

# Inclusión de tecnologías IoT y Ciencia de datos en la producción ganadera

Paola I. Beltramini  
Facultad de Tecnología y Cs.Apl.  
UNCA  
Catamarca, Argentina  
pbeltramini@tecno.unca.edu.ar

Marcos D. Aranda  
Facultad de Tecnología y Cs.Apl.  
UNCA  
Catamarca, Argentina  
maranda@tecno.unca.edu.ar

Jesús E. Cano  
Facultad de Tecnología y Cs.Apl.  
UNCA  
Catamarca, Argentina  
jecano@tecno.unca.edu.ar

Luis D. Villagrán  
Facultad de Tecnología y Cs.Apl.  
UNCA  
Catamarca, Argentina  
dvillagran@tecno.unca.edu.ar

Sergio H. Gallina  
Facultad de Tecnología y Cs.Apl.  
UNCA  
Catamarca, Argentina  
shgallina3157@gmail.com

Ivanna M. Lazarte  
Facultad de Tecnología y Cs.Apl.  
UNCA  
Catamarca, Argentina  
ilazarte@tecno.unca.edu.ar

*Resumen— La ganadería extensiva, asistida por las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), se convierte en una ganadería más eficiente, rentable y sostenible, capaz de responder mejor a los desafíos actuales y futuros del sector agropecuario. A través de este trabajo se comparte la experiencia en el diseño de una solución tecnológica integral para el monitoreo y análisis de información de la actividad ganadera, utilizando tecnologías de IoT y Ciencia de Datos. Partiendo del diseño de un nodo IoT compuesto por un microcontrolador, sensores y un módulo de comunicación LoRa®, el cual se comunica a un gateway y éste al exterior via Ethernet, a través de protocolo LoRaWAN al servidor The Things Stack, quien envía la información por protocolo MQTT a Node-RED. Se utiliza Python para el procesamiento de datos y análisis estadísticos, lo que permitirá identificar patrones, tendencias y posibles problemas en la producción ganadera.*

*Palabras clave: IoT, Ciencia de Datos, Ganadería, LPWAN.*

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se evidencia un fuerte crecimiento de la automatización de las labores agrícolas y ganaderas. Esta modernización del campo, integrando tecnologías avanzadas como Internet de las Cosas (IoT) y la Ciencia de Datos, fomenta un cambio de paradigma con un impacto significativo en el trabajo rural para las nuevas generaciones [1][2]. La aplicación de estas tecnologías ofrece múltiples beneficios, entre los que destacan la eficiencia

en el uso de recursos, la reducción del impacto ambiental, el aumento de la producción y la mejora de la calidad de los productos.

Algunas de las herramientas tecnológicas que pueden ser utilizadas para mejorar ambos sectores son:

- Monitoreo y gestión remota.
- Sistemas de gestión de recursos naturales y energías renovables.
- Internet de las Cosas.
- Redes de comunicaciones inalámbricas de bajo consumo y largo alcance (LPWAN).
- Ciencia de Datos.
- Inteligencia artificial

La IoT en el sector agropecuario integra máquinas, animales y bienes de todo tipo, mediante la instalación de sensores que recopilan datos valiosos para el sector. Sin embargo, la verdadera potencia de la IoT radica en el análisis y aprovechamiento de esta gran cantidad de información, haciendo indispensable a la Ciencia de Datos.

La inclusión de estas herramientas constituye un reto complejo ya que requiere el dominio de diversas tecnologías, como el sensado de variables ambientales, físicas y biológicas, la gestión eficiente de las baterías para asegurar la autonomía de los dispositivos sensores, el uso de redes de LPWAN, el modelado dinámico, el registro y almacenamiento de datos, la seguridad de la información, así como la implementación de algoritmos y estadísticas bayesianas, entre otros.

La inclusión de estas nuevas tecnologías al sector agropecuario ya es una realidad, principalmente en aplicaciones de agricultura

de precisión, pero no es de uso intensivo en las empresas agropecuarias del noroeste argentino, más aún en la provincia de Catamarca, debido, en parte, a la escasez de dispositivos y componentes a precios accesibles, así como a la falta de operadores y personal capacitado para instalar y configurar los dispositivos y realizar el respectivo mantenimiento.

