

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTUDIO DE DOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE COMPORTAMIENTO DE
VACAS LECHERAS

por

Oliver FAST HINZ

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2016

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Mateo Ceriani

Ing. Agr. Oscar Bentancur

Ing. Agr. (MSc.) Martín Claramunt

Ing. Agr. (MSc.) Diego Mattiauda

Fecha: 5 de diciembre 2016

Autor: -----
Oliver Fast

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer a Diego Mattiauda y Mateo Ceriani por ayudarme y apoyarme para poder recibirme a tiempo.

También agradezco a Oscar Bentancur por ayudarme en el análisis estadístico de este trabajo. Por otro lado agradezco a Matias Oborsky, Alejandra Jasinsky, Pablo Gauthier y todo el equipo que ayudó en las etapas de comportamiento.

Además, agradezco a mi familia. Sobre todo a mi esposa Belén Regueira y mis padres Hans Heinrich Fast y Renate Hinz, por apoyarme constantemente, y darme para delante, durante todo el proceso.

Finalmente agradezco a Dios, quien me permitió poder llegar hasta aquí.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. <u>OBJETIVOS</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. <u>COMPONENTES DEL COMPORTAMIENTO</u>	2
2.1.1. <u>Consumo o pastoreo</u>	2
2.1.2. <u>Descanso</u>	4
2.1.3. <u>Rumia</u>	4
2.1.4. <u>Caminata</u>	5
2.1.5. <u>Ingestión de agua</u>	6
2.2. <u>FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LOS ANIMALES</u>	7
2.2.1. <u>Pastura</u>	7
2.2.2. <u>Salud</u>	9
2.2.3. <u>Estado reproductivo</u>	11
2.2.4. <u>Estado fisiológico</u>	11
2.2.5. <u>Estado nutricional</u>	12
2.2.6. <u>Otros</u>	13
2.2.6.1. <u>Condiciones climáticas</u>	13
2.2.6.2. <u>Manejo</u>	14
2.2.6.3. <u>Suplementación</u>	16
2.3. <u>DIFERENTES DISPOSITIVOS DETECTORES DE COMPORTAMIENTO Y SUS UTILIDADES EN ANIMALES</u>	17
2.3.1. <u>Validación e intervalo de medición</u>	17
2.3.2. <u>Dispositivos</u>	18
2.4. <u>HIPÓTESIS</u>	23
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	24
3.1. <u>UBICACIÓN</u>	24
3.2. <u>DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS</u>	24
3.3. <u>ANIMALES Y MANEJO</u>	25
3.4. <u>MEDICIONES REALIZADAS</u>	25
3.5. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	28
4. <u>RESULTADOS</u>	29
4.1. <u>COMPARACIÓN DE LA REGRESIÓN LINEAL ENTRE TRATAMIENTOS</u>	29

4.2. COMPARACIÓN DE COINCIDENCIAS ENTRE CONDICIONES.....	31
4.3. COMPARACIÓN DE COINCIDENCIAS ENTRE LAS ACTIVIDADES.....	33
5. <u>DISCUSIÓN</u>	34
6. <u>CONCLUSIONES</u>	38
7. <u>RESUMEN</u>	39
8. <u>SUMMARY</u>	40
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	41

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Duración y cantidad de las sesiones de registro de comportamiento.....	27
2. Igualdades asumidas entre diferentes componentes del comportamiento registradas mediante los dos métodos.....	27
3. Resultados de análisis de regresión lineal para condiciones de estabulación y pastoreo.....	29
4. Coincidencias promedio de los registros del collar en función de las observaciones visuales para los dos tratamientos.....	31
5. Promedio de frecuencias de todos los registros del collar en función de las actividades y posturas registradas visualmente.....	33
Gráfica No.	
1. Regresión lineal entre la observación de los collares Moonitor y la observación visual en condiciones de estabulación.....	30
2. Regresión lineal entre la observación de los collares Moonitor y la observación visual en condiciones de pastura.....	30
3. Promedio de frecuencias los registros del collar en función de las actividades y posturas registradas visualmente en condiciones de estabulación	32
4. Promedio de frecuencias los registros del collar en función de las actividades y posturas registradas visualmente en condiciones de pastura.....	32

1. INTRODUCCIÓN

La forma en que los animales ajustan su comportamiento frente a situaciones adversas, ya sea del entorno o de su metabolismo, debe ser un factor importante a tener en cuenta a la hora de planificar estrategias de manejo tendientes a optimizar la producción (Gibb, 2006). Se han encontrado ritmos circadianos en los bovinos (Robert et al., 2011), durante el día, los animales alternan períodos de alimentación, rumia, descanso y otras actividades, como consecuencia de la integración de una gran cantidad de señales a nivel del sistema nervioso central influenciadas por muchos factores externos e internos (Woodward 1997, Gibb 1998, Moran y Doyle 2015).

Comprender la relación animal-pastura, y los factores que la afectan, es elemental para lograr altas eficiencias en sistemas pastoriles como lo son la gran mayoría en nuestro país (Chilibroste, 1998). Cada una de las actividades de un animal están entramadas en un escenario que fluctúa continuamente. Esto dificulta su comprensión y exige que deban definirse de manera precisa y clara, cada componente del comportamiento del individuo (Gibb, 1998). Al mismo tiempo, una vez que se conozcan las maneras del animal de reaccionar y de adaptarse, el comportamiento se convierte en un libro abierto sobre la situación que el animal esta viviendo (Moran y Doyle, 2015). Es por esto, que disponer de métodos de registro de comportamiento automáticos, instantáneos y que permitan hacerlo en grandes cantidades, puede ser de gran utilidad para la investigación como también para un manejo más eficiente de los establecimientos.

1.1. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis comparativo entre dos métodos de registro de comportamiento (consumo y descanso) de vacas Holstein y su aplicabilidad en condiciones de pastoreo y estabulación.

Además, se pretende lograr un primer acercamiento a la exactitud y a posibles desconciertos del nuevo dispositivo Moonitor para distintas actividades como rumia, consumo, descanso e ingestión de agua; en condiciones típicas de los sistemas lecheros del Uruguay.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. COMPONENTES DEL COMPORTAMIENTO

2.1.1. Consumo o pastoreo

El proceso de cosecha de forraje (pastoreo) es un proceso complejo y difícil de describir correctamente. Gibb (1998) aclara la diferencia entre consumo y pastoreo. El consumo es la prehensión, masticación y deglución del alimento. El pastoreo sin embargo comprende pequeñas caminatas de búsqueda y momentos de masticación y elaboración del bocado. El autor propone que períodos cortos (<4 min) de inactividad en medio de dos sesiones largas de pastoreo, deberían considerarse parte del tiempo total de esta actividad. Igualmente recomienda incluir sesiones de pastoreo más cortos que 4–5 minutos bajo “otras actividades”, por ser poco frecuentes y no contribuir significativamente al tiempo total de la conducta. Champion et al. (2004) usaron similar criterio para ovejas, considerando el límite de duración de 6 minutos para distinguir períodos intra- e interpastoreo.

Otra forma de definir este límite de sesiones entre y durante el pastoreo es la usada por Alsaad et al. (2015). Estos recomiendan diferenciar las actividades según la velocidad y la cantidad de pasos dados (véase 2.1.4.).

En muchos casos, el tiempo que una vaca le dedica al consumo de forraje, se ha usado como primer y directo equivalente al consumo total del mismo (Kennedy et al. 2011, Ueda et al. 2011, Umemura 2013). Aunque se sabe que en condiciones de pastoreo hay otros dos factores de igual o más importancia que el tiempo de pastoreo; estos son la tasa de bocado (bocado/min) y el peso de bocado (gramos/bocado) (Gibb, 2006). A pesar que no se analizan en este trabajo, es importante tenerlos en cuenta ya que son una herramienta importante de adaptación y compensación del animal.

Kennedy et al. (2011) demostraron que en vacas de alta producción (28 litros/día) suplementadas con 3 kilogramo MS de concentrado diario, se puede mantener el mismo consumo, restringiendo fuertemente el tiempo de acceso a las pasturas de 22 a 6 horas por día. Esto fue a pesar de que el tiempo de pastoreo efectivo fue menor (481 vs. 351 min/día), explicándose en gran parte por el aumento de la tasa de bocado de los animales (58.7 vs. 67.2 bocados/min).

En todos los casos, se ha detectado que la compensación es multifactorial y presenta un límite, sobrepasándose este, el consumo y finalmente la producción se verán afectados (Mattiuda et al., 2013). Si bien el peso del bocado es una variable que tiene mucha incidencia en el consumo, está determinado por características del forraje como la densidad y la altura que no permiten un rango muy amplio de adaptación. Contrario a

esto, el tiempo total de pastoreo parece presentar mayor flexibilidad y por lo tanto, más adaptación a diferentes situaciones (Gibb 2006, Kennedy et al. 2011).

Si el tiempo de acceso y el forraje disponible son abundantes, el tiempo de pastoreo puede estar determinado por dos mecanismos. Uno está dado por la saciedad causada por receptores de tensión ubicados en las paredes ruminales los cuáles envían señales de “llenado” cuando la capacidad del rumen se ve limitada. El otro mecanismo es la regulación metabólica, la cual a una ingesta excesiva de nutrientes produce el cese del consumo voluntario (Colla et al., 2013). Hodgson (1990) agrega que en pasturas de mala calidad, el consumo también podría cesar por la fatiga muscular del animal.

Como esquema general, se pueden observar dos momentos importantes de pastoreo: el primero en el amanecer, y el segundo, aún más importante, en el atardecer. Los animales evitan la noche debido a que hay menor visibilidad y, en condiciones silvestres, habría mayor presencia de predadores (Moran y Doyle, 2015). Además, estos horarios permiten aprovechar las temperaturas óptimas y, antes del atardecer, se sabe que hay mayor concentración de carbohidratos en la pastura (Gibb 2006, Gregorini 2012). Gibb (2006) remarca que hay una tendencia de que el pastoreo del anochecer tiende a ser de mayor duración y presenta mayor tasa de ingestión, estimando que en promedio cerca del 60% del consumo (materia seca) diario ocurre en ese período.

