cañas en cuatro secciones, esto varía de acuerdo al tamaño de la muestra. Paso siguiente ubica las muestras en estufa.



Figura 3.3¹⁴ : Estufa con muestras tomadas.

Luego de tres días el investigador retira las muestras de la estufa para luego obtener el *peso seco* en la balanza, esto se puede observar en la Figura 3.4.

Un vez realizado el paso anterior, se desecha el material de lo que había dentro de la bolsa y se guardan las bolsas. Si la planta se encuentra en estado reproductivo (previamente marcado en la bolsa) se realizan dos mediciones, la *biomasa aérea total* (toda la planta, incluye hojas y espiga) y la *biomasa reproductiva* (únicamente la espiga).

Cabe mencionar que durante el período de diciembre-enero estas actividades se hacen a primera hora del día debido a las altas temperaturas medias máximas que superan los treinta y cinco grados. Hay que tener en cuenta que a partir de los treinta y cinco grados se considera que una planta sufre estrés térmico, y esto puede impactar en las muestras.

¹⁴ Imagen brindada por el Ing. Riglos.



Figura 3.4¹⁵: Balanza usada para pesar las muestras.

➤ **Datos que se registran en las planillas**

En la etapa inicial donde el investigador se encuentra en el campo registra la cantidad de plantas o selecciona la cantidad de centímetros lineales que ingresa en la bolsa, estos datos los registra en la planilla, agregando la parcela, si se encuentra en estado reproductivo y la fecha.

Luego, deja las muestras en estufa donde las retira a los tres días y las pesa, con esto obtiene el peso del material contenido en la bolsa. Es decir, se obtiene la *biomasa aérea total* (toda la planta, incluye hojas y espiga).

Si la planta se encuentra en estado reproductiva se realizan dos mediciones, la *biomasa aérea total* y la *biomasa reproductiva* (únicamente la espiga). A medida que se van recolectando muestras durante la campaña se va generando la curva de biomasa.

La curva se genera en base a lo que el investigador haya seleccionado al momento de cargar la medición de biomasa, al comenzar el formulario se selecciona si va a medir en base a la cantidad de plantas que va a introducir en la bolsa o en base a la cantidad de centímetros lineales que va a tomar.

En caso de seleccionar cantidad de plantas la fórmula es la siguiente:

$$\left(\frac{\text{BiomasaTotal} \cdot \rho \cdot 1000}{\text{CantidadDePlantas}} \right) \cdot 10$$

¹⁵ Imagen brindada por el Ing. Riglos.

- Se multiplica por mil para pasar las unidades a Kilo. Ya que la medida es pequeña pero el luego necesita el valor en Kilo.
- Hay que tener en cuenta que la densidad varía para cada especie por ejemplo en el caso del maíz es de 5.7.

En caso de seleccionar centímetros lineales la fórmula es la siguiente:

$$\frac{(BiomasaTotal * \rho)}{cm\ Lineales}$$

- **Muestras de Agua**

- **Descripción general del proceso - elementos involucrados**

En el caso de la medición de agua se debe contar además de la planilla, con el barreno que se muestra en la Figura 3.5; este elemento permite hacer un pozo donde retiran tierra de diez diferentes profundidades, comenzando con la primera medida que va de la superficie del suelo hasta los veinte centímetros, hasta la última medida que va del metro ochenta hasta los dos metros de profundidad. Esta actividad se realiza por completo en campo.



Figura 3.5¹⁶: Barreno usado para la muestra de agua.

¹⁶ Imagen brindada por el Ing. Riglos.

Las diferentes mediciones que se van sacando con el barreno se guardan en recipientes como se puede observar en la Figura 3.6, los cuales ya vienen identificados con un número, estos recipientes pueden ser latas o tarros.



Figura 3.6¹⁷: Latas de aluminio usadas en la muestra de agua.

El mismo día se llevan las muestras al laboratorio como se pueden observar en la Figura 3.7, para pesar las mediciones con una balanza de mayor precisión que la que vimos en la Figura 3.4 de biomasa. Esto se realiza en estado húmedo, luego se ponen a secar en estufa a cien grados centígrados, hay que esperar entre dos y tres días para sacarlas del horno, donde se vuelven a pesar.



Figura 3.7¹⁸: Muestras de agua en laboratorio.

¹⁷ Imagen brindada por el Ing. Riglos.

¹⁸ Imagen brindada por el Ing. Riglos.

➤ **Datos que se registran en las planillas**

Los datos que se anotan en la planilla inicialmente en campo son la parcela, la fecha, la profundidad y el número de lata o tarro donde se guarda esa profundidad de suelo obtenida del barreno.

En segunda instancia cuando se llega al laboratorio se debe anotar el peso fresco de cada recipiente (lata o tarro).

Se ponen las muestras en la estufa, al esperar los tres días para retirarlas se registra como último paso el *peso seco* de cada una.

Una vez obtenido todos estos datos el investigador calcula el porcentaje de humedad de la parcela, para esto obtiene el promedio de los recipientes.

Para completar la humedad de la parcela, primero se calcula la humedad de cada nivel de profundidad

Para obtener la humedad de cada profundidad el cálculo es:

$$\frac{\text{PesoFresco} - \text{Tara} - \text{PesoSeco} - \text{Tara}}{(\text{PesoSeco} - \text{Tara}) \cdot 100}$$

Una vez obtenida cada humedad en todos los niveles de profundidad se suman todas y se divide por diez en este caso que es la cantidad de niveles.

• **Muestras de Radiación**

➤ **Descripción general del proceso - elementos involucrados**

Para llevar a cabo esta actividad se necesita contar con el material apropiado, el más importante es la barra encargada de medir la radiación también llamado *radiómetro*, elemento que se visualiza en la Figura 3.8. Además, se debe contar con la planilla que la mayoría de las veces se arma una vez en el campo.



Figura 3.8¹⁹: Dispositivo Radiómetro.

¹⁹ Imagen brindada por el Ing. Riglos.

En el caso particular de esta tesina se relevó la información brindada por el Ing. Riglos, el mismo realiza las muestras en un campo ubicado en Villa Mercedes que es una zona de granizos, el investigador cuenta con la *malla antigranizo* (ver Figura 3.9). Esto hace que no solo se tenga que tomar la *radiación incidente*²⁰ e *interceptada*²¹ sino también la interceptada bajo malla antigranizo generando resultados más precisos.



Figura 3.9²²: Malla Antigranizo.

Para llevar a cabo el proceso de muestreo de radiación, el investigador necesita contar con un día despejado para evitar *radiación difusa*²³, lo que busca el investigador es la *radiación directa*²⁴.

La medición se lleva a cabo en el rango de las once de la mañana y las dos de la tarde donde los valores de radiación son elevados. El tiempo que lleva esta actividad ronda entre una hora y una hora y media. Cabe mencionar que esta actividad se realiza cada una semana.

²⁰ Se toma a la altura más alta de la planta.

²¹ Se obtiene sobre la última hoja empezando de arriba, tiene que estar verde al menos el cincuenta por ciento de la hoja, si está marrón o muerta no se toma y se mide a partir de la siguiente hoja.

²² Imagen brindada por el Ing. Riglos.

²³ Es el contacto que tiene con las nubes modificando su valor produciendo cambio de las propiedades.

²⁴ Es la que se obtiene los días despejados, directamente desde el sol.

➤ **Datos que se registran en las planillas**

A medida que el investigador va obteniendo los datos los va reflejando en la planilla, los datos que recolecta son la *radiación incidente*, la radiación incidente bajo malla antigranizo y la *radiación interceptada*, todos estos valores el ingeniero los completa en campo.

Lo que el investigador busca con estos valores es calcular el porcentaje de radiación en cada parcela, para esto se utiliza la siguiente formula:

$$\frac{\text{RadiacionInterceptada}}{\text{RadiacionIncidente}} \cdot 100$$

Obteniendo como resultado la eficiencia que intercepta la planta.

• **Dificultadas en la recolección de las muestras**

A la hora de recolectar las muestras son muchas las personas que colaboran a completar la planilla, esto se traduce como diferentes actores que escriben sobre la planilla siendo diferentes caligrafías las que lleva un mayor análisis y complejidad, colaborando a la equivocación de la persona a cargo de pasarlas luego a la computadora.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de datos se completa en campo, donde al mismo tiempo se está trabajando en la recolección de muestras, haciendo tedioso la forma de almacenar y mantener ordenadas los papeles mientras la persona se encuentra en esta actividad.

Cabe mencionar que para comenzar la recolección de muestras es importante contar con el material necesario de la actividad que se va a llevar a cabo, trasladarlo hasta el lugar y devolverlo a su correspondiente sitio, teniendo en cuenta en ambos trayectos no olvidarse de nada, ya que cualquier elemento que falte va a no sólo retrasar la actividad sino que también puede influir en datos erróneos e imprecisos.

Estas tomas de muestra se deben ejecutar sobre cada parcela, el investigador anota en una planilla estandarizada los resultados de cada proceso. Este proceso puede resultar tedioso, especialmente debido a que la ubicación geográfica y la cantidad de herramientas portadas por el investigador en el momento, complejizan la toma y anotación de las muestras. Los procesos de medición pueden durar hasta doce horas, obligan al investigador a portar las anotaciones durante todo el periodo lo cual implica el riesgo de perder su día de trabajo, por ejemplo, a causa de hojas extraviadas o dañadas. Como este tipo de actividades se realiza en campo, un factor que influye es el medio ambiente hostil, donde hay viento, lluvia y tierra que complejiza la tarea. En plena actividad pueden ocurrir ciertos atascos, como quedarse sin papel, o sin tinta en la lapicera o muchos otros factores que no ocurre en un sitio donde se puede solucionar el inconveniente de forma fugaz.

En resumen, la mayor dificultad con la que se encuentra el investigador es que estas hojas sobre la que vuelca los datos puede perderse o dañarse como se mencionó anteriormente, o contar con algún error humano en las anotaciones realizadas o poco

legibles, este es el mayor desafío de la presente tesina encontrar una solución de software que asista a los investigadores en esta tarea para que más fluida la carga de datos y sobre todo poder tener al instante resultados de graficas acorde a las muestras o valores ingresados.

4. Diseño del prototipo

En este capítulo se describen las diferentes decisiones de diseño que se tomaron a la hora de desarrollar aplicación. Las decisiones se basaron en los documentos y las entrevistas realizadas al Ing. Maximiliano Riglos. Dentro de la documentación se entregó un mapa que describe la distribución de los cultivos en el campo, de la forma que el ingeniero lo proyecta para luego tomar las muestras correspondientes, esto se puede apreciar en la Figura 4.1.

El bosquejo de la Figura 4.1 describe la forma en la cual se estructuran los diferentes cultivos sembrados. La estructura principal se puede describir como una matriz de ocho parcelas. A esta estructura la llamaremos “*tablón*”.

Cada tablón contiene parcelas, las cuales se encuentran agrupadas por “*fecha de siembra*”. Cada parcela tiene asociada su cultivo y su repetición (permite identificar a cada cultivo en cada parcela, por ejemplo *Maíz* puede encontrarse plantado en distintas parcelas, por lo tanto se identifica cada *Maíz* con su respectiva “*repetición*”. Podemos observar también en la Figura 4.1 que cada parcela puede tener su propia dimensión. Por ejemplo, la parcela “*Maní rep1*” tiene una dimensión de cinco coma cinco metros de ancho por cinco metros de alto. Por último, debemos mencionar la orientación del gráfico. La misma se puede verificar siguiendo la rosa de compás ubicada en el extremo superior derecho en la Figura 4.1.

Cabe aclarar que los tablonos pueden variar según su estructura, y las distintas parcelas pueden variar su respectivo cultivo y repetición. La estructura de los tablonos se mantiene durante toda la campaña. El espacio intermedio que divide el primer tablón del segundo describe una pendiente, que afecta a como incide la luz solar sobre los cultivos y por lo tanto la humedad que pueden contener los mismos. En la Figura 4.1 se puede apreciar el bosquejo de la campaña perteneciente al año 2018-2019, realizado por el Ing. Riglos.

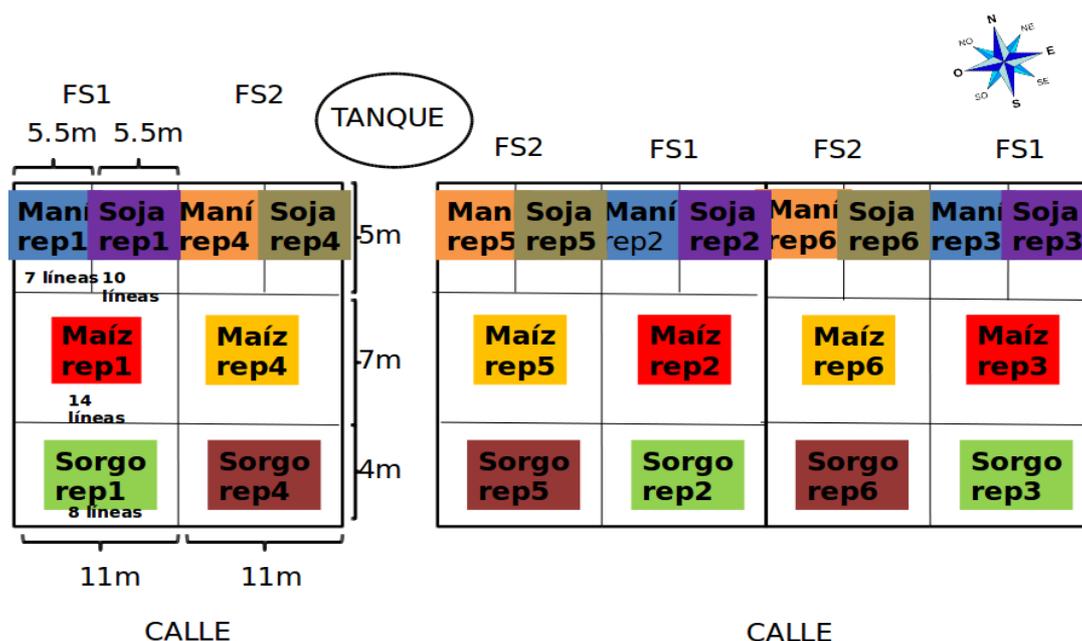


Figura 4.1: Bosquejo de campaña 2018-2019 brindado por el Ing. Riglos.

El Ing. Riglos destaca que la distribución de las parcelas puede variar en cada año en el cual se realiza la campaña.

En total se analizaron dos campañas, la campaña 2018-2019 la cual ya hemos descrito en la Figura 4.1, y la campaña 2017-2018 la cual describiremos a continuación con un bosquejo indicado en la Figura 4.2, se realizará una comparación entre ambas para notar similitudes y diferencias y poder establecer un patrón; si es que existe alguno, en cuanto a la organización de las parcelas y tablonés. Y de esta manera poder comprender los conceptos que se deberán considerar en el prototipo.

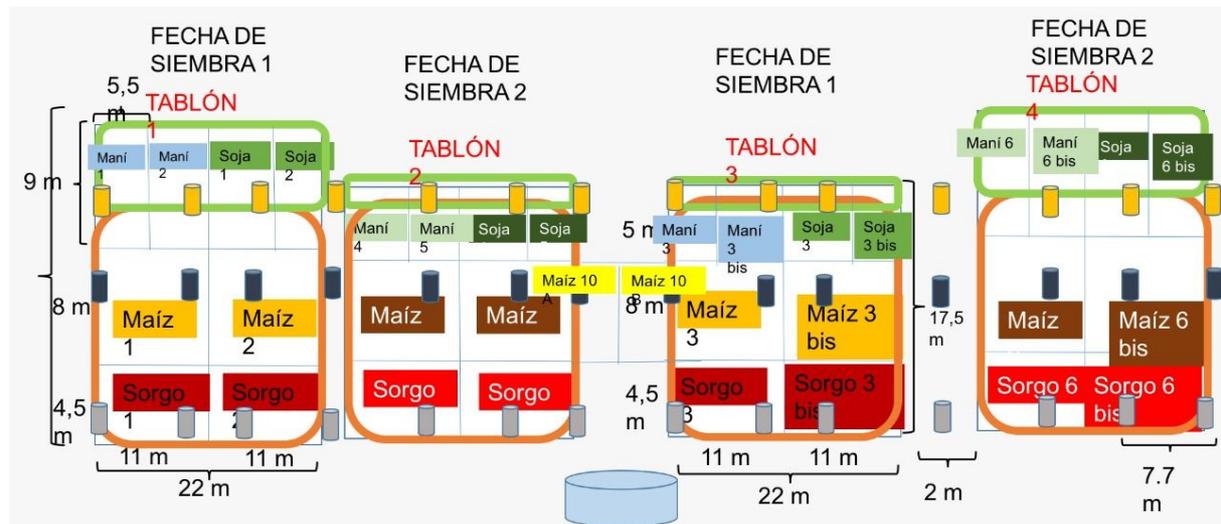


Figura 4.2: Bosquejo de campaña 2017-2018 brindado por el Ing. Riglos.

Se puede apreciar en las Figuras 4.1 y 4.2 que hay una estructura similar, con los tablonés separados por su respectiva fecha de siembra, y divididos en parcelas, las cuales tienen una distribución similar y también se distinguen dos fechas de siembra.

La primera diferencia que podemos percibir, es que la numeración de los cultivos se modifica entre la campaña 2017-2018 y la campaña 2018-2019. Si bien los tipos de cultivos son los mismos, en el caso de la campaña 2018-2019 (Figura 4.1) podemos observar que los mismos se numeran como “rep” y el número de la parcela en cuestión para distinguir cada repetición. Sin embargo, en la Figura 4.2 se optó por directamente asignar una numeración que puede ir desde uno a tres bis para los cultivos con fecha de siembra uno, y desde cuatro a seis bis para los cultivos con fecha de siembra dos. Al consultar con el Ing. Riglos, el mismo aclaró que *“la distinción entre repetición o número de cultivo es indistinta y pueden utilizarse cualquiera de las dos formas de manera equivalente”*.

Para desambiguar, para el diseño del prototipo se optó por no considerar la palabra repetición, y mantener la numeración utilizada en la campaña 2017-2018.

Otra diferencia entre las Figuras 4.1 y 4.2 es que la posición de los cultivos es diferente. La posición relativa de los cultivos es fundamental para poder ubicarlos en campo y tomar las muestras de forma acorde. Otra diferencia es la dimensión de las parcelas, la cual puede variar entre campañas. El Ing. Riglos acotó que el tamaño de la parcela no es relevante para el ingreso de los datos.

