

# Factibilidad del desarrollo de un sistema de monitoreo remoto de ganado

Gustavo Wolfmann<sup>2</sup>, Sebastián Ormaechea<sup>1</sup>, Andrés Serjoy<sup>2</sup> y Torcuato Tessi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> EEA INTA Manfredi, Córdoba, Argentina

{ormaechea.sebastian,tessi.torcuato}@inta.gob.ar

<sup>2</sup> Fac.Cs.Ex.Fis y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina

{agustavo.wolfmann,andres.serjoy}@unc.edu.ar

**Resumen** El presente trabajo describe la fase inicial de desarrollo de un sistema de monitoreo remoto del ganado para sistemas de producción extensiva. Para ello, se monitorearon a campo dos toros Aberdeen Angus de 5 años de edad equipados con sensores y tecnología de transmisión inalámbrica de largo alcance (10 km). Para cada animal, se obtuvieron lecturas de los sensores de movimiento en forma continua. Con el objetivo de economizar la transmisión de datos y así prolongar la vida útil de las baterías, se analizan diferentes valores representativos con menor consumo de energía. Finalmente, se obtuvo una métrica que manteniendo información sobre el comportamiento individual de cada animal, ahorraría un 95 % de energía comparado con la transmisión de los datos crudos desde los sensores. Estos resultados permiten a priori prever la factibilidad del monitoreo remoto de las actividades del ganado en condiciones extensivas de pastoreo.

**Keywords:** ganadería de precisión · acelerómetro · ganadería extensiva · comportamiento animal.

## 1. Introducción

En Argentina la producción de carne se desarrolla fundamentalmente bajo pastoreo directo de pastizales naturales y pasturas implantadas, siendo la cría bajo manejo extensivo la actividad que abarca mayor número de cabezas [1][2]. Estos establecimientos ganaderos generalmente tienen grandes superficies por lo que no es posible hacer un seguimiento individual de los animales, lo cual disminuye las posibilidades de realizar un buen control sanitario, reproductivo y alimenticio de cada animal. No obstante, hay un creciente desarrollo de nuevas tecnologías de información y comunicación que, aplicadas al sector ganadero, permitirían la monitorización continua de aspectos claves del comportamiento animal. Callejo Ramos [3] considera que estas tecnologías se encuentran comprendidas dentro del concepto de ganadería de precisión, el cual define como una "metodología de manejo y de gestión que utiliza sensores y tecnologías de la información para monitorear y optimizar la contribución de cada animal a la producción, la salud, el impacto ambiental, el gasto energético y el bienestar en

tiempo real, de forma automática y continua”. Por su parte, Rodríguez et al. [4] señalan que estas tecnologías permiten integrar el uso de nuevas variables que al ser procesadas pueden predecir los comportamientos asociados a una producción animal más eficiente.

Si bien en los últimos años, se han desarrollado utilidades relacionadas con el control de la sanidad, la detección de celo y la actividad de los animales en general [5][6][7], aún no hay disponibles comercialmente en Argentina tecnologías que permitan el seguimiento individual del rendimiento del ganado en condiciones extensivas. Existen para sistemas de ganadería confinados, donde el espacio reducido en el que los animales se encuentran facilita el seguimiento. Las distancias en un sistema extensivo imponen condiciones que requieren tecnologías más complejas para un seguimiento continuo.

Por ello, el objetivo de este trabajo es la puesta a prueba de un sistema de monitoreo de comportamiento animal equipado con sensores de movimiento y capacidad de transmisión remota continua de datos para sistemas ganaderos extensivos. En esta fase inicial de desarrollo se buscará evaluar la factibilidad del sistema para determinar comportamientos específicos del ganado y transmitirlos minimizando el costo energético. Se espera que el sistema permita al productor contar con alarmas específicas y automáticas para actuar ante eventos que requieran una necesidad de acción o toma de decisión. Más y mejor información en tiempo real será la clave del impacto de esta tecnología sobre los índices productivos del sistema ganadero.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Pruebas de campo

El ensayo se realizó en el Campo Anexo INTA Deán Funes (30°21'28" LS 64°19'26" LO) al noroeste de la provincia de Córdoba. La zona es de clima semiárido con una precipitación media anual de 600 mm y una temperatura media anual de 19 °C. El campo posee 230 hectáreas y allí se conducen investigaciones en recursos forrajeros subtropicales y se mantiene un rodeo de cría de raza Aberdeen Angus. Para el ensayo se utilizaron dos toros de 5 años de edad, que fueron equipados con collares de monitoreo durante un día en el mes de noviembre de 2019.

