

# Propuesta de plataforma para la integración de TIC orientadas al Agro

Gagliardi Edilma O., Dorzán Maria G., Taranilla Maria T.,  
Palmero Pablo R., Casanova Carlos A.

Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales  
{oli,mgdorzan,tarani,prpalmero,cacasanova}@unsl.edu.ar

**Resumen** El presente proyecto propone la definición de una plataforma prototipo, soporte para diversos eventos y sistemas de información con dominio de aplicación en el sector agropecuario, mediante el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Las características principales están orientadas a la posibilidad abierta de la recolección de datos de diferentes fuentes, su almacenamiento compartido, la integración progresiva de diversas funcionalidades, la explotación y la visualización de la información, como así también capacidades de generación de reportes, estadísticas, mensajerías o avisos de eventos, entre otros. Dicha plataforma se propone disponible en la web, con accesibilidad mediante tecnología móvil.

**Keywords:** Modelos Avanzados de Bases de Datos, Geometría Computacional, TIC.

## 1. Introducción

A nivel mundial, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) introducen continuamente cambios en diversas esferas de la vida y la actividad humana, ya sea en contextos políticos, económicos, sociales y culturales, entre muchos otros. Las TIC son herramientas teórico conceptuales, soportes y canales que procesan, almacenan, sintetizan, recuperan y presentan información de la forma más variada [1]. Por lo que este proceso de transformación adquiere relevancia en la sociedad, tornándose clave en el accionar sobre el presente y futuro.

Como un dominio de aplicación de las TIC, investigaciones recientes denotan que en la actividad agropecuaria las TIC promueven nuevas experiencias, transformando las prácticas de producción, los modos de comunicación, la gestión y organización en explotaciones de diversas escalas. Diversos especialistas coinciden en señalar que el aprovechamiento de las TIC tiene un impacto positivo en el medio ambiente. Por ejemplo, una de las fortalezas de estas herramientas es que funcionan con energía limpia, reducen el movimiento de personas y los sistemas de comunicación electrónica favorecen la interacción remota y el teletrabajo. El uso de las TIC en este ámbito implica aportes reales en los sistemas

de producción, consumo y distribución, con el agregado de la investigación, innovación y desarrollo tecnológico con características inclusivas y ambientalmente responsables.

Asimismo, cabe destacar que un área de vacancia que se plantea como déficit de las universidades es el desarrollo de procesos interdisciplinarios. Estos procesos facilitan la articulación de aspectos científicos, académicos, y productivos, entre otros espacios sociales interrelacionados que ocasionalmente se hallan potenciados desde un abordaje institucional.

En este contexto, tensiones e interrogantes como éstos son los que impulsaron a un grupo de organizaciones nacionales y provinciales con presencia en San Luis, entre ellas la UNSL, a organizar el Ciclo AgroTIC, un espacio para la difusión de diversos desarrollos vinculados a la agricultura y la ganadería a la vez que promover la discusión crítica sobre sus posibles aplicaciones en el semiárido central argentino.

A partir del Ciclo AgroTIC, las organizaciones socias se propusieron continuar con acciones vinculadas a la promoción de las TIC en el ámbito de la producción y articular en conjunto un proyecto experimental, denominado Campo Conectado, con un horizonte inicial a dos años (2017-2018) [2], [3].

El objetivo general de Campo Conectado es promover una plataforma de investigación, intercambio y desarrollo de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), que aporte a la cooperación científico tecnológico y a las prácticas sociales, productivas y comerciales de los actores de la producción agropecuaria del semiárido central argentino. Para el desarrollo del proyecto, se seleccionó un área piloto experimental. El Establecimiento Los Chañares tiene una extensión de 1.300 hectáreas y se encuentra ubicado a unos cinco (5) kilómetros de la localidad de Fraga, sobre la ruta provincial Nro.27, en el departamento Coronel Pringles, provincia de San Luis.

A partir de las áreas problemáticas y los déficits identificados en el establecimiento seleccionado se proyectan áreas de mejoramiento y posible intervención. Particularmente, en el área infraestructura se planifica la dotación de conectividad para la recolección de datos; la estabilización del abastecimiento energético en el tiempo y el espacio, y divisiones y cercamientos no tradicionales para el ganado. En este contexto, se requiere del desarrollo de sistemas modelos, sobre los ejes de producción ganadera, agrícola y de gestión, que permitan administrar y recuperar información almacenada en repositorios de datos no convencionales.

