

GeoSeguimiento de Rodeos, hacia una plataforma integral para el 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 artículo describe el desarrollo de una aplicación cuyo objetivo final es brindar soporte para la recolección de datos de diferentes fuentes con almacenamiento compartido, integrar de manera progresiva diversas funcionalidades, explotar la información y obtener conocimiento, con dominio de aplicación en el sector agropecuario, mediante el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. En particular, se muestran las funcionalidades actualmente implementadas como parte del desarrollo propuesto en el proyecto Plataforma Integral para el Agro [1], en el contexto de una herramienta para la visualización del geoseguimiento de rodeos en establecimientos agropecuarios en diversos periodos de tiempo, con el fin de realizar diferentes tipos de consultas sobre los datos capturados, ayudando al productor en la toma de decisiones.

Dicha aplicación utiliza Bases de Datos Espacio Temporales debido a las características de los objetos tratados y técnicas de Geometría Computacional para resolver problemas de índole geométrico que surgen de la representación de ciertos aspectos de la realidad considerada.

Palabras clave: Sistemas de Información, Bases de Datos Espacio Temporales, Geometría Computacional, TIC.

1. Introducción

Los datos meramente describen hechos o entes, mientras que la explotación de los datos para obtener información implica estructurar los mismos y, mediante consultas formales, conseguir un cambio de estado respecto del conocimiento en quien lo recibe [2]. El objetivo es contribuir en la toma de decisiones tácticas y estratégicas en una organización, proporcionando un sentido automatizado para la generación de conocimiento [3]. Según Molina, el descubrimiento de conocimiento se define como “la extracción no trivial de información potencialmente útil a partir de un gran volumen de datos, en el cual la información está implícita, donde se trata de interpretar grandes cantidades de datos y encontrar relaciones o patrones, para conseguirlo harán falta técnicas de aprendizaje, estadística y bases de datos” [4].

La manera en que se administran los datos que se recolectan del campo influyen en los resultados de cualquier negocio agropecuario, por lo que un administrador tiene la responsabilidad de tomar decisiones y realizar las acciones en consecuencia. En este sentido es que, en el contexto del Agro, se requieren precisiones que determinan los eventos futuros y también los posibles riesgos. 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 la toma de decisiones acertadas en la empresa agropecuaria. Por lo tanto, utilizar herramientas tecnológicas resignifica 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.

En este sentido, el objetivo final de la aplicación es brindar soporte para la recolección de datos de diferentes fuentes con almacenamiento compartido, integrar de manera progresiva diversas funcionalidades, explotar la información y obtener conocimiento, con dominio de aplicación en el sector agropecuario, mediante el uso de las TIC. Las funcionalidades actualmente implementadas refieren a consultas espacio temporales sobre el rodeo, que permiten conocer para una región dada y un periodo de tiempo establecido cuáles individuos de rodeo estuvieron presentes, o transitaron por dicha región. Respecto de las parcelas, se puede hacer el trazado de las diversas configuraciones con respecto al posicionamiento de comederos u otros elementos.

Esta aplicación es una componente del desarrollo propuesto en el proyecto total Plataforma Integral para el Agro [1], que ofrece el contexto de una herramienta para la visualización del geoseguimiento de rodeos en establecimientos agropecuarios en diversos periodos de tiempo. Por lo tanto, para el desarrollo de la plataforma integral, 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. Para lograr estas funcionalidades 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, no estructurados y semiestructurados. Por lo que, en la aplicación, para la captura de los datos, se requiere de una infraestructura de conectividad, la cual será implementada por equipos de profesionales abocados al desarrollo de trabajos en comunicaciones de datos y a la vinculación de la red local a Internet [5].

Para el análisis de datos, se propone 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 aplicación con capacidad para futuras incorporaciones en la herramienta.