Peyraud et al. (1996) han encontrado que, a lo largo del día, cada 8 horas los animales volvían a presentar pequeñas sesiones de pastoreo; estos autores explican que tales intervalos permiten el óptimo funcionamiento del rumen, especialmente en lo que respecta a la digestión de la fibra. Pero el hecho de retirar los animales para el ordeño influye sobre su rutina, tanto que en general, las dos sesiones principales de consumo se concentran a la salida del ordeño (Charlton et al., 2011). Casi independientemente de la hora, la primer sesión de pastoreo es la más importante en términos de duración y tasa de consumo. Chilbroste et al. (2008) comprobaron que aún con diferentes duraciones de acceso a la pastura (16 vs. 8 h./día) y diferentes asignaciones (alta vs. baja), la primer sesión era la más importante, presentando duraciones de 90 minutos en promedio. La probable explicación puede ser el “hambre” generado por el ayuno del ordeño.

En general, los bovinos son más activos en el día que durante la noche (Ueda et al. 2011, Chilbroste et al. 2015). Pero se ha descubierto que en noches muy iluminadas por la luna, pueden existir notables sesiones de pastoreo (Gibb, 2006). Peyraud et al. (1996) citan que en promedio, durante la noche los animales pastorean 30 minutos. Gary et al. (1970) trabajando con vacas Charolais cuantificaron que en la noche, estas realizaban en promedio 17% del pastoreo total.

En resumidas cuentas, la actividad de ingesta, en condiciones de pastura, puede ocupar entre 20 – 50% del día. Sin embargo, bajo condiciones de estabulación, la vaca

sólo dedica entre 8 – 30% día para consumir (Kononoff et al. 2002, Gutiérrez et al. 2014).

2.1.2. Descanso

Comúnmente el descanso se define como el momento de “menor actividad” de la vaca. Esta afirmación es solo parcialmente cierta, puesto que son muy comunes períodos de descanso (50-60 minutos) entre dos sesiones de rumia. Pero estos intervalos no cumplen solo la función de reposo muscular, sino que juegan un rol importante en la estratificación de las partículas en el rumen y la eructación de los gases productos de la fermentación (Gibb, 1998). Por consiguiente, Gibb (1998) propone que esta actividad debería llamarse “otras actividades”, y no descanso.

Como es de esperar, si el pastoreo se realiza predominantemente de día, el descanso es más frecuente durante la noche (Chilibroste et al., 2010).

El descanso puede ser en pose parada o echada (Ueda et al., 2011). Esta diferencia puede ser importante ya que en algunas enfermedades como la laminitis, el animal pasa mucho tiempo echado debido al dolor causado al apoyar los pies. De lo contrario, si el animal se echa menos de lo normal, podría indicar mastitis (Alsaad et al., 2015).

El tiempo en reposo depende de las demás actividades. Y cobra importancia el lugar o el piso sobre el cual se encuentra el animal. Excesivo tiempo parado puede indicar un piso incómodo (sucio, frío, mojado, etc.). Charlton et al. (2011) estudiaron en qué condiciones, si en la pastura o en la estabulación, prefieren descansar los animales. Las conclusiones fueron que prefirieron la pastura, donde pasaron cerca del 80% de su tiempo echado.

2.1.3. Rumia

La regurgitación de material semidigerido y su remasticación es un comportamiento menos complejo de definir que los anteriores, pero de no menor importancia. La actividad del rumen es un indicador muy útil para detectar cambios en la dieta, problemas de salud y reproductivos entre otros.

La vaca destina a la rumia un promedio de 35-40% del día (Ruata et al., 2015) y la suma del tiempo destinado a pastoreo y rumia en promedio abarca el 60% del día (Gutiérrez et al., 2014).

La rumia, al igual que el pastoreo, tiene períodos de mayor intensidad, realizándose sobre todo en la noche (Mattiauda et al., 2013) y con máxima intensidad inmediatamente posterior al primer pastoreo del anochecer (Rovira, 1996).

En general se observan sesiones que duran en promedio 35-45 minutos y raras veces llegan a durar 1 hora (Gibb, 1998). Cada una de estas sesiones está compuesta por muchas secuencias de regurgitación, remasticación del bolo y la posterior agregación de saliva. Esta secuencia demora entre 35 y 50 segundos en dietas con fibras largas. Entre la deglución de un bolo y la regurgitación del próximo, hay un corto intervalo (Gibb, 1998). Kononoff et al. (2002) justamente explican que gracias a estos pequeños intervalos entre bolo y bolo que duran de 5 a 10 segundos, se puede identificar fácilmente esta actividad.

Aun comparando tres tratamientos con diferentes duraciones (8 vs. 4 horas/día) y momentos de acceso a la pastura (7:00 vs. 11:00), Mattiauda et al. (2013) encontraron cierto sincronismo inter e intra tratamientos tanto en los momentos como en la duración de las sesiones de rumia a lo largo del día. Esto parece indicar que para el animal, la rumia es una actividad relativamente más flexible en lo que respecta el momento y el lugar, en comparación a la alimentación. O sea que no es necesario realizar esta en condiciones muy especiales o determinadas; en la sombra, en la sala de espera del ordeño y cualquier momento libre puede ser aprovechado para remasticar lo ingerido. Esto concuerda con el orden jerárquico de necesidades fisiológicas que se conoce que presentan los bovinos, en el cual la rumia y el descanso están en el último lugar (Stuth, 1991).

En el trabajo de Kennedy et al. (2011), las vacas con acceso restringido a la pastura (6 horas/día) pastorearon 97% del tiempo, mientras las no restringidas (22 horas/día) solo 36% del tiempo. A pesar de lo anterior, el tiempo de rumia permaneció igual (406 vs. 414 minutos/día), lo que confirma la flexibilidad de esta actividad.

2.1.4. Caminata

Es la actividad en la cual el animal se desplaza, generando altos costos energéticos, pero también es de las actividades que menos tiempo ocupan en la rutina bovina. Un debate muy discutido, ha sido la manera o el criterio para diferenciar la caminata con la búsqueda de parches nuevos y de los pequeños pasos intraparches que se dan en el pastoreo, y por lo tanto, son considerados parte de esta actividad.

Delagarde y Lamberton (2015b) proponen usar la velocidad como el criterio para diferenciar las pequeñas caminatas que realiza la vaca mientras pastorea, con los desplazamientos más importantes, ya sea entre el ordeño y la pastura o movimientos sombra-pastura-bebedero. Ya que la primera es alrededor de 3 metros/minuto y la

segunda tiende a ser mayor a 60 metros/minutos. Un criterio parecido fue empleado por Roberts (2014), considerando que la velocidad promedio característica de la caminata era mayor a 20 metros/min, mientras que la del pastoreo entre 1,2 y 20 metros/min.

Alsaad et al. (2015) proponen dos medidas para diferenciar la caminata en animales alimentadas con TMR *ad libitum*. Por un lado, esta debe contener al menos tres pasos consecutivos, y por el otro, no debería haber un lapso mayor que 4 segundos entre paso y paso. Esta diferenciación probablemente requiera ajustarse para poder ser aplicada a condiciones de pastura, pero podría ser un manera sencilla y exacta de diferenciar esta actividad.

Estudios realizados por Charlton et al. (2013) cuantificaron el tiempo que los animales pasaban caminando mientras se alimentaban con una TMR y disponían de una pastura a 60 metros para descansar. En promedio los animales dedicaron 2,3% del día a la actividad de caminata.

2.1.5. Ingestión de agua

La sed está en el primer lugar en el orden jerárquico de necesidades fisiológicas del ganado (Stuth, 1991).

A pesar de parecer un indicador muy poco sensible a cambios en el ambiente o al estado del animal, ha demostrado ser un componente importante en su comportamiento (Huzzey et al. 2005, Lukas et al. 2008, Cardot et al. 2008).

El consumo total de agua y la frecuencia de visitas al bebedero dependen de varios factores. Por ello, es un indicador útil para detectar cambios en el animal o su entorno.

Los principales factores que definen el requerimiento de agua en una vaca lechera son: el clima (sobre todo la temperatura y la lluvia), la composición de su dieta (% de materia seca, concentración de Sodio, etc.), su semana de lactancia, su producción de leche y su consumo total de alimento sólido (Cardot et al., 2008).

Se ha visto que esta actividad es muy influenciada por los eventos de ordeño y alimentación. Es en estos momentos que se dan los picos de consumo de agua. Tanto que Cardot et al. (2008) registraron que 75% de las vacas asistieron al bebedero en las 2 horas pos ordeño. Durante el día los animales consumieron 75% del agua total, afirmándose nuevamente que de noche la vaca es menos activa.

Lukas et al. (2008) realizan un análisis interesante. Se conoce que cambios en el consumo no están asociados solo, pero en la mayoría de los casos preceden, a

manifestaciones clínicas de enfermedades. Por lo tanto, considerando la relación existente entre consumo de MS y el consumo de agua, este último podría ser un indicador indirecto, pero más fácilmente medible de la ocurrencia de algún tipo de estrés. Y de esa manera, la conducta referente al consumo de agua (duración, frecuencia, etcétera) pasa ser un componente importante a tener en cuenta.

Finalmente, conocer el consumo de agua del ganado en sistemas de gran escala puede ser muy útil ya que no siempre se disponen de fuentes permanentes de agua.

2.2. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LOS ANIMALES

En sistemas pastoriles, la distribución diaria de las actividades revisadas anteriormente, es muy dependiente de factores propios del animal como también de su entorno. Esta dependencia causa variaciones en el comportamiento de un animal, y gracias a eso, este se ha convertido en un indicador del estado en el que se encuentra el animal (satisfecho, estresado, enfermo, etcétera) y por ende en una útil herramienta para mejorar la eficiencia del sistema (Moran y Doyle, 2015). Algunos autores dicen que el comportamiento es una de las primera líneas de defensa del animal en respuesta a cambios en su entorno o en su estado interno (Roberts, 2014).

