

Pastoreo 4.0: Avaliación das
funcionalidades dun sistema de
monitorización do gando en pastoreo con
intelixencia artificial

MEMORIA LIBRE

CENTRO
INVESTIGACIÓNS
AGRARIAS
MABEGONDO



DESENVOLVEMENTO CIENTÍFICO TÉCNICO E RESULTADOS OBTIDOS

A continuación explícase o desenvolvemento do proxecto e os resultados obtidos, dividido en dous apartados correspondentes aos dous centros de investigación subcontratados nos que se levaron a cabo os estudos/experimentos:

Universidade de Santiago de Compostela (Campus Terra)

O principal obxectivo da investigación realizada polo persoal da USC foi establecer o momento de ovulación en animais cuxo celo foi detectado mediante os dispositivos de monitorización RUMI, co fin de precisar o momento ideal para a inseminación artificial (IA). A correcta execución da IA en vacas atópase estreitamente ligada ao momento no que se realiza. Unha IA efectuada demasiado cedo ou demasiado tarde pode diminuír notablemente as probabilidades de concepción. Co crecemento da gandería de precisión, incrementouse a adopción de dispositivos de monitorización para identificar o celo nas explotacións de gando vacún leiteiro. Porén, é crucial que estes dispositivos, ademais de identificar o celo de maneira efectiva, proporcionen un intervalo de tempo para a inseminación o máis exacto posible.

Para levar a cabo o experimento, colocáronse 20 colares prototipo en 20 vacas de produción leiteira non xestantes da Granxa Campus Terra, os cales se foron rotando entre diferentes animais do rabaño ao longo do desenvolvemento do proxecto a medida que estes foron quedando xestantes.

Elixíuse un protocolo de sincronización hormonal que se adaptara ás características dos resultados que se pretendían obter, sendo empregado o que figura na seguinte imaxe:

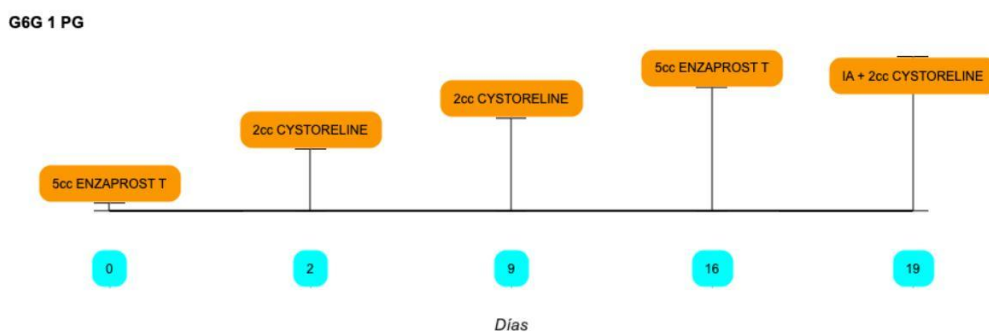


Figura 1. Protocolo de sincronización hormonal GPG.

Para o experimento fóronse creando lotes de animais baleiros con condicións reprodutivas similares, nos cales se aplicou o protocolo para sincronizar o celo e poder levar a cabo os estudos pertinentes. A continuación detállase a metodoloxía seguida:

- Rexistro de actividade en tempo real mediante os prototipos Rumi (rumiar, descansar, comer-xogar, camiñar e número de pasos).
- Sincronización de lotes de vacas cun protocolo de inseminación a tempo fixo (Ovsynch ou GPG).
- Seguimento estrito da actividade dos animais a través da aplicación e a plataforma web, unha vez realizada a última inxección do protocolo.
- Exploracións reprodutivas tras a detección do primeiro incremento de actividade de cada animal, co obxectivo de constatar o momento da ovulación. Considerouse como momento da ovulación 6 horas antes de detectar a desaparición do folículo dominante. As exploracións realizáronse cada 8 horas (8:00-9:00; 16:00-17:00; 23:00-00:00) mediante ecografía transrectal, realizando captación de imaxes e rexistros en vídeo dos seguintes parámetros:
 - Aspecto do útero: diámetro da luz dos cornos (punto de máxima luz) e espesores do endometrio e do miometrio (punto de máximo espesor).
 - Estruturas do ovario: tamaño do corpo lúteo (superficie e diámetros maior e menor), doppler do corpo lúteo, diámetro do folículo dominante e doppler do folículo dominante.
- Recollida de mostras de sangue, cada 12 horas dende 54 horas despois da última prostaglandina, nas que se realizaron determinacións de proxesterona.
- Análise estatística tendo en conta os seguintes parámetros: tempo dende o inicio da actividade ata a ovulación; dende o fin da actividade ata a ovulación; e dende o pico de máxima actividade ata a ovulación.