El proyecto de desarrollo de la plataforma, con esta aplicación integrada, se enmarca en un proyecto experimental denominado *Campo Conectado*, que

surgió como inquietud de varias instituciones, entre ellas el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Estación Experimental Agropecuaria San Luis) y la Universidad Nacional de San Luis, las cuales se propusieron articular líneas de acción con un horizonte inicial a dos años [6]. El objetivo general del Proyecto Campo Conectado es promover un espacio de investigación, intercambio y desarrollo de tecnologías de la información y la comunicación 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.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la siguiente sección se presenta la estructura de múltiples capas a la cual responde la aplicación. Se describen cuáles son los objetivos finales perseguidos en cada capa mostrando cuál es el nivel de avance alcanzado hasta el momento. Además, se describen en las correspondientes subsecciones algunos aspectos teóricos referidos a las Bases de Datos Espacio Temporales, el método de acceso espacio temporal utilizado y cuestiones referidas a la Geometría Computacional. Finalmente, se exponen las conclusiones y perspectivas de trabajo futuro.

2. Arquitectura de múltiples capas de la aplicación

Se propone un desarrollo escalar e integral respecto de las funcionalidades y administración de datos de diferentes tipos. La arquitectura del software presentada a continuación representa el diseño de más alto nivel de la estructura de un sistema.

En una arquitectura de tres capas, se tienen las capas *Presentación*, *Lógica de Negocio y Datos* [7]. La primera, es la visible por el usuario y presenta la aplicación comunicando la información solicitada. Puede tener diversas características, a fin de dar comprensión de la información al usuario. La capa Lógica de Negocio se comunica con la capa Presentación para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa Datos para solicitar a los gestores de base de datos el almacenamiento o recuperación de datos. La capa Datos contiene los datos y es la encargada de acceder a los mismos. Está formada por diversos administradores de repositorios dedicados al tratamiento de los datos. Este modelo tiene características útiles a los efectos del diseño de la aplicación.

En el contexto de la presente aplicación, 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 denominada *Captura*. En dicha capa 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 que recibe datos

de diferentes formatos con frecuencias determinadas, generados y adquiridos a través de diversas fuentes de emisión y recepción.

A continuación se describen las funcionalidades que se pretenden desarrollar en cada capa, especificando lo desarrollado hasta el momento.

Cabe mencionar que la aplicación presentada en este artículo está desarrollada en lenguaje Java utilizando NetBeans como *framework* para la codificación de los algoritmos y la edición del entorno gráfico. Dicho desarrollo está realizado utilizando técnicas de programación orientada a objetos para proveer características de extensibilidad y para estructurar el desarrollo de un sistema complejo. Puede ser ejecutada en cualquier sistema que tenga instalada una Máquina Virtual de Java (JVM) tanto en modalidad de escritorio como desde la web.

2.1. *Capa Presentación*

De manera general, se prevé una interfaz de usuario que mantenga diferentes características, tales como, visualización de los objetos de tratamiento en el mapa del campo, ya sea para el sector de producción agrícola o de producción ganadera; información estadística de apoyo a la gestión agropecuaria; mensajería, a los efectos de enviar avisos, alarmas o mensajes de interés al usuario que ayuden a la toma de decisiones, entre otras.

A continuación, se describen las diferentes funcionalidades implementadas hasta el momento. Al ejecutar la aplicación, se despliega la ventana de la Figura 1. Para realizar la muestra de los datos (animales, parcelas y comederos) se utiliza la capa Lógica de Negocio realizando la conexión con la base de datos relacional. Además, se genera el índice D*Rtree a partir de los datos espacio temporales que fueron capturados y almacenados en la capa Datos.

La ventana se divide en dos sectores principales. A la izquierda se muestra la información de los datos almacenados en las diferentes bases de datos y a la derecha una representación del campo con los animales ubicados de acuerdo a su posición y tiempo inicial.

Como resultado de esta carga, a la izquierda se muestra una lista con la información de los animales que se encuentran almacenados en la base de datos. Al presionar sobre el nombre de un animal, se puede obtener el resto de la información en formato de ficha técnica de dicho animal. Además, se puede filtrar esta lista por nombre, condición corporal o tipo de animal.