Cuando se pasa de sistemas pastoriles a condiciones de encierro, la expresión de la conducta se ve limitada, y a su vez, cambia la importancia relativa de los diferentes factores que afecten el comportamiento (Moran y Doyle, 2015). Charlton et al. (2011) encontraron en ganado lechero cierta preferencia por pasar el tiempo en la pastura (71% del tiempo total). Dicha preferencia era parcial, ya que variaba según las condiciones ambientales (ITH y lluvia) y la producción. En otro estudio, se evaluó la motivación de vacunos por acceder a una pastura a través de la distancia que los mismos estaban dispuestos a recorrer para llegar a ella (60, 240 o 160 metros). La conclusión fue que durante la noche, la vaca tenía mayor motivación para acceder a la pastura que durante el día (Charlton et al., 2013).

A continuación se detallan algunos de los factores que afectan el comportamiento animal. Algunos como la raza (Saldanha et al., 2004), la competencia entre animales (Goldhawk et al., 2009), la asignación de forraje y otros efectos sociales no son incluidos en la revisión (Penning et al., 1993).

2.2.1. Pastura

La pastura es probablemente el factor más importante en nuestros sistemas con base pastoril, debido a su importancia en la dieta (70%) y además por su amplia variabilidad y heterogeneidad en tiempo y espacio (Chilibroste et al., 2015).

El tiempo que necesita un animal para arrancar y llevar el forraje a la boca es poco variable (procesos incluidos en el tiempo de consumo). Sin embargo, el tiempo dedicado a la búsqueda de un bocado y el tiempo que le lleva masticarlo, son muy dependientes de la distribución, calidad y cantidad de la pastura (Cangiano, 1996).

Aún en pasturas mono-específicas existe heterogeneidad, debido a la topografía, los suelos, el manejo previo, incluso causada por el mismo animal (excreciones, lugares preferidos, etcétera). Por lo tanto, cuando la pastura no es uniforme en su distribución, el animal pierde tiempo buscando un bocado y en consecuencia, el tiempo de pastoreo aumenta (Chilibroste et al. 2005, Gibb 2006). Champion et al. (2004) encontraron que al sembrar por separado raigrás y trébol blanco, en vez de mezclarlo, el tiempo de pastoreo de ovejas disminuía sin afectar el consumo total. La causa de la disminución fue que las ovejas pasaban menos tiempo buscando y seleccionando el trébol. Entonces, la heterogeneidad vertical y horizontal pueden aumentar, por un lado, el tiempo y el esfuerzo que requerirá el animal para encontrar e ingerir forraje. Pero por el otro, gracias a la selección, aumentan la oportunidad de mejorar el valor nutritivo del forraje ingerido (Champion et al. 2004, Rutter et al. 2004). Además, los sentidos como la visión, el olfato y el gusto se ven más estimulados a medida que la pastura es más heterogénea, creándose así nichos de preferencia del animal (Moran y Doyle, 2015).

Otras características de la pastura, como su origen (templado o subtropical), su altura y su estado fenológico también juegan un rol preponderante (Gibson, 2009). Las gramíneas normalmente tienen más fibra que las leguminosas. Por ende, aún con altos valores de digestibilidad, estas pueden limitar el consumo, debido a la relación lineal que existe entre el consumo de forraje y el contenido de FDN del mismo (regulación física) (Van Soest, citado por Gutiérrez et al., 2014).

Las leguminosas por otro lado, tienden a aumentar el tiempo de consumo ya que el peso de bocado en general es menor en estas que en las gramíneas (Chilibroste et al., 2005).

Similar es el efecto cuando en el avance del ciclo de las pasturas, comienza el pasaje del estado vegetativo al reproductivo, en el que aumenta la proporción de tallos y disminuye la de hojas. Esto resulta en forraje de menor calidad, más fibroso, y genera mayor pérdida de tiempo en la re-masticación (Cangiano, 1996).

Varios parámetros han sido utilizados para describir el estado de la pastura. Se ha encontrado que el IAF o la biomasa presente dentro del horizonte (densidad) de pastoreo presentan mayor correlación con el consumo, que la simple altura de la biomasa. Aún así, la última sigue siendo la más usada, no solo por la mayor facilidad de determinación, sino también por su alta utilidad en el estudio de la interacción planta-animal (Hodgson 1990, Chilibroste et al. 2005, Gibb 2006).

Carballo et al. (2010) encontraron que a medida que la altura de pastura disminuye, el bovino responde aumentando el tiempo de pastoreo y dedicando menos tiempo a la rumia. La capacidad de compensación es parcial, y la altura tiende a limitar el consumo si la misma disminuye considerablemente u otro factor interfiere, como podría ser el tiempo de acceso, entre otros (Gibb 2006, Mattiauda et al. 2013). Aun así, Oudshoorn et al. (2012) registraron mayor consumo para animales pastoreando pasto corto (11 cm) 15 vs. 13,8 kilogramos de materia seca para pasto largo (16cm). La posible explicación, según los autores, puede ser que el pasto más corto era más palatable debido a mayor que parte del mismo era recién rebrotado. Esto reafirma la diversidad de factores de una pastura que pueden cobrar importancia bajo diferentes escenarios (Chilibroste et al., 2015).

Hay muchos otros factores menores de la pastura que también pueden influir en el comportamiento, como por ejemplo, la altura del pseudo tallo. Esta puede ser una restricción para el consumo, limitando la profundidad del bocado, especialmente cuando son envejecidos (Hodgson, 1990).

2.2.2. Salud

El cambio en el comportamiento animal también es uno de los criterios más importantes y útiles para la evaluación del bienestar y salud animal (Szyszka 2012, Theurer et al. 2013, Alsaad et al. 2015).

Cambios en los parámetros del comportamiento característicos de una enfermedad pueden ser usados como sistema de alarmas tempranas ante una enfermedad (González et al. 2008, Von Keyserlingk et al. 2011). En consecuencia, la conducta de un animal enfermo podría permitir identificar problemas de salud, antes que se presenten los signos clínicos de la misma. Si mediante la observación del comportamiento se puede anticipar un padecimiento, podría ser de gran relevancia estudiarlos ya que tiende a ser mejor el control cuanto menos desarrollado esta la enfermedad (González et al., 2008). Así, la pérdida causada por laminitis, fue 1% vs. 20% de su producción si una vaca lechera recibe atención en forma inmediata (24 horas) o dentro de los 2-3 próximos días (Greenough et al., 1989).

Ahmed et al. (2015) lograron identificar las infecciones de *E. coli* y *S. enteritidis* en lechones mediante un acelerómetro triaxial de manera preventiva, tal que no se llegaba reducir el peso significativamente por la enfermedad. En otro estudio también con lechones, cambios en el comportamiento permitieron detectar diarrea un día antes que aparezcan los signos físicos. En este caso, se identificaron desordenes en el consumo nocturno de agua de los animales enfermos (Madsen y Kristensen, 2005).

Sin embargo, no fueron los mismos resultados obtenidos por Szyszka (2012), quien detectó los cambios en el comportamiento causados por un parásito inducido en bovinos no antes de, también poder registrarse presencia de huevos en las heces de los animales. Esto hace entender que conocer el comportamiento del animal es una herramienta útil para detectar enfermedades, pero no necesariamente es la única manera de detectarlas de manera precoz.

La laminítis, la cual esta dentro de las tres enfermedades que ocasionan más pérdidas en los sistemas lecheros junto a la mastitis y las enfermedades reproductivas, provoca aumentos en el tiempo de descanso y disminuye la actividad general durante el día (Flower et al. 2005, Alsaad et al. 2015).

Además de las ya nombradas, la hipocalcemia, la cetosis y la metritis también son enfermedades muy comunes. Especialmente en el período de transición (3 semanas pre y pos parto), cuando el ganado lechero es más vulnerable a padecerlas (Huzzey et al. 2005, Goldhawk et al. 2009, Von Keyserlingk et al. 2011).

En los trabajo de González et al. (2008), Von Keyserlingk et al. (2011) sobre metritis, encontraron que el tiempo de consumo, cuando se suministraba el alimento fresco en la semana previa al parto, era menor en lo animales en los que luego se constató metritis comparado con los que permanecieron sanos. Además, la enfermedad redujo el número total de visitas al lugar de comida.

González et al. (2008), Goldhawk et al. (2009) registraron similares cambios en animales en período de transición con cetosis. Al igual que en la metritis, disminuyó el tiempo de consumo como también las visitas al comedero. En promedio, González et al. (2008) detectaron la cetosis 3.6 días antes del diagnóstico de los técnicos del predio mediante los registros del comportamiento. Con más anticipación aún fue en los casos de enfermedades agudas de pie donde lograron diagnósticos 7.7 días antes.

Como tendencia general se observa que suele aumentar el tiempo de descanso, cuando ocurre una enfermedad, y el tiempo de rumia e ingesta disminuyen. En algunos casos como lo es la mastitis, sería importante diferenciar si el descanso es echado o parado, ya que esta aumenta el tiempo de reposo pero las vacas no se echan debido al dolor de la ubre (Alsaad et al., 2015). Para González et al. (2008) el tiempo de consumo fue la característica que cambio consistentemente y de manera más significativa en todas el enfermedades estudiadas.

Se puede concluir que es posible, y puede ser muy útil, el control constante de la conducta para el mejor cuidado de los individuos y el precoz diagnóstico de las enfermedades. Pero la respuesta demostró ser similar entre enfermedades y será necesaria la complementación con otra información para una correcta diagnosis.

Además, se puede observar que es difícil detectar irregularidades en un animal y pronosticar una enfermedad, si no se dispone de una comparación horizontal con otros animales en similares condiciones, o con datos de días anteriores del mismo animal.

2.2.3. Estado reproductivo

La detección correcta del celo es muy importante ya que conlleva a tasas de preñez más altas. Además, celos que no han sido detectados resultan en intervalos de parto-concepción más largos, reduciendo la producción de leche y la cantidad terneros totales de la vida del animal (Ramos, 2011).