### 2.2. Componentes del sistema de monitoreo

El sistema de monitoreo de ganado utilizado está compuesto por los siguientes elementos:

1. Collar de monitoreo equipado con sensores de movimiento y ubicación espacial.
2. Antena de recepción de señales.
3. Sistema centralizador para almacenamiento y procesamiento de datos.



Figura 1: Collares con carcasa, panel solar y contrapeso

El collar de monitoreo sigue al diseño utilizado por Röttgen et al. [8] para un sistema de detección de celo en lechería y consta de una carcasa de plástico impresa en 3D, diseñado con el objetivo de resistir las condiciones de campo. Cuenta con una placa electrónica que posee un acelerómetro de 3 ejes, mediante el cual se busca predecir movimientos o conductas específicas del animal. La placa además posee un módulo GPS ublox Neo 6 M que determina la posición del animal dentro del predio. Estos sensores se conectan, por medio de pines GPIO, a un microprocesador ESP32 (Espressif) con transmisores Wifi y LoRA integrados. La tecnología LoRA tiene capacidad de transmisión de largo alcance (hasta 10 km) por lo que es adecuado para nuestro objetivo de sensar animales en grandes extensiones. La alimentación eléctrica del dispositivo es por medio de baterías recargables, las cuales cuentan con posibilidad de recarga a través de 3 paneles solares ubicados en la parte superior de la carcasa. El collar posee además un contrapeso para que la carcasa con sus componentes queden ubicados en la parte superior del cuello del animal buscando el mejor funcionamiento del sensor GPS (Fig.1).

La antena de recepción de señal cuenta con un módulo *gateway* de comunicación que actúa como un puente que retransmite mensajes entre dispositivos (*end-devices*) y un servidor de red central en el *backend* (*Network Server*). La antena recepta la señal bajo una frecuencia de 915 mhz y el concentrador LoRA digitaliza las señales y las envía a una placa *System on Board* (SoB) Raspberry Pi3 B. El SoB dispone de un *software* que procesa los datos que recibe de todos los collares y los retransmite hacia el Sistema centralizador. Este los almacena y los procesa para su visualización por medio de un programa web que decodifica la información generando por un lado datos de movimientos de cada animal en forma de texto y por otro lado los datos de geoposicionamiento (fecha, hora, latitud y longitud) cada 5 minutos para visualizar gráficamente donde se ubicó cada animal.

### 2.3. Procesamiento de datos

El procesamiento se centró en los datos provistos por el acelerómetro a fin de detectar conductas específicas del animal y transmitir las con la mayor economía de bytes posible; aumentando así la vida útil de las baterías. El acelerómetro de 3 ejes es un dispositivo electromecánico capaz de brindar información sobre la magnitud de la fuerza de aceleración estática a las que es sometido el dispositivo en las 3 dimensiones del espacio. Las lecturas del sensor son afectadas por la posición que tenga este respecto de la componente vertical de la gravedad, lo cual depende de la posición del animal y también de la posición que tenga la carcasa en el cuello del animal. El sensor fue configurado para trabajar a una frecuencia de 10 hz, por lo que tomó diez lecturas por segundo para cada dimensión espacial ( $x, y, z$ ). Estos valores fueron leídos sobre variables de tipo entero de 16 bits *int16* en lenguaje de programación C, por lo que cada uno ocupó 2 bytes.

Para reducir la transmisión de datos el microprocesador calcula la aceleración total como el módulo del vector de aceleración en las tres dimensiones mediante la fórmula  $a = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ , donde  $x, y$  y  $z$  son los valores leídos en cada dimensión. Ao et al. utilizan esta misma fórmula de reducción de dimensiones para detectar marcha [9]. Por otro lado, también se redujo la escala del valor de la aceleración total a un rango de 0 a 255 (un byte puede representar 256 valores) para que solo ocupe un byte, reduciendo así los 6 bytes iniciales a solo 1 byte por cada lectura. Aunque hay pérdida de información al pasar de tres valores leídos a un entero de rango 0 a 255, lo que importa para el análisis del comportamiento animal son sus movimientos, lo cuales son plausibles de reflejarse en los cambios de los diferentes valores de aceleración total que se calculen.