En la aplicación se pueden realizar diferentes tipos de consultas, como por ejemplo, las de tipo *Ventana*. Este tipo de consultas consiste en recuperar todos los objetos que intersecan con un área espacial relacionada a un tiempo específico. Hay dos subtipos de este tipo: *Instante* e *Intervalo*, las cuales recuperan todos los objetos que se encuentran en un área espacial en un instante de tiempo específico o todos los objetos que intersecan un área espacial en un intervalo de instantes sucesivos de tiempo, respectivamente.

Otro tipo de consulta que se resuelve en la aplicación es la de *Evento* que permite recuperar los acontecimientos que han sucedido en una región en un instante determinado de tiempo. Actualmente se considera evento a la aparición



Figura 1. Ventana de la aplicación.

o desaparición de objetos en una región en cierto instante de tiempo, es decir, aquellos objetos que entraron o salieron. Esta consulta sólo retorna aquellos objetos cuyos tiempo inicial o tiempo final de permanencia en el área coincide con el tiempo de interés de la consulta en cuestión.

La aplicación también permite recuperar el conjunto de posiciones espaciales en las que un objeto permaneció en un intervalo de tiempo dado, es decir, recupera el recorrido de un objeto en un intervalo de tiempo. Esta consulta se denomina *Trayectoria*.

A continuación, se describe cómo se realizan cada una de estas consultas en la aplicación.

Cada elemento de la lista donde se accede a la descripción de cada vaca tiene un botón que permite consultar la trayectoria que ha realizado ese animal en un determinado intervalo de tiempo. Al utilizar esta funcionalidad se despliega una ventana donde se selecciona el tiempo inicial y el tiempo final de la trayectoria utilizando dos calendarios. Luego, se muestran los resultados dentro del sector del campo resaltando la vaca seleccionada y marcando con una flecha el recorrido realizado. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de la visualización de los resultados del tipo de consulta Trayectoria.

También se pueden realizar consultas de tipo Evento para saber qué animales entraron o salieron de una parcela seleccionada en un instante de tiempo (Figura 3), destacando en la ventana de visualización con color verde aquellas vacas que ingresaron a la parcela y con rojo las que salieron.

Además de la información referida a los animales, hay otra solapa denominada Rodeos donde se muestra información de las vacas que pertenecen a un rodeo en particular, obteniendo la lista de estos animales y, en el sector donde

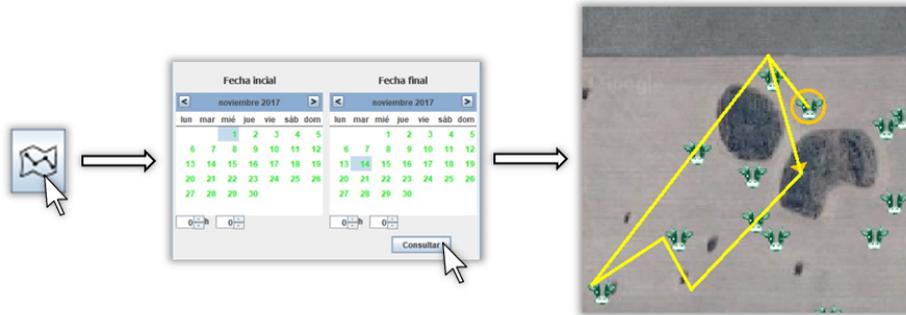


Figura 2. Consulta tipo Trayectoria.

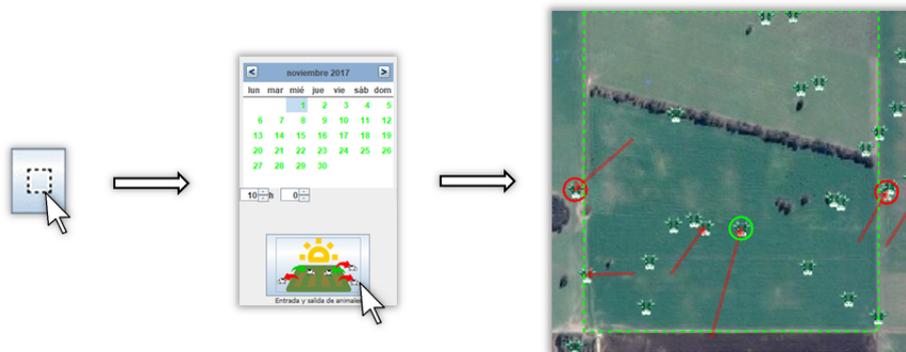


Figura 3. Consulta tipo Evento.