Cuando la vaca esta en celo, hay un incremento de la actividad. El pastoreo y la alimentación quedan muchas veces interrumpidos y, en general, se reduce el tiempo total de pastoreo. Esto pasa, debido a que en vez de pastorear, la vaca aumenta sus desplazamientos (Sepúlveda y Roder, 2003).

Nebel et al. (2000) cuantificaron que en condiciones intensivas (estabulación) una vaca en celo es 2,76 veces más activa que una que no lo está y, hasta 4 veces más, si tiene libertad de movimiento.

Finalmente, también hay cambios en el consumo de agua, el cual tiende a ser menor, cuando el animal se encuentran en celo (Lukas et al., 2008).

2.2.4. Estado fisiológico

El estado fisiológico de un animal también influye en el comportamiento. Gary et al. (1970) remarcan la importancia de utilizar animales homogéneos (en cuanto a peso, edad, lactancia, género, etcétera) cuando se quiera estudiar o medir el comportamiento. Esto es porque los autores encontraron diferencias significativas en los comportamientos entre animales, adjudicando las causas a diferencias de edad y peso entre las vacas Charolais.

Gibb et al. (1999) describieron una reducción del tiempo de rumia de 30 minutos (debido a menor consumo) y aumento de 120-160 minutos diarios de descanso en vacas secas respecto a lactantes.

Mader et al. (2002) encontraron cambios en el comportamiento de rodeos de bovinos de carne con diferentes colores de piel en condiciones de altas temperaturas. Los animales de colores oscuros tendieron a agruparse más y jadear con más frecuencia que los de color claro. De similar manera, Finch et al. (1984) encontraron que novillos de color claro estaban más tiempo al sol pastoreando en días de calor que los oscuros, resultando en una mayor ganancia (0,13 kg/d de diferencia).

Christie et al. (2000) no registraron diferencias en el tiempo total de pastoreo entre animales que se encontraban en diferentes momentos de su lactancia (diferente producción), a pesar de que sí presentaron importantes diferencias de consumo. Esta diferencia se explicó por la tasa de ingestión, y no por el tiempo de pastoreo.

Por otro lado Huzzey et al. (2005), estudiando el período de transición, registraron un aumento del tiempo de pastoreo a partir del parto de 3 minutos cada día. En el mismo estudio, también encontraron características distintivas del día del parto, demostrando la inquietud del animal (mayor tiempo parada, y esta a su vez, dividida en mas sesiones). Incluso encontraron diferencias significativas en el consumo de agua entre períodos pre y pos parto. Y el día anterior al parto, el número de pasos de la vaca aumenta y el tiempo que pasa acostada disminuye significativamente.

El mismo día del parto, se ha observado que el tiempo de rumia disminuye de manera marcada, alrededor de 255 minutos. Asimismo, el día anterior al parto, la cantidad de pasos aumenta, el tiempo que pasa acostada disminuye (Rauta et al., 2015).

Lukas et al. (2008) encontraron que existen diferencias de consumo de agua entre primíparas y multíparas. Una de las posibles causas puede ser la mayor producción de leche de las últimas.

2.2.5. Estado nutricional

El tipo de alimentación puede influenciar mucho en el comportamiento. El tiempo de rumia, por ejemplo, es muy dependiente del consumo de FDN, ya que cuan más fibroso sea el alimento, más necesario es la remasticación del mismo. Mertens (1997) encontró en su estudio que el animal rumiaba 150 minutos por cada kilogramo de FDN consumido ($R^2=0,75$). Esto permitiría notar cambios en la calidad o cantidad de una TMR suministrada. Algo que podría ser muy útil en sistemas estabulados intensivos donde se podrían detectar errores en la elaboración o suministro de la dieta a través del tiempo de rumia. Esto último no es menor, ya que la salud ruminal es un factor de elevada importancia y requiere de estabilidad para el correcto funcionamiento de los micro-organismos.

Además de la estabilidad, la rumia juega un rol importante en la regulación del pH del rumen, gracias a la saliva que aporta cada bolo remasticado. Tanto es, que por debajo de 400 minutos de rumia/día, se podría considera como una alarma de que el animal esta con alto riesgo de contraer acidosis (dependiendo de ciertas condiciones), debido a la baja producción de saliva y la ausencia del efecto buffer de la misma (De Vries et al., 2009). Sin embargo, Byskov et al. (2015) encontraron que 48% de la variación del tiempo de rumia, estaba explicado por diferencias individuales entre animales, por lo que se podría cuestionar una clasificación cualitativa.

En los sistemas pastoriles, el bajo consumo ha sido identificado como la principal limitante en la producción de leche de vacas de alto potencial. El comportamiento puede ser un reflejo de balance nutricional de un animal, como por ejemplo, cuando el tiempo de pastoreo es menor del esperado bajo determinadas condiciones, probablemente el animal no está consumiendo su máximo (las posibles causas de esta reducción ya se han descrito anteriormente). Por lo tanto, el consumo de materia seca es quizás el factor que más impacto tiene sobre la salud metabólica, y en consecuencia, sobre la producción de las vacas lecheras (Bargo 2003, Chilbroste et al. 2012).

2.2.6. Otros

2.2.6.1. Condiciones climáticas

En los meses cálidos, la acción combinada de alta radiación solar, temperatura y humedad del aire (ITH), puede determinar que el ambiente meteorológico se encuentre fuera de la zona de confort de la vaca, y por lo tanto esté causando estrés. A medida que aumenta el ITH por encima del crítico ($ITH > 71$), disminuyen las duraciones de las sesiones de consumo y el tiempo que la vaca pasa echada. Por otro lado, aumenta significativamente el tiempo que los animales pasan parados, probablemente para disipar el calor (Saravia et al. 2011, Kanjanapruthipong et al. 2015).

En Uruguay, la duración diaria promedio de la situación crítica ($ITH > 71$) para la zona norte del Río Negro, en promedio para el mes de enero, es superior a 10 horas en la fase diurna y a 4 horas en la fase nocturna (Cruz y Saravia, 2008).

Saravia et al. (2011) cuantificaron que el tiempo total dedicado al pastoreo fue 41,1% menor en animales bajo estrés calórico en Salto, en comparación a los que no estaban bajo este. La principal causa de esta reducción del consumo se adjudica a que el procesamiento del alimento y su digestión son actividades que desprenden importantes cantidades de calor (Baumgard y Rhoads, 2012). Para más discernimiento sobre la interacción dieta-estrés calórico, Kanjanapruthipong et al. (2015) suministraron dietas diferenciadas en su contenido de fibra celulósica (13.9% vs. 10%) a 30 vacas multíparas cruza (87.5% Holstein \times 12.5% Sahiwal). Las mismas se encontraban bajo estrés calórico relativamente más severo los que se registran en Uruguay, el ITH mínimo diurno fue $86,4 \pm 2.5$ y $74,2 \pm 2.1$ el mínimo nocturno de los 63 días que duró el experimento. El mismo demostró que las diferentes dietas afectaron la temperatura rectal y también la conducta del animal. Las vacas del tratamiento con menor contenido de fibra celulósica, presentaron menos sesiones de consumo (de mayor duración), a la vez que pasaron más tiempo echadas y efectivamente lograron un mayor consumo y mayor producción de leche.

Las altas temperaturas también afectan el consumo de agua, este aumenta a medida que aumentan las temperaturas medias del día.

Hasta se encontraron diferencias en el tiempo de pastoreo entre animales de color oscuro y los de color claro en condiciones de estrés térmico (Finch et al. 1984, Mader et al. 2002), reforzando por un lado el concepto del efecto reductor del estrés térmico sobre el consumo y, por otro lado, la gran cantidad de factores que pueden afectar los diferentes componentes del comportamiento animal.

Por último, si bien el estrés calórico es el evento climático de mayor importancia y frecuencia en Uruguay, otros como los temporales y días con mucha lluvia, también tienen efecto en el comportamiento. Es muy común que los animales se escondan en el reparo y en consecuencia, se reduce el tiempo de pastoreo (Chilibroste et al. 2012, Charlton et al. 2013).

Todos estos factores son relativos a las condiciones que se encuentra el animal. Si se dispone de sombra, agua (ayuda a disipar calor) o si los animales se manejan encerradas bajo techo y en ambiente controlado, ya casi no afectan las condiciones ambientales (Charlton et al., 2011)

2.2.6.2. Manejo

El tiempo de acceso a la pastura y el/los momentos del mismo son dos manejos fáciles de controlar y pueden cambiar de manera drástica el comportamiento (Chilibroste et al., 2010), a pesar que aunque aún no se conoce mucho como repercute la restricción del tiempo de acceso sobre el consumo y la producción de rodeos lecheros (Mattiauda et al., 2013).

Como se ha comentado en apartados anteriores, el tiempo de pastoreo es en parte el determinante para la definición del consumo de total. Esto hace que comúnmente se considere negativo el hecho de restringir el tiempo de acceso a la pastura. Pero no siempre es así, ya que efectos negativos del animal sobre la pastura (pisoteo, sobre-pastoreo, arrancado de plantas, etcétera) son menores (Chilibroste et al., 2008). Mattiauda et al. (2013) hasta sugieren que restringiendo el período de acceso a la pastura se podría aumentar la producción y utilización de la misma.

Kennedy et al. (2009) encontraron que la eficiencia de pastoreo aumentó y la utilización de la pastura durante el tiempo del experimento bajó, cuando se restringió el tiempo de acceso. Los mismos resultados fueron obtenidos por Kennedy et al. (2011), donde comparando diferentes tiempos de acceso (22 vs. 6 horas/día), el tiempo total de pastoreo fue apenas distinto (481 vs. 351 minutos/día). Esto demuestra que la vaca aprovecha más el poco tiempo de acceso a la pastura, aumentando la duración de las

sesiones de pastoreo (62 vs. 175 min) y dedicando mayor proporción del tiempo al mismo (96 vs. 42). Cabe aclarar que el tiempo de acceso en el experimento de Kennedy et al. (2011) se dividía en dos períodos diarios de pastoreo. Esto puede haber sido la clave, ya que Pérez-Ramírez et al. (2008) encontraron que cuando el tiempo de acceso se reducía de 8 a 4 h de continuo, se reducía significativamente el tiempo de pastoreo y también el consumo.