Como fines, se espera que la consecución de actividades permita consolidar una red interinstitucional e interdisciplinaria, para el desarrollo de proyectos I+D+i, a partir de la experiencia Campo Conectado. También detectar, evaluar y analizar indicadores relativos al área piloto de experimentación, en consideración a aspectos medibles respecto de esfuerzos aplicados y beneficios obtenidos a la finalización del proyecto. Finalmente, consolidar el ámbito interdisciplinario de formación y fortalecimiento de competencias, mediante la divulgación científica o aplicada, capacitación y actividades de formación de grado y posgrado.

Las instituciones participantes son las siguientes:

- Universidad Nacional de San Luis (UNSL).

- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) San Luis.
- Gobierno de San Luis, Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Universidad Católica de Cuyo (UCCuyo), Sede San Luis.
- Fundación para la Investigación Social Argentino Latinoamericana (FISAL).

Los participantes de la UNSL son grupos de docentes investigadores de los siguientes proyectos de investigación:

- Tecnologías Avanzadas de Bases de Datos, Línea Geometría Computacional y Bases de Datos, PROICO 330314.
- Diseño jerárquico de arquitectura de red de sensores inalámbricos para aplicaciones en agricultura y monitoreo ambiental, PROIPRO P03-0216.

## 2. Objetivos

Se propone el diseño y desarrollo de una plataforma prototipo, soporte de diversos eventos y sistemas de información, con dominio de aplicación en el Agro, cuyas características principales sean la posibilidad abierta a la recolección de datos de diferentes fuentes, su almacenamiento y compartición, la integración progresiva de diversas funcionalidades, la explotación y la visualización de información, como así también capacidades de generación de reportes, estadísticas, mensajerías o avisos de eventos, entre otros. Dicha plataforma se propone disponible en la web, con accesibilidad mediante tecnología móvil.

## 3. Características generales

La administración en el contexto del Agro es un factor importante, determinante del éxito o fracaso de cualquier negocio agropecuario. Un administrador tiene la responsabilidad de tomar decisiones y accionarlas. En el Agro se requieren precisiones asociadas al tiempo que determinan los eventos futuros y también los riesgos ocasionales.

Para una correcta toma de decisiones, se requiere capturar información y mantenerla actualizada. El uso de técnicas y herramientas capaces de captar, adaptar y manipular con rapidez y efectividad grandes cantidades de datos, transformándolos en información de valor, ayuda a tomar decisiones acertadas en la empresa agropecuaria. De ahí surge la importancia del uso de las TIC en el Agro.

Como consecuencia, el desarrollo tecnológico ha resignificado las relaciones intersectoriales del agro, e impacta en la adquisición y aplicación de insumos de toda índole, apuntando al incremento de la productividad de la tierra, acompañada de mejoras en la rentabilidad de los cultivos y de la ganadería.

Por ello, para el desarrollo de esta plataforma prototipo, se prevén características generales que den espacio a una interacción variada y a un crecimiento escalar, basadas en una arquitectura que albergue esta concepción desde el origen del desarrollo.

En principio, se debe considerar que las dificultades más habituales vinculadas a la gestión de grandes cantidades de datos se centran en la recolección y el almacenamiento, sobre todo si se considera el tratamiento de diversos tipos de datos, tales como:

- Datos estructurados: bien definidos en su longitud y su formato, para los cuales es previsible el uso de bases de datos relacionales u hojas de cálculo.
- Datos no estructurados: carecen de un formato específico. No se aplican modelos de bases de datos tradicionales.
- Datos semiestructurados: aquellos para los que no se limitan a campos determinados, pero que contiene marcadores para separar los diferentes elementos.

En el contexto planteado inicialmente, para la captura de los datos se requiere de una dotación de infraestructura de conectividad. Para el desarrollo de dicha infraestructura, tendiente a lograr los objetivos del Proyecto Campo Conectado, se cuenta con equipos de profesionales abocados a los desarrollos de trabajos de comunicaciones. La captura de datos se prevé a través de diferentes fuentes:

- Generados por las personas, mediante registros en repositorios de almacenamiento.
- Transacciones de datos.
- Machine to Machine (M2M), mediante el uso de tecnologías que comparten datos con dispositivos: medidores, sensores de temperatura, de luz, de altura, de presión, de sonido, ph-metro, GPS, entre otros, que transforman las magnitudes físicas o químicas y las convierten en datos.
- Biométrica: datos generados por lectores biométricos. En la interface entre la ecología y las ciencias de la información, la biometría animal puede ayudar a diseñar sistemas computarizados que ayuden a medir e interpretar la apariencia de los individuos.
- Otros.

