

Cosechando Datos. Desarrollos para la agricultura en la era digital

Bellini Saibene, Yanina; Caldera, Juan; Ramos, Lucas

EEA INTA Anguil, Ruta Nacional N°5, Km 580 (6326) Anguil, La Pampa
bellini.yaninanta.gob.ar

Resumen. Este trabajo presenta un repaso por más 20 años de desarrollo tecnológico de AgroTICs en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Anguil del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) enfocadas a la digitalización, gestión y explotación de datos agropecuarios. Se generaron más de xx sistemas de información por medio del trabajo interdisciplinario y en conjunto con más de 25 organizaciones y empresas. Estos logros se analizan desde los ejes de la tecnología, su evolución y acceso, los actores entendidos como internos a la institución y externos ó beneficiarios de las soluciones digitales y el alcance geográfico. También se enmarcan en la evolución y maduración del ciclo de la gestión de la información presentando la transformación desde la planilla de cálculo-base de datos-inteligencia de negocios-ciencia de datos. En cada eje y momento de evolución se dan ejemplos concretos con productos desarrollados. Finalmente se presentan recomendaciones para el desarrollo y transferencia de soluciones digitales en base a esta experiencia.

Palabras claves: AgTech, AgroTICs, soluciones digitales, agricultura digital

1 Introducción

Términos como agricultura y ganadería de precisión, agricultura digital, Smart farming, industria y agricultura 4.0, agricultura inteligente, Agtech, ICT4Ag y Agrotics han invadido el ámbito rural: desde las noticias en las revistas, sitios y suplementos especializados[1]–[4], actividades académicas [5]–[7], creación de espacios público-privados para su desarrollo [8] y presencia en las exposiciones más tradicionales del sector [9]–[11]. Estos términos vienen acompañados por la mención de nuevas tecnologías y disciplinas relacionadas con las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), algunas bastante conocidas como Sistemas de Información Geográfico (SIG), Teledetección, Sistema de posicionamiento global (GPS), mapas de rendimiento, bases de datos, páginas web y drones; y otras más noveles para el ámbito agropecuario como Apps, Ciencia de Datos, Internet de las Cosas, Inteligencia Artificial, Big Data (datos masivos), Blockchain, Deep Learning (aprendizaje profundo), geotecnologías, “La Nube” y Data Mining (minería de datos).

Todas estas palabras, más o menos conocidas, más o menos “de moda”, remiten a una transformación de la actividad agropecuaria por la incorporación de nuevas tecnologías relacionadas a lo digital y lo electrónico en los procesos de producción y comercialización, bien sea, para hacer más eficiente las tareas ya conocidas, como para introducir nuevas maneras de hacer agricultura. Estas posibles innovaciones en el sector agropecuario utilizando las AgroTICs ó AgTech se visualizan como una de las herramientas que aportará al desarrollo de una producción de alimentos sostenible desde el punto de vista ambiental y económico [12].

Los desarrollos de AgroTICs se pueden agrupar en dos grandes temáticas: aquellas relacionadas a equipos físicos, hardware, maquinaria, componentes precisos y automatizaciones y aquellos relacionados al relevamiento, procesamiento y explotación de datos, sea generado por estos equipos, por sensores remotos o por sistemas de gestión agropecuaria.

Este trabajo presenta una síntesis del desarrollo tecnológico de AgroTICs ocurrido en los últimos 20 años en la EEA Anguil enfocadas a la digitalización, gestión y explotación de datos agropecuarios.

En ese tiempo se obtuvieron 9 registros de software, 7 premios y reconocimientos regionales y nacionales, se celebraron 38 convenios con 24 instituciones, grupos y empresas que dieron como resultado más de 70 sistemas de información.

El análisis de estas dos décadas se realiza teniendo en cuenta tres ejes, presentando una selección de todos estos productos y desarrollos como ejemplos concretos que mejor representen el eje o impliquen un punto de inflexión en la cultura organizacional o tecno-metodológica.

1.1 Ejes de análisis de las soluciones digitales

Existen diversos ejes sobre los cuales realizar este repaso y análisis de la evolución del desarrollo de soluciones digitales para el sector agropecuario, y se identifican al menos tres que condicionan las posibilidades y rumbos de estos desarrollos (figura 1):

1. El eje de la **tecnología** disponible y utilizada en la generación de desarrollos digitales, su evolución, las razones de la selección de las mismas, los pros y contras de cada una.
2. El eje de la **audiencia** que demandaba, o a la que eran dirigidas, las soluciones. Se divide en audiencia **interna** para resolver desafíos en los procesos de gestión institucional o de las propias actividades de investigación, desarrollo, transferencia y extensión; y en audiencia **externa** de diferentes actores del sector agroalimentario, para actividades de gestión administrativa y económica, monitoreo, relevamiento, diagnóstico, trazabilidad, manejo agropecuario y formación.

El eje del **alcance** referido al ámbito geográfico de intervención de la solución digital, con un gradiente que va desde la parcela, a la explotación agropecuaria, pasando por lo local, provincial y regional, hasta llegar al ámbito nacional. Estos alcances diferentes cambian las necesidades funcionales y de infraestructura de los sistemas de información, como también los niveles de detalle (unidad mínima de información) de los datos a sistematizar.

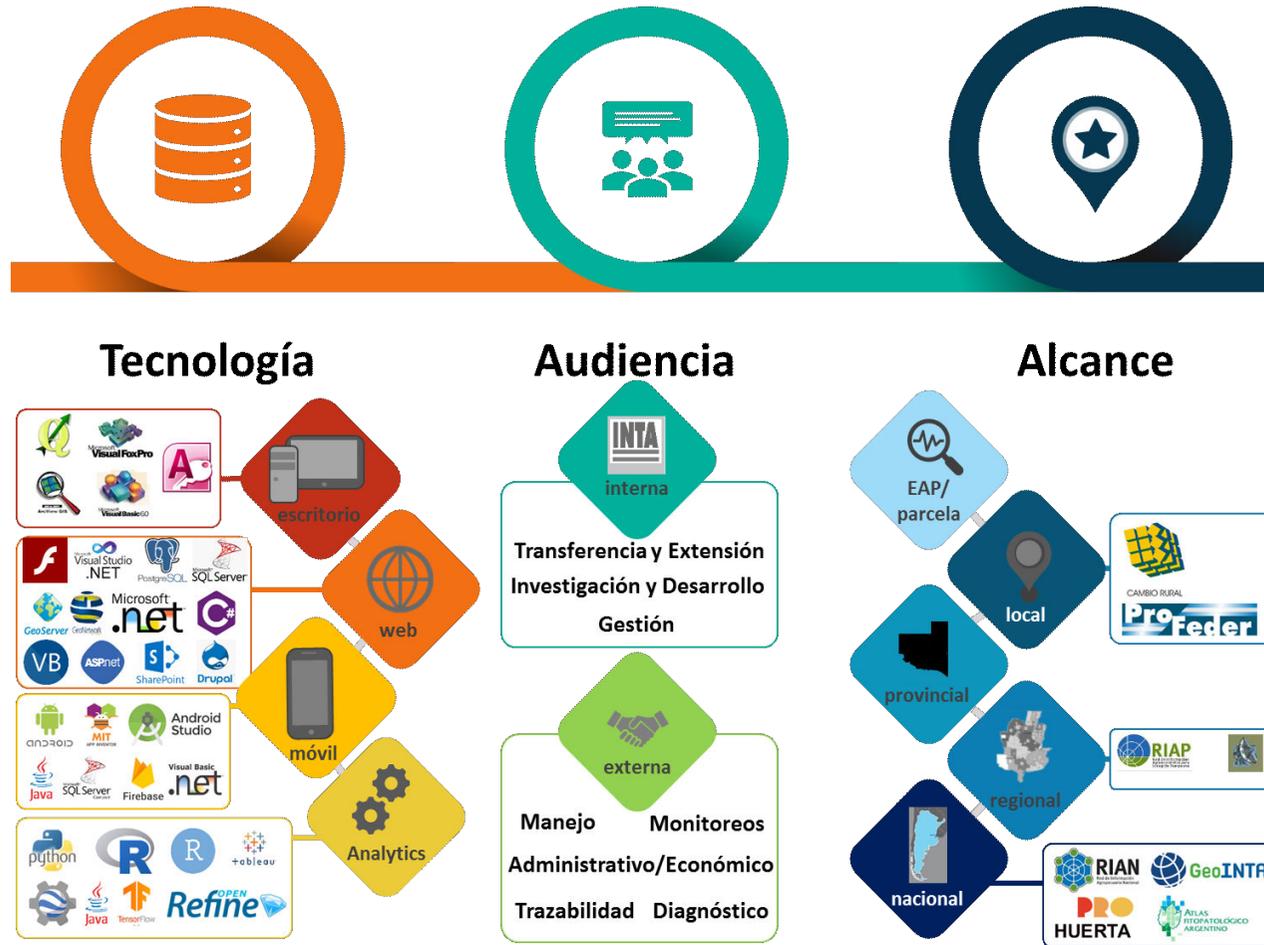


Fig. 1. Ejes de análisis de las soluciones digitales desarrolladas desde 1998-2019 por el grupo de AgroTICs de la EEA Anguil. Detalle de productos utilizados en el desarrollo de las soluciones, temáticas de interés de las audiencias y proyectos elaborados según el alcance.

Estos ejes permiten enfocar e identificar una serie de parámetros que condicionan el desarrollo de soluciones aplicables y útiles, pero no son los únicos factores que influyen en la generación de tecnología; a estos ejes se suman la evolución del propio grupo de trabajo y la institución, el progreso del ecosistema Agtech nacional [13], [14], la demanda tanto del mercado interno como internacional [13] de tecnologías digitales aplicadas al agro y el nivel de vinculaciones de los miembros del equipo tanto con actores externos como internos.

Sobre cada uno de los ejes se realiza una mención sobre esta evolución, explicando las razones que llevaron a los cambios tecnológicos, las implicancias del crecimiento del alcance y los resultados obtenidos en cada solución. Se las agrupa por tipo de problema a resolver, identificando como el grupo principal a las **redes de información**, que dieron nacimiento al grupo de trabajo y sobre las cuales se generó una gran experiencia, en un segundo grupo se cuentan con los desarrollos asociados a sistemas de **gestión**; el tercer grupo presenta desarrollos relacionados a las **geotecnologías**, enfocadas al uso de sensores remotos e información espacial; un cuarto grupo presenta una serie de **aplicaciones para dispositivos móviles** y por último productos asociados a la **ciencia de datos**. Los últimos cuatro grupos se pueden también anidar dentro de las redes de información y los productos desarrollados en cada responden a dar el soporte digital para cumplir los objetivos de las redes, aunque también se presentarán soluciones que no responden a una red de información.

Aunque las soluciones pueden entrar en más de una de las categorías mencionadas, se las mencionará sólo en una de ellas, con el objetivo de realizar una presentación y análisis ordenado.

1.2 La primera ola: de la planilla de cálculo a la base de datos

En los últimos 20 años la forma de almacenar y gestionar datos e información ha evolucionado, pero a pesar de la diversidad de tecnologías disponibles y costos cada vez más accesibles, las planillas de cálculo fueron y continúan siendo uno de los formatos más utilizados para gestionar información. Cuando la información es manejada por una sola persona, o bien varias personas ubicadas en un mismo lugar; los cálculos a realizar no son complejos y/o bien la cantidad de datos es reducida, estas planillas son una excelente solución, pero cuando la información debe ser cargada y consultada desde diversos puntos alejados, por muchos usuarios y con un volumen importante de datos, las planillas no proporcionan las prestaciones necesarias que garanticen calidad y trazabilidad en la información. Por eso es necesario generar bases de datos relacionales para gestionar estos datos.

Las bases de datos relacionales se componen de tablas, campos y registros. Estos componentes implementan el modelo relacional por medio de formas normales cumpliendo al menos los siguientes requisitos [15]:

1. Cada registro (fila) corresponde a un caso.
2. Cada campo (columna) corresponde a una variable de interés.
3. Cada unidad de información corresponde a una tabla.
4. Las relaciones entre diferentes tablas se representan con claves o incluso con otra tabla.