Como última observación se puede notar en la Figura 4.1 que existe un cultivo llamado “Maíz 10”. Esto es un evento excepcional que ocurrió en la campaña 2017-2018, donde los cultivos “Maíz 6” y “Maíz 3” sufrieron daños y por lo tanto debieron ser reemplazados.

Según lo descrito por el Ing. Riglos en las entrevistas (ver Anexo A), podemos llegar a la conclusión que tanto la dimensión de la parcela como la orientación de los tablones no tienen relevancia a la hora de tomar las distintas muestras y plasmarlas en la planilla de resultados. Toda esta información es de utilidad a la hora de plantear el diseño del prototipo.

Dado que la estructura de los tablones puede variar a medida que transcurren las campañas; por lo tanto, es deseable diseñar una grilla que tenga dinamismo en su expresión para poder adaptarla a futuras intervenciones o configuraciones que sean necesarias, para que el diseño sea compatible tanto con la campaña actual como con campañas siguientes, y para poder ubicar correctamente los distintos cultivos en la geografía del campo.

Además, según lo comentado por el Ing. Riglos, existen casos excepcionales donde un cultivo puede ser reemplazado por otro debido a diversos factores. Es esperable entonces, que la estructura del tablón pueda cambiar.

Otro factor a considerar es que el entorno donde será utilizado este prototipo será extremadamente hostil en cuanto a la luminosidad, por lo que se prefieren colores fuertes con contrastes marcados, y con íconos y gráficos claramente distinguibles entre sí y entre otros componentes.

A continuación se detallan las características de diseño que fueron consideradas en el prototipo. En un primer diseño visual, se agruparon las fechas de siembra, abreviadas con la sigla “FS1” y “FS2” como se puede apreciar en la Figura 4.3, donde esta seleccionado “FS1”, y por lo tanto se muestran los tablones de esa fecha de siembra. Cada cultivo está representado con un único color, para generar una asociación fácil de distinguir.

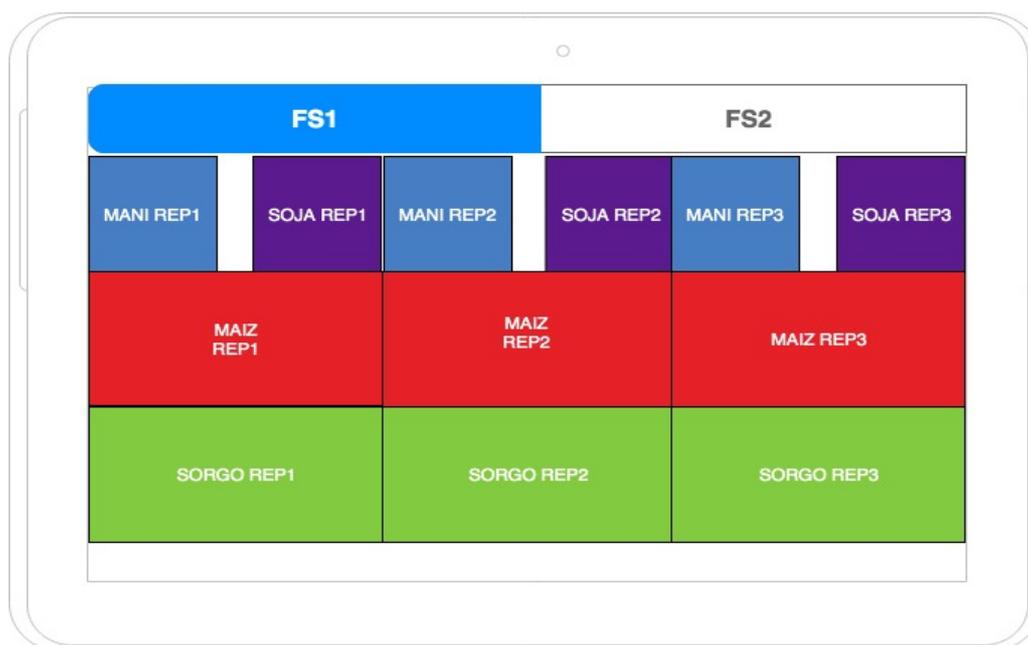


Figura 4.3: Primer diseño de la interfaz del prototipo.

La característica positiva del diseño presentado en la Figura 4.3, es que agrupa las distintas repeticiones según una característica en común, su fecha de siembra, haciendo sencillo para el usuario identificar con que cultivo se desea trabajar. Además, es posible agregar más fechas de siembra según sea necesario. Sin embargo, como desventaja encontramos que se pierde el orden geográfico del primer diagrama, por ejemplo, no podemos saber el orden secuencial de las parcelas y por lo tanto perdemos las referencias con el modelo real. Esto podría dificultar encontrar un cultivo en particular si no se conoce bien la distribución del campo. Además, limita agregar nuevos cultivos a una misma fecha de siembra.

Otra forma de agrupar las parcelas visualmente puede ser por tablones. En este diseño cada tablón tiene su propia sección dedicada con sus respectivas parcelas. De esta manera no se pierde el orden secuencial, y es posible agregar más tablones en caso de ser necesario. Este representación se puede apreciar en la Figura 4.4, donde se puede apreciar el tablón numero dos seleccionado, junto con la respectiva disposición gráfica de las parcelas.

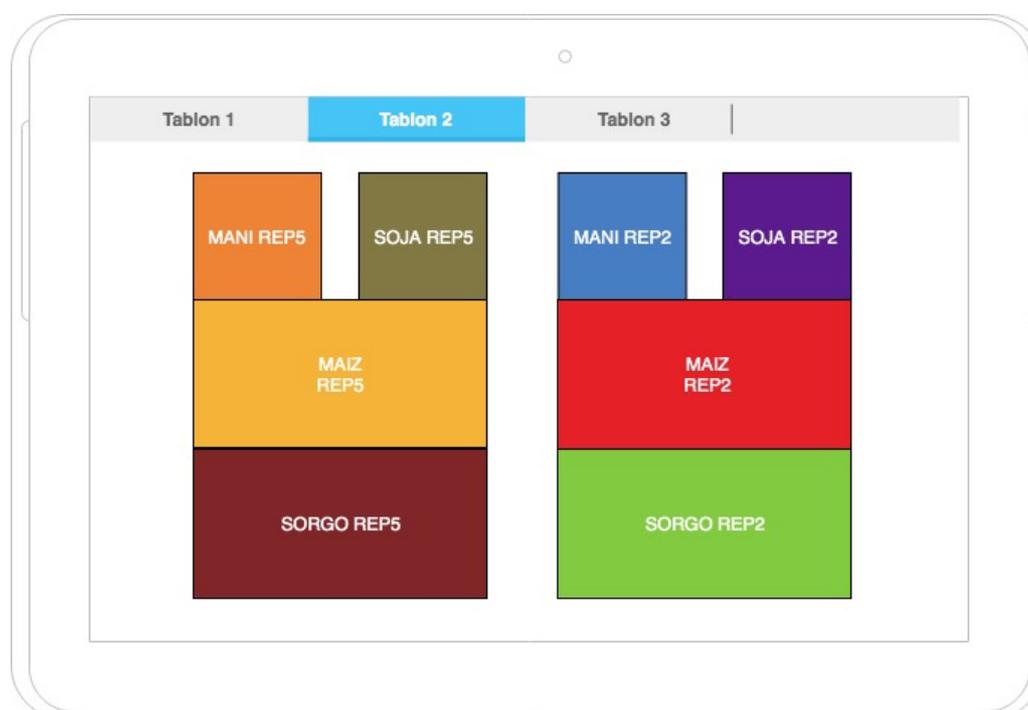


Figura 4.4: Segundo diseño de interfaz del prototipo.

A continuación se podemos realizar una comparativa entre los dos enfoques de representación, y finalmente elegir uno en el cual se centrará la aplicación. En la Tabla 4.1 se ve un resumen de las características que son de interés.

Tabla 4.1: Comparación de los diseños visuales.

	Diseño visual por fecha de siembra (Figura 4.3)	Diseño visual por tablón (Figura 4.4)
Parcelas agrupadas	Fecha de siembra	Tablón
Disposición geográfica	Se pierde	Se mantiene
Posibilidad de extender	Con más fechas de siembra	Con más tablones

Como se puede apreciar en la Tabla 4.1, el diseño visual por tablón representa de forma fiel la disposición del campo, esto no es un dato menor ya que se desea que el prototipo sea de fácil uso, entonces sería una copia fiel del bosquejo en papel.

En base a los conceptos identificados en el Capítulo 3 y los mencionados anteriormente en este capítulo, se presenta a continuación un mapa conceptual relacionando estos conceptos, esto servirá luego para representarlo en el prototipo. Este mapa conceptual se puede apreciar en la Figura 4.5. El tablón tiene varias parcelas, cada una tiene una única especie y varias muestras asociadas. Hay tres clases de muestras, radiación, biomasa y agua, cada una registra valores diferentes, en particular además biomasa tiene dos etapas. En el caso de la muestra de agua tiene asociada muchos recipientes donde para cada uno de ellos se registra información en dos estadios diferentes “a hornear” y “finalizado”, donde en cada uno de estos se registra información diferente.

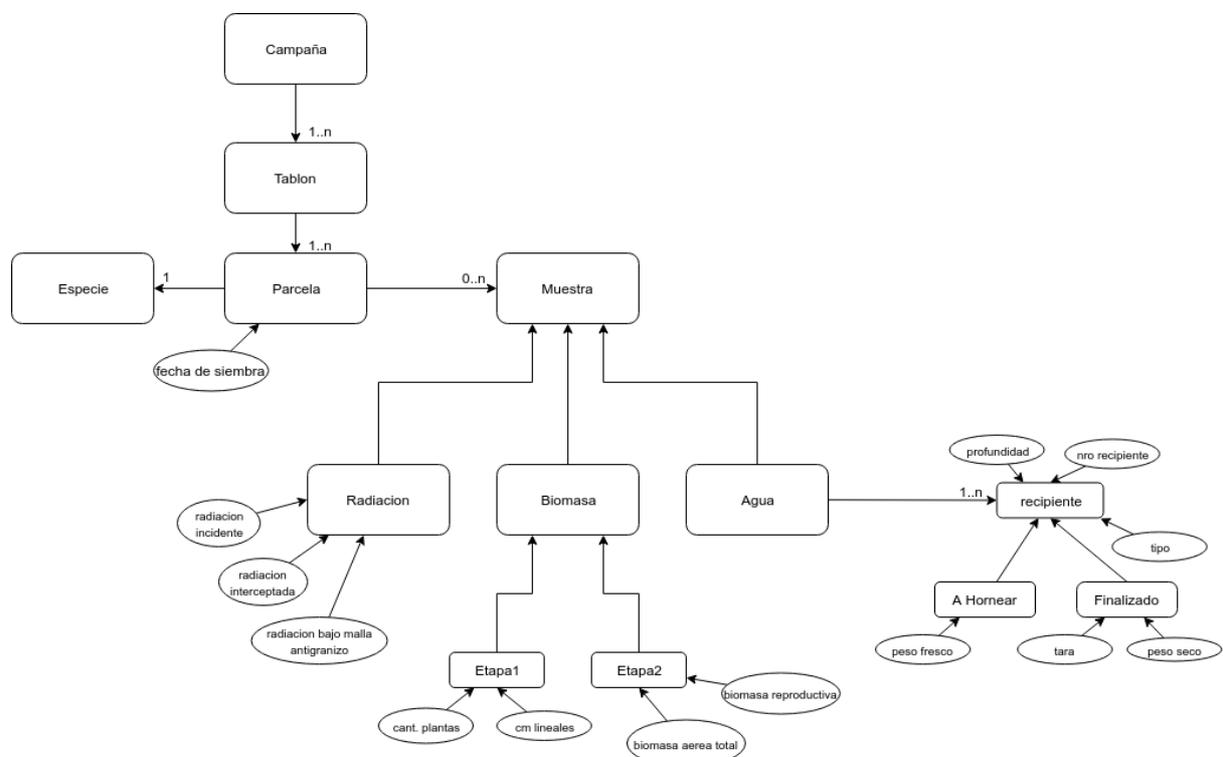


Figura 4.5: Mapa conceptual a considerar para el prototipo.

Veamos con más detalle cada concepto identificados en la Figura 4.5; si bien algunos de estos se explicaron en el capítulo anterior es de interés contar con este resumen para poder luego comprenderlos mejor en el prototipo:

- **Campaña:** una campaña representa el período donde se comienza una nueva cosecha. En el caso tratado, se determina la campaña como el período entre la fecha de siembra y la cosecha del cultivo. Por ejemplo, la siembra se ubica en el tercer trimestre del año 2018 y la cosecha se ubica en el segundo trimestre del año 2019.
- **Tablón:** Las unidades estudiadas se encuentran definidas por tablones y parcelas. Los tablones son unidades de campo divisibles.

- *Parcela*: una parcela es la unidad de trabajo asignada para cada cultivo específico. La parcela es una subdivisión de un tablón, la misma se encuentra numerada y asignada a una fecha de siembra en particular.
- *Especie*: La especie corresponde a la siembra realizada en una parcela en particular. Una especie puede encontrarse repetida en distintas parcelas. Las especies representadas en el prototipo son: maíz, maní, soja y sorgo.
- *Fecha de siembra*: Fecha en la cual se realiza la siembra del cultivo. Dentro de una campaña existen dos fechas de siembra acorde a la dinámica de trabajo del Ing. Riglos.
- *Muestra de radiación*: La medición de radiación se compone de una fecha de muestra, además consta de otros tres atributos:
 - *Radiación incidente*: radiación solar que afecta directamente al cultivo. La misma es la que se corresponde con la radiación a la altura de la planta.
 - *Radiación incidente bajo malla antigranizo*: radiación solar medida por debajo de la malla antigranizo.
 - *Radiación interceptada*: medida de radiación que se toma a la altura del cultivo. La misma es la que se toma bajo la última hoja con más de un 50% verde de la hoja, si no se toma la siguiente. Una muestra de radiación puede contener cero o muchas radiaciones interceptadas.
- *Muestra de biomasa*: La medición de biomasa se compone de una fecha de muestra y de dos estados: *Etapa uno* y *Etapa dos*. La etapa uno permite cargar datos de centímetros lineales o cantidad de plantas, que pueden ser verificados antes de realizar los cálculos de biomasa definitivos. Como se mencionó en el capítulo anterior, la forma de medir la biomasa se desprende el cálculo que debe realizarse. La *etapa dos* incluye los siguientes atributos:
 - *Biomasa Aérea Total (en kilos)*: peso total de la biomasa, luego de pasar por el proceso de secado. Incluye el peso de toda la planta, hojas y espigas.
 - *Biomasa Reproductiva (en kilos)*: Si la planta se encuentra en estado reproductivo, además de la Biomasa Aérea Total, se calcula la Biomasa reproductiva. La misma incluye únicamente el peso de las espigas.
- *Muestra de agua*: Cada muestra de agua tiene asociada una fecha de muestra y tiene asociada los distintos recipientes que se utilizaron para la toma de muestra. El número de recipiente no se puede repetir en cada medición de agua.
- *Recipiente*: Cada recipiente se encuentra asociado a una muestra de agua y contiene los estados “*A Hornear*” y “*Finalizado*”. En el estado “*A Hornear*” se describen los atributos: número de recipiente, su tipo (lata o tarro) y su respectiva profundidad. En el estado “*A hornear*”, se describe por cada recipiente, su peso fresco. En el estado “*Finalizado*” se describe el peso seco de cada recipiente y su tara. A continuación, se detallan cada uno de estos conceptos mencionados anteriormente:

- *Número de recipiente*: es el número que identifica unívocamente a cada recipiente. Un mismo recipiente no puede repetirse en una medición de agua en particular. Si es posible repetir un recipiente en otras mediciones subsiguientes.
- *Tipo de recipiente*: el tipo de recipiente describe si el mismo es un tarro o una lata.
- *Peso fresco*: peso de la muestra con humedad.
- *Peso seco*: peso de la muestra tras completar el proceso de secado.
- *Tara*: peso del recipiente en cuestión. Cada recipiente tiene un peso determinado, dependiendo el recipiente en particular y si es lata o tarro. Debido a que este dato debe ser preciso y todos los recipientes son ligeramente distintos, es necesario que se describa cada tara de cada recipiente.

En conclusión en este capítulo hemos establecido el diseño de una interfaz que represente más adecuadamente las necesidades del Ing. Riglos a la hora de trabajar en campo. Además, analizamos los conceptos básicos que deberán ser representados por el prototipo. Usando un mapa conceptual se establecieron las relaciones entre los distintos conceptos identificados para luego poderlos plasmar en un prototipo.

5. Prototipo desarrollado

En este capítulo se presenta el prototipo desarrollado, dividiéndolo en tres secciones, en la primera se realiza una descripción de las tecnologías utilizadas, en la segunda se presentan las principales pantallas desarrolladas para interactuar con el mismo y en la tercera las diferentes problemáticas encontradas durante el desarrollo y cómo las mismas fueron abordadas.

5.1 Descripción general de prototipo

El prototipo fue desarrollado como una aplicación para dispositivos *Android* [Android] y desarrollada usando *React Native* [ReactNative], que es asistida por un sistema de persistencia en la nube; el cual utiliza un *Web Service* que permite comunicarse con la capa de persistencia alojada en la nube.

En la capa de persistencia se almacenan los datos de forma tal que cada entrada representa un estado particular de la aplicación. Cuando se quiere recuperar un estado previo, ya sea por deseo del usuario o porque la aplicación ha perdido los datos por razones de fuerza mayor, la aplicación se comunica con el *Web Service*; recuperando la última revisión en la base de datos, que corresponde al último estado del sistema. A cada uno de estos estados podemos llamarlos “*savepoints*”.

Un *savepoint* está conformado por una estructura en formato json que contiene un hash con la fecha exacta de la transacción, y los datos de la aplicación representados de forma dinámica.

Existen dos procesos básicos que constituyen el flujo de salvado y recuperación de información del sistema:

- El primer proceso es el proceso de salvado en sí; y el mismo consiste en tres pasos:
 1. La aplicación envía una nueva estructura al *Web Service* expuesto con interfaz REST. El *Web Service* es gestionado mediante una aplicación llamada “*Restheart*” [Restheart], la cual se describirá más adelante.
 2. El servidor de archivos se comunica con la base de datos *Mongodb* [MongoDB] para persistir los datos.
 3. Periódicamente se realiza un salvado de la base de datos a *Google Drive* para mantener los datos en más de un almacenamiento. Esto permite tener mayor seguridad a la hora de preservar la información. El servicio también permite agregar múltiples proveedores de backup, en caso de ser necesario. Por ejemplo, es posible realizar backups a múltiples cuentas de *Google Drive*, o a otros proveedores como *Dropbox*, *AWS*, o cualquier servidor virtual privado.