La captura de datos podrá realizarse en tiempo real o en tiempo diferido, de acuerdo al tipo de objetivo que se persiga eventualmente. Para ello, cada evento tendrá asociado en el tiempo su planificación de lecturas. Las planificaciones varían en consonancia con el propósito.

Respecto del almacenamiento, se prevé el uso de diferentes tipos de repositorios de datos, tales como bases de datos espaciales, temporales, espacio temporales, relacionales, multimedia, entre otras, integradas y conectadas mediante la plataforma prototipo descripta aquí.

De esta manera se propone el almacenamiento, las funcionalidades y la capacidad de respuesta a los requerimientos, con los beneficios de las bases de datos orientadas a las transacciones y con la posibilidad eventual de proporcionar información en el nivel correcto de detalle como eje de apoyo en la toma de decisiones.

Para el análisis de datos, se estudiará la aplicación de diversas técnicas, tales como minería de datos, estadísticas, entre otras. La definición estará dada por los eventuales requerimientos del usuario y la captura efectiva y real de datos,

por lo que, para este tipo de funcionalidades, se prevé el diseño de la plataforma con capacidad para futuras incorporaciones en la herramienta.

La visualización de datos tendrá un rol preponderante, en cuanto a que su influencia en la gestión del sector será relevante. Por ello, la visualización deberá contar con una interface gráfica, de resultados estadísticos, de mapas, entre otros, que aporten riqueza a la información en un contexto visual.

#### 4. Objetos de tratamiento

En el contexto del Proyecto Campo Conectado, se desarrollarán funcionalidades para dos tipos de objetos de estudio: la vaca y las parcelas que conforman el establecimiento rural.

Es muy común que un productor ganadero, dentro de su terreno o potrero, tenga diferentes subdivisiones a las cuales se las denomina *parcelas*, a los efectos de hacer un uso productivo de la tierra. Comúnmente estas subdivisiones son zonas cercadas. Estos cercos, en su gran mayoría, están fabricados de madera y metal, y su instalación debe ser realizada por personal idóneo. Además, no pueden desplegarse en poco tiempo, ya que requiere de trabajo pesado y en zonas normalmente extensas. Sumado a que la reconfiguración del cercado lleva consigo la necesidad de destruir el cerco actual para poder reemplazarlo con uno nuevo. Esto hace de la reconfiguración o modificación una tarea muy costosa.

En el Proyecto Campo Conectado, se plantea a modo de dotación por parte del equipo de electrónicos, la implementación y experimentación de cercos rotativos, mediante la implementación de cercos no tradicionales, con tecnología apropiada para ello. A modo de ejemplo, se utiliza una nueva tecnología llamada *Bluetooth Low Energy (BLE)*, la cual es una derivación de la tecnología *Bluetooth*. De esta manera, se reemplazan los cercos físicos por un arreglo de BLE, obteniendo los denominados *cercos virtuales*. Más aún, dado lo económico que resulta esta tecnología, se puede plantear instalar tantos BLE como sea necesario y tener la posibilidad de activarlos de acuerdo al cerco que se requiera armar.

Los BLE emiten un mensaje de identificación al aire. Un dispositivo ubicado en el cuello del animal detecta este mensaje y lo alerta de su proximidad al beacon, evitando que se salga del cerco virtual.

Los collares cuentan con un dispositivo que además de alertar sobre la proximidad al cerco, podran detectar el movimiento vertical del cuello de la vaca, el cual indicaría que la misma ha inclinado su cabeza para empezar a pastar, también dónde está ubicada geográficamente y el tiempo que se mantiene en dicho lugar, entre otras capacidades.

Entonces en términos disciplinares de bases de datos, estos dos objetos de estudio se corresponden con tipos de objetos móviles o espacio temporales. Para su almacenamiento y tratamiento, se utilizan bases de datos espacio temporales. Así, a cada objeto se lo considera un objeto espacio temporal, el cual cambia su forma o posición en el tiempo. Respecto de su forma, se puede modelar como un objeto geométrico y respecto de su posicionamiento, se requiere un sistema de coordenadas como marco referencial.

Para el registro y la explotación de información, se pueden generalizar dichos objetos y trabajar por conjuntos de objetos. En este sentido, a partir del individuo vaca se puede generalizar al tratamiento del rodeo en términos de objeto espacio temporal, considerando un rodeo completo o subrodeos. Del mismo modo se puede generalizar la parcela, independiente de su implementación física o virtual, a un teselado del campo, también tratado como objeto espacio temporal.

