

# Aportes vinculados a Bases de Datos Espaciales y Espacio Temporales

Edilma Olinda Gagliardi, Maria Gisela Dorzán, Maria Teresa Taranilla,

Pablo Rafael Palmero y Carlos Andrés Casanova

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

Gregorio Hernández Peñalver

Departamento de Matemática Aplicada  
Facultad de Informática  
Universidad Politécnica de Madrid, España  
gregorio@fi.upm.es

## RESUMEN

La línea de investigación *Bases de Datos Espaciales y Espacio Temporales* del proyecto *Tecnologías Avanzadas de Bases de Datos*, está orientada a vincular las disciplinas Bases de Datos, Geometría Computacional y Metaheurísticas. El objetivo general es utilizar técnicas, métodos y herramientas para investigación de base, así como el desarrollo de aplicaciones para contribuir en la resolución de problemas provenientes de diferentes dominios de aplicación.

**Palabras clave:** Bases de Datos, Geometría Computacional, Metaheurísticas, Bases de Datos Espaciales y Espacio Temporales, AgroTIC.

## CONTEXTO

El proyecto *Tecnologías Avanzadas de Bases de Datos* desarrolla actividades relacionadas al tratamiento de objetos, estructurados y no estructurados, utilizados en diversos campos de aplicación, tales como sistemas de información geográfica, computación gráfica, computación móvil, robótica, diseño asistido por computadora, motores de búsqueda en internet, entre otras.

En el citado proyecto coexisten tres líneas de

investigación, orientadas al desarrollo de nuevos modelos para administrar y recuperar información almacenada en repositorios de datos no estructurados, donde los escenarios de exploración requieren modelos no tradicionales tales como las bases de datos de texto, bases de datos espaciales, espacio temporales, bases de datos de imágenes, bases de datos de sonidos, espacios métricos, entre otros.

En particular, los modelos de bases de datos espaciales y espacio temporales se utilizan en aplicaciones en las cuales se necesita guardar y consultar información actual e histórica de posiciones referenciadas espacialmente y cambios de forma que tuvieron los objetos de estudio en diferentes escenarios a lo largo del tiempo. De esta manera, se plantea la necesidad de la incorporación de métodos científicos, procesos y sistemas de descubrimiento de información oculta en grandes cantidades de datos estructurados y no estructurados, para obtener información a los efectos de contribuir en la toma de decisiones en un sistema.

En este contexto, se vinculan las disciplinas Bases de Datos, Geometría Computacional y Metaheurísticas con la finalidad de recurrir a métodos y herramientas que aporten en la resolución de problemas de diversos dominios

de aplicación y para la resolución de problemas orientados a optimización.

El trabajo de investigación de la línea se desarrolla en estrecha colaboración con investigadores afines de proyectos de la Universidad Nacional de San Luis, convenios entre organizaciones nacionales y provinciales con presencia en San Luis, como así también de universidades extranjeras mediante convenios de cooperación interinstitucional.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) generan mejoras en diversas actividades humanas y continúan incorporando cambios sociales, económicos y culturales, entre otros, convirtiéndose en procesos clave para accionar sobre el presente y proyectar hacia el futuro. Así, diferentes situaciones del mundo real ameritan el uso de las mismas, en pos de una mejora sustancial en cuestiones de calidad, gestión, economía, etc.

En particular, con el objetivo de estudiar la potencialidad y alcance real de las TIC en el ámbito de la producción agropecuaria se integró el proyecto *Campo Conectado*, que surgió a partir de la inquietud de varias instituciones, entre ellas el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Luis) y la Universidad Nacional de San Luis [1].

Otro eje de trabajo, que define objetivos de investigación está relacionado con problemas de optimización combinatoria, para los cuales no se puede garantizar encontrar la mejor solución en un tiempo razonable, para todas las instancias del problema. La optimización procura encontrar la mejor solución posible a un problema de este tipo dentro de un período de tiempo limitado. En Geometría Computacional, la optimización de configuraciones geométricas respecto de ciertos criterios de calidad, pertenecen a esta clase de problemas y pueden resolverse utilizando métodos de aproximación, tales como las técnicas metaheurísticas [2].

Una metaheurística es un proceso de generación iterativo que guía la búsqueda de

soluciones combinando inteligentemente diferentes conceptos de campos diversos como inteligencia artificial, evolución biológica, inteligencia colectiva, sistemas inmunes, entre otros [10].