A fin de mostrar la variación de los valores de aceleración, en la Fig 2 A y B se presentan 500.000 lecturas (14 hs continuas de monitoreo) que corresponden a los toros evaluados. El consumo de energía que estas mediciones demandaron no permitieron obtener más resultados aun con la ayuda de los paneles solares. Los valores de aceleración, representados como una línea continua en forma de similar

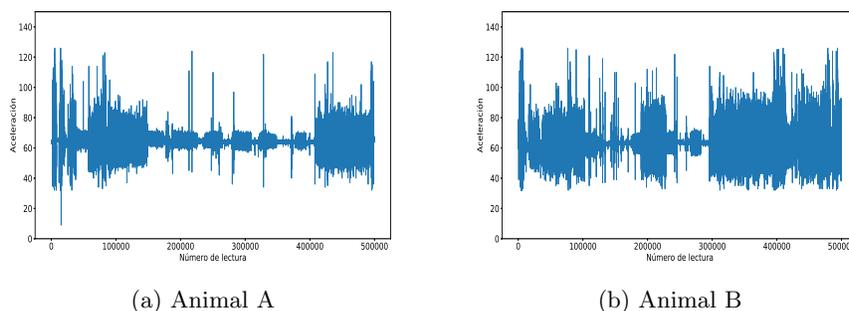
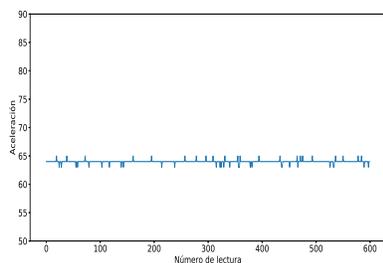


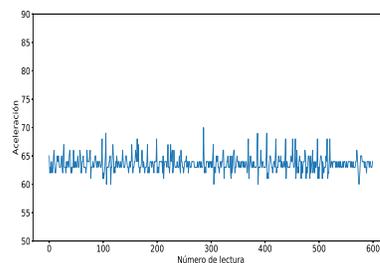
Figura 2: Valores de 500.000 lecturas de acelerómetro para el animal A (a) y el animal B (b). La escala vertical varía entre 0 y 140.

a un electrocardiograma comprimido, muestran a priori la diferenciación de 4 categorías de movimiento (*inactivo*, *movimientos suaves*, *movimientos intensos* y *movimiento brusco*). En la Fig 3 a, b, c y d se muestran, a modo de ejemplo, los valores de 600 lecturas para las 4 categorías. En cada caso se modificó la escala para una mejor visualización de los valores. Las figuras a (Inactivo) y b (Suave) se corresponden con las lecturas a partir de la 266.000 y la 330.000 respectivamente para el animal A. En forma similar, las figuras c (Intenso) y d (Brusco) grafican las lecturas a partir de la 71.000 y 109.600 respectivamente para el animal B. En ambos animales se encontraron valores similares para cada una de estas cuatro categorías.

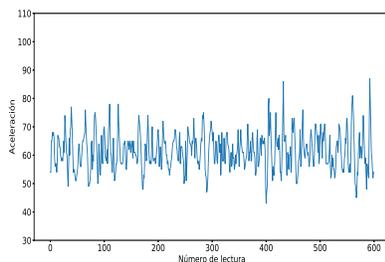
A partir de la exploración de los datos se propone utilizar la desviación estándar (DS), como una métrica de variabilidad de las lecturas obtenidas que permite agrupar los valores de cada categoría de movimiento. Para ello se asoció a cada lectura un intervalo con los 40 valores previos, sobre el cual se calculó la DS (*sliding window*). En la Fig 4 se exponen los valores de cada lectura



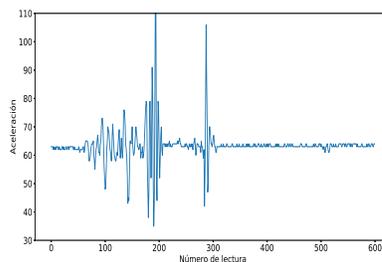
(a) Inactivo



(b) Suave



(c) Intenso



(d) Brusco

Figura 3: Valores de 600 lecturas de acelerómetros para las categorías inactivo y movimiento suave (animal A) e intenso y brusco (animal B). La escala vertical está adecuada para una mejor visualización de la variación de los datos en cada caso.

y el respectivo agrupamiento en base a la DS. Puede apreciarse un patrón de variación que sigue en su forma a la excitación de los valores originalmente leídos.