## 5. Arquitectura de la Plataforma Prototipo para la integración de TIC aplicadas al Agro

Para la generación de la plataforma se propone un desarrollo escalar e integral respecto de las funcionalidades y administración de bases de datos heterogéneas.

La arquitectura del software presentada a continuación representa el diseño de más alto nivel de la estructura de un sistema. Se muestran abstracciones que proporcionan un marco para interactuar posteriormente con el software de base y de aplicación. En base a los objetivos se seleccionaron y diseñaron requerimientos y restricciones. Los objetivos clásicos considerados son mantenibilidad, audita-bilidad, flexibilidad e interacción con otros sistemas de información. En el caso de las restricciones, son aquellas limitaciones derivadas de las TIC disponibles durante la experimentación, en materia de infraestructura en el establecimiento experimental, al implementar los diversos sistemas de información.

En una arquitectura de tres capas, se tienen las capas de *Presentación*, de *Lógica de Negocio* y de *Datos* [7]. La primera, es la visible por el usuario, presenta la plataforma prototipo, comunica la información solicitada. Puede tener diversas características, a fin de dar comprensión de la información al usuario. Esta capa es la que se comunica con la capa de Negocio. En ésta residen las aplicaciones que dan respuesta a los objetivos definidos y representan las diversas funcionalidades que alberga la plataforma prototipo. La capa de Datos contiene los datos y es la encargada de acceder a los mismos, formada por los diversos administradores de repositorios, dedicados al tratamiento de los datos.

Este modelo tiene características útiles a los efectos del diseño de la plataforma. En el contexto del Proyecto Campo Conectado, la captura de los datos tiene un rol preponderante y de diversa complejidad, que amerita un tratamiento especial, conformándose de esta manera una cuarta capa de *Captura*. En la capa de Captura se establecen las comunicaciones con los diferentes dispositivos electrónicos de recolección de datos instalados en el establecimiento, cualquiera sea su ubicación. Básicamente, consiste en un canal de comunicación, recibiendo datos de diferentes formatos con frecuencias determinadas, generados y adquiridos a través de diversas fuentes de emisión y recepción.

En consecuencia, se considera apropiada una arquitectura de cuatro capas.

### a) *Presentación*.

Se prevé una interfaz de usuario, que mantenga diferentes características, tales como:

- Con característica gráfica, a los efectos de visualizar el mapa del campo, con las correspondientes componentes de tratamiento, sea para el sector de producción agrícola o de producción ganadera.
- Con característica estadística, a los efectos de resumir en gráficos estadísticos la información relevante, de apoyo a la gestión agropecuaria.
- Con característica de mensajería, a los efectos de enviar avisos, alarmas o mensajes de interés al usuario, que ayuden a la toma de decisiones.

b) *Lógica de Negocio.*

En base a las diferentes funcionalidades, se prevé la explotación de información, desarrollando e implementando los procedimientos adecuados que den respuestas a los requerimientos del usuario. En una segunda etapa, cuando se puedan contar con datos reales obtenidos del accionar diario del establecimiento de experimentación, se prevé la aplicación de metodologías de descubrimiento de información, tales como minería de datos sobre tipos tradicionales y espaciales, y estadísticas de alto nivel.

c) *Datos.*

En este contexto, se descubre la necesidad de administrar bases de datos de diversa naturaleza y tecnología, con acceso y conectividad entre los diferentes repositorios, de manera tal que se puedan integrar y dar respuesta a variados requerimientos y descubrimiento de información.

Los modelos de bases de datos avanzados, tales como bases de datos espaciales, temporales, espacio temporales, multimedia y otras, tendrán un lugar preponderante, dado que los objetos de estudio requerirán almacenar datos actuales e históricos acerca de su variabilidad en el tiempo y en su forma, con diferentes formatos de almacenamiento a los efectos de resolver en cada etapa el objetivo de estudio que se proponga eventualmente.

d) *Captura.*

Se debe considerar la lectura de datos, de variadas fuentes por medio de diversos dispositivos electrónicos. Se requiere de una provisión de infraestructura en el establecimiento, que permita mantener un canal de comunicación, para recibir y transmitir los más variados tipos y cantidades de datos, clasificados de acuerdo a las funcionalidades que la plataforma pueda administrar.

Los equipos de electrónicos, informáticos y disciplinares del sector agropecuario realizarán un diseño, implementación y experimentación de transmisión de datos a la plataforma, mediante dispositivos de comunicación desarrollados específicamente para el Proyecto Campo Conectado.

Las previsiones en este sentido consisten en la existencia de un canal de comunicación, que pueda albergar diferentes capturas de datos, donde de acuerdo al objetivo demandante, se consideren lecturas planificadas en el tiempo en congruencia con la funcionalidad.