Ao longo do proxecto seguiu a metodoloxía anterior en 7 lotes de vacas, cunha media de 8 animais por lote, para así ter a cantidade de datos suficientes para poder realizar a análise estatística e sacar conclusións.

O resultado obtido deste experimento foi o establecemento dunha ventá óptima de inseminación para optimizar a taxa de fecundidade (**entre 10 e 16 horas dende o inicio da actividade e entre 1 e 5 horas dende o fin da actividade**).

Cos datos recollidos nunha mostra de animais, elaborouse unha base de datos e os resultados preliminares presentáronse nas XX Xornadas sobre produción animal, organizadas pola Asociación interprofesional para el desarrollo agrario (AIDA), en Zaragoza, os días 13 e 14 de xullo de 2023 (adxúntase resumo da comunicación na seguinte páxina).

https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2023/comunicaciones/2023_PRE_p280.pdf

Paralelamente ao experimento anterior, realizouse un estudo da precisión de detección de celos mediante os colares. No período comprendido entre o 1 de xaneiro e o 31 de agosto de 2022 enviáronse un total de 84 alertas de posible celo, datos cos cales se traballou seguindo esta metodoloxía:

- Exportación dos datos dende a aplicación e rexistro dos mesmos para ser tratados.
- Eliminación de alertas e eventos non ligados a celo.
- Clasificación dos eventos en 3 categorías: verdadeiros positivos (VP), falsos positivos (FP) e falsos negativos (FN).
 - Consideráronse VP cando o responsable da granxa aceptou a alerta de celo/cambio de comportamento e rexistrou na app un evento de inseminación/celo sen inseminación; descartou a alerta nun primeiro momento pero logo se comprobou nas gráficas que existiu celo; e descartou unha alerta pero aceptou a seguinte, confirmando así a existencia de celo ligado a ese aviso.
 - Consideráronse FP cando se descartaron alertas de celo e se comprobou que non debería existir esa alerta ou cando se aceptaron pero non se chegou a confirmar que existiu celo.
 - Consideráronse FN cando se rexistraron inseminacións/celos sen inseminación sen existencia de alerta.

Rexistráronse 69 VP, 6 FP e 9 FN. Con esta información obtivéronse os seguintes resultados:

- **Sensibilidade** (% de veces que se envía alerta de celo existindo realmente celo)= **88,46%**
- **Valor predictivo positivo** (probabilidade de que unha vaca á que se lle detecta un celo verdadeiramente estea en celo)= **92,00%**
- **Precisión** (% de veces que o dispositivo rexistra o que realmente acontece)= **82,16%**

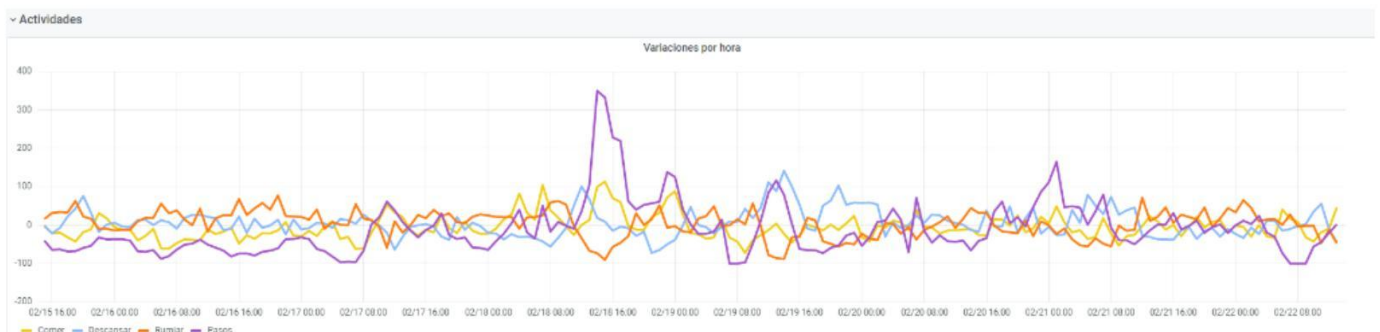


Figura 2. Gráfica da variación das actividades utilizada no cálculo do índice de actividade desenvolvido para a detección de celos. Obsérvase un exemplo de celo o 16/02.

Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo

No CIAM atópanse distintos rabaños de gando vacún de distintas razas e en diferentes sistemas extensivos, polo que se realizaron investigacións orientadas a buscar a validación da precisión no recoñecemento de actividade dos prototipos en animais que pastorean libremente ou de sistemas semiextensivos.

O persoal do CIAM desprazouse ao campo para comprobar o grao de correspondencia das actividades rexistradas en tempo real polos dispositivos coa realidade. As actividades a estudar foron: descansar, pacer, camiñar, rumiar e comer/xogar. O estudo levouse a cabo anotando as actividades realizadas en momentos puntuais por cada animal individual e comparándoa coa rexistrada na aplicación in situ ou ben revisándoa a posteriori nos datos rexistrados. Nesta tarefa obtivéronse os seguintes resultados:

- No rabaño de leite anotáronse un total de 527 rexistros, dos cales 455 se consideraron correctos (correspondencia de actividade detectada polo dispositivo coa rexistrada) e 72 incorrectos (non correspondencia da actividade detectada coa rexistrada), o que se traduce nun **86,34% de rexistros correctos** e un **13,66% incorrectos**.
- No rabaño de carne anotáronse un total de 268 rexistros, dos cales 190 foron correctos e 78 incorrectos, obtendo así un **70,90% de rexistros correctos** e un **29,10% incorrectos**.

Calculouse a proporción de cada unha das actividades enviada erroneamente dentro do total de rexistros erróneos, sendo do 11,69% para a actividade descansar; 0,00% para pacer; 1,30% para camiñar; 7,79% para rumiar; e 79,22% para comer/xogar. Chegouse á conclusión de que a actividade comer/xogar presenta certo grao de ambigüidade con respecto ás outras, que son máis claras de identificar polo dispositivo.

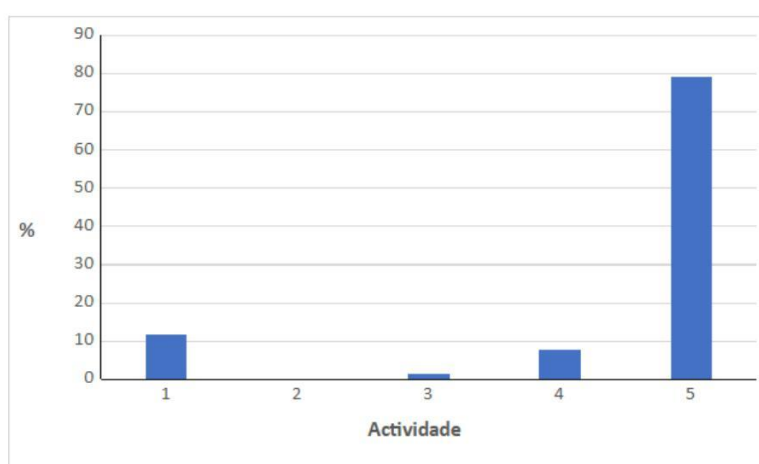


Figura 2. Proporción de cada actividade enviada erroneamente dentro do total de erros (1-descansar, 2-pastar, 3-camiñar, 4-rumiar, 5-comer/xogar).

Aínda que a identificación en tempo real das actividades teña certa relevancia para o gandeiro, tan importante ou máis é o uso dos colares como ferramenta de predición de eventos. A través do algoritmo preténdese que os prototipos poidan proporcionar alertas sobre o estado dos animais (celos, cubricións, problemas sanitarios...). Polo tanto, paralelamente, rexistráronse na aplicación os datos e eventos de cada animal e realizáronse comprobacións a partir das notificacións enviadas pola aplicación (alertas de dispositivo caído, celo, cambio de comportamento, alta actividade e caída de rumia), facendo un seguimento dos animais para estudar a correspondencia das alertas xeradas e súa relevancia.

