

IOT APLICADO A LA GANADERIA DE PRECISION

Paola I. Beltramini¹, Ivana Lazarte², Marcos D. Aranda^{1,5}, J. Eduardo Cano¹, L. Daniel Villagran¹, Oscar A. Herrera Conegliano^{3,4}, Sergio H. Gallina¹

pbeltramini@tecno.unca.edu.ar, sgallina@tecno.unca.edu.ar

(1) Grupo de Investigación en Internet de las Cosas (GIIoT), Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca (UNCA).

(2) Laboratorio de Tecnologías de Información y las Comunicaciones, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Catamarca (UNCA).

(3) Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca (UNCA).

(4) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

(5) Universidad Siglo 21.

AREA TEMATICA: Arquitectura, Redes y Sistemas Operativos

RESUMEN

La conjugación y aplicación de las TIC, el Internet de las Cosas y las comunicaciones, en el sector agropecuario, posibilitan mejoras considerables de los procesos productivos, contribuyendo al desarrollo, al manejo y a la producción rentable y sostenible de la región. Bajo esta premisa, docentes investigadores de la UNCA estamos trabajando en el diseño e implementación de un nodo IoT de propósitos generales, con tecnología de comunicación LPWAN, que permitirá generar herramientas de base tecnológica para obtener información en tiempo real, con el fin de gestionar recursos de manera eficiente para la toma de decisiones, contribuyendo al desarrollo agroindustrial extensivo en regiones aisladas del noroeste de la República Argentina la finalización del proyecto permitirá dar respuesta a problemáticas del sector público y privado como también al sector científico técnico proponiendo un desarrollo en base a tecnologías altamente integradas y sistemas de comunicación de última generación.

Palabras Claves: IoT, Ganadería, LPWAN

CONTEXTO

El proyecto “IoT aplicado a la ganadería de precisión”, fue presentado en la convocatoria de Proyectos de Investigación y Desarrollo Interdisciplinarios (PIDI) 2022 de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCA),

siendo aprobado y financiado por dicha Institución.

El proyecto se ejecuta en la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas (FTyCA) de la Universidad Nacional de Catamarca, principalmente en el Laboratorio que posee el grupo de investigación en Internet de las Cosas (GIIoT) y el Laboratorio de TIC's, los cuales aportan los materiales, equipamiento e instrumental necesarios.

Participan además investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la UNCA y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-EEA Catamarca), principalmente del grupo de Ganadería de Precisión.

La participación del INTA resulta fundamental ya que permitirá adaptar, evaluar y validar a campo el impacto de la incorporación del sistema desarrollado en el logro de la eficiencia técnico-económica, ambiental y social de los sistemas productivos a diferentes escalas.

Durante el progreso de investigación propuesta se buscará promover y gestionar vínculos y alianzas estratégicas con el INTA, en su función de Organismo vinculado al desarrollo agro-tecnológico, y otros Organismos públicos y Asociaciones de productores, para el fortalecimiento de la I+D y la transferencia efectiva de tecnologías surgidas del proyecto.

1. INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario tradicionalmente se consideraba lejos de los avances tecnológicos, sin embargo, encontró en las tecnologías blandas la manera de ser más eficiente, rentable,

sostenible y amigable con el medioambiente. La conjugación de la industria del software, el internet de las cosas (IoT) y la ciencia de datos, está brindando a nivel mundial una ventana de oportunidad para toda la gestión agro-ganadera, representando la revolución tecnológica del sector agropecuario, como lo fue el tractor a principios del siglo XIX.

En zonas áridas del Noroeste Argentino (NOA), la ganadería se realiza de manera extensiva, es decir, se emplean amplias superficies donde los animales recorren grandes distancias en busca de alimento y agua, por lo que es una demanda regional actual la necesidad de contar con información de la localización animal, sus patrones de desplazamiento, parámetros biológicos del ganado, entre otros, y herramientas de procesamiento y análisis de estos datos tanto con fines de investigación como con fines productivos.

Para conseguir esta información se utilizan “Nodos”, que tienen como función primaria la recolección y transmisión de datos provenientes de diferentes sensores, a un control centralizado. Los datos recolectados por estos nodos, pueden almacenarse en memorias o enviarse a un servidor de red a través de un Gateway, para su posterior análisis y procesamiento, y, mediante la aplicación de la Ciencia de Datos, generar información de gran valor para la toma de decisiones. Dada las características geográficas de la región, resultan de gran importancia para la transmisión de la información las redes LPWAN, que son redes inalámbricas de baja potencia y reducido consumo energético, siendo la mejor alternativa ante las actuales tecnologías móviles de comunicación, en aquellas regiones donde 3G / 4G / WiFi, no tienen cobertura.