Este tipo de base de datos son las más utilizadas en los sistemas de información transaccionales (como los de los bancos, por ejemplo) y cuentan con software conocidos como

sistemas gestores de bases de datos que ayudan a implementar el modelo relacional por medio de lenguajes estructurados de gestión de datos y lenguajes estructurados de consultas de datos (SQL). Estos lenguajes son una implementación práctica del álgebra relacional, que permite hacer operaciones sobre los datos almacenados en un modelo relacional.

Los primeros desafíos en el desarrollo de sistemas de información agropecuaria se centraron en el desarrollo de modelos de datos relacionales y el desarrollo del software correspondiente para su gestión.

De esta manera, los primeros sistemas de información desarrollados tenían una arquitectura distribuida, con sistemas informáticos para escritorio programados en Visual Basic bajo plataforma Windows y gestores de bases de datos locales (como Access) que luego se integraban a un repositorio central. Las consultas se realizaban también con tecnología para Windows, programados en Flash y con exportaciones de datos a planillas Excel (figura 1) [16].

Cuando las actividades de relevamiento a campo y en red se ampliaron a niveles de Pampa Húmeda o Nacional, fue necesario introducir cambios tecnológicos en los sistemas ya desarrollados que fueron posibles, en parte, por la evolución de la tecnología disponible. Las soluciones pasaron a tener una base de datos centralizada (MS SQL Server) en servidores en un data center institucional, con diferentes niveles de seguridad integrada (física, de red, de acceso, etc.) y auditoría de uso. La interfaz de los sistemas de carga pasó a ser web, programada en ASP.NET, en una primera etapa y móvil (Visual Basic Mobile y Java) en una segunda etapa. Las salidas y consultas de información también se pensaron para estos dos medios (figura 1).

1.3 La segunda ola: de las bases de datos a la inteligencia de negocios

La sistematización de los procesos de una actividad, junto con la información que la hace posible, tiene muchas ventajas; como minimizar la posibilidad de pérdida de datos e información valiosa, facilitar su acceso y descubrimiento; aumentar su utilidad para proporcionar apoyo al análisis y a la toma de decisiones [17].

Los datos tienen un enorme potencial si se mejora su resguardo, acceso y análisis, tanto para las decisiones de corto plazo de las diferentes audiencias del INTA en cuanto al manejo de las actividades productivas, como para el mediano y largo plazo dando apoyo a la planificación estratégica y a la formulación de políticas, permitiendo analizar la historia, modelarla y generar escenarios potenciales [17]. Con los sistemas de información y las bases de datos relacionales se logra este primer paso que habilita a una mejor explotación de los datos.

De esta manera, los desarrollos en esta etapa hacen foco en explotar los datos sistematizados, los sistemas de información realizan actividades de **análisis**, seguimiento, control y soporte a la toma de **decisiones**, y se realizan consultas sobre información almacenada. Se achican los tiempos en la respuesta de reportes e información. En este aspecto se utilizaron tecnologías web (ASP.Net, VB.Net, C#.Net) en consultas para el usuario y servicios automáticos de mensajería, otras tecnologías de visualización como Flash, bases de datos asociativas como Tableau y los análisis espaciales por medio de SIG (QGIS, GeoServer, GeoMap). En esta etapa también se realizó un gran esfuerzo por hacer disponibles los datos para su acceso y reuso por parte potenciales usuarios.

1.4 La tercer ola: de la inteligencia de negocios a la ciencia de datos

A medida que se madura en la gestión de los datos, las actividades que se pueden realizar basadas en los mismos pasan de un nivel operacional a un nivel estratégico. En esta etapa la sistematización permite realizar las actividades de **planificación a largo plazo**, tanto del nivel de **administración** como de los **objetivos** que la institución posee. Se puede modelar, mirar el futuro.

La ciencia de datos es una disciplina en constante evolución, aún no tiene una definición formal aceptada por la comunidad que la ejerce, aunque se centra en la noción de enfoques multi e interdisciplinarios para extraer conocimiento o ideas de grandes cantidades de datos complejos para su uso en una amplia gama de aplicaciones y campos académicos tradicionales. Esta nueva forma de resolución de problemas o desarrollo de aplicaciones se habilitan recientemente porque el volumen y la variedad de datos disponibles se expanden rápidamente, los datos están disponibles de manera más inmediata y las decisiones basadas en datos están cada vez más automatizadas y en tiempo real. Los científicos de datos a menudo trabajan en la interfaz de las disciplinas y pueden ayudar a desarrollar nuevos enfoques para abordar los problemas en estas áreas. Se basa en el conocimiento de metodología estadística y ciencias de la computación [18], [19].

El proceso de la ciencia de datos implica una serie de pasos desde la importación de los datos, su exploración, por medio de técnicas de ordenamiento, transformación, visualización y modelado, hasta su comunicación final (figura 2), todas actividades con una carga importante de programación, computación y digitalización [18], [20].

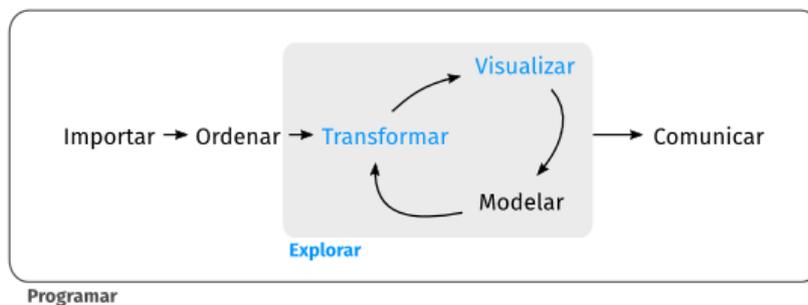


Fig. 2. Esquema del proceso de la Ciencia de Datos propuesto por [20].

En el caso del agro, la Ciencia de Datos acerca a profesionales de las ciencias naturales, agronomía, ambiente, veterinaria, etc. a tareas de programación, que no son parte de su curricula y formación tradicional y, viceversa, acercando profesionales de las ciencias de la computación y la informática a estas disciplinas relacionadas al agro, generando forzosamente equipos que miran el mismo problema con diferentes saberes y aprendiendo del conocimiento del otro, lo suficiente para poder tener un lenguaje común y trabajar en conjunto.

Los desarrollos utilizados en esta etapa implicaron herramientas de gestión de grandes datos, de minería de datos, aprendizaje automático e inteligencia artificial. Entre estas tecnologías se encuentran R y Python como los principales lenguajes de

programación, el uso de tecnologías en la nube como Google Earth Engine, Firebase, TensorFlow, RStudio Cloud y Code Labs.

2 Redes de información

Las actividades del INTA involucran el monitoreo, relevamiento, seguimiento de diferentes variables o sistemas de interés regional y nacional que abordan diversos aspectos de importancia para el sector agropecuario. Estas actividades se organizan bajo instrumentos como proyectos de investigación, redes de información, redes de sensores y redes de ensayos territoriales.

Aunque la necesidad de sistematización de la información de cada instrumento es diferente, todos ellos comparten la necesidad de la salida a campo, la recolección de los datos y su actualización, el almacenamiento y procesamiento posterior, contemplando un componente espacial en sus datos y la necesidad de representarla en forma de mapas por medio de SIGs y servidores de mapas.

El objetivo de los sistemas se puede dividir en relevamientos periódicos y protocolizados y sistemas que soportan un relevamiento específico y particular (tabla 1).

Tabla 1. Características comunes de acuerdo al tipo de sistema de información que se desarrollaron para dar solución a las redes de información

Características	Relevamientos periódicos	Relevamientos específicos
Descripción	Se realizan siempre en el mismo momento temporal, con un protocolo formal. Pueden agregar nuevas localizaciones.	Se realizan para un fin específico, aunque puede tener repeticiones, no es una actividad perdurable. Puede o no tener un protocolo formal.
Alcance	De Local a Nacional	De Local a Regional
Requerimientos	Permitir la carga, almacenamiento, procesamiento y consulta de los datos propios sistematizando los protocolos. Control de acceso según nivel de usuarios desde cualquier lugar del país. Auditoria de actividades y mesa de ayuda para usuarios. Disponibilidad del sistema 24x7. Agregado de nuevas funcionalidades: variables, reportes, procesamientos y consultas.	Carga, almacenamiento, procesamiento y consulta de los datos de interés sólo por usuarios habilitados. Cálculos y salidas predefinidos en los objetivos del trabajo. Sistematizar la metodología a utilizar.

Ejemplos	AgroRADAR, RIAP, RIAN, RNG-INTA, Atlas de Organismos Perjudiciales, Biblioteca Digital Anguil, Red de estaciones meteorológicas automáticas de La Pampa, Monitoreo ProHuerta, Alarmas de plagas a teléfonos celulares en La Pampa.	Malezas en La Pampa Almacenaje de granos (AgroRADAR) Relevamiento y análisis de explotaciones agropecuarias en La Pampa Relevamiento de agricultura urbana y periurbana en Santa Rosa
----------	--	---

2.1 Redes de información de La Pampa.

2.1.1. Relevamientos periódicos

Una de las primeras redes sobre la que se mejoró el aprovechamiento de los datos fue la red de estaciones meteorológicas automáticas (EMA) de la EEA Anguil [21]. La red genera y mantiene información diaria y horaria de EMAs de diversas marcas. Estas estaciones cuentan con software propietario para trabajar con los datos registrados de cada EMA. Con ese esquema de funcionamiento la información de las EMA esté desintegrada, en un formato difícil de trabajar y con una posibilidad de procesamiento muy reducida (almacenamiento en textos independientes, visualizar sólo por medio de los softwares específicos y cálculos predeterminados y acotados). Se desarrolló un sistema de información para unificar los datos en una base de datos centralizada, sin importar la marca de las EMA y automatizar y personalizar las salidas y consultas, pudiendo realizar análisis de una o varias estaciones en conjunto [21]. Gracias a este software es posible realizar trabajos como la actualización de la cartografía agroclimática de la provincia [22], generar informes mensuales de forma automática y publicar los datos y sus consultas en internet.

2.1.2. Relevamientos específicos

Los diferentes grupos de investigación demandaron internamente las necesidades de sistematización de información, se presentan tres ejemplos con distintos alcances temporales y geográficos:

1. **Sistema de información para realizar un inventario de malezas en girasol para la provincia de La Pampa:** el objetivo fue realizar un análisis cuali y cuantitativo de las especies de malezas presentes en lotes de girasol en el área agrícola de La Pampa y compararla con inventarios previos. El relevamiento fue sistemático durante las campañas 2004, 2005 y 2006. Los datos relevados incluían información del lote (control químico aplicado, tipo de suelo, sistema de labranza, georreferenciación), información del productor, y las diferentes estaciones (lugares de toma de datos). Este sistema permitió contar con la información de una manera ordenada, sencilla y de fácil acceso, generar informes de forma automática, realizar consultas personalizadas, realizar cálculos de medidas cualitativas (abundancia relativa, densidad media, diversidad, etc.) y analizar la información mediante su

posterior representación espacial por medio de mapas. También mejoró la disponibilidad, acceso e intercambio de la información al estar almacenada en una base de datos y disminuyó el tiempo implicado en las tareas de carga y consulta de datos realizadas por los profesionales [23].

2. **Caracterización del almacenaje de granos en la región AgroRADAR:** el objetivo fue caracterizar y analizar escenarios de capacidad de almacenamiento y separación de granos de acuerdo a su calidad [24]. El relevamiento se realizó durante el 2001 y consistió en un censo con el objetivo de conocer la capacidad de almacenamiento total de la región, que incluía un diagnóstico estructural del mismo, más allá de los valores volumétricos. El sistema permitió registrar la información y procesarla a niveles regionales, provinciales y departamentales. También contempló el componente espacial de la información generando un SIG y la posibilidad de generar una calificación regional de acuerdo a parámetros personalizables de exigencia en separación de calidad de granos [24].
3. **Relevamiento y análisis de la superficie de las explotaciones agropecuarias en el este de La Pampa:** para tener una estadística preliminar de la superficie de las EAPs (Establecimientos AgroPecuarios), tomando como base un relevamiento censal de las 6 zonas agroecológicas de La Pampa, realizado sobre la población conocida de títulos del Catastro Provincial [25]. Este relevamiento inicial se repitió en otras zonas del proyecto AgroRADAR como el área de influencia de la Chacra integrada Barrow. Esta sistematización permitió la actualización de la cartografía, la caracterización de las zonas agroecológicas homogéneas y la generación de muestras para la realización de encuestas a productores y relevamientos a campo.