se visualiza el campo, se muestra el cierre convexo que se forma tomando la ubicación de los animales más alejados como puntos de este polígono (Figura 4). Aquí es donde se utilizan los algoritmos de la Geometría Computacional y en particular, el del cierre convexo permite obtener el diámetro y la anchura de un conjunto, y en consecuencia se pueden calcular medidas de dispersión y de trayectoria de las vacas de un rodeo.

La solapa Parcelas muestra información del parcelado del terreno. De la misma manera que con los animales, se puede filtrar según el tipo de parcela. Cada una de ellas se puede resaltar en el parcelado utilizando el botón de selección. Se pueden realizar consultas de tipo Instante o Intervalo utilizando dicha selección como área de consulta, como se muestra en la Figura 5, donde quedan distinguidas las vacas que estuvieron en esa zona en algún instante de tiempo dentro del intervalo consultado. Cabe aclarar que si ambos instantes de tiempo del intervalo son iguales, se resuelve la consulta de tipo Instante.

La solapa Comederos muestra información de los comederos dispuestos en el campo. Al presionar sobre el botón que se encuentra a la derecha de un comedero, se lo selecciona dentro del sector del campo y se muestra el diagrama

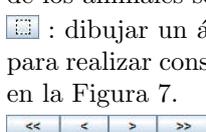


Figura 4. Cierre convexo de un rodeo.

de Voronoi formado por los distintos comederos y se permite moverlos para analizar la ubicación de los mismos (Figura 6).

En Geometría Computacional, el diagrama de Voronoi de un conjunto de puntos S es una subdivisión del plano en un conjunto de regiones de modo que, cada región de Voronoi r_i contiene todas las posiciones más cercanas a r_i que a cualquier otro punto de S . En este sentido, considerando las regiones de Voronoi se pueden encontrar variados usos, como por ejemplo, encontrar el comedero más cercano a una ubicación, cuál es el área de cobertura de cierto comedero, entre otros.

Esta aplicación de visualización cuenta con una botonera superior que permite:

-  : mostrar comederos.
-  : resaltar parcelas con el puntero del ratón.
-  : limpiar el área de representación del campo para mostrar la distribución de los animales solamente.
-  : dibujar un área con el ratón que interseque varias parcelas del terreno para realizar consultas de tipo Instante, Intervalo o Evento, como se muestra en la Figura 7.
-  : mostrar la ubicación de los animales en los distintos instantes de tiempo almacenados.

Para una mejor visualización de la ubicación de los animales dentro del terreno, la aplicación cuenta con operaciones de *zoom* en el sector derecho inferior de la misma.

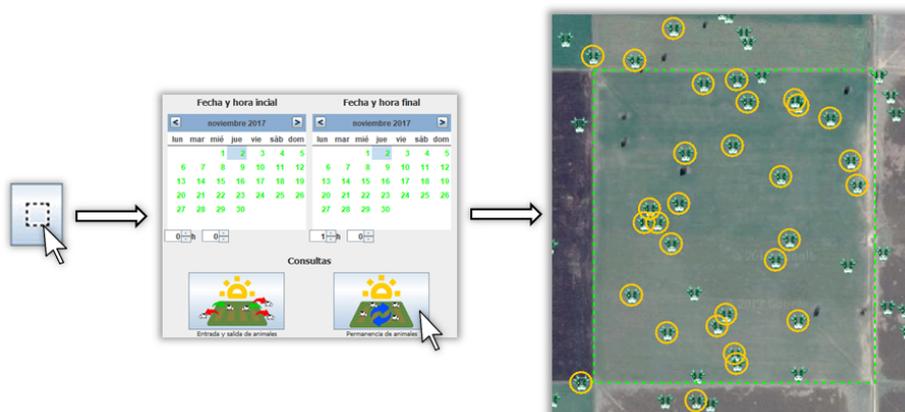


Figura 5. Consulta tipo Intervalo.