Algunos de los problemas de optimización estudiados son la Triangulación de Peso Mínimo (Minimum Weight Triangulation, MWT) y la Pseudo-Triangulación de Peso Mínimo (Minimum Weight Pseudo-Triangulation, MWPT), problemas de carácter NP-duro [8, 11]. La Triangulación de Dilación Mínima (Minimum Dilation Triangulation, MDT) donde la dilación mide la calidad de conexión entre puntos de la triangulación es otro problema estudiado. Para este problema no se conoce un algoritmo que lo resuelva en tiempo polinomial y tampoco se ha demostrado que sea NP-duro [9].

La utilización de configuraciones geométricas optimizadas respecto de algún criterio de calidad, resulta como soporte de estrategias en la resolución de problemas vinculados con bases de datos espaciales y espacio temporales.

## 2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

En la línea se investigan diversos dominios de aplicación de bases de datos espaciales y espacio temporales, con uso de técnicas y herramientas de apoyo en la resolución de problemas.

Entre los tópicos de estudio se pueden mencionar:

- Diseño y aplicación de índices espacio temporales, en diversos escenarios de movimiento.
- Aplicación de la Geometría Computacional y su marco disciplinar, para considerar aspectos propios de los problemas involucrados.
- Optimización de estructuras geométricas relacionadas con las bases de datos citadas, mediante la aplicación de metaheurísticas para la optimización de problemas NP-duros en Geometría Computacional.

- Desarrollo de herramientas para la visualización de información y aplicaciones vinculadas con bases de datos espacio temporales.

Como objetivos específicos en la línea de investigación se propone:

- Desarrollo de aplicaciones de Bases de Datos Espaciales y Espacio Temporales, con aplicación de herramientas de Geometría Computacional y la incorporación de procesos de descubrimiento de la información, utilizando métodos que permitan obtener información mediante análisis avanzados.
- Estudio de la indexación espacio temporal sobre objetos en movimiento para diversos escenarios. Desarrollo de las estructuras de almacenamiento, algoritmos de consulta y evaluación experimental.
- Estudio de configuraciones geométricas de puntos en el plano considerando medidas de calidad, mediante la aplicación de técnicas metaheurísticas y diversas estrategias algorítmicas.
- Desarrollo de herramientas para la visualización vinculadas a las bases de datos mencionadas.

### **3. RESULTADOS OBTENIDOS**

En el marco del proyecto Campo Conectado, se propone accionar en la gestión de herramientas y desarrollos tecnológicos aplicados a la gestión de la producción agropecuaria en sistemas reales de producción.

En este contexto, se presentó una propuesta de desarrollo de una plataforma integral, soporte para diversos eventos y sistemas de información con dominio de aplicación en el sector agropecuario, mediante el uso de las TIC. Sus características principales están orientadas a la recolección de datos de diferentes fuentes con almacenamiento compartido, integración progresiva de diversas funcionalidades, explotación y visualización de la información [5].

En el marco de esta plataforma integral se trabaja en el desarrollo de una herramienta para el seguimiento espacio temporal de rodeos en establecimientos agropecuarios, mediante el uso de las TIC y de las Bases de Datos Espacio Temporales, con herramientas de Geometría Computacional. La herramienta realiza la comunicación con las bases de datos y las consultas espaciales y espacio temporales de los objetos de tratamiento, así como la visualización del geoseguimiento disponible por medio de tecnología móvil [7].

Conjuntamente se propone el desarrollo de una herramienta de apoyo en la gestión de rodeos de cría, que permite la recolección de datos desde diferentes fuentes para la inferencia y el seguimiento de la condición corporal de los individuos del rodeo. La herramienta provee funcionalidades para el análisis de datos, generación de indicadores, obtención de conocimiento de apoyo para la toma de decisiones y visualización de la información disponible por medio de tecnología móvil [6].

Estas herramientas, actualmente en etapa de desarrollo, estarán incluidas en la plataforma integral para permitir realizar un seguimiento del rodeo y generar indicadores que aporten información relevante para el proceso de toma de decisiones. Dicha plataforma se propone disponible en la web, con accesibilidad mediante tecnología móvil (I+D+i).