2.2 AgroRADAR, RIAP, RIAN, CIAN.

El proyecto AgroRADAR llevado adelante por el INTA junto a la Bolsa de Cereales y Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca, tenía como finalidad *“promover un cambio cultural en el manejo de la información agroeconómica inducido por una concepción sistémica, cierta y confiable, y potenciar su utilización como eje del planeamiento y desarrollo sectorial”* [24] y dentro de sus actividades se encontraba el relevamiento de información a campo en el este de La Pampa y sur oeste de la provincia de Buenos Aires. La información a relevar contemplaba salidas mensuales de humedad de suelos, registros diarios de variables agrometeorológicas (lluvia, heliofanía y temperaturas máximas y mínimas) y la realización de encuestas trimestrales para la estimación de uso del suelo, como también salidas cada seis meses para la estimación de producción. Estas actividades se llevaban a cabo por más de 50 técnicos en cuatro unidades de INTA (EEAs Anguil, Bordenave, Hilario Ascasubi y Chacra Experimental Barrow).

La gestión de esta información fue planificada desde un inicio con sistemas de información digitales y bases de datos relacionales para la sistematización. Este proyecto fue la génesis de las dos primeras redes de relevamiento de información institucionales que contaban con sistemas de información y bases de datos relacionales desde su concepción. Estas redes fueron la Red de Información

Agroeconómica Pampeana (RIAP) que abarcaba la Pampa Húmeda realizando el mismo tipo de relevamiento, pero donde las encuestas eran anuales, la cantidad de técnicos involucrada era de 130 en 19 EEAs; y la Red de Información Agropecuaria Nacional (RIAN), que llevó todo este monitoreo protocolizado de los sistemas productivos a nivel nacional y extendió sus actividades a la actividad ganadera, involucrando a 180 técnicos, 47 EEAs y 300 unidades de extensión. El ecosistema de sistemas de información de estas redes estaba compuesto por 20 sistemas de información (figura 2), cuyas tecnologías y alcances fueron evolucionando junto con las redes mismas y la aparición de nuevas necesidades y tecnologías.

El núcleo dedicado al relevamiento agronómico estaba compuesto por siete sistemas (en color verde en la figura 2). El relevamiento de la información a campo establecía recorridos mensuales para registrar datos referentes al estado y evolución de los cultivos y rendimientos precosecha en aquellas subzonas con aptitud agrícola. Las variables incluidas en la evaluación a campo referían a la tecnología aplicada, tales como sistema de siembra, distancia entre surcos, cultivo antecesor y riego/secano. También se evaluaba el estado general del cultivo, estado fenológico, uniformidad, cobertura, rendimiento precosecha, y las principales adversidades, como presencia de malezas, enfermedades, plagas, junto con aquellas de origen climático ambiental (heladas, inundación, granizo, etc.) [26].

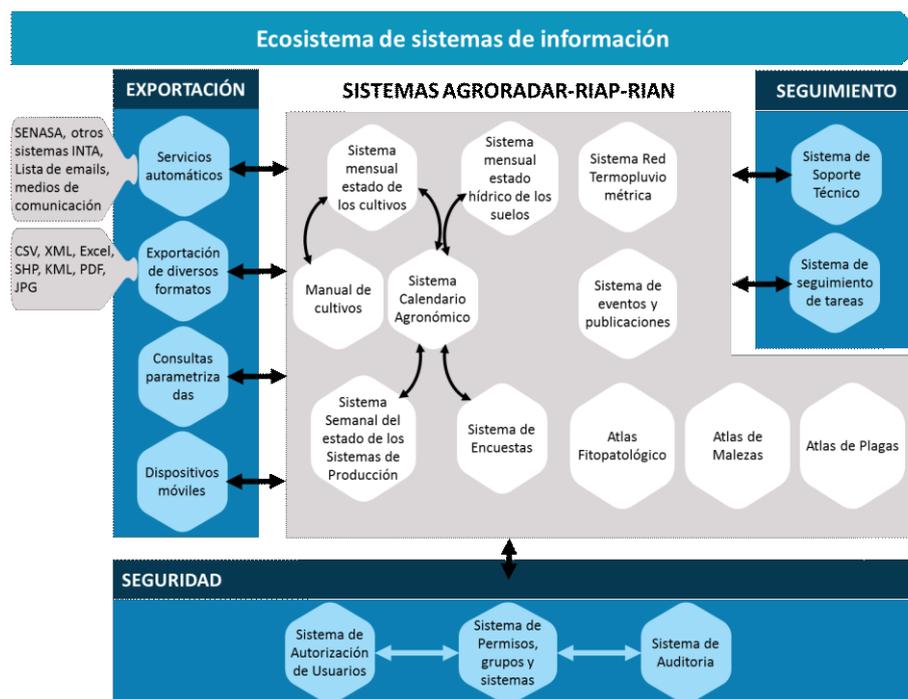


Fig. 3. Esquema de los sistemas de información de AgroRADAR-RIAP-RIAN [27]–[29].

Este seguimiento mensual de los cultivos en toda la región del proyecto permitía anticipar los resultados de la campaña agrícola, sumado a la información del estado hídrico de los suelos y la información agrometeorológica, en contraste con la información subjetiva no basada en una metodología cierta y confiable. Se contaba con información zonal, regional y nacional sistematizada que posibilitaba valorar y ponderar los efectos adversos o favorables en su justa medida. El conocimiento de lo que ocurría con la producción en tiempo real, contribuía a la transparencia de los mercados, disminuyendo la incertidumbre en las transacciones comerciales [27], [30]–[33]. Esta información fue utilizada para los informes técnicos que INTA debe generar cuando una provincia solicita una emergencia agropecuaria. Como en ocasiones, la frecuencia mensual no es suficiente para poder anticipar la emergencia y acortar los tiempos de respuesta de la institución ante esos pedidos, se generaron dos sistemas de información con paso semanal [34], [35] en la recolección de la información, integrado a los sistemas de los relevamientos mensuales y a la red termoplumiométrica. La forma de comunicar incluía una lista de correo, el sitio web, diferentes publicaciones técnicas, un boletín mensual (impreso y digital) y la generación de sistema de consulta digitales que no necesitaban conexión a internet para funcionar, como el SIG interactivo que reunía 5 años de información mapeada de AgroRADAR [36] o los anuarios de RIAP [27], [30]–[33].

La realización de encuestas a productores, también fue una constante en estas redes, el objetivo inicial fue la estimación del uso del suelo y producción agrícola en la zona de influencia del puerto de Bahía Blanca, luego estas encuestas además permitían realizar un relevamiento y seguimiento de los sistemas agrícolas-ganaderos, relevar la tecnología de insumo, procesos, comercialización y organización empresarial y familiar presente en las empresas agropecuarias del medio. Se desarrollaron los sistemas para la carga de las encuestas trimestrales de uso del suelo y las anuales de tecnología agropecuaria [37] y ganaderas. Los sistemas, además, procesaban las respuestas y permitían obtener de forma automática el resultado de la estimación de superficie sembrada de los diferentes cultivos de cosecha fina y gruesa de la región AgroRADAR una vez finalizada la carga de los datos y los resultados estadísticos de tecnología de cultivos en la región RIAP [38], [39] y RIAN [40]; y tecnología de ganadería bovina en la región RIAN [41]–[43]. Las encuestas incluyeron más de 1000 productores en AgroRADAR, más de 2000 productores en RIAN-RIAP Agrícola y 6500 productores para RIAN Ganadero.

Finalmente, el tercer grupo de sistemas contemplaba el aspecto de organismos perjudiciales para la producción agrícola, para esto se desarrollaron los Atlas de Enfermedades, el Atlas de Malezas y el Atlas de Plagas que permitían la carga, procesamiento, almacenamiento y consulta de organismos perjudiciales, como los agentes fitopatógenos, plagas y malezas de las plantas cultivadas y nativas explotadas de Argentina [44]. Se estableció como principio fundamental para garantizar la veracidad de la información incorporada, el respaldo bibliográfico de cada dato incorporado. La recopilación de la información abarca todos los ámbitos, desde archivos oficiales (INTA, museos, cátedras), incluyendo sus publicaciones de transferencia o informes, hasta trabajos editados en revistas periódicas y libros. Se buscaba rescatar toda aquella información "oculta", pero valiosa, de las Instituciones

que no siempre se ha traducido en una publicación en revistas periódicas, pero que sí tiene el respaldo científico del investigador y su Institución. Esta herramienta es de gran utilidad en las tareas de programación de actividades agrícolas y en la toma de decisiones sobre comercio y/o explotación de nuevas especies o áreas de cultivo [44], [45].

2.3 Red Nacional de Ensayos de Girasol

El INTA lleva adelante en todo el país una serie de redes de ensayos territoriales de semillas de diferentes cultivos, entre ellos el Girasol. La elección del cultivar a sembrar se asocia a las características del cultivo: potencial de rendimiento, comportamiento sanitario, contenido de aceite, ciclo, altura y tipo de semilla. Estas características determinan seguridad, productividad y rentabilidad del cultivo. El ambiente afecta el comportamiento de los cultivares en forma diferencial generando variaciones que son necesarias de interpretar y conocer. La información proveniente de la Red Nacional de Girasol del INTA (RNGINTA) contribuye al conocimiento de la variabilidad genotípica, ambiental y de interacción Genotipo \times Ambiente observada en los ensayos, y a la obtención de mejores resultados en la elección del cultivar ya que contribuyen a la toma de decisión para seleccionar la semilla que más se adapte al ambiente donde se realizará la siembra [46], [47]. Se desarrolló un sistema de información para la gestión de la red a nivel nacional, pudiendo generar cada ensayo, con el sorteo de los cultivares y el seguimiento posterior del ensayo. También genera los reportes finales de resultados, con las estadísticas correspondientes y el reporte para la auditoría (figura 4).

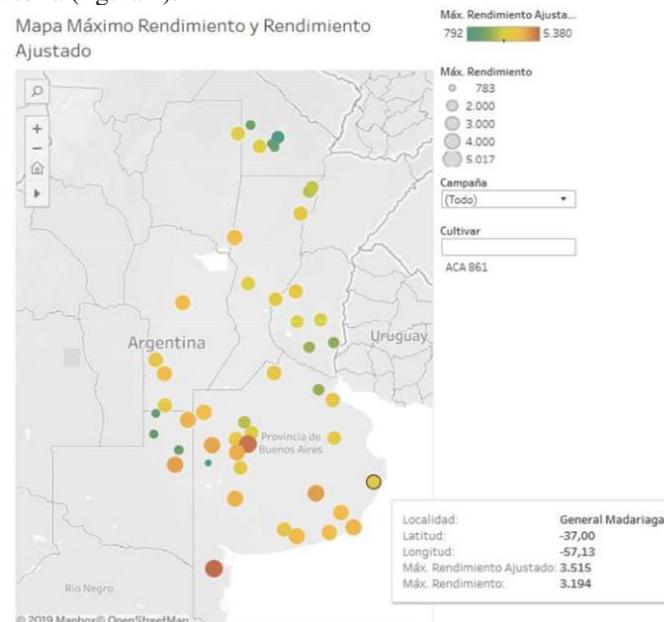


Fig. 4. Ejemplo de pantalla de resultados del análisis de 16 campañas de datos de la RNGINTA

Aunque el sistema fue desarrollado hace ocho años, el mismo no ha logrado una adopción total en la red, siendo utilizado solamente por algunas de las EEAs que forman parte de la misma.