Los pasos descritos para el salvado de datos son mostrados gráficamente en la Figura 5.1.1.

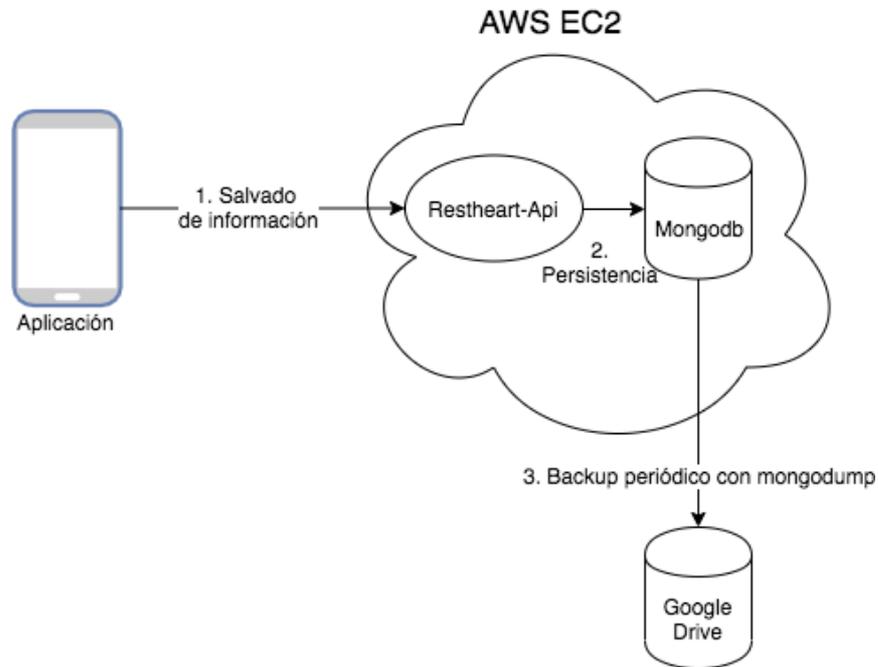


Figura 5.1.1: Proceso de salvado de datos.

➤ En segundo lugar, tenemos el proceso de recuperación de la información, que también consiste de tres pasos:

1. Como primer paso la aplicación móvil solicita la última revisión de los datos, o la revisión deseada del mismo según la fecha.
2. La aplicación web solicita a la base de datos el dato correspondiente.
3. Por último, se devuelven los datos a la aplicación móvil, la cual los carga en su almacenamiento interno.

Los pasos descritos para el salvado de datos son mostrados gráficamente en la Figura 5.1.2.

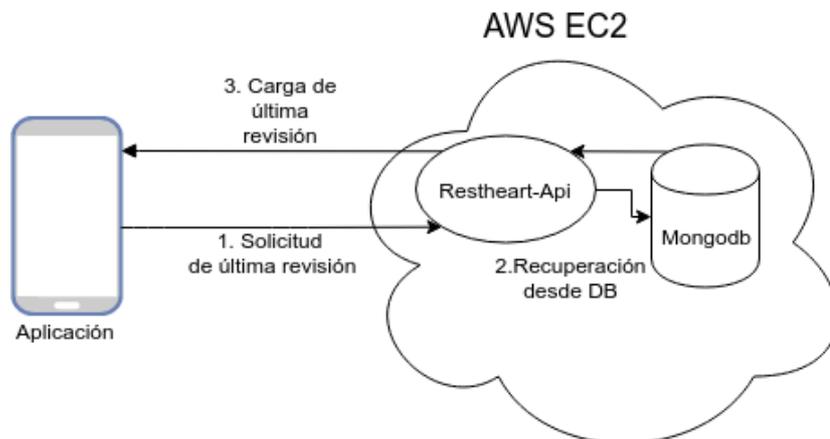


Figura 5.1.2: Proceso de recuperación de datos.

En el prototipo existen dos bases de datos en el sistema que actúan de forma conjunta para ofrecer el mejor rendimiento y la mayor autonomía a la aplicación:

- Primero tenemos la base de datos interna de *Android*, a la que *React Native* denomina “*AsyncStorage*”. Esta base de datos permite mantener el estado de la aplicación en el dispositivo móvil, permitiendo que los mismos no se pierdan en cada reinicio de aplicación. La misma es de rápido acceso, pero se borra si la aplicación es eliminada del dispositivo.
- Segundo tenemos la base de datos en la nube. Esta base de datos se encuentra desarrollada sobre el motor “*No-sql*”²⁵ llamado *Mongodb* [MongoDB]. En esta base de datos se almacenan los mismos estados persistidos en el “*AsyncStorage*” mencionado anteriormente permitiendo así restaurar la aplicación aun cuando la misma ha sido desinstalada o se han dañado sus datos. Permite además mantener la consistencia entre dispositivos, ya que todos los dispositivos pueden encontrarse sincronizados a la última revisión de los datos.

El objetivo que se buscó fue el de poder desligar la obligación al usuario de que tener que utilizar un sistema operativo particular, al inicio se pensó en hacerlo para *Android* pero luego pensamos en adaptarlo para *iOS*. Acorde a esto, la tecnología principal que cuenta la aplicación es *React Native* [ReactNative], se tomó esta decisión ya que genera código nativo para *Android* y *iOS* sin necesidad de programar dos veces lo mismo, conocido por su lema (*Learn once, write anywhere*), manteniendo los componentes nativos para cada plataforma, la característica principal que provee es hacer uso de *React* [React] que es una biblioteca *Javascript* [Javascript] de código abierto diseñada para crear interfaces de usuario con el objetivo de facilitar el desarrollo de aplicaciones en una sola página conocido como SPA (*Single-Page Application*) es un sitio web que interactúa con el usuario de forma dinámica escribiendo la página actual en vez de cargar una nueva desde el servidor.

React funciona con *Node* [Node] y *NPM* [NPM], es de decir, la base de la plataforma es puro *JavaScript* [Javascript]. *React* se adapta a la perfección al estándar actual de *JavaScript ECMAScript 6*, aunque es compatible con el *ES5*. Este nuevo estándar trae grandes novedades como, *template strings*, importación de módulos, clases, funciones flecha (*arrow functions*), y muchos otros que utilizamos para el desarrollo de esta aplicación.

Al desarrollar una app en *React Native* [ReactNative], la mayor parte del código que se escribió, en su mayoría, es el mismo para las versiones de *Android* e *iOS*. Sólo hay que ocuparse de la lógica de negocio y de maquetar una única vez. Una de las ventajas con la que cuenta esta tecnología es el *Hot Reloading*²⁶. En los desarrollados nativos tradicionalmente hay que compilar para ver los cambios, por muy pequeño que sean. Esto fue uno de los puntos que nos impulsó a optar por ésta tecnología. Dado que la forma

²⁵ Las BD no relacionales tienen la posibilidad de escalar horizontalmente sobre muchos servidores, habilidad de replicar y distribuir datos (particiones) en muchos servidores, tienen una interfaz o protocolo simple a nivel de llamada (en contraste con el enlace de SQL), tienen un uso eficiente de RAM e índices distribuidos, y por último el aspecto más relevante para su elección en este proyecto, la habilidad de agregar dinámicamente nuevos atributos a los registros de datos.

²⁶ Solo actualiza los archivos que se modificaron sin perder el estado de la aplicación.

tradicional hace al desarrollo nativo lento y tedioso. A diferencia en *React Native* [ReactNative] se compila una vez e inmediatamente se reflejan los cambios haciendo el trabajo más ameno y rápido. Se puede ir viendo cómo afectan los cambios según lo vas haciendo lo que se llama (*Live Reload*²⁷). *Android Studio* [AndroidStudio] dispone de una herramienta similar, pero no termina de funcionar del todo bien.

Para depurar la aplicación, *React Native* [ReactNative] cuenta con un entorno de desarrollo muy completo; tiene a disposición las herramientas *React Developers Tools*, además cuenta con *Redux dev tools* en caso de querer utilizar un modelo *Flux de manejo de estados* (durante el desarrollo de esta aplicación *Facebook* lanzó el 6 de Febrero del 2019 en su versión 16.8.0 los hooks, estos ofrecen la funcionalidad de manejo de estados de forma nativa sin necesidad de utilizar *Redux*).

La API de *React Native* [ReactNative] ofrece un abanico muy grande de funcionalidades nativas, y siguen trabajando para aumentar este número, pero es real que no cuentan con todas, para este tipo de situaciones, se puede añadir código nativo a nuestro desarrollo. Se puede comunicar nuestro código *JavaScript* [Javascript] con código nativo para tener acceso total al *Hardware* y a las *APIs* nativas.

Otro de los puntos que nos impulsó a elegir *React Native* [ReactNative] como la principal tecnología es que lleva ventaja frente a sus competidores es la experiencia de usuario nativa. Esto se consigue principalmente utilizando componentes visuales nativos y animaciones nativas.

React Native transforma el código JSX en código JavaScript [Javascript]. En tiempo de ejecución este código es a su vez transformado a vistas nativas que son indistinguibles de las que se crean en un desarrollo nativo (a diferencia de las *Web App* que son una web dentro de un componente *webview*). Dentro de *React Native* hay una versión simplificada de CSS y *Flexbox* para añadir estilos a nuestros componentes.

Se utilizó *Expo* [Expo] para abstraerse de la configuración de la aplicación, las herramientas, servicios y *React Native* [ReactNative] de *Expo* [Expo], se puede construir, implementar e iterar rápidamente en aplicaciones nativas de iOS y Android desde la misma base de código JavaScript [Javascript]. Accede a las capacidades del dispositivo como cámara, ubicación, notificaciones, sensores y mucho más, todo con API multiplataforma.

Debido a que la aplicación tiene características que la hacen extremadamente dinámica en cuanto a sus datos, y debido a la necesidad de tener estructuras que se acoplen en el menor tiempo de desarrollo e integración posible a la aplicación, se decidió que la mejor elección sería optar por una base de datos *NoSql* basada en documentos, como lo es *MongoDB* [MongoDB]. En este caso, los esquemas rígidos de las bases de datos relacionales no permitían el tipo de comportamiento que se estaba buscando a la hora de salvar el estado de la aplicación.

En el caso particular de esta tesina tenemos una colección a la que llamamos *Medición*. Un documento por ejemplo se almacena de la siguiente manera:

²⁷ Actualiza los archivos sin guardar el estado de la aplicación.

```
{ Nombre: "medicion1", fecha:"2/3/2019", medición: "Agua", profundidades: [{1: 22, 2: 21, 3: 11, 4: 22, 5:22, 6:44, 7:33, 8:21, 9 :22, 10:10}]}
```

El documento anterior es un clásico documento JSON. Tiene 3 strings y un array. En la misma colección podríamos guardar un documento como este:

```
{Nombre: "medicion2", fecha:"2/3/2019", medición: "radiación", radiacionIncidente: 430}
```

Este documento no sigue el mismo esquema que el primero. Tiene menos campos, algún campo nuevo que no existe en el documento anterior e incluso un campo de distinto tipo. Esto que es algo impensable en una base de datos relacional, es algo totalmente válido en *MongoDB* [MongoDB].

Para permitir la interacción entre la base de datos y la aplicación móvil se utilizó un framework llamado *Restheart* [Restheart], el cual es una aplicación web open-source que tiene como objetivo principal proveer una interfaz HTTP para comunicarse con una base de datos "No-sql". La aplicación se conecta con la base de datos *MongoDB* y expone todas las características de *MongoDB* a través de una API REST completa, la cual permite leer tanto JSON como datos binarios a través de HTTP. Esta aplicación además provee múltiples enganches o "hooks" que permiten integrar otros servicios como autenticación *OAuth*, o autenticación basada en JWT, u otras tecnologías. Su versatilidad y facilidad para comunicarse con la base de datos hace a esta aplicación web ideal para nuestro proyecto, ya que nos ahorra tiempo de desarrollo y permite centrarse en la calidad de almacenamiento de los datos.

Por último, necesitamos un entorno donde desplegar la aplicación web de forma segura y confiable, que ayude a garantizar la integridad accesibilidad y disponibilidad de los datos. Para esto utilizamos *Amazon Web Services EC2* [AmazonWebServicesEC2]; las unidades EC2 de Amazon son computadores virtuales pequeños (VPS) que permiten fácilmente desplegar y proveer servicios de forma *PaaS (Product as a Service)*. En la misma se pueden desplegar los servicios en la nube necesarios para asistir el funcionamiento de la aplicación móvil.

5.2 Principales pantallas del prototipo

En esta sección se presentan las principales pantallas del prototipo desarrollado en *React Native* [ReactNative]. Al abrir la aplicación se presenta la pantalla principal Figura 5.1, que es una representación virtual del campo real. En esta pantalla la cabecera cuenta con la cantidad de tableros que el ingeniero dispone en su campo físico, de esta forma el usuario puede desplazarse de un tablero a otro de dos maneras: la primera consiste en tocar el tablero al que quiere ir en la cabecera y la segunda es desplazándose para alguno de sus lados con el dedo sobre la pantalla. La forma de desplazarse consiste en poner un dedo en el extremo al que se quiera ir y desplazar para el centro de la pantalla provocando el desplazamiento al siguiente tablero esto se puede realizar para ambos lados, tener en cuenta que si no hay nada del lado al que se quiere desplazar no se permite el desplazamiento, a su vez en el tablero

que se encuentra podrá visualizar un blanco fuerte de texto, con un subrayado del mismo color a diferencia del resto que no cuenta con el subrayado y el texto está escrito en gris.

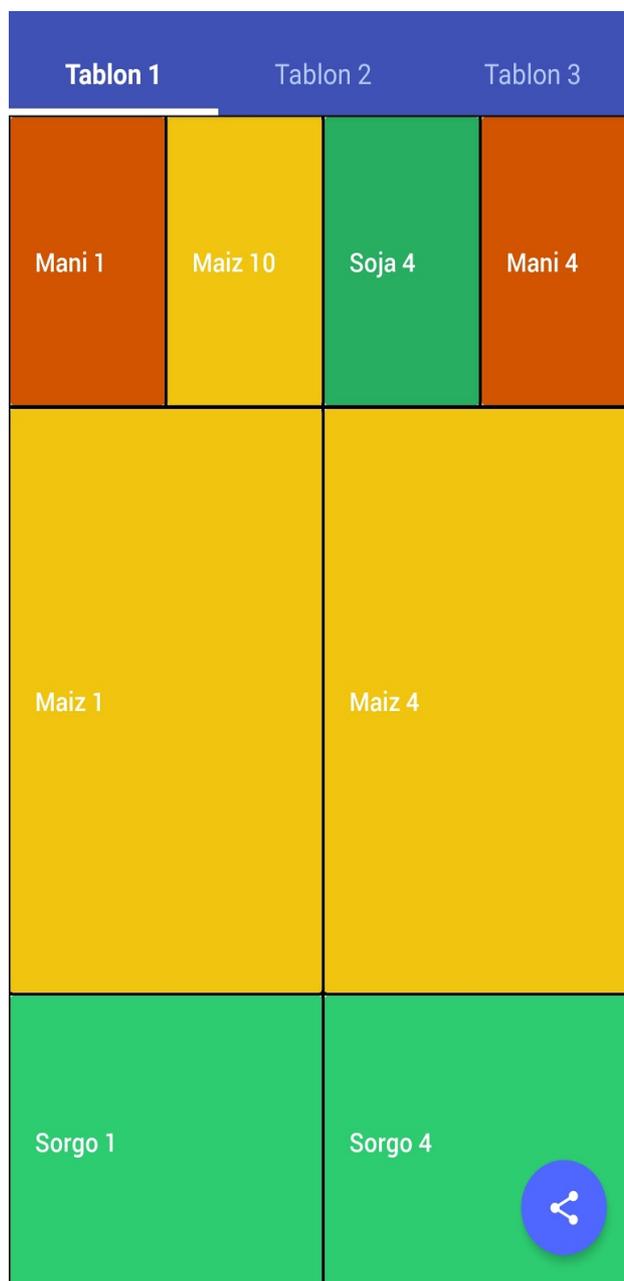


Figura 5.1: Pantalla Principal.

La Figura 5.2 muestra el acceso a todas las funcionalidades permitidas en las parcelas, también se puede visualizar tareas pendientes, y cuenta con un botón que abre dos opciones, la de descargar el último respaldo, y el de generar un respaldo.

Para activar el respaldo hay que presionar el botón azul abajo a la derecha de la pantalla de la Figura 5.2, para que se desplieguen dos opciones una opción aparece con el icono de subida en color rojo y la otra opción con icono de bajada en color azul; al presionar se efectúa la acción correspondiente, donde devuelve un mensaje de éxito en caso de poder concretarse

o error en caso de fallo. Se cuenta con este botón en todos los tabloneros para facilitar esta tarea al usuario.

En la Figura 5.2 se puede apreciar que del tablón 1, el *maní 1* tiene cargas pendientes de *biomasa* y *agua*, es decir, que se empezó a completar información de estas muestras pero todavía falta alguno de los pasos para completar las mismas.



Figura 5.2: Pantalla Principal con las opciones de respaldo habilitadas.

Una vez que se seleccionó el tablón que se desea completar alguna muestra, y se presiona sobre la parcela en la cual se quiere hacer afectamente la medición aparece las opciones desplegadas en la Figura 5.3. Se puede apreciar que aparecen cuatro posibles opciones: *Radiación*, *Biomasa*, *Agua* y *Estadísticas*; las tres primeras son formularios que permiten empezar a completar los distintos tipos de muestras, mientras que la opción estadísticas

muestran los datos estadísticos de las muestras ya completadas (esta opción se detalla más adelante).