Para esta arquitectura se considerarán diversos aspectos del software, que son los que permitirán ensamblar un cierto número de elementos arquitectónicos de forma adecuada para satisfacer la mayor funcionalidad y requerimientos de desempeño de un sistema, así como requerimientos no funcionales como la confiabilidad.

## 6. Introducción a los Modelos Avanzados de Bases de Datos

Los requerimientos de aplicaciones actuales de Bases de Datos en el contexto del Agro imponen la necesidad de representar y operar con tipos de datos complejos.

Para los objetos de tratamiento en el Proyecto Campo Conectado hay aplicaciones que requieren almacenar y consultar información histórica y actual, relacionada a los cambios de forma o posición que tuvieron dichos objetos en diferentes escenarios a lo largo del tiempo. Por tanto, es necesario disponer de herramientas de base que permitan modelar estos tipos de datos y realizar operaciones sobre ellos.

Las Bases de Datos Espaciales (BDE) surgen como respuesta a la necesidad de representar objetos espaciales. Con el propósito de responder a consultas relacionadas con las propiedades espaciales se implementan algoritmos sobre índices espaciales creados a partir de esos objetos. Las Bases de Datos Temporales (BDT) soportan algún tipo de dominio de tiempo manejado internamente por el sistema administrador de bases de datos. Es una base de datos que contiene datos históricos además de datos actuales. Las Bases de Datos Espacio Temporales (BDET) se han desarrollado a partir de las bases de datos espaciales y las temporales agrupando las funcionalidades de las mismas, que permiten capturar la evolución de objetos espaciales en el tiempo, [7], [10], [11].

Para el dominio de competencia, el rodeo o el individuo vaca son considerados como objetos que evolucionan de manera continua donde es necesario almacenar su estado en cada instante determinado para considerar su evolución. Dadas las complejidades que surgen naturalmente de la administración de este tipo de dato y considerando el valor de la misma, la evolución se registra discretamente. Para el caso de objetos cuya evolución es discreta, se almacena en la base de datos el nuevo estado del objeto en el instante de tiempo en que se produce el cambio. Por ejemplo, los cambios de límites de las parcelas en la configuración del campo.

Aun cuando el movimiento de los objetos a través del tiempo sea continuo, los datos espacio temporales típicamente consisten en registros discretos de la posición del objeto en el espacio a través del tiempo. En el caso de un sistema de monitoreo de los animales, una vaca puede informar con cierta periodicidad cuál es su nueva posición; de esta manera el sistema mantiene un registro discreto de las distintas ubicaciones por las cuales ha pasado un animal. O bien, puede informar datos de su condición corporal cada cierto periodo de tiempo.

Debido a la componente temporal, las BDET deben manejar grandes cantidades de datos registrados durante un largo periodo de tiempo. Cuando se realiza una consulta sobre estos datos, recorrer todos los objetos de la estructura para solamente retornar una pequeña parte de los objetos que pertenecen a la respuesta, resulta poco eficiente debido al gran volumen de datos. Esta situación se complejiza cuando se deben realizar consultas con mucha frecuencia. Una solución es la construcción de índices sobre los datos para responder a las consultas recorriendo una porción de la base de datos. Para ello, son necesarios

métodos eficientes de indexación y recuperación de datos que brinden soporte para un amplio rango de consultas espacio temporales, [5], [6], [8], [9].

Los tipos de consultas espacio temporales dependen del tipo de método de indexación que se esté utilizando, sea histórico, actual o de predicción. Si es histórico, el instante de tiempo debe hacer referencia a un tiempo pasado. Si es actual se puede hacer referencia a un instante de tiempo pasado o actual. Si es de predicción, los instantes de tiempo refieren al futuro. Responder a estos tipos de consultas de manera eficiente es un aspecto importante para el estudio e investigación de las aplicaciones espacio temporales.

Las consultas más comunes son de tipo *Ventana* (*window query*). Consisten en recuperar todos los objetos que intersecan con un rectángulo especificado por el usuario. Hay dos tipos de consultas fundamentales, considerados como subtipos del tipo ventana, que son las consultas *Instante* e *Intervalo*. Son consultas simples que recuperan todos los objetos que se encuentran en una ventana en un instante de tiempo específico o todos los objetos que intersecan con una ventana en un intervalo de instantes de tiempo sucesivos. En el caso de un sistema de monitoreo de animales, se puede desear recuperar los animales que se encuentran en determinada parcela o región, en un instante o periodo de tiempo. En el caso de las configuraciones en parcelas del campo, significaría en un determinado tiempo, recuperar para todo el campo o una parte del mismo, cuál es el parcelamiento correspondiente.