El siguiente paso consistió en definir, mediante la exploración gráfica de los datos, las cotas o valores límites para la DS que contemplen representativamente las cuatro categorías de movimientos. De esta forma, y contemplando las lecturas de ambos animales evaluados, se definió que un valor de DS entre 0 y 0,6 representa *inactividad*, entre 0,6 y 2,8 representa *movimiento suave*, entre 2,8 y 9 *movimiento intenso* y mayor a 9 *movimiento brusco* (Fig. 5).

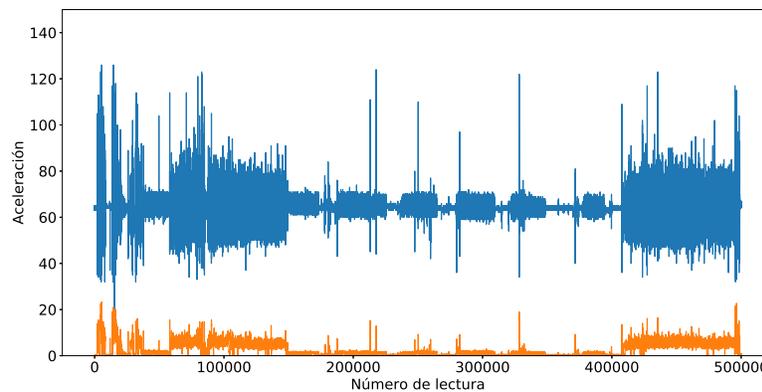


Figura 4: Valores de aceleración (arriba) y desviación estándar calculada para un intervalo de 40 lecturas precedentes a cada valor (abajo) para el animal A.

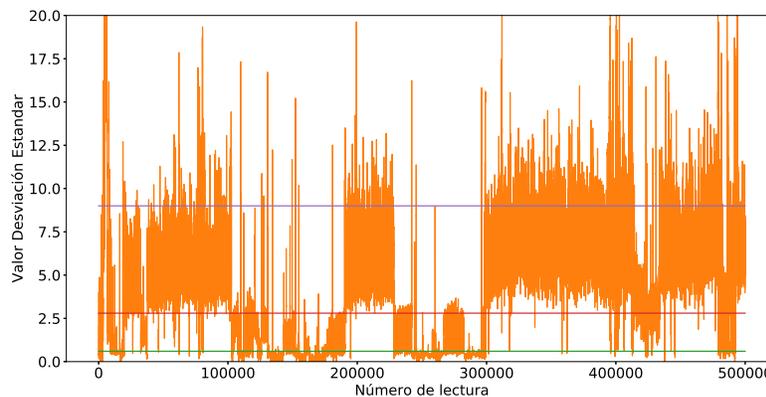


Figura 5: Valores de la desviación estándar para las 500.000 lecturas del animal B junto con las cotas que separan cada categoría de movimiento.

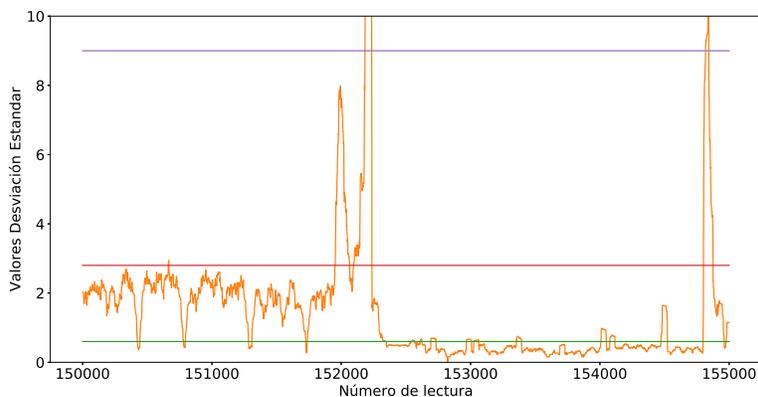


Figura 6: Valores de desviación estándar para 5.000 lecturas del animal B y las 3 cotas que separan categorías de movimiento

La Fig 6 muestra la variación de los valores de DS para 5.000 lecturas del animal B y como los valores se localizan entre las 3 cotas (líneas horizontales) propuestas para la estimación de las categorías de movimiento (Inactivo, Suave, Intenso y Brusco).

A posteriori, con el objetivo de lograr una nueva reducción en la transmisión de datos, se calcularon segmentos que contengan una repetición de valores iguales de DS. De esta manera, si se presentan 50 valores consecutivos iguales de DS, contamos con un segmento de longitud 50 que puede transmitirse con un dato único de su categoría específica. Es decir, la repetición de la categoría es considerada como un segmento de duración conocida, que ante un salto de umbral genera la finalización de dicho segmento y el inicio de uno nuevo. Por ejemplo, si el animal está reposando, transmitiría solamente el valor de la categoría Inactivo y la cantidad de tiempo que permanece en ese estado, lo que se representa por la longitud del segmento.