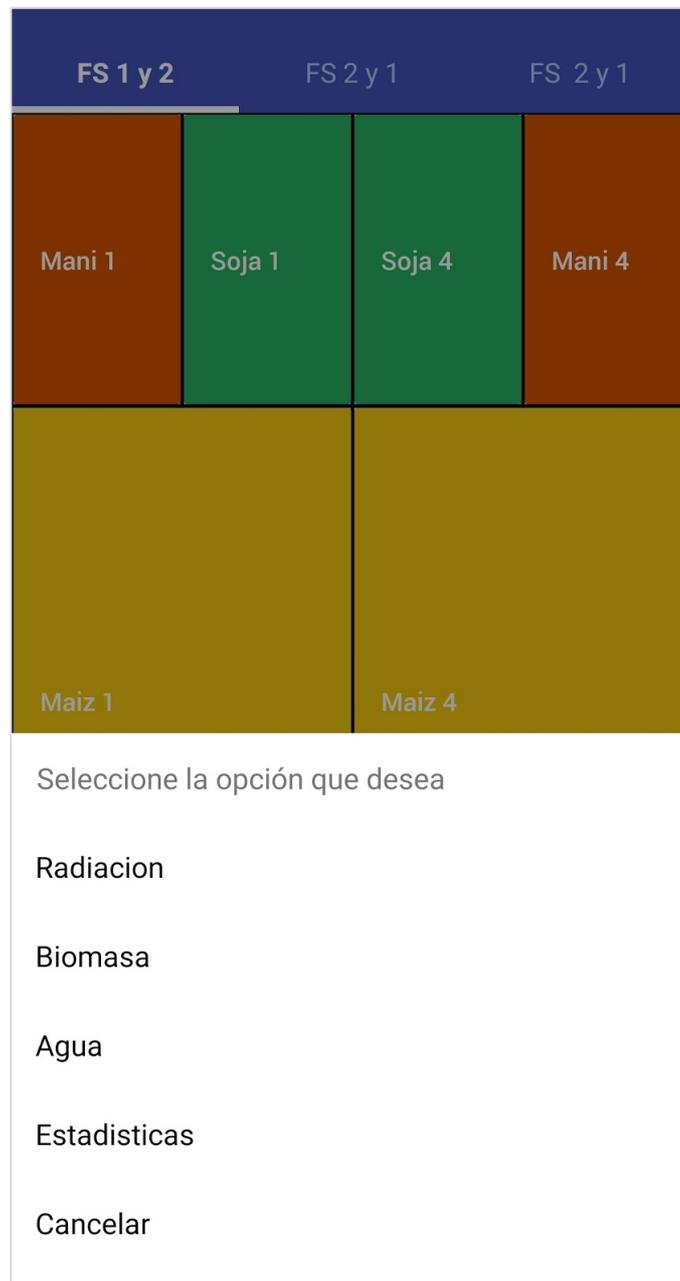


Figura 5.3: Pantalla Principal, desplegando las opciones de una parcela seleccionada.

En la Figura 5.4 se observa el resultado de haber seleccionado la opción de *Radiación*, se puede apreciar que hay campos autocompletados como son: *Fecha de Siembra*, *Parcela*, *Especie*, *Fecha* (actual), además del color particular de la especie para identificar de forma rápida que se está completando.

El formulario de *Radiación* tiene dos campos obligatorios, *radiación incidente* y *radiación interceptada*. Cómo se pueden tomar varias radiaciones interceptadas para una misma parcela/especie, se decidió que el segundo campo cuente con un botón (representado por un

icono más) con el que se puede ir agregando varias radiaciones interceptadas, a la hora de agregar la radiación, se crean varias radiaciones (dependiendo la cantidad de radiaciones interceptadas tomadas). Luego se podrá ver el detalle de las mismas en la opción de *Estadísticas*. Ambos campos mencionados anteriormente, se validan que sean enteros positivos mayores de cero, y para agregar una *radiación interceptada* es necesario presionar el botón representado con el “más”.

Al presionar el botón “AGREGAR RADIACIÓN” de la Figura 5.4, en el caso de faltar completar algún campo, se muestra un mensaje para completar los campos, sino hace el registro localmente de la muestra. De esta manera queda completo el formulario de *Radiación*.

The image shows a mobile application form for recording radiation data. The form has an orange header with the following information: **Especie: Mani**, **Fecha Siembra: 1 y 2**, and **Parcela: 1**. Below the header, the date is set to **Fecha: 14/04/19**. There are three input fields: **Radiacion Incidente** with the value **1000**, **Radiacion incidente bajo malla antigranizo** with the value **800**, and **Rad. Interceptada** which is currently empty. To the right of the empty field is a blue circular button with a white plus sign. Below these fields are two buttons: one with the value **400** and a trash icon, and another with the value **450** and a trash icon. At the bottom of the form is a large blue button labeled **AGREGAR RADIACION**.

Figura 5.4: Pantalla de Formulario *Radiación*, con campos completados.

Para completar el formulario inicial de *Biomasa* se puede apreciar en la Figura 5.5, que una muestra se puede obtener tanto indicando la cantidad de plantas que recolecta (Figura 5.5.a) o la cantidad de centímetros lineales que el usuario obtiene (Figura 5.5.b). El usuario completa la muestra y presiona el botón de “AGREGAR BIOMASA PENDIENTE”, al presionar se valida que alguno de los dos campos este completo.

Cabe mencionar que esta medición se realiza en campo, y luego se siguen completando el otro formulario de *Biomasa* ya cuando se encuentra en la parte de pesaje.

The figure shows two side-by-side screenshots of a mobile application form, labeled 'a.' and 'b.'. Both screenshots have an orange header with the text: 'Especie: Mani', 'Fecha Siembra: 1 y 2', and 'Parcela: 1'. Below the header, both forms show 'Fecha: 27/08/19'. In screenshot 'a.', the 'Cm Lineales' field has a selected radio button (indicated by a blue dot), and the 'Cantidad Plantas' field has an unselected radio button. A dropdown menu is visible below the 'Cm Lineales' field with the text 'Seleccione'. In screenshot 'b.', the 'Cm Lineales' field has an unselected radio button, and the 'Cantidad Plantas' field has a selected radio button. Both forms feature a blue button at the bottom with the text 'AGREGAR BIOMASA PENDIENTE'.

Figura 5.5: Pantalla Formulario de *Biomasa*, se muestra la diferencia entre presionar cm Lineales y cantidad de plantas.

Para completar el formulario de *Agua* se deben completar las diez profundidades como se puede apreciar en la Figura 5.6; indicando cada profundidad el número único de lata o tarro donde se va a guardar para esa profundidad, a su vez cuenta con un “select” que sirve para completar todos los recipientes en caso de que sean todos los mismos, y a su vez un “select” particular en cada profundidad para cambiar el recipiente de la profundidad en caso de ser necesario.

Una vez completado todos los campos se podrá guardar para pasar a estado pendiente. La profundidad es un valor fijo que sirve para colaborar en la carga al usuario.

Especie: Mani

Fecha Siembra: 1 y 2

Parcela: 1

Fecha: 27/08/19

Seleccione los recipientes

N Recipiente Seleccio.. 0.1

N Recipiente Seleccio.. 0.3

N Recipiente Seleccio.. 0.5

N Recipiente Seleccio.. 0.7

N Recipiente Seleccio.. 0.9

N Recipiente Seleccio.. 1.1

N Recipiente Seleccio.. 1.3

Figura 5.6: Pantalla de Formulario Agua.

Cabe mencionar que a diferencia de *Radiación* tanto *Biomasa* como *Agua* cuentan con varios estados asociados a la muestra, en caso de estos dos tipos de muestras al completar los formularios iniciales en campo; se va a visualizar en la pantalla principal una representación similar al ejemplo mostrado en la Figura 5.7.

En la Figura 5.7 sobre la parcela donde se hizo la muestra se puede apreciar que falta completar algún estadio, entonces se completan presionando sobre el botón (de biomasa o agua) que aparece, en caso de existir alguna muestra en un estado pendiente. En el ejemplo de la Figura 5.7 la parcela del “*Mani 1*” falta completar muestras de biomasa y agua.



Figura 5.7: Pantalla Principal con muestra de biomasa y agua pendientes.

Al presionar sobre el botón de pendiente que se mencionó asociado a la Figura 5.7, ya sea para *Biomasa* o *Agua*, se obtiene las pantallas de la Figura 5.8.a y 5.8.b respectivamente.

Se pueden apreciar que la Figura 5.8.a que se listan los datos generales de la especie, fecha de siembra y parcela en la que se encuentra, y luego la lista de *Biomasa* que todavía falta completar. A su vez se muestra en la imagen que desplazando para cada dirección cada muestra se abre, dependiendo la dirección la opción correspondiente, en verde con el icono de “más” para completar ese estado; en el caso de *Biomasa* el último estado posible. Mientras que si se desplaza para el lado contrario se podrá eliminar la muestra. Esto funciona así para cada muestra listada no importa si es de *Biomasa* o *Agua*.

En la Figura 5.8.b se ve la lista de muestras que todavía faltan completar, divididas en pendientes de laboratorio (falta realizar la medición del peso antes del horno) y aquellas que todavía les falta hornear (la etapa final).

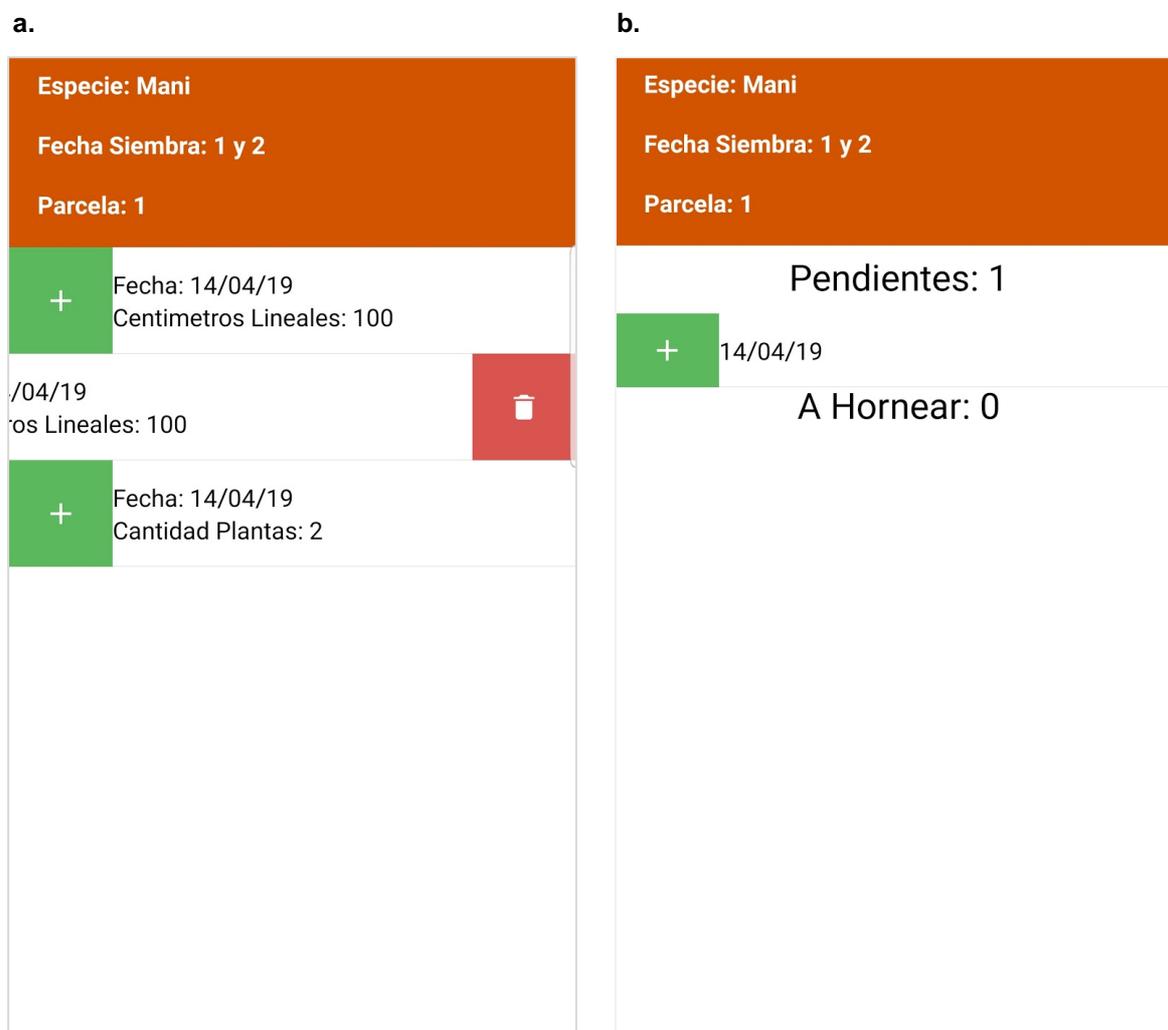


Figura 5.8: Pantalla de Pendiente *Biomasa* y *Agua*, con las opciones desplegadas.

Para facilitar la comprensión de los siguientes pasos a continuación se explica el proceso completo de *Biomasa*, para el caso del *Agua* simplemente que tiene un paso más para completarse en su totalidad pero la forma de interacción es la misma.

Al presionar sobre el icono verde de la Figura 5.8.a se accede al estado de *Biomasa* final como se muestra en la Figura 5.9. Se puede apreciar que debe completarse la *biomasa aérea total* (que es un campo obligatorio) y la *biomasa reproductiva* (que no es obligatorio ya que puede todavía no haber crecido la planta), estos datos se valida al presionar sobre el botón "FINALIZAR BIOMASA".

Una vez que se finalizan los estados y se llega al final, desaparecen los botones amarillos de pendientes de la Figura 5.7.

Especie: Mani

Fecha Siembra: 1 y 2

Parcela: 1

Fecha: 27/08/19

Cantidad Plantas: 2

Biomasa Aerea Total en Kg

Biomasa Reproductiva en Kg

FINALIZAR BIOMASA

Figura 5.9: Pantalla de Pendiente Biomasa.

En el caso de elegir la opción *Estadísticas* de la Figura 5.3 se accede a las mismas como se puede apreciar en la Figura 5.10, hay un tabulador para acceder a los datos de cada tipo muestra.

Al seleccionar una muestra, por ejemplo, *Radiación* como se muestra en la Figura 5.10, se lista el encabezado con los datos generales de la especie, fecha de siembra y parcela y el color de la especie a la que accedimos. Luego, se visualiza la gráfica con los valores que se fueron completando.

Hay que tener en cuenta que en esta pantalla los valores que se muestran en la gráfica es el promedio que se obtuvo en el día. Por ejemplo, si en un día el investigador realizó tres mediciones de radiación cada medición le dio un valor, se suman los tres resultados y se divide por tres.

En el caso del agua se suman todas las mediciones de las diferentes profundidades, se obtiene la humedad de cada profundidad y se divide por diez; obteniendo la humedad de la muestra, ese es el valor visualizado en la gráfica. En caso de hacer varias muestras de una parcela, el valor que se ve en la gráfica es el promedio de ese día.

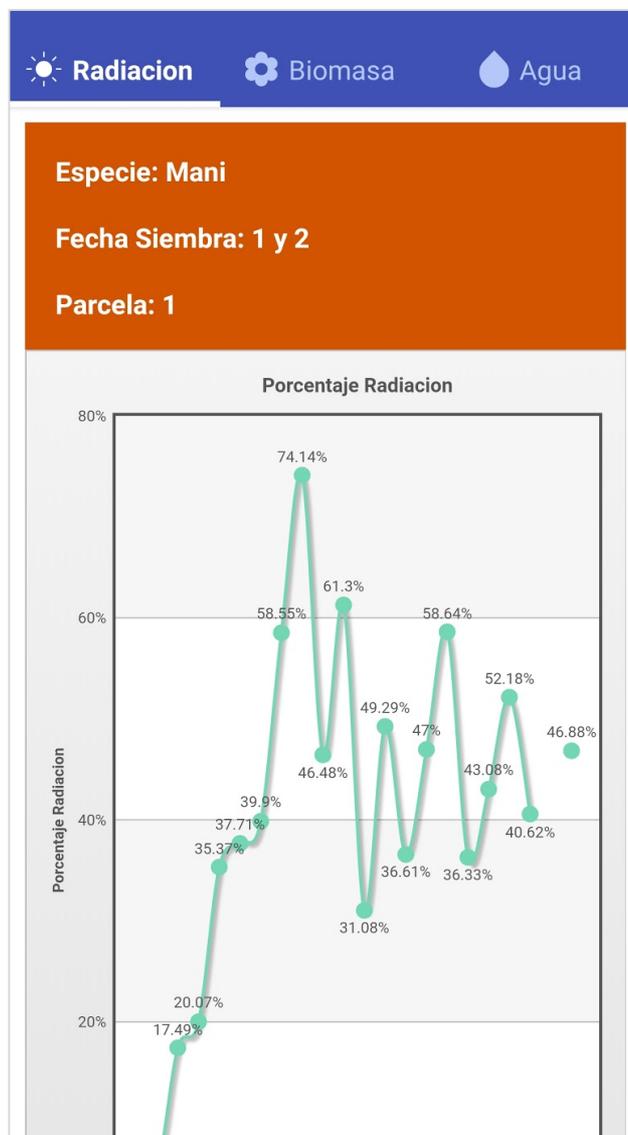


Figura 5.10: Pantalla de Estadísticas ubicado en la pestaña *Radiación*.

Deslizando de forma vertical sobre esta pantalla se podrá acceder a todas las cargas que se fueron realizando, estas mismas cuentan dos opciones similares a las que fueron mostradas para la Figura 5.8.a pero en este caso son para *Modificar* y *Eliminar*, esto se puede apreciar en la Figura 5.11.

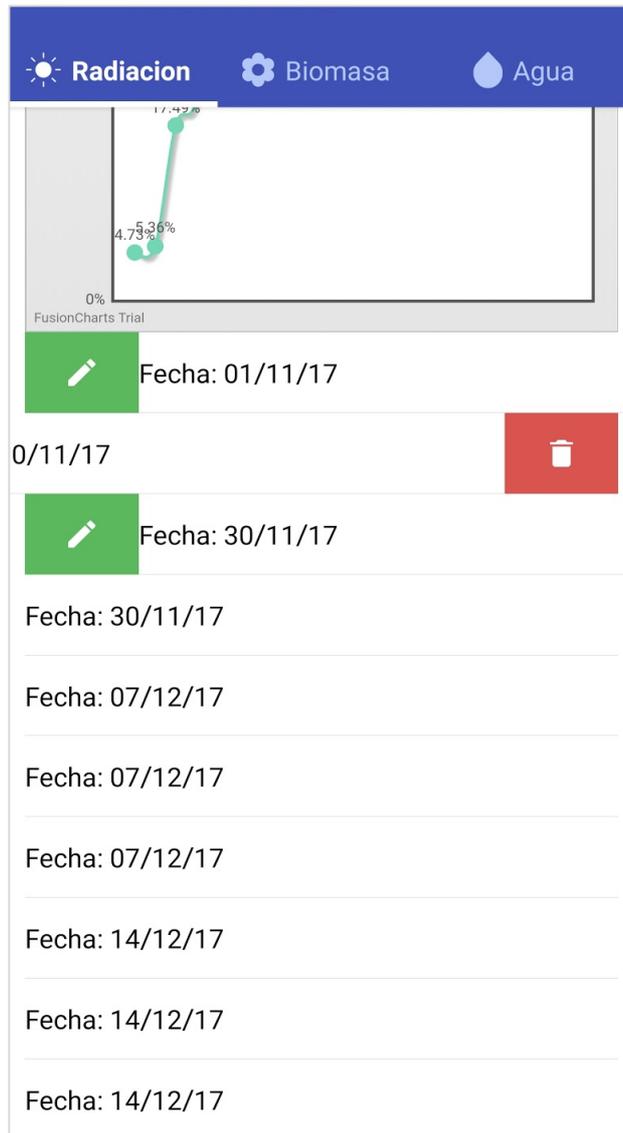


Figura 5.11: Pantalla de Estadísticas ubicado en la pestaña de Radiación con campos desplegados.