2.2. *Capa Lógica de Negocio*

En base a las diferentes funcionalidades, se pretende la explotación de información, desarrollando e implementando los procedimientos adecuados que den respuestas a los requerimientos del usuario. En una segunda etapa, cuando se pueda 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.

Actualmente, se contemplan los procedimientos y algoritmos de consultas espacio temporales y las relacionadas a la Geometría Computacional, los cuales fueron descriptos anteriormente.

2.3. *Capa Datos*

En la aplicación presentada se desarrollan funcionalidades para varios tipos de objetos espacio temporales. Se puede considerar el objeto en sí, o el conjunto de objetos. Particularmente, se consideran vacas (individuo y rodeo) y parcelas (unidad y parcelado). Además, se puede trabajar con comederos para los cuales se mantiene la última posición ocupada.

Considerando los objetos de tratamiento, la aplicación presentada en este artículo requiere 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 de manera eficiente.

En términos disciplinares de bases de datos, estos objetos de estudio se corresponden con tipos de objetos móviles o espacio temporales los cuales cambian

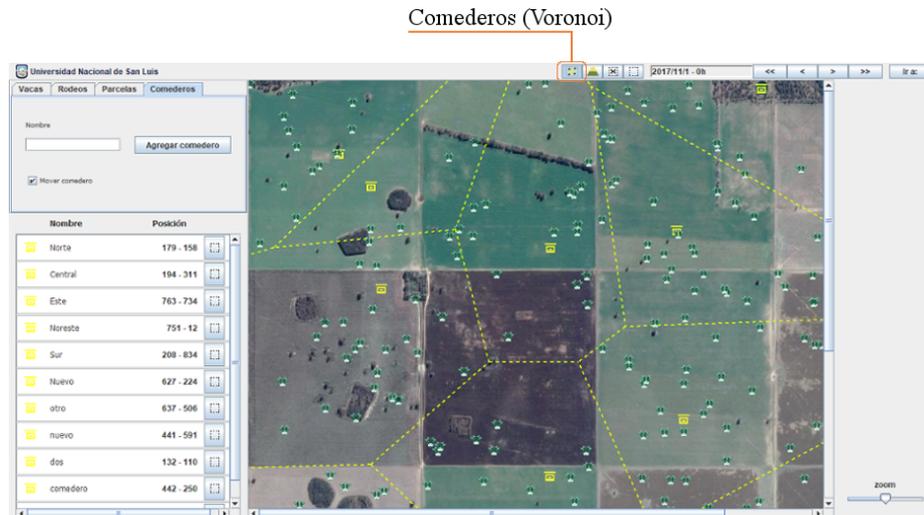


Figura 6. Diagrama de Voronoi sobre comederos.

su forma o posición en el tiempo. Respecto de su forma, se puede modelar como un objeto geométrico y respecto de su posición, se requiere un sistema de coordenadas como marco referencial. Para su almacenamiento y tratamiento, se utilizan bases de datos espacio temporales.

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 [7-9].

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.

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 si-

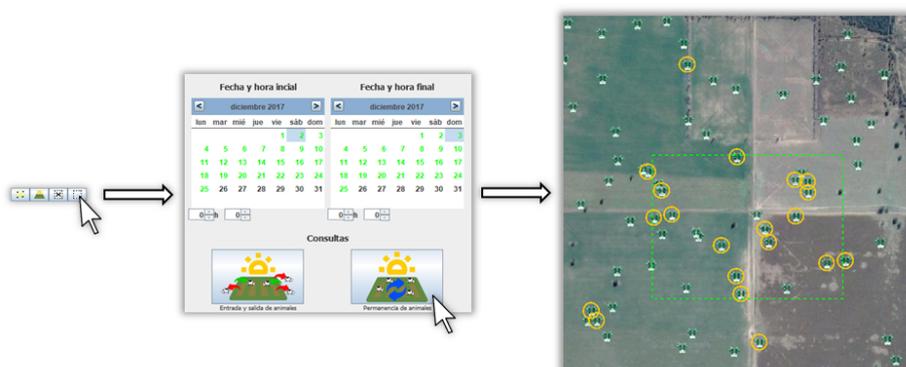


Figura 7. Consulta tipo Intervalo en área definida por el usuario.

tuación 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 [10–13].