Todo los trabajos permiten concluir que a medida que el tiempo de acceso de la pastura disminuye, aumenta la proporción del tiempo dedicado al pastoreo. Esto permite compensar, pero hasta cierto límite (Mattiauda et al., 2013). Kennedy et al. (2009) recomiendan que para no comprometer la producción, el acceso debería ser por lo menos de 6 horas y dividido en dos sesiones diarias luego de cada ordeño.

También se encontraron diferencias en el comportamiento cuando se compararon diferentes momentos de acceso (7:00 vs. 11:00 h), con una misma duración de acceso (4 horas) a la pastura. Los animales que iniciaron el pastoreo a las 7:00 presentaron mayor tiempo efectivo de pastoreo que las vacas que comenzaron a las 11:00 h (229 vs. 193 minutos respectivamente) (Mattiauda et al., 2013).

Por otro lado, el ayuno se encuentra estrechamente relacionado al acceso restringido a la pastura. El mismo en la mayoría de los sistemas lecheros es común que ocurra, ya que durante el tiempo del ordeño, la vaca normalmente no consume alimento y por lo tanto esta en ayuno. En general afecta el comportamiento, induciendo menor cantidad de sesiones de pastoreo de mayor duración, y aumentando así también la eficiencia de pastoreo (Kennedy et al., 2009). Según Soca et al. (1999), un ayuno de 6 horas aumentó la motivación para pastorear, a expensas de un menor tiempo de búsqueda y rumia. Chilibroste et al. (2015) observan que el efecto del ayuno es transitorio, ya que en muchos casos aumenta la tasa de consumo al inicio del pastoreo pero sin efecto en los números finales.

También se han encontrado cambios en la conducta en vacas cuando se los cambiaba de grupo. Von Keyserlingk et al. (2011) dicen haber encontrado cambios en los tiempos de rumia y comportamientos más agresivos, luego de incluir un individuo en un nuevo grupo.

Finalmente, el factor humano no es menor. Moran y Doyle (2015) afirman que un buen manejo del rodeo causa tranquilidad y des-estresa las vacas, facilitando su manejo y normalizando su conducta. Además, estiman que un buen manejo puede significar 20% de la producción.

2.2.6.3. Suplementación

La suplementación es un manejo común en los sistemas lecheros nacionales, ya sea para poder aumentar la carga (cabezas/hectárea), o cuando se quieren alcanzar producciones muy altas que se sabe que con sólo pasto son difíciles de alcanzar (Charlton et al., 2011).

La forma en que los animales ajustan su comportamiento frente a cambios en su dieta debe ser un factor importante a tener en cuenta a la hora de planificar estrategias de manejo tendientes a optimizar la producción y la eficiencia de uso de los recursos (Chilibroste et al., 2010).

La suplementación significa cambios en la dieta y las exigencias nutricionales, por lo que puede jugar un rol importante en el comportamiento animal. El efecto puede ser muy variable, dependiendo de la situación, en especial de la calidad y cantidad de pastura sobre la cual se suplementa y la cantidad del mismo.

En el trabajo realizado por Kennedy et al. (2011), suplementando animales con silo (23% de la dieta total), el tiempo de pastoreo disminuyó significativamente (19%) y el dedicado a la rumia aumentó (17%). Los autores explican que este aumento es debido a la mayor ingesta de fibra (no aumenta producción). Resultados parecidos son citados por Chilibroste et al. (2015).

Silva et al. (2005) demostraron que con niveles de suplementación bajos (hasta 1% del PV), el número de períodos de rumia y descanso, así como la duración de los mismos, no se vieron afectados en vaquillonas a pastoreo. Similar resultado fue obtenido por Riquelme (2008), donde el tiempo de pastoreo y el de rumia sobre raigrás perenne con asignaciones de 36 kilogramos no se vieron afectados por niveles de 3 ni 6 kilogramos diarios de suplementación. La única respuesta se encontró suplementando 9 kg, donde el tiempo de pastoreo decayó 9,6 minutos por cada kilogramo de concentrado aportado y el tiempo de rumia aumentó 4,3 minutos por kilogramo de concentrado.

Por el otro lado, Balocchi et al. (2002) encontraron que el tiempo de pastoreo se redujo por efecto de la suplementación, mientras que el tiempo total de rumia no fue afectado significativamente.

Bargo (2003) concluye en su revisión de muchos trabajos de suplementación, que vacas no suplementadas dedican en promedio 578 minutos por día al pastoreo. Y el autor observa que esta suma, se reduce 12 minutos por cada kilogramo de concentrado agregado, tendiendo a expresarse recién en altos porcentajes de suplementación.

2.3. DIFERENTES DISPOSITIVOS DETECTORES DE COMPORTAMIENTO Y SUS UTILIDADES EN ANIMALES

En las últimas décadas se ha incrementado el interés en el estudio tanto del bienestar como del comportamiento de los animales. El mismo se voy estimulado por una serie de razones que, entre otras, son el gran número evidencias científicas que vinculan de manera directa e indirecta el comportamiento con la productividad animal. Directamente mediante variables como el tiempo y la tasa de consumo, que como se ha visto en capítulos anteriores, determinan el consumo y por ende la producción. Indirectamente también existen factores, que tiene muchísima influencia en la producción, como son la salud o la reproducción.

El descubrimiento del gran potencial de conocer el comportamiento de los animales, llevó a que la investigación experimentara ya en el siglo pasado diversos tipos de dispositivos que permitan mejorar la calidad, tipo y cantidad de registros de comportamiento animal (Gibb 1998, Theurer et al. 2013). El hecho de usar dispositivos remotos con capacidad de almacenamiento y procesamiento de la información, permite tanto a nivel de la investigación, como de la producción, facilitar el manejo y mejorar el control constante en rodeos chicos como grandes.

Muchos estudios se han hecho en animales para detectar respuestas en el comportamiento. En el comienzo, los dispositivos no estaban adaptados para animales en la intemperie, sino únicamente para condiciones controladas (Stobbs et al., 1972). El pastoreo era un comportamiento demasiado fluctuante y ambiente-dependiente, lo que lo hacía aparecer muy difícil de describir automáticamente. Pero justamente esta variación, hacía que fuese mucho más útil aún, conocer el mismo.

2.3.1. Validación e intervalo de medición

Comúnmente la validación de los estos dispositivos se realiza mediante la observación simultanea, ya sea visual (en general scan sampling), o observación continua con videocámaras o si existen, otros dispositivos ya validados. Los dos primeros son los métodos más tradicionales, los cuales, además del labor intenso que requieren, limitan la observación ya sea en grandes cantidades, por largas duraciones o en condiciones inadecuadas como lluvia, nocturnas o semejantes. La videocámara permite anular los errores causados por cansancio o distracciones del observador, y permite re-observar o confirmar retrocediendo en el tiempo. Sin embargo para períodos muy largos de observación, las videocámaras pueden ser muy cansadores y no son muy practicas para la intemperie. Además, la presencia de otros animales o objetos pueden dificultar la observación, y si el animal se mueve mucho puede que no se registren todos

los movimientos. También hay que considerar las condiciones de luz, la capacidad de almacenamiento, entre otras.

Respecto a la frecuencia de registros para comportamiento, Hirata et al. (2002) realizaron un trabajo de comparación de distintas frecuencias (1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 y 30 minutos) de registros de pastoreo, descanso y rumia en vacas y sus terneros. Los autores llegan a la conclusión que estimaciones realizadas con intervalos de 1 a 5 minutos no difieren entre sí, pero intervalos mayores a estos comienzan a causar pérdidas de información y por lo tanto comienza a incrementarse el error en las estimaciones de comportamiento. Al aumentar el intervalo de registro, el tiempo de descanso se tendía a sobrestimar y el tiempo de pastoreo y de rumia tendía a subestimarse. No obstante, Gary et al. (1970) estudiaron sobre el mismo tema, y no encontraron diferencias significativas de mediciones de tiempo de consumo y descanso realizadas cada minuto vs. cada 15 minutos. Sin embargo, no fue así para actividades mas casuales como el tiempo de pastoreo nocturno o el número de defecaciones. Los autores entonces concluyen que el intervalo mínimo necesario para un correcto análisis va a depender de la naturaleza de las actividades que se quieran medir, y que además es importante tener un suficiente número de vacas, ya que la varianza entre las mismas es muy alta. Hasta trabajando con 9 vacas, Gary et al. (1970) encontraron diferencias significativas entre animales, por lo que ellos recomiendan o aumentar el número de animales, o utilizar animales lo más homogéneo posible.

Por otro lado Hirata et al. (2002) comentan que la frecuencia de mediciones también depende de la duración de las sesiones de observación. Si las mismas se realizan 24 horas por día, entonces podría ser suficiente realizar mediciones cada 10 minutos. De lo contrario sería recomendable reducir el intervalo.

2.3.2. Dispositivos

Actualmente existen una amplia gama de artilugios con diferentes capacidades y cualidades. Desde bozales con tubos con presión de aire o aceite (Balch 1951, Zehner et al. 2012, Salla Ruuska et al. 2015), interruptores de mercurio (Stobbs et al., 1972), micrófonos (Galli et al., 2006), imanes (Rauta et al., 2015), podómetros (Mazrier et al., 2006), dispositivos GPS (Turner et al. 2000, Handcock et al. 2009, Roberts 2014), hasta acelerómetros uni, bi o triaxiales (Zehner et al. 2012, Alsaad et al. 2015). Estos sistemas pueden ser colocados en distintos lugares del cuerpo, con el fin de medir diferentes conductas; como el cuello, la cola, la oreja o en las extremidades.