En respuesta a este desafío, se presenta este trabajo multidisciplinario que combina áreas como la electrónica, la informática, la ciencia de datos y las ciencias agropecuarias para una producción ganadera más eficiente y sostenible. El objetivo es desarrollar una solución tecnológica integral para el monitoreo y análisis de información en el sector ganadero, utilizando tecnologías IoT y Ciencia de Datos. Para lograr este objetivo se requiere recolectar y transmitir datos provenientes de sensores, capturarlos de manera remota y almacenarlos para su posterior procesamiento y análisis. Para ello se utilizan dispositivos “nodos”, cuya función primaria es la recolección y transmisión de datos, una puerta de enlace (Gateway) que realice la conexión LoRa a una red IP a través de WiFi, Ethernet, celular 3G o 4G, y plataformas de IoT que proporcionen herramientas y servicios para desarrollar y administrar aplicaciones y dispositivos conectados a Internet y visualizar la información recolectada.

## II. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se inserta dentro de las líneas priorizadas “Plataformas Tecnológicas” y “Manejo Sustentable Agropecuario” en el marco de proyectos presentado en las convocatorias a formulación de Proyectos de Fortalecimiento de la Ciencia y de la Técnica-Vinculación Tecnológica 2022 (PFORCYT-VT 2022) y a Proyectos de Innovación y Transferencia (Pi+T)-2024, ambas de la UNCA.

El equipo de trabajo es multidisciplinario y está conformado por docentes investigadores de las carreras de Ingeniería Electrónica, Ingeniería Informática de la UNCA, que vienen trabajando y desarrollando actividades de docencia, investigación y vinculación tecnológica, en temáticas afines al proyecto. Integrantes del Laboratorio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (LaTICs) y del grupo de

investigación en Internet de las Cosas (IIoT) de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas (FTyCA) de la UNCA, 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.

El objetivo de estas convocatorias es brindar soluciones a problemas de interés directo para algún sector social y/o productivo, por lo que, durante el progreso de la investigación propuesta se busca promover y gestionar vínculos y alianzas estratégicas con Organismos públicos o privados y otras Asociaciones de productores, vinculados al desarrollo agro-tecnológico, para el fortalecimiento de la I+D y la transferencia efectiva de tecnologías surgidas del proyecto.

La implementación de IoT y Ciencia de Datos en la ganadería de precisión en la región NOA beneficiará directamente a dos grupos clave, con un impacto significativo en sus respectivas áreas:

a) Fortalecimiento de la ciencia, la investigación y la transferencia: Los grupos de investigación de la UNCA y de los sectores asociados al proyecto se fortalecerán al adquirir el conocimiento (know-how) necesario para diseñar, implementar y mantener nuevas tecnologías basadas en áreas científicas que revolucionan el siglo XXI. Este proyecto les permitirá avanzar en la frontera del conocimiento, posicionándose como referentes en la aplicación de tecnologías avanzadas en la industria ganadera.

b) Mejora de los procesos productivos: La implementación de IoT en la ganadería traerá consigo una serie de mejoras significativas en el manejo del ganado. La monitorización continua de variables permitirá detectar posibles enfermedades de forma temprana, control de comederos y bebederos,) ajuste del tamaño de parcela de pastoreo, eficiencia en el uso del agua, entre otras.

Asimismo, permitirá promover espacios de capacitación en el uso de IoT y la Ciencia de Datos con contenidos diferenciados acorde a los grupos objetivo, como así también 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 de la UNCA.

### III. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Su descripción se divide en dos partes para mejor entendimiento.

#### A. Sensado y almacenamiento de datos

La base del sistema es un nodo IoT, entendido como un dispositivo electrónico que permite que un sensor/actuador tradicional se comunice con un servidor o aplicación remota. Mediante las herramientas y tecnologías disponibles es sencillo incorporar un pequeño dispositivo que envíe y/o reciba datos, mediante cualquier tecnología de comunicación, a un servidor o una aplicación para la toma de decisiones a partir de la información recibida.

Un nodo IoT se distingue principalmente por:

- Pasar la mayor parte del tiempo en “modo espera” por lo que su consumo de energía depende de la relativamente baja energía que demande ese estado de reposo.
- Como parte de una red de datos, requieren mejor conectividad para subir datos que para bajarlos.
- Por su ubicación en una topología de red descentralizada y distribuida (y a veces con características de movilidad), la alimentación se realiza exclusivamente por baterías o pilas.