Otro tipo de consulta que debe ser considerada es la consulta *Evento*, que permite recuperar los eventos que han sucedido en una región en un instante determinado de tiempo. Estos eventos pueden ser objetos que han aparecido o desaparecido en una región en cierto instante de tiempo; es decir, aquellos objetos que entraron o salieron. La consulta Evento sólo retornará aquellos objetos en los cuales el tiempo inicial o tiempo final de permanencia en el área coincide con el tiempo de interés de la consulta en cuestión, como cada cuánto se acerca un animal a un bebedero. Recuperar las vacas que ingresaron o salieron de una parcela determinada en un determinado momento o en su variante en un periodo de tiempo.

La consulta *Trayectoria* es una consulta que permite recuperar el conjunto de posiciones espaciales en las que un objeto ha permanecido en un intervalo de tiempo dado, es decir, recupera el recorrido de un objeto en un intervalo de tiempo. Se puede recuperar la ruta recorrida por un animal o por un rodeo, en un intervalo de tiempo dado. Para el caso de las parcelas, se puede pensar en observar la evolución de una parcela en cuanto a su forma, determinada por sus vértices, o la evolución de las configuraciones de parcelado del campo.

Otro tipo de consulta, de mayor complejidad, es la de *Ensamble* (*Join*), que combina dos conjuntos de objetos espacio temporales de acuerdo con algún predicado que involucra tanto atributos espaciales como temporales. Por ejemplo, los subrodeos alimentados en un conjunto de parcelas dadas en un periodo de tiempo dado.

En el mismo orden de complejidad, se puede considerar la consulta de los *k Vecinos más Cercanos*, la cual retorna los *k* objetos más cercanos, en términos de

una función de distancia, a un objeto espacial o espacio temporal, en un tiempo dado. Encontrar las  $k$  vacas más cercanas a cierto bebedero en determinado instante de tiempo; o las  $k$  vacas más cercanas a una vaca guía en un tiempo dado. Estos son elementos que aportarían información relevante al estudio del comportamiento animal.

En resumen, las BDET permiten almacenar la evolución de los objetos espaciales en el tiempo. Los datos almacenados pueden ser posteriormente consultados realizando una búsqueda exhaustiva y retornando sólo aquellos objetos que formen parte de la respuesta. Cuando el volumen de la base de datos es grande dicho método resulta ineficiente, por lo que la elección de un método de indexación a implementar en una aplicación dada, estará fundamentada en el tipo de consulta que es necesario responder y la característica de los objetos espacio temporales. En la plataforma prototipo se plantea la posibilidad de trabajar con objetos con características espacio temporales, que se mueven libremente en un espacio restringido de los cuales se recupera información espacio temporal histórica y actual, focalizándose en las posiciones geográficas que van registrando los objetos, cómo se relacionan y qué patrones de movimiento se registran.

Otro modelo avanzado de base de datos son las Bases de Datos Multimedia (BDM), las cuales proporcionan funciones que permiten a los usuarios almacenar y consultar diferentes tipos de información multimedia, que incluye imágenes como fotos o dibujos, videos, audios y documentos como libros o artículos. Los principales tipos de consultas implican la localización de fuentes multimedia que contienen determinados objetos de interés. Por ejemplo, una revisión de condición corporal en un rodeo requiere localizar todas las imágenes similares a una dada. También es posible que desee recuperar video basados en ciertas actividades incluidas en ellos, tales como ecografías para determinar preñeces pequeñas o grandes. Las consultas son recuperaciones basadas en el contenido, dado que la fuente multimedia se obtiene en base a que contenga ciertos objetos u actividades.

## 7. Geometría Computacional y sus aplicaciones

La Geometría Computacional se ocupa de resolver problemas geométricos de modo constructivo. Se interesa por demostrar la existencia de la solución de un problema y por encontrar los algoritmos y estructuras de datos eficientes, medidos respecto de su complejidad en tiempo y espacio respectivamente. Por lo tanto, se puede decir que esta disciplina forma parte de la teoría del diseño y análisis de algoritmos y estructuras de datos [4].

En ocasiones, la Geometría brinda soluciones más eficientes en problemas que no parecen geométricos. Descubrir que los datos de un problema verifican propiedades geométricas sirve para aplicar alguna técnica algorítmica o alguna estructura de datos especial que permite obtener una solución óptima.