Existen detalles no menores de estos dispositivos, como la cantidad de variables que son capaces de medir a la vez, su simplicidad y robustez, su exactitud, el método de transferencia de los datos a una computadora o base de datos externa, la capacidad de almacenamiento o memoria de datos y la facilidad de interpretarlos. La mayoría

requieren ser recargados periódicamente y los más nuevos disponen de algún mecanismo de transmisión inalámbrica de la información a una base de datos externa. Esta puede ser mediante satélite, donde es imprescindible que haya buena conexión todo el tiempo, o también puede ser que necesiten que el animal pase cerca de una antena ubicada en un lugar estratégico para poder descargarse la base de datos (Ruata et al., 2015). Todas estas características determinarán la utilidad de los dispositivos en diferentes condiciones y ambientes. Algunos necesitan ser colocados de manera determinada y correcta (por ejemplo: sensores de presión, acelerómetros en algunos casos).

Galli et al. (2005) trabajando con micrófonos para medir el consumo y la tasa de bocado con diferentes alimentos, sugieren que el sonido permite cuantificar (cantidad e intensidad) de modo mucho más exacto que el simple conteo del comportamiento mediante el método visual. Schirmann et al. (2009) lograron determinar el tiempo de rumia con alta regresión ($r^2=0.87$) pero la memoria limitaba la duración del uso de los micrófonos (máximo 22 horas). Actualmente existen calibraciones para micrófonos que miden rumia y también tasa de bocados (Byskov et al., 2015), pero aun requieren de correcciones por ruidos ajenos provenientes de afuera, en especial para trabajar en pastura (Herinaina et al., 2016).

El GPS ha sido usado mucho para determinar los movimientos generales y la ubicación del rodeo. Presentan la limitante de tener un error de 10m (mínimo), lo que permite ubicar componentes generales de utilización de la pastura y de la actividad pastoril, pero no permite conocer aspectos como la salud del animal según Theurer et al. (2006). Datos parecidos encontraron Turner et al. (2000), donde el error promedio de ubicación fue de solo 8 metros. Sin embargo, Roberts (2014) usó GPS para registrar el comportamiento, simplemente clasificado la conducta del animal mediante la velocidad obtenido por el GPS. Habría que evaluar al exactitud de estas mediciones, pero en caso de ser un método válido, podría ser un dispositivo muy útil y sencillo de manejar. Asimismo, es cuestionable la utilidad de estos dispositivos en condiciones estabuladas, ya sea para conocer su localización o para medir el comportamiento.

Lo podómetros son muy sencillos y económicos, pero presentan grandes variaciones entre individuos y pueden variar mucho por las condiciones del terreno y del ambiente. Umemura (2013), en su nota técnica sobre podómetros aprueba, con tres podómetros (di-axiales) diferentes, que es posible diferenciar pastoreo y caminata en vacas, y por lo tanto también medir el tiempo dedicado a cada actividad. En el mismo trabajo, el autor afirma que diferenciando los movimientos en el eje “back-front” y los de “right-left”, es posible determinar los bocados y pasos dados por el animal. La clave se encuentra en que los podómetros estaban en colocados en collares poco ajustados, lo que permitía que el podómetro esté en contacto con la mandíbula mientras la vaca pastoreaba. El experimento sólo se realizó en dos animales, sin encontrarse diferencias entre los mismos. Pero quedan las incógnitas de si se requieren ajustes individuales para

cada animal o si los coeficientes para determinar la tasa de bocado son genéricos variando solo entre diferentes tipos de podómetros. Además, para la validación en condiciones estabuladas, puede ser que la inclinación de la cabeza del animal sea menor y por lo tanto también así el contacto del podómetro con la mandíbula.

En otros estudios realizados por Maltz y Antler (2007) utilizando podómetros, lograron detectar partos con 71% de confiabilidad.

Entonces, el podómetro, gracias a su capacidad de registrar el comportamiento, ha sido utilizado para detectar laminitis (Mazrier et al., 2006), partos y también para detectar un animal en celo (sobre todo si es colocado en las extremidades). Probablemente en condiciones de estabulación, el podómetro se vea más limitado ya que el animal no recorre muy largas distancias, y por lo tanto, los cambios en el comportamiento en el caso de un enfermedad, pueden tardar más tiempo en detectarse.

Los acelerómetros parecen presentar las mismas características que los podómetros siendo prácticamente iguales en lo que respecta su uso en animales. Según Delagarde y Lamberton (2015b) los acelerómetros son los dispositivos más adaptados y efectivos para el uso en bovinos.

El acelerómetro surgió del "giroscopio", y fue inventado en 1852 por Léon Foucault, en un experimento donde quiso demostrar a rotación de la tierra (Reboul, 2002). Luego se comenzó su uso en brújulas para marcar el norte. Y es recién en el siglo pasado, que los giroscopios o acelerómetros se comenzaron a implementar en elementos militares, como por ejemplo, para disminuir el balanceo de navíos, conocer al ubicación y para estabilizar plataformas de tiro (antes de la aparición del GPS).

Actualmente, los acelerómetros se usan en muchos ámbitos tanto en investigación como para fines comerciales. En la medicina se ha comprobado la utilidad para estimar gasto energético y cuantificar la actividad diaria (Swartz et al. 2009, Ayabe et al. 2010), y para ayudar a pacientes con diabetes (Crews et al., 2009) o deportistas.

Además se encontró mucha utilidad en usos cotidianos, como en los airbags, donde se usan acelerómetros para diferenciar un verdadero choque de otro movimiento distinto. También en las computadores se integran acelerómetros para "desconectar" el disco duro en caso de una caída y las cámaras digitales los presentan en sus circuitos para estabilizar su imagen (Circelli, 2015).

Existe un sin fin de trabajos, muchos ya citados, usando acelerómetros para registrar distintos comportamientos y actividades en animales de granja, sobre todo en vacas lecheras.

Trabajando con los algoritmos de un acelerómetro tri-axial ubicado en las extremidades de dos animales, Apinan et al. (2015) lograron identificar y clasificar la conducta en tres grupos: caminando-pastoreando, parados y echados. Los porcentajes de error fueron muy bajos de 2, 13 y 7 % respectivamente.

Delagarde y Lemonier (2015a) realizaron la validación de un acelerómetro tri-axial en animales estabulados para medir tiempo de rumia y descanso con errores de 11,5% y 11,1% respectivamente.

Bikker et al. (2014) estudiaron la utilidad de un acelerómetro colocado en la oreja de animales en pastoreo. En el mismo encontraron correlaciones de 0.93, 0.75, 0.97 y 0.35, para rumia, consumo, descanso y actividad respectivamente.

Distinguir con acelerómetros cuando la vaca se encuentra echada y, cuando parada, es posible gracias a los movimientos bruscos y cortos cuando el animal se levanta y cuando se echa. Sin embargo, diferenciar las caminatas con los momentos que la vaca descansa parada, es significativamente más difíciles de diferenciar, ya que no hay un movimiento marcado que los distinga (Delagarde y Lamberton, 2015b). Aún así, Alsaad et al. (2015) lograron identificar con altísimas correlaciones el tiempo echado ($r=1$), el tiempo parado ($r=0.96$), el tiempo caminando ($r=0.96$), el número de pasos ($r=0.98$), la duración de los pasos ($r=0.75$) y el largo de los pasos ($r=0.81$).

Respecto a lo anterior, Theurer et al. (2013) concluyen que el comportamiento puede ser muy variable en cuanto al tiempo parado y echado. Si bien es una conducta influenciada por factores como una enfermedad, pero no únicamente, y es por esto, que es necesario adaptar los resultados a las diferentes condiciones en que se encuentren los animales.

En un estudio realizado por Oudshoorn et al. (2013) para estimar tiempo de consumo, los acelerómetros estaban provistos por un termómetro el cuál permitía reajustar los registros. Esto es debido a que los mismos varían según la temperatura a la que están expuestos. Además, probando acelerómetros con collares más o menos ajustados, sorprendentemente no encontraron diferencias significativas entre la manera de colocar el dispositivo.

Los acelerómetros Moonitor usados en este experimento, no discriminan entre los movimientos de los diferentes ejes, por lo que se debería hacer más difícil diferenciar momentos de echado o parado o medir la tasa de bocado como en el trabajo de Umemura (2013). A la vez que, al solo tener en cuenta la actividad general, sin importar en que ángulo se realicen, podría permitir medir el tiempo de consumo, descanso y caminata independiente de las condiciones y de la colocación del collar.

Más recientemente se ha aprobado que es posible determinar, con cierto error hasta ahora, la disponibilidad de forraje a través del comportamiento de los animales. Roberts (2014) realizó un estudio sobre la relación de diferentes componentes del comportamiento como distancia recorrida, tiempo dedicado a pastorear, descansar o caminar, dispersión espacial y dispersión social; con la desaparición de la biomasa de forraje. Efectivamente el autor logra encontrar una relación directa entre el tiempo de pastoreo y la frecuencia de visita de un mismo parche, con la biomasa disponible de un potrero. La factibilidad de generalizar estos indicadores aún es cuestionable.

Actualmente, existen muchos sistemas especializados para detectar y/o predecir el parto. Los cuáles exigen un manejo intensivo, ya que requieren ser puestos y quitados luego o en algunos caso antes del parto.

Por un lado existen sondas con sensores que miden el aumento de la temperatura vaginal permitiendo predecir el parto 2-3 días, pero estas tienen que ser quitadas previo al parto. Por otro lado también existen acelerómetros colocados en la cola que detectan el levantamiento de la cola (característico del parto) que no necesitan ser quitados, pero tampoco tiene la capacidad de predecir el parto, más que algunas horas (Ruata et al., 2015)

Para todos los casos, ningún dispositivo ofrece un indicador excluyente ni permite conocer la situación y el entorno en su totalidad. Sino son más bien facilitadores para el investigador y/o productor para ser más eficientes y exhaustivos. Como ya se ha dicho anteriormente, la biología es muy variable e dependiente de factores intrínsecos del animal como también del ambiente.