Para estimar la potencial reducción de datos, se evaluó en base a las lecturas de ambos animales, la cantidad de segmentos obtenidos (Cuadro 1). La cantidad de bytes necesarios para la transmisión se calculó multiplicando por 3 cada segmento, ya que con 3 bytes es suficiente para registrar el valor de la categoría y cuanto tiempo permanece en esa categoría. Por ejemplo, para el caso del animal A, las 500.000 lecturas que requieren 1 byte cada una podrían reemplazarse por 6.981 bytes, lo que representa un consumo de solo 1,4% de lo utilizado. Para el caso del animal B, la reducción lograda sería a un 3,27%.

Los registros obtenidos desde el GPS en los ensayos no fueron regulares en el tiempo dado que se detectaron lapsos de tiempo sin datos, por lo que no pudieron definirse en forma consistente las zonas de permanencia frecuente del animal.

Animal	Cantidad de Segmentos	Bytes necesarios	Ahorro potencial
Animal A	2327	6981	98,6 %
Animal B	5447	16341	96,73 %

Cuadro 1: Estimación del ahorro potencial en la transmisión de datos para ambos animales, mediante el cálculo de segmentos.

### 3. Conclusiones y trabajos futuros

Con los resultados obtenidos podemos prever que un control continuo individual del animal es viable en términos de continuidad en el tiempo y de factibilidad operativa. Esto es relevante considerando que los sistemas ganaderos extensivos imponen condiciones funcionales para el seguimiento de animales más extremas y difíciles de alcanzar que los sistemas ganaderos confinados. La definición de segmentos de datos representativos de las actividades del animal fue clave en la viabilidad del control continuo con el estado del arte actual. Suponiendo un ahorro en el consumo del 95 % por transmitir solo los segmentos, una carga de baterías duraría 20 veces más, por lo que las 14 horas del experimento bajo la metodología propuesta, equivaldrían a 280 horas de medición continua (12 días aproximadamente).

A futuro será importante definir los movimientos deseables de detectar y qué representación tienen en las categorías establecidas en el presente estudio; además de realizar los ensayos en campo que verifiquen la detección. Quedó claro que el reposo es detectable y dado que un periodo de reposo mayor al habitual es reflejo de algún problema en el animal, la detección temprana de un problema de salud sería factible. Otras actividades como la monta, la rumia, la masticación, el trote, etc., consideramos que también pueden ser detectables; pero es necesario aún establecer las correlaciones específicas con observaciones a campo de cada una de ellas.

Otro punto a desarrollar es la utilidad de la información que brinda el GPS. Dado que con los ensayos realizados no se obtuvo información suficiente sobre el posicionamiento en el tiempo, nuevos ensayos con los componentes electrónicos configurados para un óptimo funcionamiento de este dispositivo permitirán evaluar su utilidad en el estudio del comportamiento animal.

**Agradecimientos** Al Instituto de la Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA) y a Intelydrone por apoyar el financiamiento del proyecto. Al personal del Campo Anexo INTA Deán Funes por el manejo de los animales y su colaboración en general.

### Referencias

1. Rearte, D. La producción de carne en Argentina. Informe Programa Carnes. INTA. Argentina (2007).

2. Caracterización de la producción bovina argentina para carne. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2017).
3. Callejo Ramos, A. Ganadería de precisión. Mundo Ganadero, 261, 28-33 (2014).
4. Rodríguez, H., Bastidas, A., Naranjo, J. Application of Geographic Information Systems (GIS) for the implementation of precision farming (2016).
5. <https://www.eyefarm.com.ar/>.
6. <http://grupochiavassa.com/esp/collares-rumia/>.
7. <https://www.ciale.com/Alta>
8. Röttgen, V., Schön, P., Becker, F., Tuchscherer, A., Wrenzycki, C., Döpjan, S., Puppe, B. Automatic recording of individual oestrus vocalisation in group-housed dairy cattle: Development of a cattle call monitor. *Animal*, 14(1), 198-205.(2020).
9. Ao, B., Wang, Y., Liu, H., Li, D., Song, L., Li, J. . Context Impacts in Accelerometer-Based Walk Detection and Step Counting. *Sensors* (Basel, Switzerland), 18(11), 3604. (2018).