La pantalla de modificar permite hacer cambios siempre y cuando se dejen con valores consistentes refiriéndose a no dejar valores en blanco o con inconsistencia.

En la Figura 5.12 se puede observar la pantalla que describe la modificación de biomasa. Dentro de la misma podemos visualizar los campos radiación interceptada, radiación incidente y radiación bajo malla antigranizo, los cuales son modificables. Luego se debe usar el botón “*EDITAR RADIACIÓN*”, para hacer efectiva la modificación.

Una vez efectuado el cambio, se refleja la modificación en la pantalla de estadísticas sobre la medición correspondiente con el cambio en la gráfica.

Especie: Mani

Parcela: 1

Fecha Siembra: 1 y 2

Fecha: 14/04/19

Interceptada: 400

400

Incidente: 1000

1000

Incidente Antigranizo: 800

800

EDITAR RADIACION

Figura 5.12: Pantalla de modificación *Radiación*.

5.3 Problemáticas encontradas

En esta sección se describen las distintas problemáticas encontradas durante el desarrollo y como las mismas fueron abordadas.

- El problema inicial que nos encontramos fue de qué forma adaptar la pantalla para que el usuario se sienta cómodo al usarla, para esto se decidió armar el tabulador para que el usuario vaya pasando los tableros al igual que lo hace en campo. Para que esto sea completo se adaptó el tamaño de las parcelas sacando la proporción correspondiente de cuánto mide cada parcela con cuánto va a ocupar en la pantalla.
- Durante la etapa de entender las planillas en papel, nos encontramos con muchos datos que figuran en las planillas que no se podían deducir, como por ejemplo que repetición era sinónimo de parcela. Nos encontramos que las planillas con las gráficas finales se utiliza la palabra rep1, 2, 3 y 4 mientras que en las planillas diarias utiliza

parcela, pero que las parcelas no siempre eran 1, 2, 3 y 4 sino que tenían valores como 3 bis. Este tipo de aprendizaje de la terminología relacionada al dominio fue aclarándose en las distintas entrevistas realizadas al Ing. Riglos.

- Durante el desarrollo de la aplicación hubo incisos que necesitaron corrección, dentro de los principales estuvo la forma de generar las gráficas, en primera instancia se utilizó el componente “react-native-chart-kit” [ReactNativeChartKit] que el problema que encontramos acá es que al momento de necesitar desplazar la gráfica por la cantidad de datos del mismo (ya que contaba con varios y estaba muy cargada) no permite la función de desplazamiento lateral; mostrando todos los datos acoplados.

Para realizar este cambio se encontró “react-native-fusioncharts” [ReactNativeFusionCharts] un componente gráfico que provee además de toda la funcionalidad necesaria para graficar, la posibilidad de desplazar la gráfica, dado que trabaja con *JavaScript* [Javascript] como lenguaje principal y no con una abstracción de este.

- Otro de los problemas fue modificar el formulario de agua, en primera instancia se tenía que seleccionar qué medida y completar si era Lata o Tarro, se validaba que no se pueda seleccionar dos veces la misma medición, por ejemplo, no dejaba seleccionar dos veces la medida de cero a veinte centímetros. Para evitar errores y facilitar la actividad de completar los datos se eligió por listar ya las diez opciones que se saben que se tienen para los muestras de agua. Además, se dio la posibilidad de seleccionar si todos son Latas o Tarros, y de forma individual se puede cambiar.
- Surgieron varios inconveniente con el testeado de la aplicación, estos problemas se describen en detalle en el Capítulo 6.

6. Testeo con datos reales

Por las características de este prototipo, la única forma de determinar su correcto funcionamiento era usar datos reales, para esto se utilizaron datos de una campaña anterior que nos proveyó el Ing. Riglos. Pero estos datos se tenían en planillas Excel y debían ser consumidos de alguna manera por la aplicación para poder realizar el testeo. A continuación se describen los pasos seguidos, primero describiendo las planillas con las que se contaba.

Para facilitar la comprensión del lector, en la Figura 6.1 se muestra como es la presentación de una planilla papel una vez pasada a un archivo Excel. Hay que tener en cuenta que se arma un archivo distinto por cada fecha que se mide, lo cual se realiza con una frecuencia de entre siete y quince días, para el ejemplo de la Figura 6.1 se tomó la planilla más simple para facilitar la comprensión. Para este ejemplo la medición es del día primero de febrero del año 2018.

fecha medicion	ESPECIE	FS	PARCELA	RINCIDENTE	Rinc ABAJO RED ANTIGRANIZO	Rint	FRFAI%
1/2/2018	MANÍ	1	1	1680	1355	707	47,8
1/2/2018	MANÍ	1	1	1680	1355	631	53,4
1/2/2018	MANÍ	1	1	1680	1355	808	40,4
1/2/2018	MANÍ	1	1	1680	1355	755	44,3
1/2/2018	MANÍ	1	2	1680	1355	716	47,2
1/2/2018	MANÍ	1	2	1680	1355	675	50,2
1/2/2018	MANÍ	1	2	1680	1355	624	53,9
1/2/2018	SOJA	1	1	1680		676	59,8
1/2/2018	SOJA	1	1	1680		464	72,4
1/2/2018	SOJA	1	1	1680		404	76,0
1/2/2018	SOJA	1	2	1680		853	49,2
1/2/2018	SOJA	1	2	1680		415	75,3
1/2/2018	SOJA	1	2	1680		597	64,5
1/2/2018	SOJA	1	10(A)	1680		615	63,4
1/2/2018	SOJA	1	10(A)	1680		920	45,2
1/2/2018	SOJA	1	10(A)	1680		895	46,7
1/2/2018	SOJA	1	10(B)	1680		859	48,9
1/2/2018	SOJA	1	10(B)	1680		588	65,0
1/2/2018	SOJA	1	10(C)	1680		497	70,4
1/2/2018	SOJA	1	10(C)	1680		858	48,9
1/2/2018	SOJA	1	10(C)	1680		558	66,8
1/2/2018	MAIZ	1	2	1705	1488	521	65,0
1/2/2018	MAIZ	1	2	1705	1488	541	63,6
1/2/2018	MAIZ	1	2	1705	1488	596	59,9
1/2/2018	MAIZ	1	1	1705	1488	557	62,6
1/2/2018	MAIZ	1	1	1705	1488	583	60,8
1/2/2018	MAIZ	1	1	1705	1488	669	55,0
1/2/2018	SORGO	1	1	1705	1488	47	96,8
1/2/2018	SORGO	1	1	1705	1488	69	95,4
1/2/2018	SORGO	1	1	1705	1488	48	96,8
1/2/2018	SORGO	1	2	1705	1488	33	97,8
1/2/2018	SORGO	1	2	1705	1488	37	97,5
1/2/2018	SORGO	1	2	1705	1488	53	96,4
1/2/2018	MANÍ	2	4	1610	1320	183	86,1
1/2/2018	MANÍ	2	4	1610	1320	188	85,8
1/2/2018	MANÍ	2	4	1610	1320	330	75,0
1/2/2018	MANÍ	2	5	1610	1320	122	90,8
1/2/2018	MANÍ	2	5	1610	1320	246	81,4
1/2/2018	MANÍ	2	5	1610	1320	134	89,8
1/2/2018	SOJA	2	4	1610	1320	127	90,4
1/2/2018	SOJA	2	4	1610	1320	189	85,7
1/2/2018	SOJA	2	4	1610	1320	123	90,7
1/2/2018	SOJA	2	5	1610	1320	153	88,4
1/2/2018	SOJA	2	5	1610	1320	160	87,9
1/2/2018	SOJA	2	5	1610	1320	104	92,1
1/2/2018	MAIZ	2	5	1593	1320	277	79,0
1/2/2018	MAIZ	2	5	1593	1320	230	82,6
1/2/2018	MAIZ	2	5	1593	1320	340	74,2

Figura 6.1: Planilla Excel de las mediciones de un día de Radiación.

En la Figura 6.2 se puede observar el promedio de todas las planillas de *Radiación*, existen varias repeticiones con su respectivo valor porcentual promedio. Este valor se calcula tomando la relación entre la radiación interceptada (RINT) y la radiación incidente (RINCIDENTE).

Cabe mencionar que en la Figura 6.1 solo se calcula el porcentaje de una fecha por parcela, en la Figura 6.2 calcula el porcentaje del resultado de todas las parcelas para una especie. Por ejemplo, si tomamos la fecha de muestra primero de febrero, vemos que el valor de “rep1” corresponde al promedio de la relación de cada muestra tomada para maíz de fecha de siembra uno y parcela uno.

Especie	FS	dds	fecha	radiación				prom
Especie	FS	dds	fecha	rep 1	rep 2	rep 3	rep 4	prom
		0	7/10/2017					0
MAIZ	1	29	11/2017	3,605975052	3,605975052	6,641414141	6,641414141	5,123694597
MAIZ	1	36	7/12/2017	10,05821475	4,915912031	10,4035309	12,02711223	9,351192477
MAIZ	1	43	14/12/2017	13,82716049	21,6255144	22,29026332	22,29026332	20,00830038
MAIZ	1	49	20/12/2017	31,5	22,97698589	48,17610063	55,67295597	39,58151062
MAIZ	1	63	3/1/2018	49,9112801	57,94676806	75,8472433	69,34749621	63,26319692
MAIZ	1	68	8/1/2018	55,1555229	55,00857213	67,71204562	75,98004277	63,46404585
MAIZ	1	72	12/1/2018	66,30703529	67,99280737	71,67416452	75,61053985	70,39613676
MAIZ	1	79	19/1/2018	64,17493797	66,81141439	79,07801418	78,90070922	72,24126894
MAIZ	1	89	29/1/2018	73,77020379	77,63527758	88,21564885	82,97285835	80,64849715
MAIZ	1	92	1/2/2018	59,47580645	62,85842294	86,87703481	89,33132983	74,63564851
MAIZ	1	98	7/2/2018	61,60880347	70,65509403	83,32288401	76,86520376	73,11299632
MAIZ	1	105	14/2/2018	55,57283567	57,60108865	72,80175859	75,37969624	65,33884479
MAIZ	1	112	21/2/2018	39,50807071	43,67794005	54,47401774	59,03041825	49,17261169
MAIZ	1	120	1/3/2018	43,8316722	45,16943522	44,21232877	38,64726027	42,96517412
MAIZ	1	125	6/3/2018	28,17663818	17,94871795	30,65502183	46,20087336	30,74531283
MAIZ	1	134	15/3/2018	21,06969206	16,96380335	32,54035684	0	17,64346306
MAIZ	1	141	22/3/2018	0	0	0	0	0
MAIZ	1	147	28/3/2018	0	0	0	0	0
			25/4/2018					0

Figura 6.2: Excel del promedio de todas las planillas de *Radiación*.

A partir del promedio total de cada repetición se obtiene un gráfico donde el eje Y representa cada promedio obtenido y el eje X representa los días después de la siembra, abreviado como “dds” en la Figura 6.2. En la Figura 6.3 se puede observar el gráfico generado por el investigador para la especie maíz y la fecha de siembra uno.

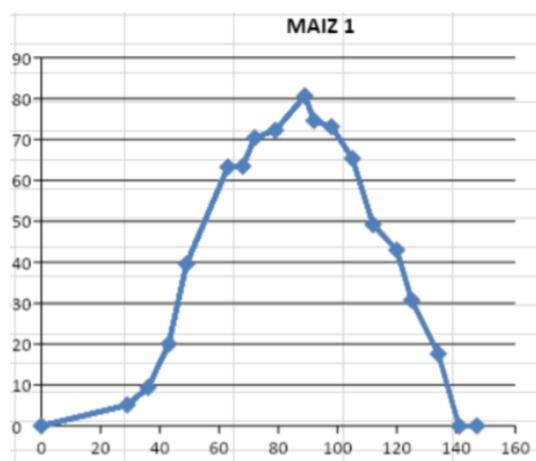


Figura 6.3: Ejemplo de Gráfica del promedio de Radiación

Para validar el prototipo con estos datos reales que se tenían de la campaña 17/18 se hicieron algunas adaptaciones sencillas para que se ajuste a lo que se había diseñado para la campaña que se quería probar en campo el prototipo. Cabe aclarar que esto sirve para hacer un testeo de la aplicación antes de que sea puesta en uso por el investigador.

Para realizar el testeo dentro de la aplicación se cargan dos archivos, uno correspondiente a la campaña 1 (17/18) y otro correspondiente a la campaña 2 (la nueva con la que se desea usar el prototipo en campo). Esto permite que la misma aplicación se pueda usar en modo testing con datos ya cargados en una campaña previa o usarse para la nueva campaña

La diferencia entre los dos archivos eran la distribución de las especies, la cantidad de tablonos y la densidad utilizada en cada parcela, a diferencia de la campaña 2, su campaña anterior contaba con un tablón adicional, entonces cuando la aplicación comienza lee ese archivo, se fija la cantidad de tablonos, esto se puede apreciar en la Figura 6.4.

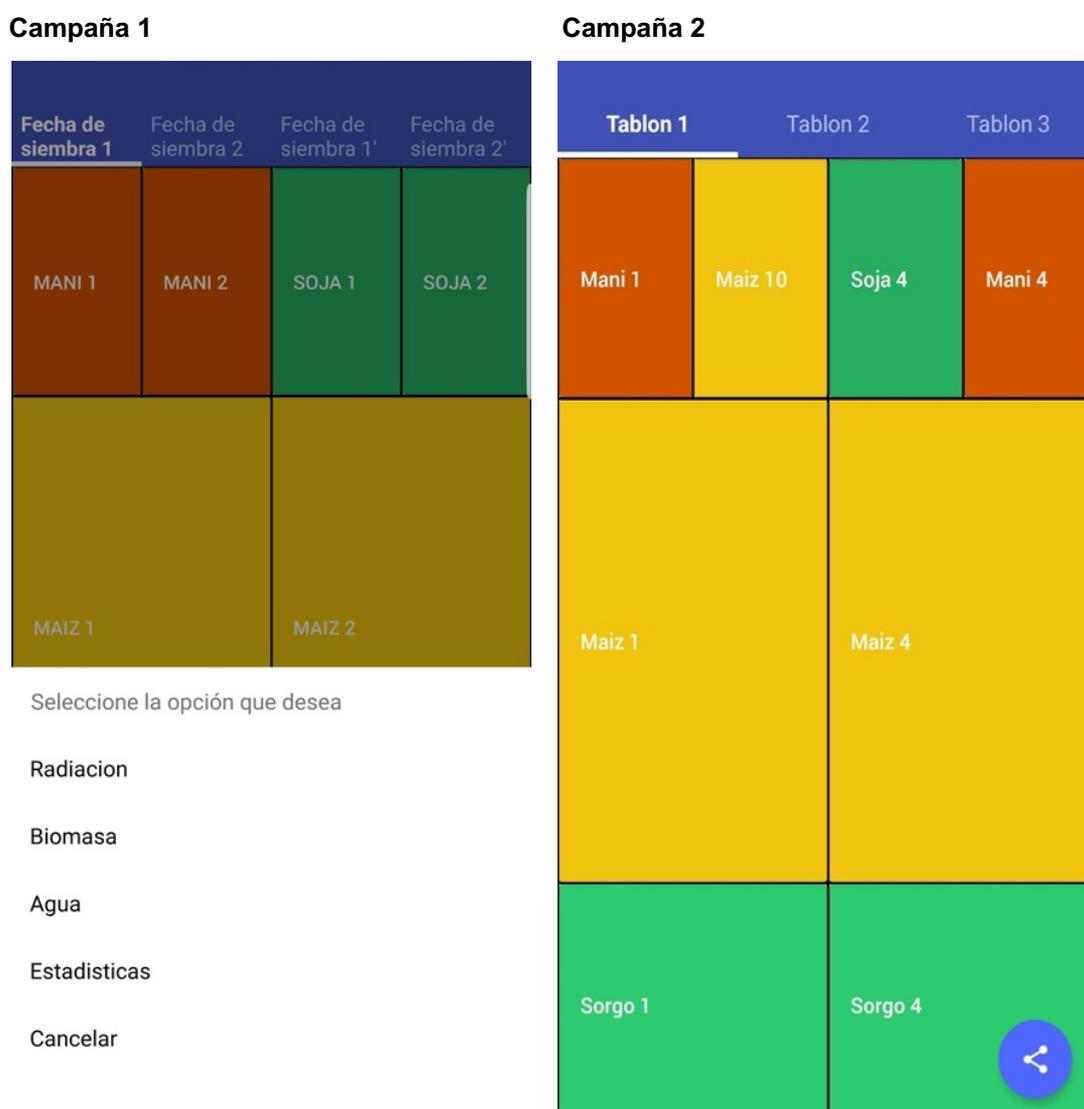


Figura 6.4: Representación de la campaña 1 y 2.

Si bien el Ing. Riglos se encargó de proveer los datos necesarios para poder testear la aplicación con datos reales usando los datos de la primera campaña, surgieron numerosos conflictos a la hora de querer utilizar los datos provistos.

Para empezar, la aplicación móvil tiene su estructura de datos basada en *JavaScript Object Notation* comúnmente conocido como JSON, este tipo de estructura se caracteriza por tener documentos o entradas de texto anidadas [JSON]. Esto entra rápidamente en conflicto con la información provista por el Ing. Riglos, la cual se encontraba en estructura relacional o de tablas, contenidas en un formato Excel. Por lo tanto, el desafío más importante fue transformar la estructura relacional a estructura de documentos, para que los datos sean compatibles con la aplicación.

Para realizar esta tarea de adaptación, se desarrolló un script en lenguaje *Python* [Python] que acepta como entrada un excel normalizado con las tablas correspondientes de mediciones de *Biomasa*, *Agua* o *Radiación* de la campaña 1; y las transformaba en archivos JSON compatibles con la aplicación móvil. Para esto, se utilizó la librería de Python llamada "pandas" [PythonPandas], que permite analizar e iterar estructuras de datos. A cada elemento de cada fila se lo transformó en una entrada de documento dentro del archivo JSON generado por el script.