Uno de los productos intermedios logrados durante el desarrollo de este sistema es el conjunto de datos de resultados de la RINGITA que contiene los datos de 16 campañas agrícolas de evaluación de cultivares de girasol a nivel nacional realizados por la RINGITA. El conjunto de datos contiene el total a través del tiempo con 17.477 registros que corresponden a 897 Cultivares de 70 empresas evaluados en 331 ensayos realizados en 73 localizaciones (figura 4). El conjunto de datos actual está disponible bajo licencia Creative Commons con Atribución para la comunidad académica, los productores y emprendedores [47].

3 Sistemas de Gestión

3.1 Sistemas de Gestión Agropecuarios.

ApisSoft es un sistema de gestión apícola integral cuya finalidad es aportar una herramienta al productor que le permita conducir la información de registros y manejar la información técnico – productiva, económica y financiera, con la finalidad de obtener asistencia en el planeamiento de la empresa y la toma de decisiones [48]. El desarrollo se realizó ante la demanda externa de un grupo de productores apícolas de cambio rural de la zona de sur oeste de la provincia de Buenos Aires. El trabajo se hizo en el marco de la tesis de grado de licenciados de sistemas de información. El software fue probado por este grupo de productores y transferido su desarrollo y mantenimiento a un grupo de desarrolladores de la ciudad de Bahía Blanca.

También relacionado con la actividad apícola, pero en otro eslabón de la cadena productiva, el equipo participó, en conjunto con el Instituto de Ingeniería Rural del INTA, en el desarrollo de un sistema de trazabilidad de miel para salas de extracción [49] donde el sistema propuesto se basa en el desarrollo de un hardware específico que permite la trazabilidad electrónica de la miel a través de la utilización de etiquetas electrónicas o RFID en los cuadros del productor y todo el proceso de recepción y extracción queda registrado automáticamente por medio de un software instalado en un servidor central de la sala permitiendo identificar el origen de la miel de cada tambor. Este tipo de sistemas de trazabilidad son fundamentales a la hora de garantizar la presencia de ciertos atributos de los alimentos que suelen ser sutiles o difíciles de detectar para los consumidores. Dadas estas características, la única forma de verificar su existencia es por medio del almacenamiento de datos que establezcan su creación y preservación [49].

En el marco de un proyecto PROFEDER, se trabajó en conjunto con una empresa de desarrollo de software con sede en General Pico y un grupo de contratista rurales, para generar estrategias de apoyo para la gestión de la actividad contratista de maquinaria agrícola del noreste de La Pampa.

El objetivo fue desarrollar una plataforma web para la carga, cálculos y análisis de gestión económica, en forma individual y grupal; para generar indicadores económicos financieros a partir de la estructura de costos, según los servicios

brindados, campañas y cultivos realizados. La construcción de la plataforma web y la carga de datos del ejercicio 2016/2017, permitió generar información grupal e individual; consolidando un espacio participativo entre el grupo de contratistas y las instituciones participantes. Esta articulación le da sustento a los aspectos conceptuales y metodológicos de la gestión económica, permitiendo continuar con la evolución de las herramientas informáticas, aportando a la mejora en la toma de decisiones de los involucrados [50].

3.2 Sistemas de gestión interna.

Las actividades propias de los componentes identitarios [51] del INTA generan demandas de sistematización. Se presentan tres ejemplos de sistemas con diferentes alcances que resuelven estas necesidades de gestión interna de información:

A *nivel local* se desarrolló en conjunto con la bibliotecaria de la EEA Anguil un sistema de información para una biblioteca digital agropecuaria que permita obtener la información cargada en WinISIS, el sistema de gestión oficial de bibliotecas, e integrarla con el sitio web de la EEA que se actualiza cada tres meses incluyendo las versiones digitales de los trabajos generados en la EEA Anguil [52]. Siendo uno de los primeros esfuerzos en digitalizar y abrir (Open Data) la historia completa de publicaciones de una EEA de INTA.

Para el *nivel provincial* el sistema de gestión y comunicación interna desarrollado para los Proyectos Regionales con Enfoque Territorial (PRET) aprovechando la plataforma de sitios de colaboración brindada por INTA. El objetivo principal fue brindar instrumentos digitales para compartir toda la información de interés para los integrantes del PRET, para colaborar en el fortalecimiento de la red del proyecto y facilitar el intercambio entre el equipo de trabajo [53]. Las funcionalidades específicas que se generaron para los tres PRETs de La Pampa fueron:

- Democratización de la información por permitir el acceso y consulta a todos los participantes del PRET, al resto de los técnicos y profesionales de las EEAs que no participan del proyecto y a los directivos (consejo regional, dirección regional).
- Autogestión de la información metodológica de cada actividad planteada, los avances y resultados obtenidos en la misma.
- Seguimiento, medición y análisis de indicadores.
- Desarrollo de un plan de comunicación del PRET.
- Eficiencia en el esfuerzo de carga de datos y posterior aprovechamiento y uso de la información: una fuente (sitio de colaboración), varios destinos (sistema de planificación, sistema de bibliotecas, seguimiento y evaluación, directivos de diferentes niveles, grupos de trabajos, medios, etc.)

Estos sistemas fueron una herramienta de gestión valiosa para la coordinación de los proyectos y para sus participantes. Este éxito en su implementación ha llevado a la generación de una versión mejorada sobre la experiencia de los mismos para la

EEA Anguil y desde donde se incluyen ahora los nuevos instrumentos de la cartera programática 2019-2022.

Finalmente, a *nivel nacional* se trabajó vinculado a la Coordinación Nacional de Extensión. A partir del 2006, la institución puso en marcha un proceso de fortalecimiento de su Sistema de Transferencia y Extensión (STyE) a través de la regularización, incorporación, capacitación y formación de RRHH; el crecimiento cuali y cuantitativo de las Unidades Operativas; el fortalecimiento de la gestión de los procesos y la consolidación de los ámbitos de participación. Para acompañar y facilitar ese proceso, se desarrolló un sistema de información orientado a permitir cargar, almacenar y procesar información vinculada a los objetivos del fortalecimiento de una manera ordenada y eficiente (figura 5) [54]

	2007	2008	2009
Sistematización	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño del sistema de información. • Capacitación y validación de la herramienta. • Puesta en marcha de los componentes de Unidades de Extensión y propuestas regionales de extensión y módulo de infraestructura. • Elaboración de mapas con datos del sistema, censos y otras fuentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización de todos los datos. • Puesta en marcha del modulo de recursos humanos. • Encuesta a usuarios regionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización de todos los datos. • Puesta en marcha del modulo de Consejos Locales Asesores. • Inclusión de aspectos vinculados a extensión en EEAs. • Elaboración de mapas con datos del sistema. • Inclusión de documentos para consulta online.
Utilización	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis subsistemas regionales y estrategias de ocupación territorial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de documentos: <ul style="list-style-type: none"> <i>Consolidación de necesidades de infraestructura</i> <i>Estado de Situación de Unidades y RRHH</i> • Presentación sobre Logros y Resultados en extensión en diferentes ámbitos institucionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de documentos: <ul style="list-style-type: none"> <i>Parque automotor</i> <i>Obras de infraestructura</i> <i>Conectividad</i> <i>Consejos locales asesores</i> <i>Organización del sistema de extensión</i> • Inclusión de información de otras fuentes institucionales. • Implementación de lista de correos según datos del sistema. • Socialización del sistema y la información.

Fig. 5. Sistematización y Utilización del Sistema de Información en Extensión [54].

Cómo síntesis de las funciones del sistema desarrollado se mencionan [54]:

- Aumentar la circulación de información sobre el STyE en diversos ámbitos institucionales y extra institucionales.
- Propiciar una mejor distribución de recursos financieros y físicos entre las distintas regiones respaldada en información.
- Contar con estados de situación de diversas variables asociadas a la gestión del sistema (recursos humanos, estructura organizativa, infraestructura e instancias de participación social, entre otros).
- Aumentar la confiabilidad en la información dado que la misma se origina en los centros regionales y por el uso de TICs.
- Conectar información institucional con información de otras fuentes.

4 Geotecnologías

Se entiende por Geotecnología el conjunto de herramientas, métodos, técnicas y procedimientos orientados a la gestión de la Información Geográfica Digital, métodos y procedimientos que conforman un conjunto de tecnologías destinadas a la obtención, análisis y disponibilidad de información con referencia geográfica [55]. INTA es uno de los mayores productores de información geográfica relacionada al sector agropecuario y a los recursos naturales, generando cartas de suelos y procesando imágenes de sensores remotos desde la década del 70. El equipo de la EEA Anguil ha participado en diversos proyectos relacionados con el desarrollo de SIG y análisis espaciales, la teledetección incluyendo la validación de productos de sensores remotos y el desarrollo y mantenimiento de Infraestructuras de datos espaciales (IDE). Algunos de estos trabajos ya fueron mencionados en secciones previas de este trabajo, como el SIG de AgroRADAR [36], la escenarios tecnológicos del cultivo de trigo de acuerdo a la toma de decisiones [56] y el uso de SIG en relevamientos agroeconómicos regionales [57], el desarrollo de cartografía, ya sea actualizando la existente o generando nuevos productos como las Cartas Agroclimáticas de La Pampa [22] o los mapas digitales de precipitación para la provincia de La Pampa [58]. Se detallan tres proyectos recientes, que utilizan diferentes herramientas de las geotecnologías y abarcan diferentes escalas.

4.1 El relevamiento del periurbano en Santa Rosa

La creciente población de los centros urbanos genera tensión hacia las franjas periurbanas, donde se desarrollan actividades de producción de alimentos para la población próxima; desencadenando conflictos relacionados al uso de la tierra. Los emprendimientos, básicamente familiares, generan trabajo por lo que se motivan políticas para su apoyo, generando redes de intercambio de productos e insumos urbanos que sostienen estas tramas productivas. En este proceso surgen interrogantes sobre las prácticas productivas, la eficiencia y calidad en la distribución, la inocuidad de los alimentos y el impacto en la salud de la población. Este trabajo se realizó en la microrregión 6 de La Pampa involucrando a las localidades de Anguil, Ataliva Roca, Mauricio Mayer, Santa Rosa, Toay y Winifreda y tuvo como objetivo realizar un relevamiento de la Agricultura Urbana y Periurbana en esa microrregión [59]. La figura 6 presenta el esquema de trabajo y relevamiento.

Los SIG permitieron mapear las unidades de producción, los servicios con los que cuentan, los que les hace falta, el tipo de producción que tienen, permitiendo analizar esta actividad en su relación espacial con la ciudad y sus barrios. El trabajo fue un insumo para la Municipalidad de Santa Rosa y la mesa interinstitucional de agricultura urbana y periurbana.

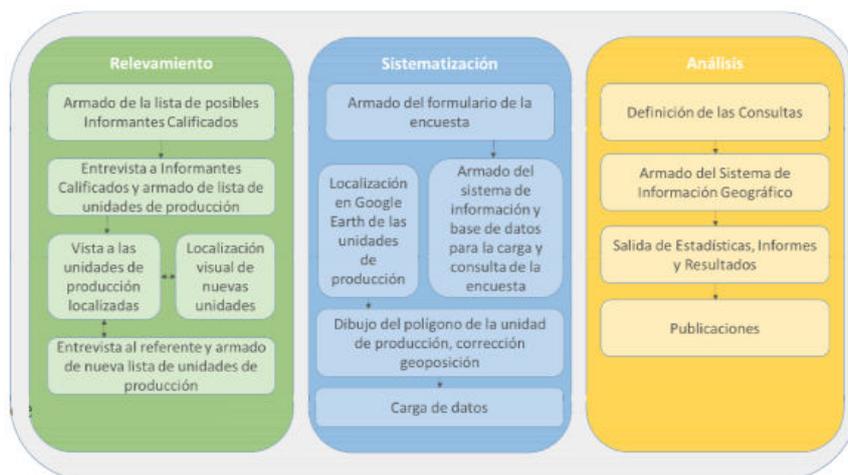


Fig. 6. Esquema de relevamiento y procesamiento [59].