Las variaciones entre individuos (48%) en el tiempo de rumia/día encontrada en el estudio de Byskov et al. (2015) como también las diferencias en tiempo de pastoreo y descanso encontradas entre vacas por Gary et al. (1970), muestran lo difícil que se hace generalizar y definir límites claros. Por eso también es que podría ser útil usar para el diagnóstico y manejo de cada indicador, la comparación horizontal (con otros individuos semejantes en similares condiciones) y/o vertical (con datos recientes del mismo individuo) del mismo. Así podría ser muy sencillo detectar una irregularidad causada por una enfermedad, analizando la variación actual del individuo con respecto a la semana pasada. Como también sería más simple detectar en un grupo homogéneo de vaquillonas en período de transición, un individuo que este con problemas nutricionales.

Cada sistema o aparato, se adapta a determinadas condiciones. De ahí que podría considerarse el uso de más de un dispositivo para mejorar la exactitud de las mediciones y ser adaptables a un rango mayor de condiciones.

Algunos autores proponen usarlos con diferentes frecuencias según el objetivo que se pretenda. En sistemas extensivos donde se desea conocer el movimiento del rodeo y estar alerta ante alguna epidemia, alcanza con disponer un porcentaje bajo (10-15%) de los individuos. En estos, también podría ser muy útil tener un conocimiento muy aproximado de la disponibilidad de forraje (Roberts, 2014). Sin embargo, sería inviable descargar diariamente los registros individuales con una antena inalámbrica de corta distancia.

2.4. HIPÓTESIS

Habrà mayor probabilidad de error en los registros de comportamiento vacuno realizados bajo condiciones de pastoreo (T2) en comparación con las del encierre (T1). La causa de este error se sospecha que es la mayor heterogeneidad del ambiente y por lo tanto del comportamiento de los animales en las pasturas, en oposición a la estabilidad del ambiente del establo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de validación del dispositivo se llevó a cabo en el marco del proyecto “Estrategias de intensificación para sistemas de producción de leche competitiva y sostenible”, con el objetivo de estimar el costo energético de vacas lecheras Holstein de parto de primavera en distintas estrategias de alimentación (agosto 2015-mayo 2016), el cual se desarrolló en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de Facultad de Agronomía, Paysandú-Uruguay. El trabajo no tenía como objetivo validar el dispositivo, pero esa surgió como inconveniente pos-experimento, por lo que no cumple todas las exigencias que posibilitarían realizar una validación más minuciosa.

3.1. UBICACIÓN

El experimento se realizó en verano los meses de diciembre (T media de los días evaluados= 25,7°C) y febrero (T promedio de los días evaluados = 21°C) del año 2015-2016, en la Estación Experimental M. A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay (32 o 22'S - 58 ° 03'W). Las tareas experimentales fueron de acuerdo a las regulaciones en el uso de animales experimentales, docencia e investigación de la Universidad de la República (Expediente CEUA No: 021130-001914-15).

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

El experimento original consistió en un diseño de bloques completos al azar con 2 tratamientos y 3 repeticiones, 12 vacas por tratamiento. En el primer tratamiento las vacas eran manejadas en encierro, alimentadas con una DTM *ad libitum* suministrada una vez por día a las 8:00 am. El segundo tratamiento constaba de vacas manejadas preferentemente en pastoreo, con asignaciones altas y suplementaciones relativamente bajas (6,1 kilogramos materia seca). Sin embargo, la cantidad a suplementar se adaptaba según las condiciones ambientales (ITH) y las pasturas disponibles en el momento.

No obstante, para el objetivo de comparar los métodos de registro, el experimento se consideró como un diseño completamente al azar, donde los tratamientos eran: el registro por observación visual y el registro por el collar Moonitor. Esto es, debido que a efectos del análisis en interés, es posible considerar que tanto los animales como las sesiones son uniformes.

Debido a la información de comportamiento disponible, en este experimento solo se pudieron tomar en cuenta las etapas de comportamiento de diciembre y febrero. Por consecuencia de las altas temperaturas ocurridas en estos meses y el estrés causado por las mismas, es que en los períodos evaluados solo en la tarde los animales de la pastura, accedían a la misma (*Medicago sativa*; 1100 kilogramos materia seca/ha). Durante el resto del día, las vacas que originalmente se pretendía que pasen en

condiciones de pastura, permanecieron encerradas en condiciones similares a la de los animales del encierre (Cuadro 1).

3.3. ANIMALES Y MANEJO

Se utilizaron 24 vacas Holstein multíparas (un tercio de segunda y dos tercios tercera lactancia) de parición de primavera (agosto).

El promedio del peso vivo durante el experimento fue 600 ± 57 kilogramos con una condición corporal de $3 \pm 0,28$. Las vacas presentaron una producción promedio (litros/día) de 35 ± 7 y 30 ± 5 en diciembre y febrero respectivamente.

Lo ordeñes se realizaron 6:00 am y 16:30 pm. Estos horarios presentaron variaciones importantes entre días, lo que cual no es un detalle menor, sabiendo la importancia de la rutina para un bovino lechero.

Los animales del encierre se alojaban y alimentaban en un tinglado con techo de nylon y piso elaborado con chips de madera a 820 metros de la sala de ordeño. En el mismo se alojaban las vacas de la pastura durante el día, mientras que de tarde, los últimos recorrían 1200 metros aproximadamente para acceder a la pastura ya antes detallada.

3.4. MEDICIONES REALIZADAS

El experimento incluía entre otras, la variable del comportamiento de los individuos. El registro de la misma, se realizó de manera simultánea mediante los dos métodos/tratamientos:

i. Por un lado la observación visual “scan sampling” (Hirata et al. 2002, Theurer et al. 2013) la cuál fue realizada cada 10 minutos por observadores tolerablemente experimentados, los cuáles rotaron a lo largo del experimento (14 observadores en total).

En este método, las actividades de los animales se clasificaron en 4 actividades: pastoreo o consumo (C), rumia (R), bebiendo (B) y otros (definido como descanso - D). A la vez se especificó, en caso de corresponder, si el animal estaba en posición echada (E) o parada (P).

El tiempo de consumo se definió como el tiempo que el animal dedica a consumir forraje o TMR, incluyendo las caminatas intraparches. No se definió un límite claro entre estos y la actividad propia de caminata. Tampoco se diferenció el pastoreo de cortos momentos de interacciones entre animales (actividades sociales, olfateo, etcétera) o momentos de masticación (no remasticación) de la comida.

La rumia se identificaba claramente debido a la remasticación de los bolos que es fácilmente observable.

La actividad de ingesta de agua se consideró sólo cuando el animal estaba ingiriendo agua.

Finalmente, se definió como descanso/reposo todo el tiempo que no es dedicado a comer o remasticar. Tampoco se definieron claros límites entre los pequeños lapsos de reposo en el pastoreo e interacciones sociales de más larga duración (Gibb, 1999).

ii. Por otro lado, a través de los collares Moonitor. Estos están compuestos por un acelerómetro tri-axial que puede registrar la actividad del animal con diferentes frecuencias de registro (en este caso se configuró para obtener registros cada 4 segundos) y mediante un software, permite traducir los algoritmos cuantitativos emitidos por el acelerómetro en tres categorías (1-descanso, 2-consumo y 3- caminata). En esta clasificación, no importa el ángulo en al cuál se detecta el movimiento, algo muy común en otros dispositivos de este tipo. Las tres categorías o actividades se ordenan en orden creciente de intensidad o actividad cuantificadas en cualquiera de los tres ejes del acelerómetro. Donde descanso se relaciona con los registros de menor intensidad, consumo con los de intensidad intermedia y caminata se relaciona con los registros de mayor intensidad. En esta última categoría no se incluye la caminata de búsqueda de pastoreo, coincidiendo con los conceptos discutidos en la revisión.

Para acostumbrar a los animales al uso de collares, los mismos se colocaron 5 días antes de comenzar los registros. Estos se auto abastecen energéticamente mediante paneles solares (capacidad hasta 7 días sin sol). Aunque Herd Moonitor Ltd. proporciona información más completa que solo los registros de actividad diaria de pastoreo, descanso y caminata, en este trabajo no se hará referencia ni análisis de los mismos (calidad de pastura, balance energético, preñes, etcétera).

Aunque la observación visual se realizó a todos los animales, sólo se disponía de 10 collares, por lo que solo se contaba con 5 animales observados en encierre y 5 en pastoreo. Por diversos temas técnicos de los dispositivos y algunos errores en los registros realizados, no fue posible utilizar la totalidad de los registros en todos los días del experimento.

Cuadro 1. Duración y cantidad de las sesiones de registro de comportamiento

Sesión	Encierro		Pastoreo	
	am	pm	am	pm
15/12/15	09:10-15:50 no.=5	19:00-20:20 no.=5	09:10-15:50 no.=3	18:30-20:20 no.=3
16/12/15	08:45-16:25 no.=5	18:00-20:20 no.=5	09:15-16:25 no.=3	19:00-20:20 no.=3
17/12/15	09:10-15:40 no.=5	18:00-20:10 no.=5	09:00-15:40 no.=2	18:20-20:00 no.=2
23/02/16	09:00-16:00 no.=3	18:45-20:05 no.=3	09:00-16:00 no.=3	19:20-20:00 no.=3
24/02/16	07:50-16:20 no.=2	18:20-20:00 no.=3	07:50-16:20 no.=1	18:30-20:00 no.=3
25/02/16	09:00-16:30 no.=3	18:40-20:00 no.=3	09:00-16:30 no.=3	18:50-20:00 no.=3
26/02/15	Sin registros	Sin registros	10:40-16:30 no.=1	18:35-19:45 no.=1

Como los dos métodos no registraron exactamente las mismas actividades, se resumieron todas las actividades registradas en solamente dos. Por un lado la actividad de consumo o pastoreo y por otro lado todo lo que no se incluya en el mismo (bebe, descansa, rumia). En el caso de las tres actividades registradas por el collar, se consideró que las caminatas en condiciones de encierro se relacionaban más al descanso, ya que es casi imposible que el animal camine mientras esté comiendo en los comederos. Contrario a esto último, cuando el animal estaba en la pastura, se consideró más adecuado considerar las caminatas como parte de la actividad del pastoreo.