- Alerta de dispositivo caído: comprobouse unha alta exactitude nesta notificación, probablemente das máis doadas de detectar debido á falta de movemento. Mentres non se volveu a colocar no animal, as notificacións reiteráronse periodicamente ata que o collar volveu a detectar actividade. No rabaño de leite caeron case o 50% dos colares estando os animais no interior das instalacións (entrada en cornadizas, sala de muxido...). No rabaño de carne foi máis doado localizar os collares que caeron grazas á localización gps.
- Alerta de celo: tendo en conta a realización periódica de diagnósticos de xestación en ambos rabaños, pódese concluír o grao de precisión deste tipo de notificación. No rabaño de carne houbo notificacións de alerta de celo en 9 vacas, das cales 3 estaban baleiras, polo que houbo 6 alertas erróneas. Este tipo de falsos positivos non se repetiron aos 21 días conforme ao ciclo estral normal, mentres que nas vacas baleiras os colares notificaron os celos con regularidade. Nas vacas de leite déronse alertas de celo en 7 vacas, das cales 4 estaban baleiras. Nas preñadas só chegou unha notificación, mentres que nas baleiras apareceron reiteradamente. Pode considerarse que os dispositivos son unha ferramenta de apoio na detección de celos, aínda que precisan de axustes para reducir a porcentaxe de falsos positivos.
- Alerta de cambio de comportamento: notificouse asociada a un manexo dos animais distinto á rutina habitual (campaña de saneamento, destete de crías, cambio de parcelas, vacinacións...) que desví a o comportamento do animal ou do rabaño en comparación coa media dos días anteriores, que se considera como comportamento normal. Deuse con moita máis frecuencia nas vacas de leite, o que se asociou polo manexo máis individualizado que se lle dá a estas. No caso das vacas de carne atopouse correspondencia destas alertas con partos, polo que se debería afondar máis nisto para adestrar o algoritmo e así prever o momento do parto con alertas máis específicas.
- Alta actividade: é unha alerta propia dos touros e coincidiu con notificacións de alerta de celo ou cambio de comportamento de vacas baleiras, polo que se pode considerar que ten un grao de precisión elevado.

- Caída da rumia: non se deu en vacas de carne pero si nas de leite. É unha alerta moi importante por ser indicativo de calquera problema ou patoloxía que sufra o gando, o cal pode ser abordado precozmente grazas ao aviso.