4.2 Validación regional de productos satelitales

Los sensores remotos, como los satélites y los radares meteorológicos, generan información sobre variables de interés agroclimático. Utilizando datos de campo de la red de estaciones meteorológicas de INTA y Servicio Meteorológico Nacional (SMN), se comparan series de 5, 10 o más años de estos datos, con los datos satelitales para conocer el desempeño de productos de lluvias y evapotranspiración. Si los productos son adecuados, se cuenta con mayor cobertura espacial y temporal y la información se puede usar en sectores donde resulta difícil conseguir datos, permitiendo utilizar o generar modelos como, por ejemplo, de rendimiento.

En el caso de la evapotranspiración se evaluó la concordancia entre evapotranspiración proveniente del satélite MOD16 y registros de estaciones meteorológicas de INTA, para la región pampeana (2007- 2017) y se desarrolló un modelo lineal de ajuste para uso a nivel regional. Los resultados muestran que la evapotranspiración del sensor remoto reproduce adecuadamente la registrada en su evolución temporal. Se obtuvieron coeficientes de ajuste $R^2 = 0,84/0,77/0,83$, cuando se agrupó la evapotranspiración registrada cada 8 días para que concuerde con los datos satelitales usando promedio/máximo/mediana respectivamente. Una vez aplicado el modelo se determinaron $R^2 = 0,90$ y RECM entre 0,53 y 1,09 mm/d [60].

Para las precipitaciones, que poseen alta variabilidad espacial y temporal, los productos de sensores remotos pueden aportar a su descripción en diferentes escalas espaciotemporales. Se evaluaron las estimaciones de precipitaciones diarias, cada diez días y mensual de los productos Global Precipitation Measurement(GPM) temprano, tardío y final, comparadas con datos registrados por el SMN, para siete estaciones en distintas zonas agropecuarias de la provincia de Córdoba. Los resultados muestran que la precipitación estimada por los productos integrados multisatélites para GPM (IMERG) reproduce adecuadamente la información registrada con pluviómetros. Los

errores espaciotemporales fueron identificados y los coeficientes de R^2 que se obtuvieron se encontraron para IMERG-F entre 0,28-0,43 en precipitaciones diarias y 0,74-0,91 para las mensuales. Dentro de los productos IMERG el que presenta el mejor desempeño es el final. Los errores de ajuste disminuyen en la región sudeste de Córdoba donde las precipitaciones son mayores [61]. Esta evaluación se está realizando para el resto de las provincias de la Pampa Húmeda.

4.3 GeoINTA: la IDE del INTA

Se trata de un proyecto federal que se maneja en red, fortaleciendo las vinculaciones hacia adentro y fuera del INTA. Desde adentro se ha implementado una red de geoservidores conectados a través de servicios de interoperabilidad (figura 7), con esta visión distribuida se ha podido formar recursos humanos a través de capacitaciones en las temáticas ligadas a tecnologías propias de las IDE [62].

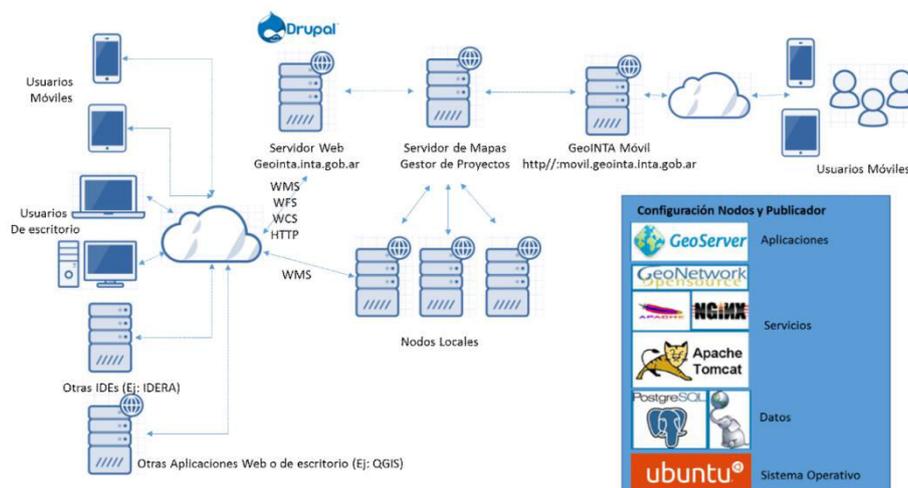


Fig. 7. Ecosistema GeoINTA: detalle del mapa tecnológico utilizado.

También permite que todas las dependencias del INTA que producen información georeferenciada puedan contribuir con productos de calidad a GeoINTA y alimentar tanto a las herramientas de visualización propias de la institución como también al resto de los interesados en este tipo de información. Este proyecto constituye un caso de éxito y fortalecimiento institucional, debido a que ha logrado integrar en una única plataforma gran parte de la información geográfica desarrollada por una institución que tiene presencia en todo el país y con acceso abierto a la información espacial de INTA [62] [63] [64].

El proyecto se basó en cuatro pilares: personal especializado, tecnología, disponibilidad de los datos y soporte institucional. Se necesitó trabajar en cambiar una cultura instalada que no promovía el intercambio, uso compartido, disponibilidad de los datos y consulta pública. El cambio cultural institucional se logró en 12 años de

trabajo ininterrumpido, ofreciendo como incentivos para quien genera la información geoespacial potenciando los resultados y la difusión de datos e información, al tener como premisa que subir los datos en la IDE no implicaría la pérdida de la autoría del dato original, ni la posesión física por parte de la unidad productora del mismo, sino que incrementa las capacidades de cada grupo para la publicación de información y datos geoespaciales en línea y una plataforma informática para el intercambio y la coordinación de desarrollos. Se desarrollaron cuatro módulos de trabajo: Catálogo de metadatos, estándares y protocolos, Sistemas de consulta y acceso en línea y Sistema de recuperación de datos históricos [62], [64]. La EEA Anguil fue uno de los primeros 3 nodos en dar inicio a GeoINTA [64] y responsable del desarrollo del Catálogo de Datos Geoespaciales [63].

5 Dispositivos móviles

El uso de dispositivos móviles como smartphones, tablets y wearables¹ se ha incrementado constantemente durante los últimos años; más del 85% de los argentinos navega en internet por medio de los smartphones y cuentan con un promedio de 20 aplicaciones instaladas en sus dispositivos. Se usan para comunicarse, trabajar, comprar, informarse y entretenerse [66]. Aprovechando estas tendencias se desarrollaron diversos proyectos aprovechando esta tecnología, dentro de los mismos se encuentra la Guía Digital Móvil para la identificación y manejo sustentable de los pastizales naturales [67] y el Planificador de siembra del programa ProHuerta [68], además de los proyectos que se detallan a continuación:

5.1 Alarmas a teléfonos celulares

Este proyecto se realizó en el marco de un convenio con el Colegio de Ingenieros Agrónomos de La Pampa para generar un sistema de alarmas de plagas en el noreste de La Pampa. Debido a los tiempos acotados que insume la evolución de una plaga o enfermedad en los cultivos, la frecuencia del monitoreo es muy importante, como así también la velocidad en la comunicación del evento observado; es necesario que la información llegue lo antes posible a la mayor cantidad de personas interesadas. La iniciativa contempló la realización de un monitoreo semanal a los principales cultivos de verano (girasol, maíz y soja) de la región, el seguimiento diario de dos trampas de luz y la comunicación de alertas agropecuarias a los diferentes actores por medio del envío de mensajes de texto (SMS) a un listado de usuarios registrados. El proyecto duró dos campañas y fue muy exitoso. El 71% de los usuarios lo calificaron como muy bueno y el 90% que las alarmas llegaron en el momento oportuno. A partir de esta experiencia y las lecciones aprendidas en la misma el INTA generó un nuevo proyecto de alcance nacional llamado SMS INTA [68]. El alcance de esta solución es regional y fue definido por una demanda externa y una capacidad interna.

¹ La tecnología wearable hace referencia a los objetos de uso diario que vestimos a los que se le ha incorporado un microprocesador [65].

5.2 Relevamientos a campo, manuales y métodos de estimación

En la sección 2.2 mencionamos con detalle la RIAN y el ecosistema generado para esa red. En ese marco el equipo de trabajo desarrolló 2 soluciones relacionadas con el relevamiento agronómico.

La primera solución fue una aplicación de carga de los datos a campo utilizando dispositivos móviles. El objetivo principal fue hacer más eficiente la actividad de carga evitando la "duplicación" de la tarea de llenado de datos (papel y base de datos). Como objetivos secundarios se perseguía incrementar la calidad y cantidad de la información procesada al poder dedicar más tiempo al procesamiento y análisis por disminuir el tiempo de la carga, evitar la posibilidad de transcribir errores del papel a la base de datos al momento de cargar los datos y disminuir la cantidad de documentación y dispositivos que se llevan al campo, al estar todo concentrado en un dispositivo, la disponibilidad inmediata de la información en el lugar, transmisión (sincronización) al sistema principal y monitoreo centralizado de la información y usuarios [26]. A pesar que este sistema nace como una necesidad interna, los módulos de manual de cultivos y estimación de rendimiento a campo se volvieron aplicaciones separadas consumidas por usuarios externos a la institución (figura 8).

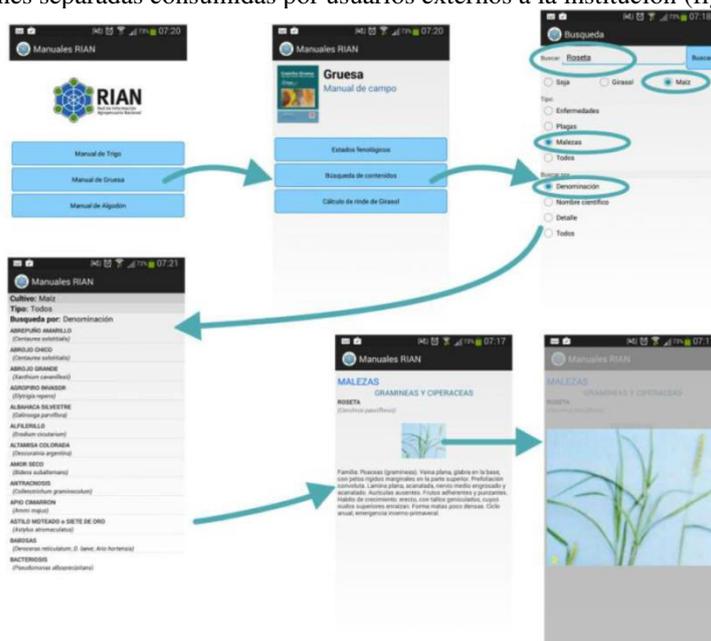


Fig. 7. Ejemplo de selección de un cultivo y búsqueda de una maleza por su nombre vulgar [69].

Los manuales de cultivos tuvieron un especial interés por profesionales, productores, docentes y alumnos universitarios de facultades de agronomía [70]. Más de 20.000 copias en papel de estos manuales se agotaron. La aplicación del manual de campo contiene la información de plagas, malezas y enfermedades de los manuales

de Trigo, Girasol, Soja, Maíz y Algodón, incluyendo además cálculos de rendimiento pre cosecha para los cultivos de trigo, girasol y algodón, respetando los métodos empleados por la RIAN. La ventaja de contar con esta solución es la de permitir al usuario la búsqueda de información filtrada por distintos criterios. Además de realizar una búsqueda por los contenidos del manual, permitiendo la visualización de detalles e imágenes de los resultados sin la necesidad de conexión a internet [70].

5.3 Prohuerta

Prohuerta tiene como objetivo principal promover la autoproducción de alimentos. Fomenta el desarrollo de huertas familiares y comunitarias a través de la entrega de insumos como las semillas sumado a capacitaciones y asistencia técnicas relacionadas. Este programa realiza un monitoreo a campo de los beneficiarios del programa, para ello sortea al azar una proporción de beneficiarios a visitar personalmente para constatar la existencia de la huerta, si no se pudo lograr cuales fueron los inconvenientes e indagar en aspectos técnicos productivos y necesidades de capacitación. Se reemplazó la planilla en papel por una App que lo replica, tiene cargados los datos de los beneficiarios y permite registrar las coordenadas geográficas de la huerta y sacar fotografías. Los datos se envían a un servidor central cuando se consigue conexión y se generan una serie de mapas y reportes automáticos a medida que la información se actualiza [71].