La incorporación de estas nuevas tecnologías al sector agropecuario ya es una realidad, principalmente aplicaciones de agricultura de precisión, pero no es de uso intensivo en las empresas agropecuarias del noroeste argentino. Existen esfuerzos de diversos actores del sector de ciencia y tecnología y del sector público y privado, que propenden a generar desarrollos de hardware y software para aportar soluciones al sector pecuario. Tal es el caso del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), que está desarrollando herramientas destinadas

a dar respuestas de precisión en diferentes áreas, como, por ejemplo, alimentación, lechería, comportamiento [3], manejo [5] [4], nutrición, consumo residual [1], etc.

En la provincia de Catamarca, estas tecnologías no se han difundido o aplicado en forma masiva en los sectores productivos primarios como son la agricultura y la ganadería debido, en parte, a la falta de dispositivos y componentes a un costo accesible, la falta de operadores y personal de mantenimiento. Además, en esta provincia los sistemas productivos ganaderos tienen en general niveles de productividad bajos y con grandes fluctuaciones entre años, principalmente por sobrepastoreo, avance de frontera agropecuaria, poca tecnificación y mal manejo de suelos.

La implementación de estas tecnologías, además, fomenta un cambio de paradigma para que el trabajo del campo sea más atractivo para las nuevas generaciones, lo cual impacta no solo la producción del campo, sino a los jóvenes que por distintos motivos ya no se encuentran en el sector rural [7].

El fomento de una industria de TIC aplicadas a un sector esencial en Argentina como lo es el conjunto de cadenas productivas agroindustriales, puede mejorar la posición competitiva del país en este segmento a nivel de costos, ganancias de eficiencia y de productividad en el mercado internacional, así como captar rentas tecnológicas adicionales respecto de los servicios que actualmente se proveen al exterior, pudiendo generar una marca país que se potencie a través de las sinergias entre un sector y otro. Por otra parte, la inversión a nivel de infraestructuras, formación de recursos humanos, centros de investigación y los modelos de gestión de la información agropecuaria pueden contribuir como base para desarrollar otros segmentos verticales [2].

Por ello, el impacto a nivel de cadena productiva de la incorporación del desarrollo propuesto, está dado porque se dispondría de hardware y software nacional, ajustado a nuestra realidad y con posibilidades de escalar a otros mercados, mejorando la productividad. Debido a que el factor económico representa la mayor restricción para el desarrollo de estas tecnologías, es imperativo lograr dispositivos de

bajo costo y bajo consumo de energía, como el que se propone en este proyecto.

El desarrollo de estas innovaciones implica además la generación de redes y la articulación público-privada de la región, desde el reconocimiento de demandas, a su validación e implementación, generando recursos humanos altamente capacitados en el uso y aplicación de estas tecnologías.

2. LINEAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

De las áreas y líneas temática de la convocatoria PIDI 2022, este proyecto se incluye en las temáticas “Energía, materiales y tecnologías” - “Plataformas Tecnológicas”, dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible el de “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación”.

Se pretende desarrollar el Know-how para el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías electrónicas, informáticas y de comunicaciones, en la región NOA, que redunden en una mejora de la actividad ganadera, incrementando la producción y rentabilidad, con sostenibilidad del territorio.

Para el desarrollo se deberá lograr el dominio de:

- *Tecnología de sensores de bajo costo y potencia.* Los sensores asequibles y fiables están haciendo posible la tecnología IoT .
- *Conectividad.* Una gran cantidad de protocolos de red para Internet permiten la conexión de sensores a la nube y a otras cosas para lograr una transferencia de datos eficiente
- *Plataformas de informática en la nube.* El aumento en la disponibilidad de plataformas en la nube permite a las empresas y a los consumidores acceder a la infraestructura que necesitan para escalar sin tener que administrarlo todo.
- *Aprendizaje automático y analítica.* Con los avances en aprendizaje automático y analítica, junto con el acceso a cantidades grandes y variadas de datos almacenados en la nube, se puede recopilar información de forma más rápida y fácil.

Asegurar el éxito del desarrollo del mismo requiere la interrelación de al menos tres ingenierías muy relacionadas, la electrónica, la informática y la agronomía.