Las buenas soluciones a problemas de índole geométrica están basadas principalmente en dos tópicos. Uno de ellos se basa en comprender las propiedades

geométricas del problema. El otro se basa en la aplicación de las técnicas algorítmicas y estructuras de datos apropiadas.

Las estructuras de datos clásicas no son siempre las adecuadas para representar los objetos geométricos. En la solución de un problema aparecen las estructuras geométricas como conjuntos de objetos geométricos que mantienen ciertas propiedades o relaciones entre ellos. Los problemas requieren una estructura que sea simple y óptima respecto del espacio utilizado, tal que las operaciones sobre los objetos geométricos sean ejecutadas eficientemente.

Existen variadas estructuras geométricas, tales como el *Cierre Convexo*, la *Triangulación*, el *Diagrama de Voronoi*.

En el sistema de monitoreo se observan los objetos en movimiento, cada uno de ellos representa un animal o el rodeo que circula por ciertas parcelas. Se puede informar al productor si los animales se acercan a un monte, a un bebedero, a una zona de particular atención o si siguen a una vaca guía, entre otros reportes. También, se puede conocer cómo es la densidad del rodeo respecto de las distancias que mantienen los animales o respecto de ciertos lugares u objetos de interés.

En otra situación, se pueden representar objetos fijos en el espacio, tales como bebederos o comederos, entre otros. Es posible que se desee saber dónde ubicar un servicio de atención para las vacas, que dependiendo de las características del mismo se pretenda minimizar o maximizar la distancia de acercamiento. Por ejemplo, si se desea colocar un servicio de comedero entonces se requiere minimizar las distancias; o en el caso de existir un vertedero incinerador de residuos domésticos o una zona de pastizal perjudicial para la salud de los rodeos, se deben maximizar las distancias de los individuos al vertedero o región. Otro caso puede ser la instalación de una línea de transporte de materias peligrosas, entonces lo adecuado es alejarse lo máximo posible de las parcelas asignadas a los animales.

Por tanto, la ubicación de servicios conlleva a problemas de optimización geométrica en general. Si se trata de servicios que requieren proximidad, se debe minimizar la mayor de las distancias del servicio a los puntos que se quieren atender. Esto equivale a encontrar el centro del menor círculo que contiene a los puntos a cubrir. Por el contrario, si el servicio es nocivo y se quiere alejar lo máximo posible de una serie de puntos de interés, se debe escoger el centro del mayor círculo vacío, es decir, que no contenga a ningún punto.

Las triangulaciones de Delaunay se emplean a menudo para diseñar redes en las que los nodos más próximos estén conectados entre sí. Un subgrafo importante de la triangulación de Delaunay es el árbol generador mínimo (minimum spanning tree), que representa la red que conecta los nodos con la menor cantidad de cable. Por lo tanto, la plataforma prototipo también puede ser orientadora a los diseñadores de redes de comunicaciones debido a que es un problema que da lugar a la optimización geométrica.

Con esto se pretende presentar algunos ejemplos simplificados, dado que los modelos de la realidad suelen ser más complejos.

## 8. Principales funcionalidades propuestas

Entre acciones vinculadas a la promoción de las TIC en el ámbito de la producción agropecuaria y a los efectos de articular en conjunto el proyecto experimental, se requieren funcionalidades en la plataforma para la integración de sistemas de información orientados al Agro, que aporte a la cooperación científico tecnológica y a las prácticas de los actores en el marco del Proyecto Campo Conectado.

Considerando las áreas de intervención posibles en el Establecimiento se proyectan las siguientes áreas de mejoramiento. En este contexto, específicamente el área de infraestructura conlleva un proyecto propio *ad hoc* orientado a las tecnologías de la comunicación. Las áreas para cuales se incluyen funcionalidades a la plataforma prototipo son la producción ganadera, la producción agrícola y la gestión.

En el caso del área de infraestructura, su proyecto tomará en cuenta la dotación de instalaciones de conectividad para la recolección de datos, la estabilización del abastecimiento energético en el tiempo y el espacio, las divisiones y cercamientos no tradicionales para el ganado, entre otras.

Las funcionalidades para el área de producción ganadera están orientadas a la trazabilidad animal, caracterización y seguimiento del rodeo, detección de la actividad de celo, monitoreo de la condición corporal, control de la actividad en los comederos, entre otros, como herramientas en la ganadería de precisión.

Respecto de la producción agrícola, se propone el monitoreo espacial y temporal de las malezas, plagas y enfermedades, planificación y monitoreo de la siembra, gestión de buenas prácticas en la aplicación de agroquímicos, planificación de módulos agrícolas, entre otros.