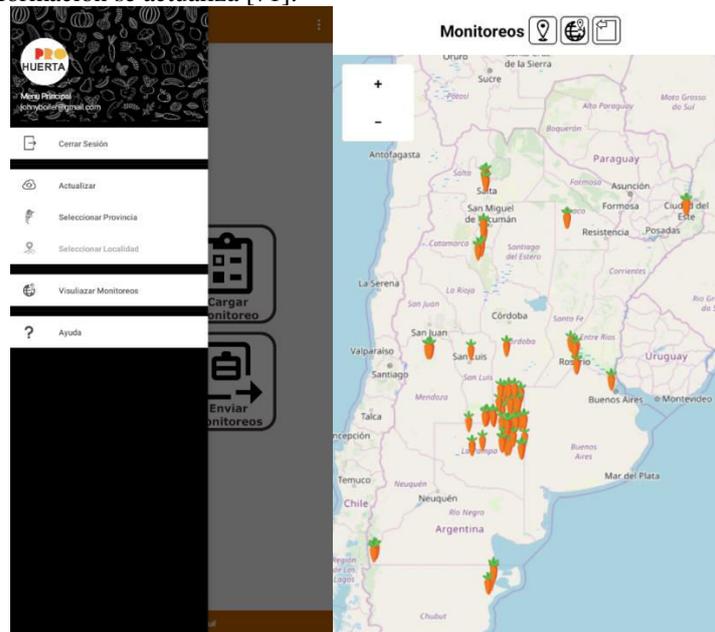


Fig. 8. Pantallas de ejemplo de la aplicación móvil de ProHuerta

El éxito en el uso de esta aplicación en La Pampa, ha llevado su implementación a nivel nacional durante la campaña de verano 2019-2020 (figura 8). El siguiente paso es incorporar el formulario de entrega de semillas a la misma aplicación.

6 Ciencia de datos

Existen usos de la ciencia de datos en INTA en cantidad, calidad y variedad de temas. En estos trabajos se utiliza desde la estadística y la ciencia de la computación más tradicional hasta herramientas de aprendizaje automático (machine learning), minería de datos (data mining) e inteligencia artificial.

Estas herramientas permiten entrenar modelos por medio de una serie de métodos, los dos más tradicionales son el aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado. En el aprendizaje supervisado se cuenta con un conjunto de datos previamente etiquetado con la clase o variables que se busca predecir o clasificar, de esta manera el algoritmo seleccionado para entrenar (aprender) es alimentado con una porción de los casos de ese dataset. Luego se lo valida presentándole los casos que no se usaron en el entrenamiento (y que no vio nunca) para ver cuánto y cómo acierta y se equivoca en la predicción o clasificación de la variable objetivo. En el caso del aprendizaje no supervisado, el conjunto de datos no cuenta con una etiqueta, por ende las clases, grupos o patrones buscados no se conocen a priori [72], [73]. Otra parte importante de la ciencia de datos es la gestión, curación y apertura de datos necesarios como insumo de estas herramientas [20].

Enmarcados en la investigación y desarrollo en AgTech desde la EEA Anguil se llevan adelante una serie de líneas de investigación de Ciencia de Datos.

6.1 Sensores remotos, agrometeorología, inundaciones y data mining

El granizo es capaz de infligir cuantiosos daños y el estudio de su frecuencia e impacto económico es de interés para la industria de los seguros y el sector agroindustrial. Con el objetivo de estimar la ocurrencia de granizo en superficie y el posible daño ocasionado a los cultivos se utilizó Gene Expression Programming usando datos de radar polarimétrico de banda C desde Marzo de 2009 a Marzo de 2013 [74]. La complejidad en la captura de los datos implicó el desarrollo de un software específico para procesar los datos del radar, gestionar la información de reportes de ocurrencia y daño por granizo y unificar ambos tipos de datos [75]. La ocurrencia de granizo en superficie se modeló como un problema binario, utilizando solo variables derivadas del radar. A pesar de la simplicidad del modelo obtenido, una comparación entre medidas de performance (Probabilidad de Detección (POD), Falsas Alarmas (FAR) y Porcentaje Correcto (PC)) entre 30 modelos internacionales publicados, que usan diferentes técnicas y set de datos, ubicó nuestro modelo entre los tres primeros [74]. Confirmando que los modelos con variables polarimétricas funcionan mejor que aquellos que usan variables de simple polarización y que la presencia de granizo aumenta con mayores valores de Reflectividad (Z), menores valores del Coeficiente de correlación co-polar (RhoHV) y valores extremos de

Reflectividad Diferencial (ZDR) [74]. La implementación del modelo estableció problemas con el uso de técnicas tradicionales de manejo de datos, alentando enfoques adicionales como bases de datos no estructuradas y técnicas de procesamiento paralelos para la operación de los mismos, trabajo que sigue avanzando en un convenio con Fundación Sadosky para el proyecto Palenque. Para determinar el daño se usaron variables de radar y de cultivo para clasificarlo en cuatro problemas binarios de acuerdo a los porcentajes de destrucción: leve (1-25%/no leve, moderado (25-50%/no moderado, severo (50-75%/no severo y grave (75-100%/no grave. Los modelos obtenidos no son robustos en diferenciar estas clases debido a: la simplificación del problema, la baja disponibilidad de datos y la subespecificación de las variables de alto impacto. A pesar de esto, la correlación encontrada, sugiere que estas herramientas se pueden usar para análisis futuros en un conjunto de datos más grande y completo. Análisis adicionales reduciendo los niveles a tres: sin daño, < 50% y >50% aumentan la correlación, reforzando la idea que estas herramientas son adecuadas para generar modelos sobre el daño en cultivos [74].

En general los análisis e informes de teledetección para el seguimiento de emergencias agropecuarias, como las inundaciones implican un esquema de trabajo donde el profesional debe buscar las imágenes disponibles para el área de estudio (verificar fecha, nubosidad), descargar las mismas, armar un mosaico uniendo las imágenes que cubren el área de estudio (en caso que una sola imagen no sea suficiente), realizar las correcciones correspondientes, cargarlas a un software específico, realizar el trabajo de clasificación y calcular las áreas afectadas. Trabajo que se repite para cada nueva fecha a analizar. En 2017 se utilizó la plataforma Google Earth Engine (GEE) para realizar la estimación de la superficie afectada por inundaciones porque permite simplificar el flujo de trabajo planteado. GEE es una plataforma basada en la nube, para el análisis geoespacial a escala planetaria, que brinda capacidades computacionales masivas de Google a una variedad de problemas de alto impacto, incluyendo deforestación, sequía, desastres, enfermedades, seguridad alimentaria, gestión del agua, monitoreo del clima y protección del medio ambiente [76]. Se seleccionaron imágenes Sentinel 2B – 1C tomadas durante períodos de un mes para el año 2017, con una cobertura nubosa inferior al 40% del área en estudio. El mosaico se genera automáticamente con las imágenes disponibles en el catálogo, si hay más de una se utiliza el valor medio. Para la clasificación se utilizó Random Forest. Este algoritmo realiza una clasificación supervisada binaria. Para generar la información de entrenamiento y testeo se realizó un reconocimiento visual sobre las imágenes Sentinel con las bandas B8A (Red Edge 4, 865nm), B4 (Red, 665nm) y B11 (SWIR 1, 1610nm) con una resolución de 20 metros marcando 224 puntos y determinando la clase 1 como agua y la clase 0 como no_agua. El 40% de los datos se utilizó para entrenamiento del modelo y el 60% para validación. Las bandas utilizadas para la clasificación son las B2 a B8a y B11. Para evaluar el grado de exactitud de la clasificación realizada se calculó la matriz de confusión y a partir de ella la precisión general del modelo y el Índice Kappa. Finalmente, a los resultados se restaron las superficies de agua permanente de cada departamento calculadas utilizando el dataset Transition del Global Surface Water con las categorías 1

(permanent) y 2 (new permanent) [76]. Se pudo realizar un seguimiento, maepo y cuantificación de las inundaciones, con un nivel de detalle departamental e índices Kappa mayores a 0.7 y de exactitud mayores a 0.8. Esos valores también permitieron identificar las razones de sobreestimación o no posibilidad de estimación en algunas zonas y meses. El uso de geotecnologías en la nube también permitió simplificar, acelerar y bajar los costos del proceso de teledetección.

6.2 Deep Learning y girasol

En los ensayos continuos de Girasol de la EEA Anguil, se registran diversas variables del cultivo en diferentes estados fenológicos (emergencia, vegetativo y reproductivo). Con el objetivo de analizar si se pueden generar nuevos métodos de medición, más sencillos a campo, pero que mantengan o mejoren la calidad del dato registrado, la ciencia de datos y en particular la visión artificial y el deep learning aparecieron como técnicas promisorias. El uso de visión artificial aplicada a la agricultura ha aumentado en los últimos años y presenta productos concretos para el estudio de enfermedades, fenotipado de plantas, determinar variedad de semillas de arroz y trigo o ciertas cualidades del producto a partir de su forma y colores, como en café, tomates, uvas y aceitunas. Todos los trabajos mencionados necesitan como información de base una serie de fotografías etiquetadas del objeto de estudio, estos conjuntos de datos se suelen generar específicamente para cada estudio a realizar. Se está trabajando en la estimación del índice de área foliar, a partir de fotografías de cada hoja y de la planta completa y de la estimación del rendimiento pre cosecha a partir de una serie de fotografías del capítulo del girasol. Los resultados preliminares alientan el uso de esta tecnología, pero es necesario aumentar la cantidad de imágenes de cada clase en el conjunto de datos [77].

6.3 Economía y cambio climático

El objetivo de esta línea de trabajo es modelar, identificar y describir sistemas de producción reales y preponderantes de La Pampa, entendidos como distintas combinaciones de actividades agropecuarias que más se utilizan en una zona. Se utilizan técnicas de agrupamiento (k-means y k-medoid) sobre diferentes combinaciones de 62 variables anuales del Registro Provincial Agropecuario. El propósito de contar con estos grupos es elaborar indicadores económicos a nivel del sistema en su conjunto, indicadores técnicos productivos de las actividades que componen estos sistemas y realizar estimación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Se hicieron análisis por microrregión (la 5 en el cardenal pampeano y la 10 a la vera del Río Colorado) donde las técnicas se comportaron adecuadamente y permitieron encontrar dos grupos en cada microrregión con índices de estabilidad > 0.78. Los grupos representan un sistema de cría bovina sobre forraje natural y un sistema de producción caprina predominantemente, sobre monte natural. Los grupos son consistentes con las posibilidades agroecológicas de las zonas estudiadas. Las EGEI de la ganadería no representa grandes diferencias entre planteos productivos donde el 95% de las emisiones corresponden a los bovinos (>del 74% categoría

vacas). Para el otro grupo el 30% de las emisiones son bovinas, mientras que un 65% corresponden a caprinos y equinos. Las técnicas de agrupamiento aportan nuevos métodos para realizar las caracterizaciones de los sistemas productivos preponderantes. La descripción sintética de los grupos permite iniciar un inventario de EGEI para el seguimiento de la huella de carbono y permitirá mejorar el cálculo de emisiones incorporando el componente agrícola en futuros trabajos. Estos trabajos alentaron el análisis nivel provincial, donde se encontraron 13 grupos en total donde la ganadería de cría bovina sobre pastizales naturales es el más importante y distribuido en gran parte de la geografía provincial, también se encontraron un sistema de cría caprina y bovina sobre monte en el oeste de La Pampa y un sistema de agricultura de verano hacia el noreste provincial [78] [79].