En la Fig. 1 se esquematiza el sistema realizado, consistente en el nodo IoT que posee un microcontrolador, varios sensores y un módulo de comunicación LoRa® integrado.

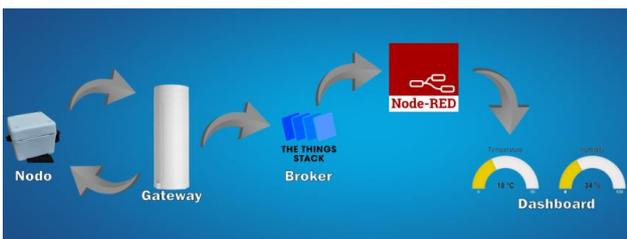


Fig. 1. Descripción de la propuesta

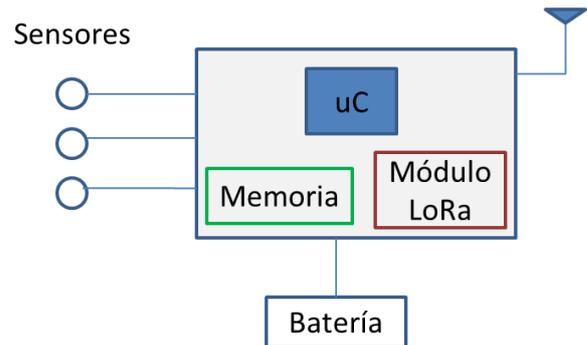


Fig. 2: Diagrama en bloques del nodo IoT.

El nodo se comunica a un gateway y éste al exterior via Ethernet, a través de protocolo LoRaWAN al servidor The Things Stack (TTS) que actúa como broker, quien envía la información por protocolo MQTT a Node-RED para su posterior visualización [3]. Se realiza a continuación una pequeña descripción de las diferentes etapas:

1. **Nodo IoT** [4]: se utilizó una placa Adafruit Feather M0 [5] que posee un procesador ARM Cortex M0 e incorpora un módulo de radio RFM9x LoRa 868/915 MHz. Posee un sensor de posicionamiento global GPS, para tomar datos de fecha y hora y la posición satelital del animal, sensores de temperatura y humedad ambiente, sensor de temperatura infrarrojo y una memoria EEPROM de 1024 Kbits. Se utilizan baterías de litio-polímero de 3,7V para alimentar todos los componentes del nodo. En la fig.2. se muestra su diagrama en bloque

Se configuró para realizar la transmisión a través de LoRaWAN en la banda de frecuencia ISM de 915 MHz. Un aspecto a considerar es el armado del paquete de datos a enviar, ya que las redes LPWAN están diseñadas para manejar cantidades reducidas de datos.

En un diseño posterior, y por razones de disponibilidad en el mercado, se reemplazó la placa por otra Lora32u4 de BSF France, la cual posee similares prestaciones.

2. **Gateway**: Se utiliza un gateway de código abierto para exteriores marca Dragino DLOS8. Permite la conexión LoRa a una red IP a través de WiFi, Ethernet, celular 3G o 4G. El DLOS8 es totalmente compatible con el protocolo LoRaWAN y posee bandas de frecuencia estándar preconfiguradas para utilizar en diferentes países [6]. Se debe registrar en la plataforma TTS y generar las credenciales correspondientes para los nodos a utilizar, en

idéntica zona y banda de frecuencias a la del nodo. Los mensajes son almacenados en un payload, en formato Hexadecimal, por lo que para entenderlos debemos convertirlos a texto.

3. Bocker: se utiliza la plataforma de IoT TTS que proporciona herramientas y servicios para desarrollar y administrar aplicaciones y dispositivos conectados a Internet. Proporciona una pila completa de tecnologías para habilitar la conectividad, la gestión de datos y la implementación de soluciones de IoT [7].

4. Node-Red: Es una herramienta de desarrollo basada en flujo para programación visual desarrollada originalmente por IBM para conectar dispositivos de hardware, API y servicios en línea como parte de la Internet de las cosas [8]. Recibe el tal cual lo hace en TTS, y dado que el payload está en base64, se debe decodificar para su correcta visualización.