A continuación, se describen los índices utilizados en la aplicación presentada, en base a las funcionalidades y aplicabilidad.

El Rtree [14] es uno de los métodos de acceso espacial más estudiados y, por ende, uno de los más conocidos. Es una extensión natural de un B-tree [15] para objetos espaciales (puntos y regiones). Cada nodo corresponde a una página o bloque de disco, por lo que se utiliza en memoria secundaria mediante técnicas de paginado, aunque con cantidades pequeñas de objetos espaciales puede ser utilizado en memoria principal.

Este índice se utiliza como base para desarrollar otros índices que tratan con bases de datos espacio temporales o que manipulan puntos en movimientos y trayectorias.

El método de acceso D*Rtree [11] permite almacenar información de objetos espacio temporales, considerando el pasado y el presente. Está compuesto por una lista de referencias temporales, donde cada referencia temporal da acceso a un Rtree y a una Bitácora que permiten registrar los movimientos históricos y posición actual de cada objeto espacio temporal.

Se complementa con una estructura adicional que permite el acceso directo a los objetos espacio temporales con el objetivo de recuperar sus trayectorias. Este método permite resolver de manera eficiente los cuatro tipos de consultas espacio temporales que se responden en la aplicación presentada: Instante, Intervalo, Evento y Trayectoria.

2.4. *Capa 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.

Los equipos de Electrónica, de Informática y disciplinares del sector agropecuario realizamos encuentros periódicos donde se trabaja en el diseño, implementación y experimentación de transmisión de datos a la plataforma, mediante dispositivos de comunicación desarrollados específicamente para el proyecto general Campo Conectado [6]. 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.

Actualmente, se realizan pruebas con datos generados aleatoriamente pero, luego, en otra fase de prueba, se utilizará información de movimientos reales que realicen los animales dentro del territorio a estudiar. Paralelamente, se está realizando el estudio de implementación del protocolo de captura de los registros de datos de campo de manera tal de estandarizar la lectura de datos, de manera tal que cada dispositivo de lectura que se incorpore al sistema deberá respetar estas consignas.

Se está trabajando en el desarrollo de Web Services para aportar interoperabilidad entre aplicaciones futuras independientemente de sus propiedades o de las plataformas sobre las que se instalen. Se pretenden fomentar estándares y protocolos basados en texto de manera que se facilite el acceso a la información almacenada de los objetos de tratamiento y la comprensión de su funcionamiento. Estos servicios podrán ser combinados fácilmente para proveer acceso tanto desde la web o aplicaciones móviles.

3. Conclusiones y Visión de futuro

En el presente trabajo, se presenta el desarrollo de una aplicación que implementa algoritmos que resuelven problemas geométricos y, además, consultas a bases de datos espacio temporales mostrando los resultados de manera gráfica. Las consultas espacio temporales se resuelven utilizando el índice D*Rtree para almacenar la información de los movimientos de los animales a través del tiempo. Además, se utilizan algoritmos de Geometría Computacional para la distribución de elementos dentro del establecimiento, tales como los comederos y rodeos.

Se pretende ampliar el conjunto de consultas que se pueden responder en la aplicación de manera que ayude al productor en la toma de decisiones brindándole mayor información. Un tipo de consulta a considerar es *Ensamble (Join)* que combina dos conjuntos de objetos espacio temporales de acuerdo con algún predicado que involucra tanto atributos espaciales como temporales. Se podría utilizar, por ejemplo, para identificar 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 *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. Por ejemplo, se podrían 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 aportarán información relevante al estudio del comportamiento animal.

Se propone que la aplicación brinde la posibilidad de sugerir 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 utilizando algoritmos que brinda la Geometría Computacional y análisis de datos. Así, 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.