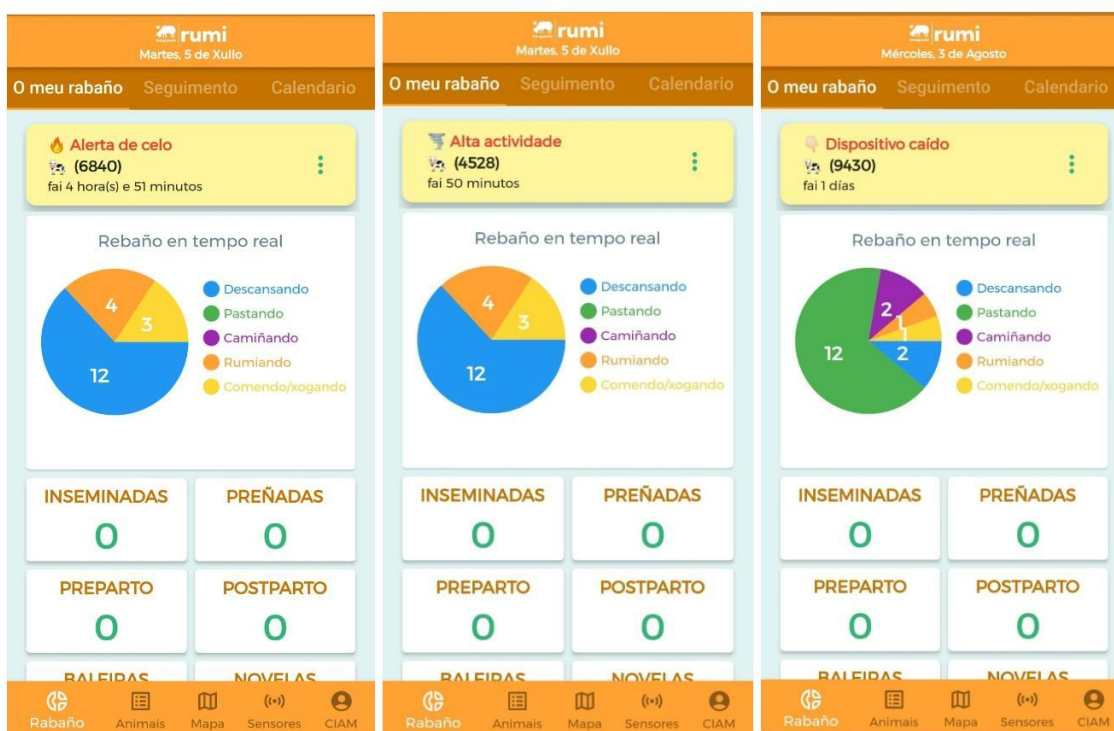


Figura 3. Interfaz da aplicación Rumi amosando distintos tipos de alerta e actividades do rabaño en tempo real.

Por outra banda, realizouse un seguimento do nivel de carga dos dispositivos tras 9 meses de funcionamento, destacando o bo funcionamento e a robustidade do panel solar que recarga a batería:

- Os dispositivos das vacas de carne, que están en réxime extensivo e nunca se estabulan, tiñan unha media de batería do 98,60% e dos 20 dispositivos en funcionamento só un deles tiña a carga por debaixo do 95%.
- Os dispositivos das vacas de leite, as cales entran ao muxido e pasan parte do día estabuladas, presentaban unha media de carga do 97,20% e só 2 dos dispositivos tiñan unha carga por debaixo do 95%.

Na Finca do Marco da Curra realizándose outro tipo de estudos: colocáronse colares noutro tipo de gando (pequenos ruminantes e cabalos) para estudar o seu correcto funcionamento e validar as funcionalidades nestes animais; colocáronse dispositivos detectores de partos en vacas de carne en extensivo; e realizáronse medicións do pasto á entrada e á saída do gando en distintas parcelas para comparar estes datos co tempo de pastoreo detectado polos colares.

Traballouse na creación dun caderno de pastoreo dixital para facilitar a tarefa de anotar diariamente as parcelas pacidas polos animais, de xeito que se rexistren automaticamente estas referencias, facendo uso da localización gps e do recoñecemento da actividade pastar. A través do estudo das gráficas que se xeran co tempo recollido de pasto, pódese recoñecer cando comeza a diminuír pasto en determinadas parcelas mediante o recoñecemento da redución das horas de pastoreo diario dos animais e así anticiparse e mover aos animais de parcela ou tomar as decisións oportunas. Por último, nalgúñas parcelas tomáronse diversas medicións do pasto tanto á entrada como á saída dos animais e relacionáronse coas horas pastadas polos animais, atopándose correlacións entre eles.

Validouse o correcto funcionamento dos prototipos como localizadores gps en pequenos rumiantes e cabalos. Aínda que o recoñecemento das actividades non é igual ao realizado no gando vacún, si que se detectan cambios de comportamento en base ao tempo pastado, descansado e á alta actividade, polo que como colar gps, ofrece vantaxes ao enviar ubicacións frecuentes en base ao movemento dos animais.

Por outra banda, buscáronse novas funcionalidades dos dispositivos, para o que se colocaron dous colares adaptados a dous cans machos adultos de raza mastín que se empregan para a defensa do gando fronte ao lobo na finca do marco da curra. A utilidade principal dos prototipos foi detectar a localización e mobilidade dos cans, o que é un indicador da súa funcionalidade, xa que un can que case non se move ou que non permanece xunto ao rabaño non será un elemento de defensa útil. A localización en cada momento e a posibilidade de consultar o histórico de ubicacións permitiu determinar que un dos cans foi moito máis activo ca o outro e permaneceu moito máis tempo co rabaño.



Figura 4. Macho de raza mastín español monitorizado co GPS.



Figura 5. Histórico de ubicacións dos dous machos durante 72 h. Na fotografía da esquerda apreciase unha maior mobilidade e estancia no rabaño que na da dereita.