#### B. Herramientas de Ciencia de Datos

Como herramienta de Ciencia de Datos se utilizó Python [9] por ser un lenguaje de programación de propósito general, desarrollado bajo una licencia de código abierto (administrada por Python Software Foundation), ampliamente utilizado en Ciencia de Datos debido a su versatilidad y una gran cantidad de bibliotecas especializadas. En la ganadería de precisión, Python se utiliza para el procesamiento de datos, análisis estadísticos y la creación de modelos de Machine Learning. Para la realización de tareas específicas asociadas al análisis y procesamiento de los datos, se utilizaron las librerías Pandas, NumPy, Matplotlib, Seaborn, y Folium. Esta última permite la representación y análisis efectivo de datos geospaciales en mapas interactivos, lo que facilita la comprensión de la información y ayuda a los productores a tomar decisiones más acertadas para optimizar la producción ganadera en la región.

#### IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Respecto al nodo IoT, en la fig. 3 se muestra una foto de un prototipo del dispositivo (collar), que responde con éxito a los requerimientos iniciales [4]. Las principales limitaciones encontradas se circunscribieron a la falta de disponibilidad en el mercado nacional.



Fig. 3. Prototipo de Collar

La Figura 4 muestra el sistema de información (en desarrollo) que permite al usuario consultar un conjunto de datos (dataset), mostrarlos mediante una tabla, generar gráficos estadísticos y visualizar la ubicación georreferenciada del ganado.

Se generaron gráficos y visualizaciones personalizadas que muestran tendencias, valores atípicos, patrones y cambios en los datos ganaderos.

#### V. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto se logró adaptar las tecnologías existentes a la realidad local, conjugar el IoT y la Ciencia de Datos, representando un enfoque innovador y una propuesta de contribución original y novedosa para la ganadería de la región noroeste del país. Durante el mismo, el equipo de investigadores adquirió una comprensión teórica y práctica de los principios fundamentales necesarios para implementar tecnologías LPWAN en la industria ganadera. A lo largo de este proceso hemos explorado detenidamente las aplicaciones potenciales de estas tecnologías en el monitoreo y control de diversas variables críticas en la gestión de la ganadería, como la salud del ganado, la ubicación y el comportamiento. Es importante tener en cuenta las limitaciones de la comunicación LoRaWAN, como ser, su capacidad limitada para manejar grandes volúmenes de datos y su alcance limitado en entornos urbanos densamente poblados.

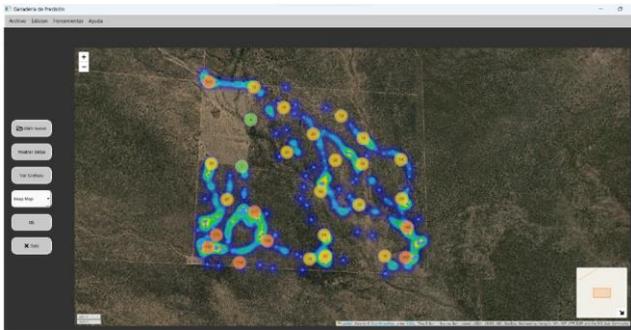


Fig. 4: Sistema de información.

Se espera continuar avanzando en el campo del IoT aplicado a la ganadería, y profundizar en el estudio de nuevas técnicas que permitan detectar patrones específicos adaptados a las necesidades de los productores ganaderos catamarqueños. de esta herramienta tecnológica en el sector.

## REFERENCIAS

- [1] J.P.T. Soto, J.D.L.S.S. Suárez, A. B. Rodríguez & G. O. R. Cainaba, “Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual”. Lámpsakos, (22), 86-105, 2019.
- [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] M. Aranda, P. Beltramini, E. Cano, I. Lazarte & D. Villagrán, “Monitoreo de ganado a través de una red LoRaWAN en la provincia de Catamarca, JAIO, 2024
- [4] 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.
- [5] Adafruit Industries, Adafruit Feather M0 Radio with LoRa Radio Module. <https://www.adafruit.com/product/3178> (2024).
- [6] Dragino: DLOS8 Outdoor LoRaWAN Gateway User Manual: [www.dragino.com](http://www.dragino.com). (2024).
- [7] The Things Industries: The carrier-grade LoRaWAN® Network Server that scales: <https://www.thethingsindustries.com/stack/> (2024)
- [8] Node RED: <https://nodered.org/>, (2024)
- [9] [10]Página oficial de Python. Accedido el 13 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.python.org/>