A continuación se describe la documentación del script para realizar la transformación de las tablas:

- Uso: `tesisimport.py [OPTIONS] COMMAND [ARGS]...`
- Comandos disponibles:
 - Agua: Inicializa la importación de agua
 - Biomasa: Inicializa la importación de biomasa
 - Radiación: Inicializa la importación de radiación
- Argumentos disponibles en los tres comandos:
 - `--source`: ubicación de archivo "Excel" de entrada
 - `--output`: ubicación de archivo "Excel" de salida

Otro desafío que es importante mencionar fue la normalización de las distintas tablas. Para simplificar el trabajo, se buscó generar una tabla global por tipo de muestra, en la cual se fusionaran todas las tablas con las muestras de cada fecha. Esto daría como resultado tres tablas: Biomasa, Agua y Radiación.

El proceso de transformación a JSON no puede darse si no se cumplen ciertos requisitos en el formato de los datos presentados en las distintas tablas. A la hora de realizar la normalización nos encontramos con los siguientes inconvenientes:

- Cada planilla de muestreo, para cada fecha tenía un orden distinto para cada columna. Por ejemplo, la columna A en una planilla determinada podía significar fecha de muestra, pero en otra planilla la columna A podía significar fecha de siembra.

- Las fechas en las planillas de muestreo podían estar en formato americano (mm-dd-yyyy) o en formato latinoamericano (dd-mm-yyyy).
- Los números racionales podían estar formateados con puntos o comas, lo cual no permitía que se interpreten correctamente.
- Existían filas que no se encontraban completas y que, tras consultar con el investigador, fueron ignoradas a la hora de normalizar las estructuras.
- Los nombres de las columnas podían variar, por lo que no se sabía realmente a que dato pertenecía cada columna. Con la ayuda del Ing. Riglos se pudieron desambiguar los nombres de las columnas.
- Muchas columnas representaban datos derivados que para el objetivo de la aplicación móvil no eran relevantes.
- Los nombres de las especies podían variar en detalles como espacios o tildes. Por ejemplo, se debió adaptar la palabra “Maíz” a “MAIZ” para poder normalizar los datos y poder formar la clave primaria de la tabla.

Por último, se debió implementar la carga de los datos en la aplicación móvil. Para ello, se consume un servicio que expone el json exportado por el script. Esta acción es posible activarla mediante el botón de recuperación de backup como se mostró en la Figura 5.2 del Capítulo 5.

La forma de testear el prototipo era lograr obtener los mismos datos que los que obtuvo el investigador con su método tradicional, es decir reflejar lo que el investigador obtenía de forma manual pero ahora en el prototipo. En especial las gráficas tenían que verse igual.

Acorde a lo antes descrito, una vez cargados todos los valores se compararon las gráficas realizadas por la aplicación con la que nos dio el ingeniero para la campaña 1.

Hay que tener en cuenta que las curvas que el Ingeniero genera es en promedio de todas las parcelas de una especie para una fecha de siembra. Dado que en cada campaña siempre cuenta con dos estadíos, fecha de siembra temprana y fecha de siembra tardía, cuenta con dos gráficas para cada especie. Al diseñar la aplicación se tomó en consideración esto y se le consultó al Ingeniero cuál era su preferencia; y este priorizó poder observarlo de forma individual y no en conjunto, para saber puntualmente que es lo que está sucediendo en cada parcela e identificar si existe algún comportamiento extraño y la procedencia de este comportamiento.

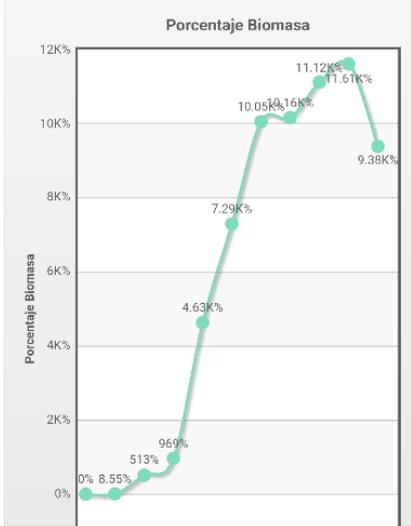
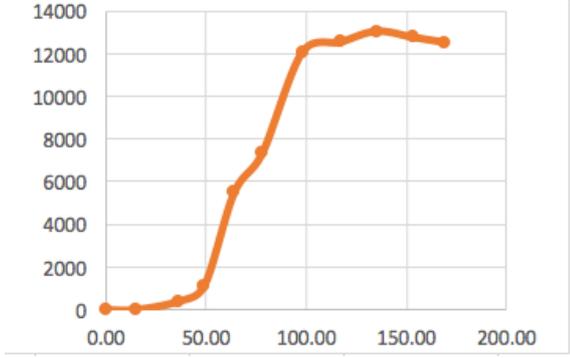
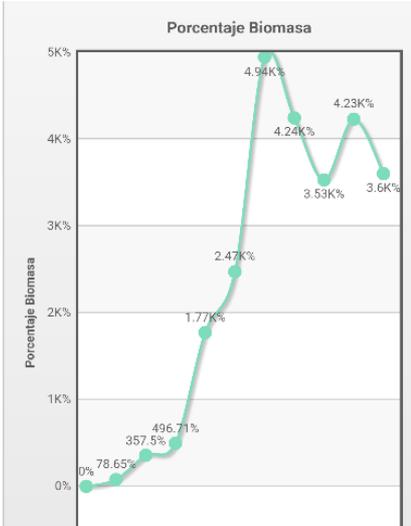
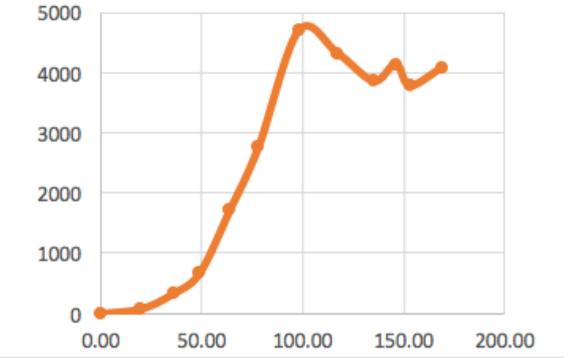
A continuación en la Tabla 6.1 se muestra como quedan las curvas obtenidas en el prototipo comparadas con los gráficos que ya tenía el Ing. Riglos para la campaña 1. Se muestran a modo de ejemplo solo algunas gráficas, las cuales se pueden ver que coinciden más allá del formato visual de las mismas.

Tabla 6.1: Comparación del prototipo con las gráficas de *Radiación* brindadas por el Ing. Riglos

Prototipo	Gráficos de la Campaña 1
<p>Porcentaje Radiacion</p>	<p>SORGO 1</p>
<p>Porcentaje Radiacion</p>	<p>MAIZ 1</p>
<p>Porcentaje Radiacion</p>	<p>MANI 1</p>

En la Tabla 6.2 se puede ver la comparación entre las gráficas de *Biomasa* hechas con el prototipo y las brindadas por el Ing. Riglos. Al igual que en *Radiación* las gráficas que genera el Ingeniero son una por cada especie de cada fecha de siembra.

Tabla 6.2: Comparación del prototipo con las gráficas de Biomasa brindadas por el In. Riglos.

Prototipo	Ingeniero Riglos
 <p>Porcentaje Biomasa</p>	
 <p>Porcentaje Biomasa</p>	

En el caso de la muestra de Agua, el Ingeniero no pudo realizar las gráficas debido a la complejidad y el tiempo que demora realizarlas. Gracias a la obtención de los gráficos por el prototipo se logró también mostrar los resultados. En la Figura 6.5 se puede observar la gráficas obtenida, la cual fue debidamente validada por el asesor profesional.

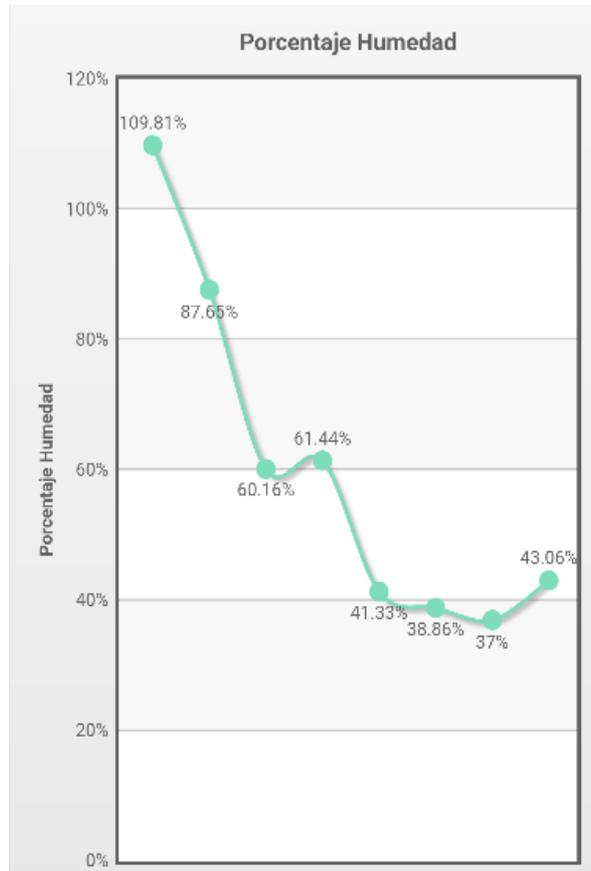


Figura 6.5: humedad Maíz FS1

Como conclusión del capítulo se pudo observar que las gráficas coinciden con las proporcionadas por el Ing. Riglos, además se pudieron identificar casos donde algunos datos se encontraban erróneamente cargados en las planillas Excel, gracias a la colaboración del Ing. Riglos en las distintas etapas de análisis y transformación de los datos.

Los desafíos para llegar a obtener una precisión aceptable a la hora de comparar las campañas cargadas desde el prototipo versus los datos proporcionados por el investigador fueron varios, y si bien en ciertos casos el margen de precisión puede variar debido más que nada a la precisión en la carga de los datos y al resultado del proceso de normalización de los mismos, según lo evaluado por el investigador el resultado es satisfactorio.

Así mismo al separar las gráficas permite identificar cualquier discordancia o valor que resulte fuera de rango para identificar de forma rápida y sencilla donde se encuentra el punto de inflexión y no tener que recorrer todas las parcelas de esa especie para detectar el error.

A diferencia del método anterior, con este prototipo es posible analizar las gráficas de forma dinámica, y es posible ver la evolución del gráfico a medida que se cargan los datos de muestra. Cabe mencionar que esto no era posible anteriormente debido a que se requería tener todos los datos de muestra pre-cargados en los archivos excel para lograr obtener un primer resultado.

De esta manera se proporciona un prototipo que permite agilizar la generación de los gráficos de contenido hídrico que anteriormente eran complejos de realizar sin la correcta estandarización de los datos. Según lo mencionado por el Ing. Riglos, esto facilita las etapas de carga y el posterior análisis in-situ, lo que no podía lograr con la metodología que venía usando.

Según lo comentado por el Ing. Riglos en las entrevistas, este proceso de testeo fue de por sí enriquecedor ya que se lograron identificar discrepancias en la carga y evaluación de muestras y por lo tanto permitió mejorar la calidad de los datos que ya disponía de la campaña anterior.

7. Testeo con usuario en campo

Una vez concluido el desarrollo del prototipo y luego testeado con datos reales como se describió en el Capítulo 6, se prosiguió a planificar las pruebas con usuarios en campo y con datos de muestras reales también.

La aplicación fue usada durante el lapsus de un mes por el Ing. Riglos y tres pasantes funcionando adecuadamente y no presentando dificultades para almacenar los distintos tipos de muestras. Si bien estuvo siendo usada, solo tenía sentido registrar una evaluación de usabilidad la primera vez, dado que luego ya los usuarios se iban acostumbrando.

Los casos de prueba probados se dividieron en cuatro grupos. Esta división se llevó a cabo debido al tiempo que requiere realizar cada proceso de toma de muestras, y debido a la necesidad de que cada usuario pruebe cada funcionalidad del prototipo sin haber tenido contacto previo con el mismo, de esta forma se logra aislar los resultados de cada etapa.

Vale aclarar que como se detalló en el Capítulo 3, la toma de muestras de diferentes tipos no se realiza en el mismo día debido a la complejidad que tiene el proceso, y además diversos usuarios pueden participar en la recolección de las muestras.

También se decidió dividir la etapa de muestreo de *Agua* en dos sub-etapas de evaluación. En la primera etapa se realiza la recolección de muestras, en la segunda etapa se toman los envases (tarro o lata) y se los envía a secado. Estas dos primeras etapas las realiza un mismo usuario, por lo que la carga de datos puede ser realizada de forma continua en poco tiempo. Sin embargo, una vez en el horno, el secado demora un tiempo prolongado entre 48 a 72hs y la tercera etapa puede ser realizada por cualquier otro pasante. Esto afecta al circuito de prueba de la aplicación y por ello se decidió dividir las de forma conveniente, para obtener los resultados acordes.

Al Ing. Riglos y tres pasantes se les entregaron los siguientes recursos:

- *Empaquetado de prototipo CultiBAR*: el empaquetado consiste en un archivo *.apk* instalable en los dispositivos Android compatibles.
- Instructivo de uso según el tipo de muestra (Anexos B, C y D): consiste en instrucciones elementales para comprender el uso básico de la aplicación. Cada instructivo se encuentra dividido en grupos de funcionalidad, para identificar cada caso de prueba.
- Encuesta de uso del prototipo (Anexo E): El formulario se encuentra constituido primero por un encabezado con los datos relevantes para completar por el encuestado. En el caso de la encuesta realizada, se tomaron en cuenta los siguientes datos: fecha, edad, sexo, profesión, uso frecuente de celular, tipo de celular, años de experiencia en mediciones en campo y por último el caso de prueba completado.

Por lo tanto, se añade una opción en la encuesta proporcionada donde el encuestado debe seleccionar uno de los siguientes grupos de prueba: radiación, biomasa, agua (etapa 1 y 2), agua (etapa 3 – seco).

Inmediatamente después del encabezado se encuentra once afirmaciones, cada una con su indicador de puntaje y la referencia del significado de cada puntaje. El encuestado debe marcar con una cruz el puntaje que corresponda para cada afirmación.

De las once afirmaciones, las diez primeras se corresponden con el formulario SUS [Brooke, J., 1996] y la número once fue agregada para evaluar aspectos que no estaban siendo tenidos en cuenta por las anteriores, y guarda relación con el nivel de complejidad de la aplicación.

Al final de la encuesta se encuentra un campo libre de texto para que el encuestado exprese su opinión con respecto al prototipo probado.

En la Sección 7.1 se describe más información del formulario SUS para poder comprender luego cuales fueron los resultados obtenidos y hacer una primera interpretación de los mismos en la Sección 7.2.

7.1 Descripción del formulario SUS [Brooke, J., 1996]

El indicador de usabilidad de sistema comúnmente abreviado como SUS es una forma sencilla y efectiva de evaluar la usabilidad de un producto, incluyendo páginas web, teléfonos celulares, aplicaciones móviles, respuestas de voz interactivas, aplicaciones de telemarketing, entre otros. Provee una forma simple de puntuar la usabilidad entre 0 (negativo) y 100 (positivo).

El formulario SUS está compuesto de diez afirmaciones, cada una teniendo una escala de cinco puntos, interpretadas como completamente en desacuerdo y completamente de acuerdo. De las diez afirmaciones, existen cinco con connotación positiva y cinco con connotación negativa, y se encuentra entremezcladas entre sí.

Como mencionamos anteriormente, el puntaje SUS se establece a partir de analizar los puntajes de las diez afirmaciones de la encuesta. A partir del puntaje SUS es posible asociar un adjetivo que describa el resultado. En la Figura 7.1 es posible dirimir los distintos atributos asignados a los distintos puntajes promedio.

Adjective	Count	Mean SUS Score	Standard Deviation
Worst Imaginable	4	12.5	13.1
Awful	22	20.3	11.3
Poor	72	35.7	12.6
OK	211	50.9	13.8
Good	345	71.4	11.6
Excellent	289	85.5	10.4
Best Imaginable	16	90.9	13.4

Figura 7.1: Adjetivos según puntaje SUS [Brooke, J., 1996].

A continuación, se detallan los pasos para calcular el puntaje promedio del SUS. Para realizar el cálculo primero se deben separar aquellas afirmaciones que tengan connotación negativa y aquellas afirmaciones que tengan connotación positiva. Vemos que las afirmaciones con connotación positiva son las número: 1, 3, 5, 7, 9, y las afirmaciones con connotación negativa son las número: 2, 4, 6, 8, 10.

Las afirmaciones acorde a [Brooke, J., 1996] son representadas con la letra q y su respectivo índice que indica su posición en el formulario. Las fórmulas para calcular los puntajes de las afirmaciones son las siguientes.

$q - 1$: para afirmaciones con connotación positiva.

$5 - q$: para afirmaciones con connotación negativa.

Los puntajes de las afirmaciones se suman y por último se multiplica el conjunto por la constante 2.5. Como último paso se promedian todos los puntajes de los formularios, por cada categoría. Este puntaje final es el resultado de la evaluación SUS, quedando la siguiente formula, donde el valor n representa la cantidad de formularios completados.

$$\frac{\sum_{p=1}^n ((q1_p - 1) + (5 - q2_p) + \dots + (q9_p - 1) + (5 - q10_p)) * 2.5}{n}$$

Dado el resultado final, es posible utilizar una escala para colocar el puntaje sobre un adjetivo que representa de forma subjetiva el resultado de la evaluación. En la Figura 7.2 se detalla la escala con los respectivos adjetivos asociados [Bangor et al., 2009].

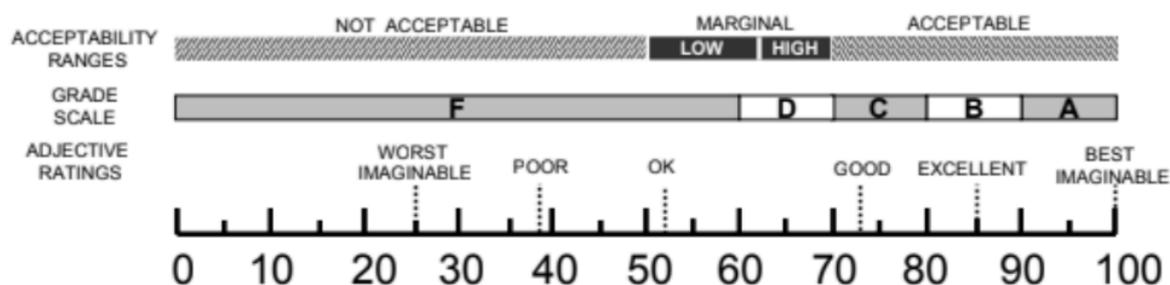


Figura 7.2: Escala de puntajes SUS [Bangor et al., 2009].