3. RESULTADOS OBTENIDOS / ESPERADOS

Desde el año 2019, los integrantes del presente proyecto trabajan de manera ininterrumpida en el desarrollo de un nodo prototipo para obtener información acerca de la posición y estado biológico del ganado en áreas extensivas, para atender a una demanda del INTA Catamarca [6]. Derivados de ese trabajo se comenzó el estudio de la transmisión de los datos recolectados por el nodo en redes LPWAN, los protocolos de comunicación y en particular LoRa.

Podemos mencionar algunas de las publicaciones realizadas por el grupo en los últimos años en temáticas afines a la del proyecto: “IoT aplicado a la ganadería de precisión”, 2021; “Tecnología inteligente para la industria ganadera local”, 2021; “Sistema de control de rodeos con nodos inteligentes”, 2016; “Diseño de un nodo inteligente para instalaciones en vivienda”, 2016; “Protocolo de comunicación entre nodos inteligentes de una red domótica”, 2015, entre otras.

En esta misma línea de investigación, el presente proyecto de investigación tiene como finalidad diseñar, modelar, implementar y transferir, un sistema embebido aplicable a la ganadería extensiva de precisión, el cual permita la captura de parámetros ambientales y biométricos, la conexión a una red de datos de baja potencia (LPWAN), la transmisión de la información al usuario final y la posibilidad de manejo de la información recibida. Enmarcado en las nuevas tecnologías IoT.

Se espera, además:

- Desarrollar actividades y productos de I+D para el sector agropecuario, que generen herramientas de base tecnológica para obtener información en tiempo real, tendiendo a la unidad más pequeña de análisis (animal y ambiente) con el fin de gestionar recursos de manera eficiente para la toma de decisiones.
- Estudiar y aplicar las tecnologías de redes inalámbricas de bajo consumo LPWAN,

verificando los alcances reales en terrenos con dificultosa accesibilidad.

- Analizar, seleccionar y aplicar algoritmos basados en aprendizaje automático que permitan mejorar la calidad del desarrollo ganadero de precisión, a través del monitoreo.

- Adaptar, evaluar y validar a campo el impacto de la incorporación del sistema desarrollado en el logro de la eficiencia técnico-económica, ambiental y social de los sistemas productivos a diferentes escalas.

- Promover y gestionar vínculos y alianzas estratégicas con el INTA, en su función de Organismo vinculado al desarrollo agro-tecnológico, y otros Organismos públicos y Asociaciones de productores, para el fortalecimiento de la I+D y la transferencia efectiva de tecnologías surgidas del proyecto.

- Promover espacios de capacitación en el uso de IoT y la Ciencia de Datos con contenidos diferenciados acorde a los grupos objetivo.

- Difundir los resultados obtenidos mediante publicaciones y participaciones en reuniones científicas y académicas, permitiendo complementar la enseñanza en las carreras de Ingeniería Electrónica, Ing. en Informática e Ing. Agronómica de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCA).

4. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo está conformado por docentes investigadores de las carreras de Ingeniería Electrónica, Ingeniería Informática e Ingeniería en Agronomía de la UNCA, que vienen trabajando y desarrollando actividades de docencia, investigación y vinculación tecnológica, en temáticas afines al proyecto.

Integrantes del Grupo de Investigación en Internet de las Cosas (GIIoT) de la FTyCA, con experiencia en proyectos de investigación relacionados a los sistemas embebidos, la Domótica y al desarrollo e implementación de nodos y redes inteligentes para propósitos generales y aplicaciones ganaderas. Desde el año 2019, se trabaja de manera conjunta con el INTA, a partir de un Convenio de Vinculación Tecnológica, con el objetivo de promover el desarrollo agropecuario y ganadero, atendiendo de esta manera a los crecientes requerimientos

del sector, principalmente en zonas áridas donde el animal debe recorrer largas distancias diarias para buscar alimento.

Respecto a los integrantes del equipo, continuamente se capacitan en temas afines al proyecto. Uno de los integrantes está realizando el Doctorado en Ingeniería, mención Electrónica, en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Regional Córdoba, cuyo tema de trabajo es “Aprendizaje Automático aplicado a la calidad del desarrollo en la Ganadería de Precisión”. Por otro lado, poseen formación en docencia universitaria y en enseñanza por competencias, por lo que el aporte desde el punto de vista pedagógico también está previsto ser abordado con ese importante aporte.