7 Conclusiones

El racconto de estos más de 20 años de trabajo en el desarrollo de AgTech en la EEA Anguil, da muestras de la cantidad de productos exitosos que se pueden generar si el trabajo se hace **desde ejercer una interdisciplina verdadera** y con un **alto grado de vinculación con el sector privado, académico y científico**, tanto a nivel local, nacional e internacional. La **co creación de soluciones digitales acerca las posibilidades científicas técnicas con las necesidades y oportunidades reales**. En este sentido el trabajo futuro es **continuar acercando las disciplinas, profesiones y poner en foco la inclusión y diversidad de los equipos que generen estas soluciones**. Los trabajos realizados en el marco del Congreso de AgroInformática, R-Ladies y LatinR son ejemplos de esfuerzos en este sentido con muy buenos resultados concretos en poco tiempo.

A partir de todos los productos mencionados y si se focaliza en los sistemas desarrollados para la demanda interna, sean de cualquier alcance y de cualquier tecnología se puede concluir que en todos aquellos **cuyo diseño e implementación fue apoyada y acompañada con la decisión de las máximas autoridades**, se ha generado un “circulo virtuoso” entre tecnología, procesos y personas, ya que la institución dispuso de más información, con mayor calidad y en el momento adecuado, logrando que esta sea confiable y por ende, factible de ser utilizada para la toma de decisiones. El uso de las TICs permitió revisar y mejorar procesos, definiciones de datos y circuitos de información, asignar claramente responsabilidades a cada actor y que tuviesen la misma posibilidad de informar y consultar la información.

Con respecto a las soluciones cuya demanda es externa, se observa que el grupo de tecnología más difundido y conocido se asocia a “los fierros”. Los datos y la información aparecen en una segunda ola, potenciada por factores como: el ingreso a la actividad de profesionales y productores jóvenes, acostumbrados al uso de elementos digitales, el acopio de varios años de datos utilizando dispositivos de recolección de datos, el abaratamiento de los costos de tecnología de análisis de datos, la masificación y gratuidad en algunos casos de información de sensores remotos y la aparición de sistemas de consulta y visualización sencillos y orientados a un usuario

no experto. Hay un gran desarrollo del sector emprendedor nacional en los últimos años, con empresas exportando sus servicios.

El desarrollo de soluciones digitales que no sean parte de las actividades propias de la institución debe encontrar un instrumento de transferencia para su comercialización/aprovechamiento y mantenimiento posterior. Si el equipo de I+D se hace cargo de estas tareas, el tiempo disponible será consumido en las actividades propias de mantenimiento y mejora del producto, impidiendo desarrollar nuevas soluciones y explorar otras alternativas. Una nueva figura de transferencia/vinculación/acuerdo específica para el software debería ser desarrollada, para poder emular la explotación de los cultivos o maquinarias desarrolladas por INTA. Un posible camino a explorar es la asociación con las aceleradoras de StartUp AgTech y las incubadoras de AgTech, con el objetivo de acercar los desarrollos de INTA a emprendedores que puedan aprovecharlas a partir de un licenciamiento. De esta manera INTA no pierde su trabajo realizado, potencia el sector contribuyendo a la generación o fortalecimiento de empresas basadas en conocimiento; transfiere sus desarrollos y deja la comercialización, mantenimiento y desarrollo del producto al sector privado.

El potencial de aplicación de la Ciencia de Datos en el sector agropecuario se ve favorecido por la masificación del acceso a los datos y el abaratamiento del poder de cómputo y almacenamiento. En este sentido los esfuerzos por liberar datos y generar productos que le agreguen valor y pueden ser aprovechados desde diversos medios digitales debe ser un camino a recorrer, tanto desde el punto de vista de la ciencia con los objetivos de contribuir a su apertura, transparencia y reproducibilidad computacional; hasta la producción para que sea sencillo integrarla a sus sistemas y modelos de negocios.

De la misma manera la capacitación y formación en el uso de herramienta digitales es otro pilar fundamental para extender el uso de estas tecnologías: liberar datos y productos digitales y de información tendrá su mayor impacto si hay usuarios con conocimientos para aprovecharlos.

El camino por recorrer está lleno de oportunidades de aplicación si logramos integrar la mirada de diversidad e inclusión, integramos esfuerzos institucionales e incrementamos el involucramiento del sector emprendedor y productivo en estos procesos de investigación y desarrollo.

8 Bibliografía

- [1] LA NACION, «Últimas noticias de AgTech». [En línea]. Disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/tema/agtech-tid64643>. [Accedido: 14-nov-2019].
- [2] «Revolución AgTech | Agrofy News». [En línea]. Disponible en: <https://news.agrofy.com.ar/especiales/maiz19-20/agtech-maiz>. [Accedido: 14-nov-2019].
- [3] «Infocampo AgTech». [En línea]. Disponible en: <https://www.infocampo.com.ar/category/agtech/>. [Accedido: 14-nov-2019].

- [4] «Agtech – Clarín.com». [En línea]. Disponible en: <https://www.clarin.com/tema/agtech.html>. [Accedido: 14-nov-2019].
- [5] A. P. Gomes, S. Camargo, y Y. Bellini Saibene, «Tendências de pesquisa em Agroinformática na Argentina: uma análise histórica», en *X Congreso de AgroInformática (CAI)-JAIIO 47 (CABA, 2018)*, 2018.
- [6] S. da Silva Camargo, L. Bidese de Pinho, y Y. N. Bellini Saibene, «Quién es quién en la agroinformática argentina», 2019.
- [7] «Panel: Cómo potenciar los Agronegocios con Big Data». [En línea]. Disponible en: <http://datamining.dc.uba.ar/datamining/index.php/menudifusion/ciclodecharlas/92-difusionmenu/201-panelcomopotenciarlosagronegocios>. [Accedido: 14-nov-2019].
- [8] «El AgTech argentino, talento de clase mundial, en el centro de las miradas | El Cronista». [En línea]. Disponible en: <https://www.cronista.com/columnistas/El-AgTech-argentino-talento-de-clase-mundial-en-el-centro-de-las-miradas-20190808-0060.html>. [Accedido: 14-nov-2019].
- [9] LA NACION, «AgTech en la Rural: plataformas digitales al servicio de la producción». [En línea]. Disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/agtech-plataformas-digitales-al-serviciode-la-produccion-nid2273479>. [Accedido: 14-nov-2019].
- [10] «La TecnoPlaza AgTech será el punto central de AgroActiva — Agroactiva». [En línea]. Disponible en: <https://www.agroactiva.com/la-tecnoplaza-agtech-sera-el-punto-central-de-agroactiva/>. [Accedido: 14-nov-2019].
- [11] «ExpoAGRO estrena un nuevo espacio: el centro de expertos». [En línea]. Disponible en: <https://www.expoagro.com.ar/expoagro-estrena-un-nuevo-espacio-el-centro-de-expertos/>. [Accedido: 14-nov-2019].
- [12] A. Tetteh Kwasi Nuer *et al.*, «Why Invest in ICTs for agriculture?», CTA, Report, dic. 2018.
- [13] «Balance del mercado Agtech 2018 (3°)», *Club AgTech*, 16-ene-2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.clubagtech.com/balance-del-mercado-agtech-2018-3/>. [Accedido: 18-nov-2019].
- [14] «Resultados de la Primera Encuesta Nacional a Empresas de Agricultura y Ganadería de Precisión. Tendencias, logros y principales obstáculos. (3.40°)», *Club AgTech*, 21-nov-2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.clubagtech.com/resultados-de-la-primera-encuesta-nacional-a-empresas-de-agricultura-y-ganaderia-de-precision-tendencias-logros-y-principales-obstaculos-3-40/>. [Accedido: 18-nov-2019].
- [15] H. Wickham, «Tidy Data», *J. Stat. Softw.*, vol. 59, n.º 1, pp. 1-23, sep. 2014, doi: 10.18637/jss.v059.i10.
- [16] Y. Bellini Saibene, H. O. Lorda, y P. Lucchetti, «Metodología utilizada para el manejo de la información en AgroRADAR», *INTA*, 2001. [En línea]. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/metodologia-utilizada-para-el-manejo-de-la-informacion-en-agroradar>. [Accedido: 01-dic-2019].
- [17] Y. Bellini Saibene, «Propuesta para una infraestructura de datos agropecuarios del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)», en *Simposio Argentino de GRANdes DATos (AGRANDA 2016)-JAIIO 45 (Tres de Febrero, 2016)*, 2016.
- [18] D. Donoho, «50 Years of Data Science», *J. Comput. Graph. Stat.*, vol. 26, n.º 4, pp. 745-766, oct. 2017, doi: 10.1080/10618600.2017.1384734.

- [19] E. National Academies of Sciences *et al.*, *Knowledge for Data Scientists*. National Academies Press (US), 2018.
- [20] H. Wickham y G. Grolemund, *R for data science: import, tidy, transform, visualize, and model data*. O'Reilly Media, Inc., 2016.
- [21] Y. Bellini Saibene, D. Fernandez, G. Casagrande, y P. Lucchetti, «Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de la Estación Experimental Agropecuaria Anguil, La Pampa», *Jorn. Argent. Informática 37 Jorn. Informática Ind. 2008 09 8-12 8 Al 12 Septiembre 2008 St. Fe AR*, 2008.
- [22] G. A. Casagrande, G. T. Vergara, y Y. Bellini Saibene, «Cartas agroclimáticas actuales de temperaturas, heladas y lluvia de la provincia de La Pampa [Argentina].», *Rev. Fac. Agron.*, vol. 17, nov. 2006.
- [23] Y. Bellini Saibene *et al.*, «Un Sistema de Información para el Inventario de Malezas en Girasol en la Provincia de La Pampa», *Jorn. Argent. Informática 37 Jorn. Informática Ind. 2008 09 8-12 8 Al 12 Septiembre 2008 St. Fe AR*, 2008.
- [24] H. Lorda, Y. N. Bellini Saibene, P. Lucchetti, M. D. Fernandez, Z. Roberto, y C. Coma, «Caracterización del almacenaje de granos en la región AgroRADAR», *INTA*, vol. 89, p. 31, may 2005.
- [25] Y. Bellini Saibene, M. Farrell, y H. Lorda, «Relevamiento y análisis de la superficie de las explotaciones agropecuarias en el este de la Pampa», *Bol. Divulg. Téc.-INTA EEA Anguil*, vol. 84, jul. 2004.
- [26] G. Herrera, G. Escobar, L. Schaab, L. Ramos, y Y. Bellini Saibene, «Sistema móvil para carga de datos del informe agronómico mensual del RIAN», en *Anales Congreso Argentino de AgroInformática (CAI 2009)*, 2009, pp. 75-83.
- [27] Y. Bellini Saibene, L. Schaab, L. Ramos, L. Belmonte, y M. E. Fuentes, «Anuario RIAN-RIAP 2009-2010», *Bol. Divulg. Tec. EEA Anguil*, n.º 105, p. 55, 2010.
- [28] Y. Bellini Saibene *et al.*, «Sistema de Información “Informe Agronómico Mensual”», *Jorn. Argent. Informática 37 Jorn. Informática Ind. 2008 09 8-12 8 Al 12 Septiembre 2008 St. Fe AR*, 2008.
- [29] Y. Bellini Saibene *et al.*, «Red Termoplumiométrica de la Red de Información Agropecuaria Pampeana», *Jorn. Argent. Informática 37 Jorn. Informática Ind. 2008 09 8-12 8 Al 12 Septiembre 2008 St. Fe AR*, p. 15, 2008.
- [30] Y. Bellini Saibene, L. Schaab, L. Ramos, L. Belmonte, y M. E. Fuentes, «Anuario RIAN-RIAP 2005-2006», *Bol. Divulg. Tec. EEA Anguil*, n.º 101, p. 35, 2011.
- [31] Y. Bellini Saibene, L. Schaab, L. Ramos, L. Belmonte, y M. E. Fuentes, «Anuario RIAN-RIAP 2006-2007», *Bol. Divulg. Tec. EEA Anguil*, n.º 102, p. 37, 2011.
- [32] Y. Bellini Saibene, L. Schaab, L. Ramos, L. Belmonte, y M. E. Fuentes, «Anuario RIAN-RIAP 2007-2008», *Bol. Divulg. Tec. EEA Anguil*, n.º 103, p. 40, 2011.
- [33] Y. Bellini Saibene, L. Schaab, L. Ramos, L. Belmonte, y M. E. Fuentes, «Anuario RIAN-RIAP 2008-2009», *Bol. Divulg. Tec. EEA Anguil*, n.º 104, p. 40, 2011.
- [34] J. C. Fernández y J. M. Caldera, «Un vistazo a los sistemas productivos del país: Termómetro Productivo», en *X Congreso de AgroInformática (CAI)-JAIIO 47 (CABA, 2018)*, 2018.
- [35] L. Ramos y Y. Bellini Saibene, «Sistema de información del seguimiento semanal de los sistemas de producción», en *XLIII Jornadas Argentinas de Informática e Investigación*