Con respecto al método de acceso espacio temporal utilizado se propone realizar pruebas con otros existentes en la literatura los cuales son factibles de ser utilizados en el desarrollo de la aplicación, tales como, 3D Rtree [16], I+3 Rtree [10]. Por lo que se deja abierta la posibilidad de implementar algún otro método con el objetivo de mejorar el desempeño de la aplicación.

Como funcionalidades futuras de la aplicación y respetando el objetivo final de la plataforma integral, en el marco del proyecto Campo Conectado, 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.

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 que impliquen diseños y experimentaciones en el Establecimiento seleccionado en el marco del proyecto interinstitucional e interdisciplinario denominado Campo Conectado.

Agradecimientos

Este trabajo es subvencionado por el Proyecto *Tecnologías Avanzadas de Bases de Datos*, Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis. Los autores agradecen a los colegas por el trabajo interdisciplinario en el marco del Proyecto Campo Conectado, especialmente al equipo de Ingeniería Electrónica del Proyecto *Diseño jerárquico de arquitectura de red de sensores inalámbricos para aplicaciones en agricultura y monitoreo ambiental* de la UNSL, y al equipo de la Estación Experimental Agropecuaria San Luis (INTA) por sus valiosas contribuciones y al Establecimiento Los Chañares.

Referencias

1. Gagliardi, E., Dorzán, M., Taranilla, M., Palmero, P., Casanova, C.: Propuesta de plataforma para la integración de tic orientadas al agro. 9° Congreso de AgroInformática (XLIII CLEI / 46 JAIIO) (2017)
2. Davenport, T., Prusak, L.: Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Volume 1. (1998)
3. Balestri, L., Ferrán, A., Giorgis, A.: La Toma de Decisiones en Las Empresas Agropecuarias Del Norte de la Provincia de La Pampa. Ciencia Veterinaria. Number v. 3; v. 2001. Red Universidad Nacional de La Pampa (2000)
4. Luis, C., Molina, F.: Data mining: torturando a los datos hasta que confiesen. (2018)
5. Ramero, L., Silnik, A., Debattista, A., Kiessling, R., Valenzuela, A.: Propuesta de arquitectura de red de datos para el proyecto campo conectado. 9° Congreso de AgroInformática (XLIII CLEI / 46 JAIIO) (2017)
6. UNSL, INTA: Campo conectado. (2017)
7. Elmasri, R., Navathe, S.B.: Fundamentals of Database Systems (5th Edition). Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA (2006)
8. Manolopoulos, Y., Papadopoulos, A., Vassilakopoulos, M., eds.: Spatial Databases: Technologies, Techniques and Trends. Idea Group (2005)
9. Shekhar, S., Chawla, S.: Spatial databases - a tour. Prentice Hall (2003)
10. Carrasco, F., Gagliardi, E., García Sosa, J., Gutierrez, G.: Una propuesta de un método de acceso espacio-temporal: I+ 3 r-tree. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (2006)
11. Dorzán, M., Gagliardi, E., Gómez Barroso, J., Gutiérrez Retamal, G.: Un nuevo índice eficiente para resolver diversas consultas espacio-temporales. Conferencia Latinoamericana de Informática (2006)
12. Gagliardi, E., Carrasco, F., García Sosa, J.: I+3 rtree: un método de acceso espacio-temporal. XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (2009)
13. Gagliardi, E., Dorzán, M., Gómez Barroso, J., Gutiérrez Retamal, G.: D*rtree: un método eficiente para responder consultas espacio-temporales. XII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (2006)
14. Guttman, A.: Rtrees: A dynamic index structure for spatial searching. SIGMOD Rec. (June 1984) 47–57
15. Bayer, R., McCreight, E.: Organization and maintenance of large ordered indices. In: Proceedings of the 1970 ACM SIGFIDET (Now SIGMOD) Workshop on Data Description, Access and Control. SIGFIDET '70, New York, NY, USA, ACM (1970) 107–141
16. Theodoridis, Y., Vazirgiannis, M., Sellis, T.: Spatio-temporal indexing for large multimedia applications. In: Proceedings of the Third IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems. (June 1996) 441–448