Integra el equipo de investigadores un Ing. Agrónomo, investigador del Grupo de Producciones Pecuarias de INTA EEA Catamarca y docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCA. El área laboral de interés y el ámbito de sus publicaciones abarcan la cría de ganado en zonas áridas.

Como actividades complementarias los miembros del equipo participan en actividades de extensión universitaria desde el año 2016, tanto en funciones de dirección e integrantes de proyectos de voluntariado y extensión, como en la participación en ferias y actividades difusión de Ciencia y la Tecnología.

Anualmente se incorporan al equipo alumnos becario en investigación, en esta oportunidad y desde el año 2022 participa una alumna avanzada de la carrera de Ing. Electrónica.

En virtud de las capacidades de los integrantes del grupo, fruto de las actividades de capacitación, investigación y divulgación llevadas a cabo durante sus años de ejercicio profesional, se puede garantizar la factibilidad del proyecto presentado.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Alende, M.; Garro, R.; Camiletti, M.; Pordomingo, A.J. (2017). El consumo residual en bovinos: base fisiológica. En: Producción bovinos para carne (2013-2017) Programa Nacional de Producción Animal. Alimentación de bovinos para carne. Publicación Técnica No 209, página 291-297.
- [2] Baum, G., Artopoulos, A., Aguerre, C., Albornoz, I., & Robert, V. (2009). Libro blanco

- de la prospectiva tic: proyecto 2020. - 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Argentina. ISBN 978-987-1632-00-8.
- [3] Bailey, D. W., Gross, J. E., Laca, E. A., Rittenhouse, L. R., Coughenour, M. B., Swift, D. M., & Sims, P. L. (1996). Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns.
- [4] Fuhlendorf, S. D., Engle, D. M., Elmore, R. D., Limb, R. F., & Bidwell, T. G. (2012). Conservation of pattern and process: developing an alternative paradigm of rangeland management. *Rangeland Ecology & Management*, 65(6), 579-589.
- [5] Scarnecchia, D. L., & Kothmann, M. M. (1982). A dynamic approach to grazing management terminology. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 35(2), 262-264.
- [6] Aranda, M., Beltramini, P., Cano, J., Virragrán, L., Moreno, J., Gallina, S., & Herrera Conegliano, O. A. (2021). IoT aplicado a la ganadería extensiva. *Revista Argentina de Ingeniería*. Año 9, vol. 17. ISSN 2314-0925.
- [7] Soto, J. P. T., Suárez, J. D. L. S. S., Rodríguez, A. B., & Cainaba, G. O. R. (2019). Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual. *Lámpsakos*, (22), 86-105.
- Zabaleta Miren “Nodos IoT: qué son y por qué están tan presentes en el Internet de las Cosas”. España. 24 de mayo de 2021.
- Vite, H., Vargas, O., Vargas, L. y Vargas, J., (2018) Internet de las cosas aplicado a la producción agropecuaria, Editorial Grupo Compás, Guayaquil, Ecuador.
- Guerrero-Casado, J. (2017). Producción científica latinoamericana indexada en Scopus en el área de las ciencias agropecuarias: análisis del período 1996-2016. *Idesia (Arica)*, 35(4), 27-33.
- Pérez, R., Navajas, S., & Terry, E. (2019). IoT en ALC 2019: tomando el pulso al Internet de las Cosas en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <http://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DE%20LIBROS%20ELECTRONICO/S/LE-1966/LE-1966.pdf>
- Quintero Albornoz, J. S. (2020). Dispositivo IoT para el control de identificación y movilidad pecuaria. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Loja Aguilar, A. F., & Naula Cedacero, E. M. (2022). Diseño de un sistema de monitoreo de posicionamiento y de la temperatura del entorno para ganado bovino utilizando una red de área local (Tesis de Grado). Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.
- Cangrejo Aguirre, D. C., & Hernández López, D. M. (2019). Sistema de apoyo a la prevención del abigeato de ganado bovino utilizando tecnologías IoT y Cloud. (Tesis de Grado). Universidad Santo Tomás, Bogotá. Colombia.
- Gorandi, E., Clemares, N., & Moltoni, A. (2015). Collar con tecnología GPS para monitoreo animal. *Investigación y Desarrollo en Electrónica*. Año 1, Num. 2. ISSN: 2468-9696
- Hermans, J. & Castiaux, A. (2007). Knowledge Creation through University-Industry Collaborative Research Projects. *The Electronic Journal of Knowledge Management*, 5(1), 43-54. <https://researchportal.unamur.be/en/publications/knowledge-creation-through-university-industry-collaborative-rese-2>