El área de gestión tiene su orientación a la capacitación, automatización de procesos, planificación productiva, logística y comercial, adquisición y procesamiento de datos, seguimiento de indicadores productivos y ambientales, por nombrar algunas posibilidades.

Estas funcionalidades propuestas surgen del Proyecto Campo Conectado, las cuales tienen su planificación de desarrollo a corto, mediano y largo plazo. En particular, las funcionalidades orientadas a la ganadería de cría, serán las prioritarias de estudio, diseño y desarrollo durante al menos los dos primeros años del Proyecto Campo Conectado, trabajando conjuntamente entre los actores involucrados.

## 9. Conclusiones y Visión de futuro

A través de los métodos de desarrollos I+D+i se propone realizar un proceso de diseño y desarrollo de una plataforma prototipo para la integración de TIC orientadas al Agro, a fin de alcanzar los objetivos mencionados, efectuando las observaciones y análisis pertinentes. Se espera conducir a propuestas innovadoras en la aplicación de Modelos Avanzados de Bases de Datos para hallar soluciones en los problemas planteados en el dominio de aplicación. Para ello, se hará

propicio recurrir a métodos de investigación y formación como vías válidas que faciliten el descubrimiento de conocimientos seguros y confiables que impliquen diseños y experimentaciones en el Establecimiento seleccionado en el marco del proyecto interinstitucional e interdisciplinario denominado Campo Conectado.

En este contexto, las reuniones, seminarios o entrevistas con los disciplinares del Agro, el equipo de Electrónica, y propietarios del Establecimiento, resultan de un interés y rol preponderante, ya que toda la actividad está centrada en un trabajo interdisciplinario continuo.

Por tanto, como visión de futuro se espera detectar, evaluar y analizar indicadores relativos al área piloto de experimentación, evaluar y analizar los resultados obtenidos, la pertinencia y la transferencia de los proyectos I+D+i en las áreas de intervención seleccionadas, consolidar el ámbito interdisciplinario de formación y fortalecimiento de competencias, como así también considerar líneas de trabajo futuro, con nuevos actores, proyectos y objetivos.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad Nacional de San Luis por la subvención de los Proyectos de Investigación *Tecnologías Avanzadas de Bases de Datos - Línea Geometría Computacional y Bases de Datos y Diseño jerárquico de arquitectura de red de sensores inalámbricos para aplicaciones en agricultura y monitoreo ambiental*. También a los colegas por el trabajo interdisciplinario en el marco del Proyecto Campo Conectado; especialmente a los equipos de Electrónica y de INTA San Luis por sus valiosas contribuciones.

## Referencias

1. Aprender en línea, plataforma académica para investigación. <http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/investigacion/mod/page/view.php?id=3118>
2. AgroTIC. <http://www.agrotic.info> (2016)
3. Campo Conectado. <http://inta.gob.ar/noticias/campo-conectado-un-nuevo-proyecto-interinstitucional> (2017)
4. Berg, M.d., Cheong, O., Kreveld, M.v., Overmars, M.: Computational Geometry: Algorithms and Applications. Springer-Verlag, Santa Clara, CA, USA, 3rd edn. (2008)
5. Carrasco, F.D., Gagliardi, E.O., García Sosa, J.C., Gutierrez, G.: Una propuesta de un método de acceso espacio-temporal: I+ 3 R-Tree. In: Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (2006)
6. Dorzán, M., Gagliardi, E., Gómez Barroso, J., Gutiérrez Retamal, G.: Un nuevo índice eficiente para resolver diversas consultas espacio-temporales. In: Conferencia Latinoamericana de Informática (2006)
7. Elmasri, R., Navathe, S.: Fundamentals of Database Systems. Addison-Wesley Publishing Company, USA, 6th edn. (2010)
8. Gagliardi, E.O., Carrasco, F.D., García Sosa, J.C.: I+ 3 R-Tree: un método de acceso espacio-temporal. In: XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (2009)

- 14 Gagliardi E., Dorzán M., Taranilla M., Palmero P., Casanova C.
9. Gagliardi, E.O., Dorzán, M.G., Gómez Barroso, J.G., Gutiérrez Retamal, G.A.: D\* R-Tree: un método eficiente para responder consultas espacio-temporales. In: XII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (2006)
10. Manolopoulos, Y., Papadopoulos, A., Vassilakopoulos, M.: Spatial Databases: Technologies, Techniques and Trends. Idea Group (2005)
11. Shekhar, S., Chawla, S.: Spatial databases - a tour. Prentice Hall (2003)