En relación al desarrollo de herramientas para la visualización vinculadas a las bases de datos mencionadas, se propuso como objetivo la difusión del material fotográfico perteneciente a José La Vía alojado en la Fototeca de la Universidad Nacional de San Luis. Dicho objetivo se logró con la creación de una aplicación que permite enlazar el pasado con el presente, permitiendo a los usuarios redescubrir la ciudad de San Luis desde una óptica distinta. Este desarrollo se encuentra orientado a dispositivos móviles con sistema operativo Android y haciendo hincapié principalmente en el uso de Realidad Aumentada para lograr una experiencia atractiva al transitar por la ciudad, poniendo en valor al fondo fotográfico custodiado por la Fototeca. El desarrollo de estas herramientas

se plasmó en un trabajo final de Licenciatura en Ciencias de la Computación.

Con respecto a problemas de optimización abordados con técnicas metaheurísticas, se retomó el problema MDT para el cual, actualmente, se está utilizando el modelo de Programación Evolutiva introducido por L. J. Fogel [4], con el fin de desarrollar nuevos operadores y obtener resultados que se puedan comparar con los obtenidos anteriormente. Este modelo se basa en el comportamiento adaptativo de las nuevas generaciones más que en la modificación de cromosomas de cada individuo. La Programación Evolutiva utiliza sólo dos operadores: mutación y selección, es decir que no se realiza recombinación. Los resultados serán contrastados con los obtenidos con los algoritmos: Greedy, Local Search (LS), Iterated Local Search (ILS), Simulated Annealing (SA), y Random Local Search (RLS) presentados en [3].

#### 4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El grupo de trabajo en la Universidad Nacional de San Luis, consolida su formación con actividades de cooperación mutua e intercambio recíproco de información científica, tecnología y desarrollo de nuevos conocimientos con investigadores locales y de otras universidades.

Entre las actividades más destacadas, se mencionan:

- i) Formación de recursos humanos reflejada en tesis doctorales, tesis de maestría y Licenciados en Ciencias de la Computación.
- ii) Actividades de formación académica, a través del dictado y realización de cursos de posgrado y de especialización.
- iii) Realización de jornadas de investigación con docentes de otras universidades.
- iv) Actividades de divulgación científica, conferencias y publicaciones en congresos.
- v) Integración del proyecto interinstitucional Campo Conectado.

La línea tiene como un objetivo continuar con las actividades relacionadas al presente proyecto, proponiendo nuevas actividades de formación académica, de formación de recursos humanos, investigación, desarrollo, y otras actividades académico-científicas vinculantes.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Campo Conectado*, proyecto interinstitucional. <http://inta.gob.ar/noticias/campo-conectado-un-nuevo-proyecto-interinstitucional> (2017).
- [2] de Berg, M., Cheong O., van Kreveld, M., Overmars, M., *Computational Geometry: Algorithms and Applications.*, Springer-Verlag, Heidelberg (2008).
- [3] Dorzán M. G. et al. *Approximated algorithms for the minimum dilation triangulation problem.* Journal Heuristics 189–209 (2014).
- [4] Fogel, L. J. *Autonomous automata.* Industrial Research 4, 14-19 (1962).
- [5] Gagliardi, E., Dorzán, M. G., Taranilla, M. T., Palmero, P., Casanova, C.: *Propuesta de plataforma para la integración de TIC orientadas al Agro* Anales de CAI 2017 Congreso de AgroInformática, 46JAIIO (2017)
- [6] Gagliardi, E.; Dorzán, M.G.; Taranilla, M.T.; Palmero, P.; Casanova, C.: *Diseño de una herramienta de apoyo en la gestión de rodeos de cría.* Anales de CAI 2018 Congreso de AgroInformática, 47JAIIO (2018).
- [7] Gagliardi, E.; Dorzán, M.G.; Taranilla, M.T.; Palmero, P.; Casanova, C.: *GeoSeguimiento de Rodeos, hacia una plataforma integral para el Agro.* Anales de CAI 2018 Congreso de AgroInformática, 47JAIIO (2018).
- [8] Gudmundsson J., Levcopoulos C.; *Minimum weight pseudo-triangulations.* Computational Geometry. Theory and applications. Elsevier Vol. 38- Pages 139-153 (2007).
- [9] Knauer, C., Mulzer, W.: *Minimum Dilation Triangulations.* Tech. rep., FreieUniversitt Berlin, Fachbereich Mathematik und Informatik (2005).
- [10] Michalewicz Z., Fogel D., *How to Solve It: Modern Heuristics*, Springer, (2004).
- [11] Mulzer W., Rote G. *Minimum weight triangulation is NP-hard.* Proceedings of the 22 Annual ACM Symposium on Computational Geometry (2006).