- Operativa (43JAIIO)-VI Congreso Argentino de AgroInformática (CAI)(Buenos Aires, 2014)*, 2014, pp. 16-24.
- [36] N. Daitch *et al.*, «CD Interactivo SIG AgroRADAR 1999-2004», *Bol. Divulg. Téc.*, n.º 92, p. 20, 2007.
- [37] H. Lorda *et al.*, «Resultados de la Encuesta Agrícola 1999. 1: Región Pampeana del Proyecto RADAR.», Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires (Argentina ...), 2001.
- [38] A. M. L. Belmonte, M. D. Fernández, Y. B. Saibene, H. O. Lorda, L. R. Schaab, y J. C. Fernández, «Caracterización tecnológica y productiva del cultivo de girasol para la provincia de La Pampa», *El Cultivo Girasol En Región Semiárida Pampeana Ed Alberto Quiroga Jesús Pérez Fernández EEA INTA Anguil*, pp. 13–26, 2008.
- [39] M. L. Belmonte *et al.*, «Caracterización tecnológica y productiva del cultivo de trigo y otros cereales de invierno para la región semiárida pampeana central», *El Cultivo Trigo En Región Semiárida Subhúmeda Pampeana Pampa Argent. EEA INTA Anguil*, pp. 13–31, 2010.
- [40] J. C. Echeverría, J. Garay, y H. Bernasconi, «Índice Tecnológicos de Cultivos Agrícolas», INTA, San Luis, ago. 2008.
- [41] C. Rosanigo, A. Arano, y D. Fernandez, «Encuesta ganadera Bovinos para carne Chaco», INTA, Chaco, Argentina, 2011.
- [42] C. Rosanigo, A. Arano, y D. Fernandez, «Encuesta ganadera Bovinos para carne de Formosa», INTA, Formosa, Argentina, 2011.
- [43] C. Rosanigo, A. Arano, y D. Fernandez, «Encuesta ganadera Bovinos para carne de Santiago del Estero», INTA, Santiago del Estero, 2011.
- [44] Y. Bellini Saibene, «Atlas e índice de organismos perjudiciales de las plantas cultivadas y nativas explotadas de Argentina. Informe de actividades. Período 2008-2011.», Anguil, La Pampa, oct. 2011.
- [45] L. R. Conci *et al.*, «Argentinian Phytopathological Atlas: an index of plant diseases of cultivated and exploited native plants», en *2nd Argentinian Conference on Bioinformatics and Computational Biology*, 2011.
- [46] J. Caldera y D. Funaro, «Propuesta de modelo de datos para la Red Nacional de Evaluación de Cultivares Comerciales de Girasol», en *VIII Congreso Argentino de AgroInformática (CAI-2016)-JAIIO 45 (Tres de Febrero, 2016)*, 2016.
- [47] J. M. Caldera, D. O. Funaro, L. García, J. Muñoz, J. Seitz, y Y. N. Bellini Saibene, «Conjunto de datos de resultados de la Red Nacional de Cultivares de Girasol de INTA», 2019.
- [48] Y. Bellini Saibene *et al.*, «Desarrollo de un Sistema de Gestión Apícola», en *Jornadas de Informática Industrial*, Santa Fé, 2008.
- [49] N. Clemares, A. Moltoni, L. Moltoni, L. Schaab, y R. Garro, «Evaluación de un sistema de trazabilidad para miel aplicado en salas de extracción.», en *Congreso Argentino de Agroinformática. 5. CAI 2013. 2013 09 16-20, 16 al 20 de septiembre de 2013. Córdoba. AR.*, 2013.
- [50] C. Sarochar, A. Sanchez, L. Rhades, H. Lorda, D. Fernández, y S. Ferro Moreno, «Estrategias de apoyo para la gestión de la actividad contratistas de maquinaria agrícola del NE de La Pampa», en *X Congreso de AgroInformática (CAI)-JAIIO 47 (CABA, 2018)*, 2018.

- [51] «Plan Estratégico Institucional 2015-2030 | Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria». [En línea]. Disponible en: <https://inta.gov.ar/documentos/plan-estrategico-institucional-2015-2030>. [Accedido: 18-ene-2020].
- [52] D. Fernandez, Y. Bellini Saibene, C. Ferreyra, A. Ayala, y J. Caldera, «Hacia una Biblioteca Digital Agropecuaria», *Jorn. Argent. Informática 37 Jorn. Informática Ind. 2008 09 8-12 8 Al 12 Septiembre 2008 St. Fe AR*, 2008.
- [53] J. Torrado, María B. Albarracín, L. Del Greco, F. Epuñam, y Y. Bellini Saibene, «Evaluación de proyectos de extensión: desde una perspectiva de legitimación hasta la participación de los actores.», en *La Extensión Rural y los modelos de Desarrollo en el año del bicentenario*, Cinco Saltos–Rio Negro, 2016, p. 13.
- [54] Y. Bellini Saibene, J. M. Caldera, y A. Mavido, «Información para la gestión del sistema de transferencia y extensión del INTA.», en *Anales de SIE 2010*, Buenos Aires, Argentina, 2010, pp. 1343-1363.
- [55] «Geotecnología», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 20-nov-2019.
- [56] H. O. Lorda, Y. N. Bellini Saibene, A. H. Sipowicz, P. Luchetti, y C. A. Coma, «Escenarios tecnológicos en el cultivo de trigo según toma de decisiones.», 2006.
- [57] A. Sipowicz, Y. N. Bellini Saibene, y Z. E. Roberto, «Relevamiento agroeconómico en la región pampeana.», 2006.
- [58] Z. Roberto, M. Farrell, y L. Carreño, *Potencialidades de las nuevas tecnologías en el agro pampeano*, 1.ª ed. Anguil, La Pampa, Argentina: INTA, 2018.
- [59] H. Lorda, D. Moglie, J. Caldera, N. Dominguez, F. De Durana, y Y. Bellini Saibene, «Relevamiento de la Agricultura Periurbana en una microregión de La Pampa», en *X Congreso de AgroInformática (CAI)-JAIIO 47 (CABA, 2018)*, 2018.
- [60] M. Nolasco, S. Sayago, G. Ovando, Y. Bellini Saibene, M. L. Belmonte, y M. Bocco, «Evaluación del desempeño de productos satelitales para estimar evapotranspiración en la región pampeana (Argentina)», en *XI Congreso de AgroInformática (CAI)-JAIIO 48 (Salta, 2019)*, 2019.
- [61] G. Ovando, S. Sayago, Y. Bellini Saibene, y M. Bocco, «Evaluación del desempeño de productos satelitales para estimar precipitación en Córdoba (Argentina)», en *X Congreso de AgroInformática (CAI)-JAIIO 47 (CABA, 2018)*, 2018.
- [62] S. Bancho y Y. Bellini Saibene, «GeoINTA: compartiendo datos por medio de la Infraestructura de Datos Espaciales del INTA», en *X Simposio de Informática en el Estado (SIE 2016)-JAIIO 45 (Tres de Febrero, 2016)*, 2016.
- [63] L. Ramos, P. Mercuri, Y. Bellini Saibene, y M. J. Pizarro, «Catálogo de datos Geoespaciales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria», *Jorn. Argent. Informática 37 Jorn. Informática Ind. 2008 09 8-12 8 Al 12 Septiembre 2008 St. Fe AR*, 2008.
- [64] G. Cruzate, P. Mercuri, S. Bancho, y M. J. Pizarro, «The GEOINTA spatial data system.», presentado en sharing environmental data information: issues of open environmental data in latin america, Porto Alegre, Brasil, 2012.
- [65] «¿Que es Wearable? - Los dispositivos vestibles». [En línea]. Disponible en: <http://www.dispositivoswearables.net/>. [Accedido: 20-ene-2020].
- [66] IGNIS Media, «Mobile life», IGNIS Media, Buenos Aires, Argentina, 116, oct. 2018.
- [67] F. Frank, Y. Bellini Saibene, R. A. Pizarro, J. Caldera, O. Testa, y E. Llorens, «Hacia una Guía Digital Móvil para la identificación y manejo sustentable de los pastizales

- naturales», en *IX Congreso Argentino de AgroInformática (CAI 2017)-JAIIO 46-CLEI 43 (Córdoba, 2017)*, 2017.
- [68] Y. Bellini Saibene, A. Suarez, L. Schaab, y A. Figueruelo, «Alarmas Agropecuarias a Teléfonos Celulares», en *Anales de las 39 JAIIO*, vol. 39.
- [69] Y. Bellini Saibene y G. Herrera, «Llevando la oficina al campo: Manuales de campo para dispositivos móviles», *Horizonte Agropecuario*, Santa Rosa, La Pampa, p. 6, dic-2015.
- [70] G. Herrera, G. Escobar, L. Schaab, Y. Bellini Saibene, J. Caldera, y L. Ramos, «Manuales de campo de la RIAN para dispositivos móviles», en *Anales del Congreso Argentino de AgroInformática*, 2012.
- [71] J. Caldera, A. Muguero, A. Gopar, C. Angeleri, y Y. Bellini Saibene, «Monitoreo móvil del programa ProHuerta en La Pampa», en *X Congreso de AgroInformática (CAI)-JAIIO 47 (CABA, 2018)*, 2018.
- [72] J. Han y M. Kamber, *Data Mining: Concepts and Techniques*, Second., vol. 2. Elsevier, 2006.
- [73] D. J. Hand, H. Mannila, y P. Smyth, *Principles of data mining*. The MIT press, 2001.
- [74] Y. Bellini Saibene, «Estimación de ocurrencia de granizo en superficie y daño en cultivos mediante datos del radar meteorológico utilizando técnicas de DataMining.», Maestría, Austral, Buenos Aires, Argentina, 2015.
- [75] Y. Bellini Saibene, M. Volpaccio, S. Bancho, y R. Mezher, «Desarrollo y uso de herramientas libres para la explotación de datos de los radares meteorológicos del INTA», en *XLIII Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (43JAIIO)-VI Congreso Argentino de AgroInformática (CAI)*, Buenos Aires, 2014, pp. 74-86.
- [76] B. Dillon *et al.*, *Las inundaciones en el Noreste de La Pampa. Una mirada multidisciplinaria*, 1.ª ed. Santa Rosa, La Pampa: Editorial UNLPam, 2019.
- [77] A. Dillchneider, J. Berger, y Y. N. Bellini Saibene, «Conjunto de datos de imágenes etiquetadas para el desarrollo de aplicaciones de reconocimiento de patrones en el cultivo de girasol», 2019.
- [78] A. Lozza y Y. Bellini Saibene, «Clasificación de sistemas ganaderos preponderantes para estimar emisiones de gases de efecto invernadero», *40º Congreso Argentino de Producción Animal. Revista Argentina de Producción Animal*, vol. 37, n.º 1, p. 189, 2017.
- [79] A. Lozza, Y. Bellini Saibene, y H. Lorda, «Clasificación de Sistemas Productivos Preponderantes utilizando técnicas de agrupamiento para la estimación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero», en *IX Congreso Argentino de AgroInformática (CAI 2017)-JAIIO 46-CLEI 43 (Córdoba, 2017)*, 2017.