7.2 Resultados de las encuestas para evaluar el prototipo

Primero se debe aclarar que cada una de los cuatro casos de prueba debe ser evaluada de forma independiente, recordemos que los casos de pruebas son:

- radiación,
- biomasa,
- agua (etapa 1 y 2),

- agua (etapa 3 – secado)

Y para cada una de estas pruebas se completó un formulario descrito en el Anexo E. Como solo se contaba con tres pasantes cada uno de estos pudo evaluar solo uno de los casos mencionados completando luego el formulario del Anexo E. Es decir, se tendrá tres SUS solo para esos tres casos.

Se decidió que el Ing. Riglos si probara todos los casos de prueba y completara cuatro formulario del Anexo E. Pero los resultados del SUS no se computaron en forma conjunta ya que el Ing. Riglos contaba con otra experticia diferente a los pasantes y no era adecuado unificar resultados. Además, al haber usado luego otras funcionalidades para ir haciendo los casos de prueba ya se contaba con experticia en el uso del prototipo, pero sin embargo nos pareció una buena forma de conseguir un feedback inicial.

Los pasantes completaron: un formulario para *Radiación*, un formulario para *Biomasa* y un formulario para *Agua etapa uno y dos*; por lo tanto el valor de n en el cálculo del formulario SUS cada una de las etapas va a ser siempre uno.

En la Tabla 7.1 se puede apreciar los resultados del SUS obtenidos para los pasantes y los tres casos de prueba, recordemos que *Radiación* es el que tiene el formulario más sencillo de llenar y esto se refleja en los resultados, los otros dos casos también dan un resultado aceptable,

Tabla 7.1: Resultados de evaluación SUS de los pasantes.

Caso de prueba	Persona encuestada	Puntaje	Adjetivo asociado
Radiación	Pasante	92.5	Mejor imaginable
Biomasa	Pasante	75	Excelente
Agua etapa uno y dos	Pasante	65	Bueno

En la Tabla 7.2 se puede apreciar los resultados de los formularios SUS completados por el Ing. Riglos para cada uno de los casos de prueba. Cabe mencionar que en estos casos el valor de n en el cálculo del formulario SUS cada una de las etapas es siempre uno. En este caso, el resultado del SUS es bueno en todo los casos, se hubiera esperado mejor con la practica en los casos de pruebas que fueron realizados con más experticia en el prototipo.

Tabla 7.2: Resultados de evaluación SUS del Ing. Riglos.

Caso de prueba	Persona encuestada	Puntaje	Adjetivo asociado
Radiación	Ing. Riglos	70	Bueno
Biomasa	Ing. Riglos	67.5	Bueno
Agua etapa uno y dos	Ing. Riglos	65	Bueno
Agua etapa tres	Ing. Riglos	57.5	Bueno

Al analizar los resultados obtenidos, vemos que la puntuación en general de todos los casos se encuentra en un rango aceptable. Creemos que para un resultado inicial de prueba los resultados obtenidos son optimistas, sin embargo somos conscientes que se requiere de muchas más pruebas en campo por muchos más usuarios para tener un resultado más concluyente.

En cuanto a la complejidad fue evaluada en la pregunta 11 del formulario del Anexo E. En el caso de esta pregunta se decidió contar con los siguientes adjetivos para los valores asociados

- *Algo complejo*: valores 1 y 2
- *Medianamente complejo*: valor 3
- *Notoriamente complejo*: valores 4 y 5

En la Tabla 7.3 se presentan todos los resultados obtenidos en relación a la complejidad, junto con los adjetivos asociados, se puede ver que la *Radiación* parece ser lo más simple. Cabe destacar que para el Ing. Riglos le han resultado bastante complejas las etapas, algo a tener en cuenta dado que además el conoce de la temática.

Tabla 7.3: Resultados de la evaluación de la complejidad.

Caso de prueba	Persona encuestada	Valor indicado	Adjetivo Asociado
Radiación	Pasante	2	Algo complejo
Biomasa	Pasante	2	Algo complejo
Agua etapa uno y dos	Pasante	4	Notoriamente complejo
Radiación	Ing. Riglos	3	Medianamente complejo
Biomasa	Ing. Riglos	4	Notoriamente complejo
Agua etapa uno y dos	Ing. Riglos	4	Notoriamente complejo
Agua etapa tres	Ing. Riglos	4	Notoriamente complejo

A continuación se listan las opiniones realizadas por los diferentes usuarios de la aplicación, esto se recolecto con la pregunta abierta planteada al final del formulario del Anexo E. Cabe mencionar que solo se lista aquellos comentarios relevantes para la tesina.

La primera opinión sobre el caso de prueba *Radiación* expresa lo siguiente:

“En cuanto a la tarea de radiación, la mayor dificultad que se me planteó fue la de no poder ver los valores de radiación interceptada que iba completando en el campo “

Una segunda opinión sobre el caso radiación también añade:

“Me ha pasado de completar los datos de una parcela, finalizar la parcela y luego querer volver a completar con valores y no poder, ya que para completar valores debía comenzar una planilla nueva de radiación y no me permitía seguir completando la planilla anterior. Al ver las gráficas basadas en el promedio, dicho promedio no iba a contener todos los valores cargados en el campo”

Con respecto al caso de prueba *Biomasa*, la única opinión relevante fue la siguiente:

“La experiencia con el uso de la aplicación fue positiva, la primera vez que la utilicé no tuve inconvenientes en campo pero luego al pesar en seco el material no supe como completar el campo de pendiente”.

En cuanto al caso de “*Agua, etapa 1 y 2*”, la única opinión relevante fue la siguiente:

“(…) la dificultad que he tenido fue la de desplazar la tarea de pendiente hacia la derecha para poder completar el peso fresco”

Para finalizar, el caso de prueba “*Agua, etapa 3*” la única opinión relevante fue la siguiente:

“(…) el hecho de cargar la tara del tarro o lata cada vez que se carga el peso seco, hace lenta la tarea. Sería interesante poder contar o cargar solo una vez dichos valores”

En conclusión, evaluando las opiniones mencionadas por los distintos usuarios en las encuestas podemos identificar que los usuarios tuvieron algunos inconvenientes menores a la hora de interactuar con ciertas acciones de la aplicación, se nota cierta complejidad para comprender el desplazamiento o *swipe* de las diferentes etapas y menús contextuales sin tener información previa o entrenamiento antes de su uso.

7.3 Mejoras propuestas

En esta sección haremos una interpretación de las opiniones recibidas para identificar aquellos elementos del prototipo que deben ser mejorados para entregas futuras.

Vemos que las críticas principalmente se centran en la complejidad a la hora de realizar los gestos en los distintos menús del prototipo. Los gestos parecen no ser intuitivos y por lo tanto requieren un instructivo extra a la hora de primer uso. Los desplazamientos laterales para editar y eliminar elementos en los listados no pudieron ser identificados de forma natural, y requirieron que se les instruya a los usuarios como utilizarlos.

Otro inconveniente a resolver es la carga reiterada de datos, esto vuelve tedioso el proceso, especialmente de carga de agua ya que es posible que el usuario tenga que cargar más de cincuenta tarros o latas con distintos valores tanto en la *etapa uno* como en la *etapa dos* de *Agua*.

Además, en ciertas pantallas como en la de carga radiación y en la pantalla de carga de agua, el teclado virtual tapa los campos a cargar y no permite visualizar los datos cargados. Tras realizar una exhaustiva investigación durante el desarrollo se llegó a la conclusión que el inconveniente estaba ocasionado por un *bug* en la librería *React Native*, y el mismo se encuentra en proceso de solución para futuras versiones.

Para finalizar, vemos que es necesario agregar un instructivo progresivo con instrucciones gráficas y explicaciones básicas acerca de los distintos gestos disponibles en la aplicación y su funcionalidad. Tras observar a los usuarios utilizar la aplicación de forma frecuente concluimos que este inconveniente se reduce a los primeros usos, por lo que el instructivo solo sería necesario en las primeras experiencias del usuario con la aplicación.

También es posible simplificar ciertos gestos que resultan frecuentemente confusos, como los *swipe* a derecha o izquierda para eliminar o editar un elemento de un listado. Se requiere más pruebas de gestos para ver cuales se ajustan mejor para este tipo de usuario.

8. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este capítulo se presentan las conclusiones y trabajos futuros que se desprenden de la tesina,

En el Capítulo 2 se presentaron distintas aplicaciones que sirven para poder abordar y profundizar distintos aspectos relacionados con la agronomía. Sin embargo, ninguno de estas aplicaciones abarca la problemática planteada en esta tesina. Acorde a esto, se abordó en esta tesina una posible solución informática, donde se busca, a partir de la carga de muestras en campo, recuperar estadísticas sobre las mismas en tiempo real para que el investigador pueda tener la información de manera casi inmediata a su disposición.

A lo largo de esta tesina se describieron muchos de los problemas que tienen los pasantes e investigadores a la hora de realizar la recolección y análisis de las muestras en campo. Algunas de las problemáticas identificadas a la hora de aprender sobre la toma de muestras de *Biomasa, Agua y Radiación* fueron mencionadas en el Capítulo 3, donde se hizo hincapié en la complejidad de disponer del equipamiento necesario para realizar la muestra, como así también poder apreciar sus resultados pasado varias días inclusive semanas de realizar la muestra. Acorde a esto, se buscó en esta tesina brindar una alternativa tecnológica, para brindar una herramienta complementaria para colaborar, en particular a realizar el análisis de *Biomasa, Agua y Radiación*.

La complejidad que conlleva el proceso de recolección requirió de un exhaustivo trabajo de entrevistas y aprendizaje junto con el asesor profesional para lograr concluir en un prototipo deseable, que cumpla con las expectativas y con el objetivo planteado. Sobre todo entender terminología, necesidades y formas de tomar las muestras.

El prototipo usado de base en esta tesina, fue pasando por diferentes etapas de evolución, como se describió en el Capítulo 4, siempre en búsqueda de lo que especifica el Ing. Riglos, buscando encontrar una alternativa para abordar las formas tradicionales de toma de muestra de *Biomasa, Agua y Radiación*. Se intentó aprovechar los avances tecnológicos, para lograr que los pasantes e investigadores no solo puedan realizar su trabajo con mayor velocidad, sino que además, puedan interactuar con los resultados, dando la posibilidad de avanzar con mayor seguridad y agilidad.

El prototipo implementado en esta tesina incorpora tecnologías recientes, como son *React* y *React Native*, que permiten la adaptación a dispositivos con sistemas operativos *Android* e *iOS*. El mismo fue presentado en el Capítulo 5.

Gracias a estas tecnologías se pudo abordar un prototipo que da una posible solución a las problemáticas mencionadas en el Capítulo 3, permitiendo explorar nuevas aristas que puedan resolver otro tipo de problemáticas relacionadas con la toma de muestras en campo y posterior análisis de las mismas. Se buscó que la solución planteada pueda ser generalizada a un uso común, donde diversos investigadores de diversas áreas puedan a futuro colaborar e interactuar con los datos recolectados.

Se realizó un testeo con datos reales de una campaña anterior, esto permitió poder validar el correcto funcionamiento del prototipo antes que el mismo sea usado por el Ing. Riglos y los pasantes. Esto se presentó detalladamente en el Capítulo 6.

Se realizaron pruebas de campo con el Ing. Riglos y tres pasantes, obteniendo resultados iniciales que parecen prometedores, sin perder de vista que necesitan realizarse mejorar como así también realizar mayor cantidad de pruebas para que los resultados sean concluyentes. Esto se explicó en detalle en el Capítulo 7.

Si bien el prototipo presentado en esta tesina alcanza los objetivos acorde a la problemática a la que se buscaba dar solución en base a lo descrito en el Capítulo 3, el mismo puede tener varios puntos de extensión a futuro. Algunos de estos puntos son descriptos a continuación, dividiendo los mismos en diferentes categorías.

➤ *Herramienta visual de creación de tablonas*

Permitiría mejorar la adaptabilidad generando otras configuraciones. El diseño de la aplicación está armado por un JSON que se lee al arrancar la aplicación, se puede mejorar esto permitiendo hacerlo al comienzo de la aplicación, dando la posibilidad de elegir cuánto ancho y largo de la pantalla va a llevar, cuantos tablonas son y colores de las parcelas.

Además, sería importante poder reutilizar las campañas generadas. Es decir que de alguna manera un usuario que ha creado una campaña pueda reutilizar el formato que ha diseñado otro usuario o el mismo en otra campaña.

Creemos que este tipo colaboración, agilizará enormemente la fase inicial de diseñar la campaña. Para ello utilizar algún tipo de tecnología como repositorios facilita esta característica que no se encuentra presente en ninguna de las aplicaciones vistas. Compartir el trabajo realizado ayudará rápidamente a la generación de campañas.

También creemos que la infraestructura que poseen los repositorios aumenta la cantidad de información sobre las campañas, es decir, que se puede votar por las mejores campañas, discutir sobre si un diseño en particular para cierta campaña en específico es mejor que otro o adecuado, permitiendo hacer una observación del mismo.

➤ *Adicionar otros tipos de mediciones*

En el caso puntual de esta tesina se enfocó en el estudio de *Biomasa, Agua* y Radiación, pero se podrían agregar nuevos tipos de mediciones, como así configurar cuáles se quieren utilizar, por ejemplo, en una parcela únicamente quieren hacer estudio de Radiación, entonces se le permite esa funcionalidad. Si además se quiere hacer otro tipo de muestra se podría agregar y extender esa funcionalidad, permitiendo que el alcance de la aplicación vaya para otras áreas.

➤ *Permitir la comparación de gráficas*

Otra forma de colaborar es permitir la comparación entre campañas, comparando una parcela anterior de una campaña previa con la actual, podría ser de mismas especies con el estadio temprano y el estadio tardío o dentro de la misma campaña con otra parcela.

➤ *Permitir trabajo colaborativo sincronizando distintos usuarios*

Implementar una forma de trabajo colaborativo, donde varios usuarios puedan trabajar sobre la misma campaña, teniendo acceso por parcela o por funcionalidad. Una persona que crea la campaña y da los permisos a “colaboradores” donde puede extender acceso total o acceso parcial. De esta forma sería posible compartir los datos y mantener sesiones de trabajo, que permitirían a los usuarios trabajar de forma coordinada por ejemplo para completar satisfactoriamente el caso mencionado en el Capítulo 7, donde se cargan las etapas de *Agua 1* y *2* de forma independiente a la etapa de *Agua 3*.

➤ *Permitir múltiples lenguajes*

Diseñar a través de una herramienta como i18n de JavaScript utilizando la geolocalización, devolviendo el lenguaje de la persona y que cada usuario pueda utilizarlo en el idioma de preferencia, haciendo este configurable.

➤ *Exportar o importar los datos en otros formatos*

La aplicación podría incorporar la posibilidad de exportar las gráficas y los datos de muestreo a planillas Excel, CSV, PDF o incluso LaTeX. También podría permitir importar las planillas de Excel o CSV con un formato específico.

➤ *Herramienta de recuperación*

Si bien la herramienta de recuperación cumple con su objetivo, creemos que es necesario realizar más trabajo sobre ella. Por ejemplo, dar la posibilidad de restaurar o recuperar tanto una versión particular de la campaña, para poder mostrar ese estado puntual. Dándole así una alternativa más versátil y que permita a quien la use mayor libertad de acción.

➤ *Gráficos históricos de varias campañas*

Adicionar la posibilidad de comparar entre varias campañas, permitiendo observar los diferentes rendimientos de cada campaña, comparando densidades utilizadas en cada campaña, temperatura promedio y humedad promedio de cada una, aportando datos significativos al usuario.

➤ *Integración con el clima*

Al presentar datos del tiempo y clima de la región es posible para el investigador predecir cuándo puede realizar las muestras, colaborando a la planificación de las fechas de muestreo.

➤ *Disponer de varias campañas por usuario*

Abstraer más la aplicación permitiendo que el usuario seleccione entre las diferentes campañas a las cuales pertenecen, estas pueden ser creadas por él como colaborador externo. Pudiendo seleccionar en cuál quiere colaborar o ver la actividad hasta la fecha.

➤ *Mostrar valores de ambiente*

Aprovechar la disponibilidad de localización en los celulares o a través de una configuración donde escriba la coordenada que se encuentra que pueda ofrecer siempre los valores de temperatura y humedad en la aplicación.

➤ *Chats entre colaboradores*

Agregar un chat entre el creador de la campaña y los colaboradores, agregando esta vía, se podría generar como un log continuo de puntos que se van analizando en una campaña particular. Como así también facilitando la toma de decisiones en conjunto y haciendo un trabajo colaborativo más sencillo.

La posibilidad de tener un chat entre el creador y los colaboradores, para que, si realizan la muestra de forma remota, puedan interactuar entre ellos sin la necesidad de trasladarse físicamente. Poder tener una vía de comunicación sería interesante. Con ello se podría ayudar a los investigadores a que la comunicación entre ellos sea fluida, sin importar la distancia en la que se encuentren con los grupos de pasantes (en el caso de este prototipo se realizó en Manfredi, Villa Mercedes y Pergamino dificultando la posibilidad de comunicación).

➤ *Estudio de los perfiles de usuarios*

Es necesario realizar un estudio sobre los perfiles de las personas que vayan a utilizar la herramienta, y ver si es necesario o no crear diferentes vistas dependiendo del perfil de cada persona, por ejemplo, investigador, pasante o evaluador. Creemos que es importante que aquella persona que vaya a utilizar esta herramienta pueda configurarla de forma tal que le sea simple y fácil de utilizar, de forma tal que le ayude a resolver diferentes inconvenientes y no generarse nuevos.

Cabe mencionar que en la Sección 7.3 se detallan otras mejoras en base a la retroalimentación sobre el prototipo, resumiendo se ve necesario aportar un instructivo con gráficas y explicaciones básicas de los distintos gestos como los desplazamientos laterales para editar y eliminar elementos en los listados no pudieron ser identificados de forma natural por la mayoría de los usuarios; y requirieron que se les instruya a los usuarios como utilizarlos siendo importante en los primeros usos.

Estos son algunos trabajos futuros que se podrían realizar en diferentes líneas, ya sea mejorando el software del prototipo como la metodología de carga de muestra, tendiendo a que el pasante o investigador pueda contar con mayor realismo, y ayudarlo así a una forma rápida y eficiente en particular de la carga de *Biomasa, Agua y Radiación*.

Cabe aclarar que habría otros trabajos futuros que podría ser abordar otras temáticas relacionadas a la carga de muestras en agronomía que vayan más allá de los tres ofrecidos por este prototipo.

Bibliografía

- [AgMobile] Página de Ag Mobile:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.agmobile.app&hl=en> (último acceso 01/06/2019)
- [AmazonWebServicesEC2] Página de *Amazon Web Services EC2*: <https://aws.amazon.com/ec2> (último acceso 30/8/2019)
- [Andrade and Sadras, 2000] Andrade, F. H., & Sadras, V. O. (2000). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Medica Panamericana.
- [Android] Página de Android: <https://www.android.com> (último acceso 30/09/2019)
- [AndroidStudio] Página de Android Studio: <https://developer.android.com/studio/> (último acceso: 30/10/2019)
- [Baigorri et al., 2009] Baigorri, H., Ciampitti, I., & Garcia, F. (2009). Manejo del cultivo de soja. Manual de manejo del cultivo de soja. F. García, I. Ciampitti y H. Baigorri (Eds.). 1ra Edición. Buenos Aires. Ipni, pp.17-32.
- [Bangor et al., 2009] Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, 4(3), 114-123.
- [BeanCam] Página de BeanCam: <https://ipcm.wisc.edu/apps/beancam> (último acceso: 01/06/2019)
- [Brooke, J., 1996] Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7.
- [Canopeo] Página de *Canopeo*: <http://www.canopeoapp.com> (último acceso: 01/06/2019)
- [Connor et al., 2011] Connor, D. J., Loomis, R. S., & Cassman, K. G. (2011). *Crop ecology: productivity and management in agricultural systems*. Cambridge University Press.
- [Cultivio] Página de *Cultivio*: <https://cultivio.com> (último acceso: 25/04/19)
- [Expo] *Expo* disponible en: <https://expo.io/> (último acceso: 30/08/2019)
- [FarmLogs] Página de *FarmLogs*: (último acceso: 01/06/2019)
- [FieldView] Página de *FieldView*: <https://climate.com> (último acceso: 25/04/19)
- [FruitLook] Página de *FruitLook*: <https://www.fruitlook.co.za> (último acceso: 25/04/19)
- [Javascript] Página de *Javascript*: <https://www.javascript.com/> (último acceso: 30/09/2019)
- [JSON] Estructura de formato *JSON*: <https://www.json.org/> (último acceso: 30/09/2019)
- [MongoDB] Página de *MongoDB*: <https://www.mongodb.com/es> (último acceso: 30/09/2019)
- [Muchow, 1989] Muchow, R. C. (1989). Comparative productivity of maize, sorghum and pearl millet in a semi-arid tropical environment II. Effect of water deficits. *Field Crops Research*, 20(3), 207-219.
- [Node] Página de *Node*: <https://nodejs.org/es/> (último acceso: 30/09/2019)
- [NPM] Página de *NPM*: <https://www.npmjs.com/> (último acceso: 30/09/2019)

- [Patrignani and Ochsner, 2015] Patrignani, A., and T. E. Ochsner. (2015) Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover. *Agron. J.* pp. 107:2312-2320
- [Pedersen and Lind, 2017] Pedersen, S. M., & Lind, K. M. (Eds.). (2017). Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. Springer International Publishing. pp. 52-53.
- [PlayStoreAgMobile] *Ag Mobile* disponible en el *Google Play*:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.agmobile.app> (último acceso: 27/06/2019)
- [PlayStoreBeanCam] *Bean Cam* disponible en el *Google Play*:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.npmstudent.beancam> (último acceso: 27/06/2019)
- [PlayStoreCanopeo] *Canopeo* disponible en el *Google Play*:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=okstate.edu.canopeo> (último acceso: 27/06/2019)
- [PlayStoreFieldView] *FieldView* disponible en el *Google Play*:
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.climate.growers.android.release&hl=es_AR (último acceso: 27/06/2019)
- [PlayStoreTrimbleAgFarmer] *TrimbleAgFarmer* disponible en el *Google Play*:
https://play.google.com/store/apps/details?id=net.agri_data.Mobile&hl=es (último acceso: 27/06/2019)
- [PlayStoreSoilWeb] *SoilWeb* disponible en el *Google Play*:
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.casoilresourcelab.soilweb&hl=en_US (último acceso: 27/06/2019)
- [PlayStoreWeedsID] *WeedsID* disponible en el *Google Play*:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.weedidnew> (último acceso: 27/06/2019)
- [PrismGraphPad] Página de *Prism GraphPad*: <https://www.graphpad.com/scientific-software/prism> (último acceso: 25/04/19)
- [Python] Página de lenguaje de programación *Python*: <https://www.python.org/> (último acceso: 01/10/2019)
- [PythonPandas] Página de librería *Pandas*: <https://pandas.pydata.org/> (último acceso: 01/10/2019)
- [React] Página de *React*: <https://es.reactjs.org/> (último acceso: 22/08/2019)
- [ReactNative] Página de *React Native*: <https://facebook.github.io/react-native> (último acceso: 22/08/2019)
- [ReactNativeChartKit] Página de *React Native Chart Kit*: <https://npmjs.com/package/react-native-chart-kit> (último acceso: 22/08/2019)
- [ReactNativeFusionCharts] Página de *React Native Fusion Charts*:
<https://npmjs.com/package/react-native-fusioncharts> (último acceso: 28/7/2019)
- [Restheart] Página de *Restheart*: <https://restheart.org/> (último acceso: 30/6/2019)

[Satorre et al., 2004] Satorre, E.H., Benech Arnold, R.L., Slafer, G.A., de la Fuente, E.B., Miralles, D.J., Otegui, M.E., & Savin, R. (2004). Producción de granos. bases funcionales para su manejo (No. F01 AGR 17624). Editorial Facultad Agronomía. pp. 377-442.

[SoilWeb] Página de Soil Web: <https://websoilsurvey.sc.egov.usda.gov/> (último acceso: 01/06/2019)

[SoilTestPro] Página de Soil Test Pro: <https://www.soiltestpro.com/> (último acceso 01/06/2019)

[TankMixCalculator] Página de Tank Mix Calculator: <https://www.farmlogic.com/tank-mix-calculator/> (último acceso: 01/06/2019)

[TrimbleAg] Página de Trimble Ag: <https://agriculture.trimble.com> (último acceso: 25/04/19)

[WeedsID] Página de IDWeeds:
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.extension.idweeds&hl=es_AR
(último acceso: 01/06/2019)

Anexo A: Entrevistas con el Ing. Maximiliano Riglos

En este anexo se presentan las preguntas realizadas al Ing. Maximiliano Riglos en distintas entrevistas. Se ha transcripto solo un resumen de las respuestas haciendo foco en aquellos detalles relevantes para el objetivo de esta tesina.

Cabe mencionar que el Ing. Riglos es Ingeniero Agrónomo y actualmente se encuentra realizando como becario su tesis doctoral titulada *“Estrategias de producción adaptativas frente a la variabilidad y cambio climáticos en la Región Semiárida Central de Argentina: análisis eco-fisiológico comparado de los cultivos de verano en siembras tempranas y tardías”* de la facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

A continuación, se presenta una recompilación de las respuestas más relevantes de la entrevista realizada con el Ing. Maximiliano Riglos.

❖ **¿Cuándo y por qué surgió la idea de un Prototipo para analizar las muestras?**

“... Cuando comencé mi tesina en abril del 2017 y me encontré con la forma que se medían los resultados, y la posibilidad de perder todo lo realizado durante 1 año necesitaba contar con algo que no solo me asegure contar con esos datos en caso de que surja cualquier imprevisto sino que era algo que iba a colaborar a mi equipo de trabajo. Estaba en una situación crítica, en la que si perdía los datos, era como que ese año no había estado y se había perdido toda esa información recolectada, sino tenía que ingeniármelas para recuperar ese año. Al ver la metodología de trabajo, me di cuenta de que algo andaba mal. No era la metodología de análisis, ya que por algún motivo se viene realizando así, sino que sentía que era por otra cosa. Llegué a la conclusión que la forma en la que se estaba realizando no me convencía...”

“... Lo que figura en los libros no tiene en cuenta el avance tecnológico. Me di cuenta entonces, que podía resumir muchos de las horas de análisis en unas pocas y a su vez que esto colabore a compañeros e investigadores que se encuentren en la misma situación...”

“... Gracias a esta nueva forma de ver la tecnología en la agronomía, lo que me llevó a pensar que esta nueva forma de análisis, podía ayudar a muchos a facilitar su trabajo...”

❖ **¿Entre qué año y en qué establecimiento comenzó el doctorado? ¿Qué lo impulsó a realizarlo?**

“... El doctorado lo estoy realizando en Villa Mercedes, San Luis, entre los años 2017 al 2022, gracias a una beca brindada por el INTA-CONICET...”

“... Me entero que surgen unas becas nuevas que no existían en el país, que fue a través de un convenio que firmó el CONICET con el INTA en donde ambas partes se comprometen a formar a becarios en temas de interés, en temas estratégicos para ciertas regiones, son temas donde no hay mucho explorado, sino que se busca generar respuesta a corto, mediano y largo plazo...”

“... Habiendo presentado mi propuesta, el Dr. Luis Mayer me propuso realizar el doctorado en ecofisiología de cultivo luego de varias entrevistas. El nivel de repercusión que tuvimos fue espectacular. Tal es así, que durante lo que va del proyecto, estuvimos en varias radios, programas de televisión de agronomía. Este resultado, nos dio la pauta que esta nueva modalidad estaba funcionando mejor que las tradicionales...”

❖ **¿Con qué dificultades se encontró a la hora de analizar las muestras?**

“... En los años que vengo desarrollando las campañas, noté que los pasantes siempre me realizan las mismas preguntas, que pasa con el material, los insumos como hago para no perder los estudios realizados.

Particularmente, confirmamos que los pasantes no cuentan con las experiencias suficientes para realizar por si solos las mediciones, necesitan de ciertos pasos para llevar a cabo. También entra en juego la cantidad de horas que se dedica a la parte de pasar esos valores a gráficas que aportan verdaderos resultados útiles...”

“... Como adicional, la cantidad de pasantes era muy acotada para la gran cantidad de trabajo que había, lo que llevaba varias veces a contar con los datos muy a futuro, incluso en momentos donde ya no servían para la toma de decisiones sino para explicaciones de sucesos. Entonces, la cantidad de horas que debía invertir el investigador era demasiada, lo que lleva a una fatiga intelectual...”

❖ **¿Qué inconvenientes trae el hecho de no disponer de los resultados a corto plazo?**

“... La toma de decisiones es sumamente importante para ver que lo que se está haciendo está dando resultados, además necesitamos ir comparando con las campañas de Manfredi y Pergamino continuamente para ver cómo están rindiendo los cultivos bajo otros contextos, lo que obtener los datos demasiado tarde hace que no dispongamos de la información al momento adecuado y que las decisiones que se tomen sean poco convenientes...”

“... Más allá de lo que se realice en campo, muchos productores que quieren saber qué es lo que está pasando con el campo, como está rindiendo un cultivo particular bajo esas condiciones, nos preguntan sobre los resultados de forma inmediata...”

❖ **¿Cuáles son los problemas que tienen los métodos tradicionales de análisis de muestra?**

“... Como mencioné antes, la problemática con la que contamos en cada muestra es la pérdida del material, la obtención tardía de los datos y el problema de contar con los insumos en campo...”

“... Por otro lado, es interesante tener en cuenta que las planillas donde se completan los datos pasan por diferentes etapas, en el caso de hacer una medición de contenido hídrico necesitamos sí o sí contar con esa misma planilla hasta finalizar su completo estudio, en caso de perderla sería sumamente peligroso para obtener datos que sean de interés...”

❖ **¿Cómo se llegó a analizar únicamente Biomasa, Agua y Radiación?**

“...Se analizaron varios otros aspectos indirectamente de las mediciones de contenido hídrico, intercepción de radiación, donde todo lo que recolectamos nos ayuda para que a través de ecuaciones de fisiología nos ayudan a entender cómo se genera la biomasa, con cuentas relativamente sencillas de cómo un cultivo genera biomasa y a través de eso estudiar la eficiencia en el uso de esos recursos en cada cultivo...”

❖ **¿Qué datos son los más destacables a la hora de analizar la distribución de las parcelas para la toma de muestras?**

“...Lo que más nos interesa a nosotros a la hora de tomar las muestras es la distribución de las parcelas y las especies asignadas a cada una de ellas. Debemos ser capaces de identificar que especie está plantada y en fecha de siembra se hizo. De esta forma podemos ir completando los datos de muestreo de forma acorde...”

Anexo B: Instructivo para registrar muestras de Radiación

Como cada investigador puede interpretar las etapas de muestreo de manera distinta se preparó un instructivo para la muestra de *Radiación*, el cual era leído antes de usar el prototipo para este tipo de muestra. El material brindado se presenta a continuación.

Radiación

Introducción:

Se tomaron cuatro valores fijos:

- Especie
- Fecha Siembra
- Parcela
- Fecha de la medición

Al entrar en este formulario van a ver tres campos, los valores obligatorios son Radiación incidente y Radiación interceptada. En el caso de la radiación incidente bajo malla antigranizo, como la campaña arranca sin la malla no es obligatoria, la misma se debe completar cuando la misma esté colocada.

Cómo la radiación incidente puede ser la misma para varias radiaciones interceptadas, se permite agregar varias mediciones de la radiación interceptada, la forma de agregar mediciones es presionando el botón con el símbolo de + (suma), una vez presionado este, empezará aparecer por debajo del campo radiación interceptada, todas las mediciones que se fueron "agregando", en caso de equivocarse se puede presionar el icono de borrado de cada una de estas mediciones y se eliminará la seleccionada.

Nota: se pueden eliminar todas.

Anexo C: Instructivo para registrar muestras de Biomasa

Como cada investigador puede interpretar las etapas de muestreo de manera distinta se preparó un instructivo para la muestra de *Biomasa*, el cual era leído antes de usar el prototipo para este tipo de muestra. El material brindado se presenta a continuación.

Biomasa

Introducción:

Para completar la biomasa se divide en dos etapas

1. **Etapa 1 (se realiza en campo):** Al abrir el formulario de Biomasa se va a poder elegir entre “Cm Lineales” o “Cantidad de Plantas”, por defecto como es la más usada va a estar preseleccionada la de “Cm Lineales”, se selecciona la medición y al presionar agregar biomasa pendiente ya finaliza la primera etapa, en el caso de seleccionar cantidad de plantas, desaparece el campo de cm lineales y empieza a figurar el de cantidad de plantas, completamos el mismo presionamos en agregar biomasa pendiente y ya finaliza la primer etapa.

Nota: Tener en cuenta que en el caso del maíz únicamente se acepta cantidad de plantas.

2. **Etapa 2:** En esta etapa aparecen dos campos biomasa aérea total y biomasa reproductiva, el primer campo obligatorio y el segundo campo como al principio de la campaña no creció el fruto, no es obligatorio. Una vez presionada el botón de finalizar biomasa, termina la carga de la biomasa.

Anexo D: Instructivo para registrar muestras de Agua

Como cada investigador puede interpretar las etapas de muestreo de manera distinta se preparó un instructivo para la muestra de *Agua*, el cual era leído antes de usar el prototipo para este tipo de muestra. El material brindado se presenta a continuación.

Agua

Introducción:

Para completar la carga de agua se divide en tres etapas

1. **Etapa 1 (se realiza en campo):** Al abrir el formulario de Agua vamos a ver un campo para seleccionar el defecto de todos los recipientes, para facilitar la carga, abajo de esto vamos a ver tres columnas:
 - a. Número del recipiente.
 - b. Recipiente: en el caso de seleccionar algo en el botón de seleccionar los recipientes por defecto, aparecerá con ese valor y se puede modificar individualmente.
 - c. Altura: este campo no se puede modificar, ayuda a mantener un orden de la carga.

Una vez completado todos los campos y presionar en agregar agua pendiente, finaliza esta etapa.

2. **Etapa 2 (pre horno):** En esta etapa aparecen los diferentes campos que fuimos cargando en la etapa 1, acá le agregamos el peso fresco de cada altura. Al presionar hornear agua finaliza esta etapa.
3. **Etapa 3 (post horno):** En esta última etapa, al igual que en la etapa 2 nos aparecen todas las alturas y debemos completar el peso fresco y la tara de cada altura. Esta etapa termina al presionar finalizar agua.

Nota: Todos los campos son obligatorios

Anexo E: Encuesta para evaluar el prototipo

Una vez finalizado el uso del prototipo para un tipo de muestra los usuarios tenían que completar el formulario que se describe a continuación.

Las primeras 10 preguntas se corresponden al formulario SUS [Brooke, J., 1996]. Además, se agregó una pregunta que guardaba relación con la complejidad del prototipo. Y por último un espacio para que pueda describir la experiencia y así dejar plasmado cualquier detalle de interés.

El encabezado del formulario nos brinda más información de quien está completando, además se decidió que se indicara el tipo de muestra que se había usado, así se podía determinar que era lo que se estaba evaluando.

Encuesta para usuarios de la aplicación					
Fecha:					
Los datos obtenidos de esta encuesta se utilizarán para análisis de datos estadísticos.					
Edad:					
Sexo: F / M (<i>remarque lo que corresponda</i>)					
Profesión:					
Usa frecuentemente el celular: SI / NO (<i>remarque lo que corresponda</i>)					
Tipo de celular:					
Años de experiencia de mediciones en campo:					
Caso completado: Radiación / Biomasa / Agua (etapa 1 y 2) / Agua (etapa 3 - secado) (<i>remarque lo que corresponda</i>)					
<i>Acorde al uso de la aplicación, indique con una X el valor que crea adecuado para cada ítem.</i>					
	Completamente en desacuerdo				Completamente de acuerdo
1. Creo que me gustaría usar esta aplicación frecuentemente					
	1	2	3	4	5
2. Encuentro a la aplicación innecesariamente compleja de utilizar					
	1	2	3	4	5
3. Pienso que la aplicación es fácil de utilizar					
	1	2	3	4	5

	Completamente en desacuerdo				Completamente de acuerdo
4. Creo que necesitaría soporte de un especialista para hacer uso de la aplicación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
5. Encuentro las diversas funciones de la aplicación bastante bien integradas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
6. He encontrado demasiada inconsistencia en la aplicación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
7. Creo que la mayoría de las personas aprendería a hacer uso de la aplicación rápidamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
8. He encontrado la aplicación bastante incómoda de utilizar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
9. Me he sentido muy seguro haciendo uso de la aplicación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
10. Necesitaría adquirir varios conocimientos antes de poder manejar la aplicación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
	Poco complejo				Muy complejo
11. Marque el nivel de complejidad de la aplicación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5
Describa cómo fue su experiencia con el uso de la aplicación:					