Cuadro 2. Igualdades asumidas entre diferentes componentes del comportamiento registradas mediante los dos métodos

Actividad	Mediciones visuales	Mediciones del collar
1 Descanso	D.=R.=B.	Descansando (+caminatas en condiciones de encierro)
2 Consumo/Pastoreo	C.	Consumiendo (+caminatas en condiciones de pastura)

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el análisis, se separaron los registros de comportamiento en encierro y en pastoreo. En primer lugar se realizó un análisis de regresión lineal entre los dos métodos (Tedeschi, 2006). Para eso, se procesaron los datos tal que se pueda comparar las proporciones del día o sesión que una vaca dedicó a cada actividad. El objetivo de este primer análisis, consistió en lograr una primera estimación de la correlación entre los dos métodos en lo que respecta a las proporciones diarias de las actividades en las diferentes condiciones.

Luego se realizó una superposición de los dos registros de comportamiento con el fin de encontrar el porcentaje de coincidencia entre los mismos a lo largo del tiempo. Esto es, en lugar de evaluar la correlación entre los métodos en términos diarios, en este segundo paso se realizaron las comparaciones medición por medición. Para esto, se comparó la frecuencia de registros de comportamiento del dispositivo de dos minutos (mas-menos un minuto del momento de observación) con el registro visual representativo de ese momento. De tal manera, por cada valor cualitativo del método visual, se obtuvo un valor de frecuencia de los registros del collar coincidentes dentro del lapso de más menos un minuto. Para poder realizar un mejor análisis, los registros visuales se desglosaron en las 4 actividades y 2 posturas que se habían realizado con el mismo. Si bien esto no aumenta la precisión del análisis, pero sí permite discernir con más criterio las posibles equivocaciones del dispositivo.

4. RESULTADOS

4.1. COMPARACIÓN DE LA REGRESIÓN LINEAL ENTRE TRATAMIENTOS

El análisis de regresión lineal (Cuadro 3) muestra que para condiciones de encierre, el intercepto (β_0) fue -0,0192 y la pendiente (β_1) fue 1,0383. Similar son los resultados para los registros obtenidos en la pastura, donde el intercepto (β_0) fue -0,0398 y la pendiente (β_1) fue 1,0797. Se evaluó si el intercepto es igual o distinto a cero y si la pendiente es distinta o no a uno. Y tanto para condiciones de estabulación, como en la pastura, el intercepto no fue significativamente diferente a cero ($\beta_0=0$) y la pendiente no fue significativamente distinto a uno ($\beta_1=1$).

El grado de ajuste del modelo es muy similar entre tratamientos. Siendo el R^2 para T1 de 0,8671 y para T2 0,8619 (Cuadro 3).

Los intervalos de confianza (Cuadro 3) de β_0 y β_1 para condiciones de encierre fueron de -0,07 a 0,032 y de 0,95 a 1,13 respectivamente. Mientras que condiciones de pastoreo, los intervalos de confianza para β_0 y β_1 fueron de -0,12 a 0,043 y de 0,93 a 1,23 respectivamente.

Cuadro 3. Resultados de análisis de regresión lineal para condiciones de estabulación y pastoreo

	n			LI (95%)	LS (95%)	R^2
Encierre	78	β_0	-0,0192	-0,0698	0,0315	0,8671
		β_1	1,0383	0,9455	1,1312	
Pastoreo	36	β_0	-0,0398	-0,123	0,0433	0,8619
		β_1	1,0797	0,9316	1,2278	

n: número de observaciones

β_0 : intercepto

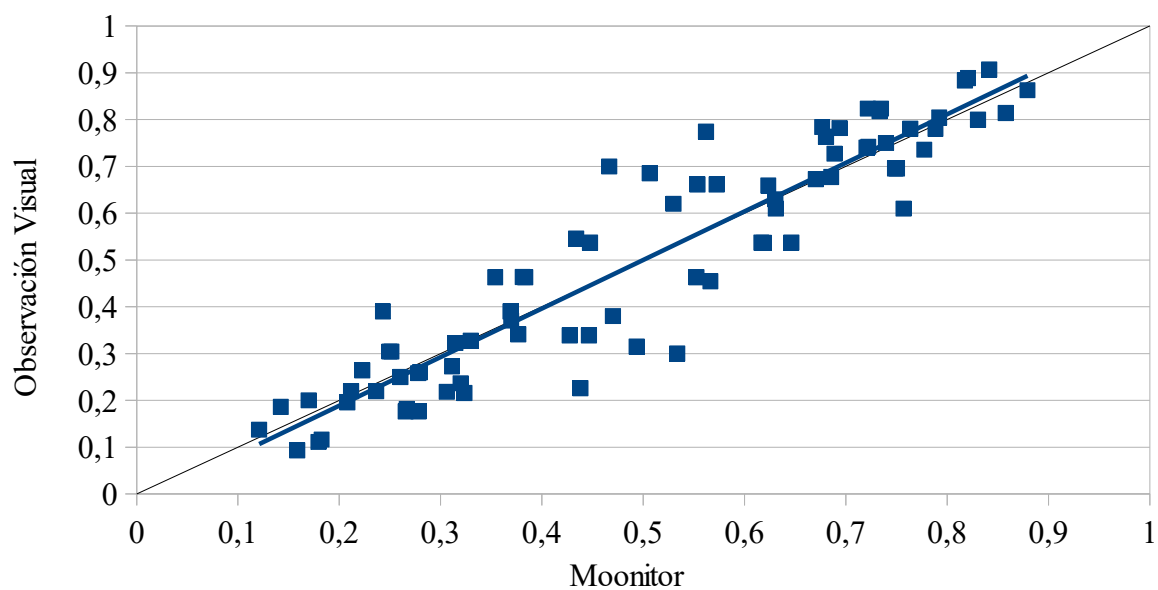
β_1 : pendiente o coeficiente de regresión

LI (95%): límite inferior con 95% de confianza

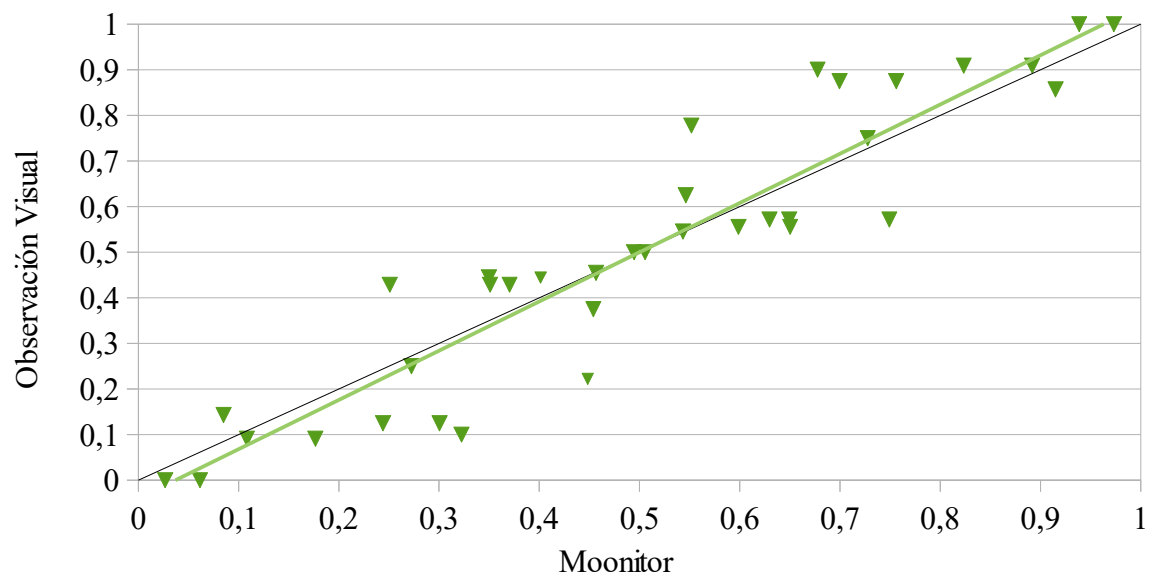
LS (95%): límite superior con 95% de confianza

El número de observaciones es distinto entre condiciones de alimentación debido a que las vacas de condición de pastoreo durante el período analizado pasaban entre el ordeño am y pm en condiciones de estabulación. Existen aproximadamente el doble de observaciones en encierre que en pastoreo.

Gráfica 1. Regresión lineal entre la observación de los collares Moonitor y la observación visual en condiciones de estabulación



Gráfica 2. Regresión lineal entre la observación de los collares Moonitor y la observación visual en condiciones de pastura



4.2. COMPARACIÓN DE COINCIDENCIAS ENTRE CONDICIONES

En el Cuadro 4 se presentan los promedios de las coincidencias de los registros del collar superpuestos con los registros visuales de comportamiento.

Se puede observar que, cuando el método visual registró consumo, el collar coincidió 62% de las veces en encierre, mientras que en la pastura, la coincidencia fue 84%, siendo esta última significativamente superior a la del encierre cuando se analiza mediante la prueba Tukey ($p=0,05$).

Para el caso del descanso parado, como también el descanso echado, las coincidencias fueron significativamente superiores bajo condiciones de estabulación en comparación con la pastura. En el primer caso, la cantidad de coincidencias fue de 0,8 en condiciones de encierre y 0,62 en la pastura. Mientras que para el descanso parado, la diferencia entre condiciones fue menor a la anterior, pero aún así significativa, siendo 0,94 para condiciones de estabulación y 0,82 en la pastura.

Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas en las coincidencias promediadas tanto para las actividades de rumiando parada, rumiando echada y bebiendo agua.

Cuadro 4. Coincidencias promedio de los registros del collar en función de las observaciones visuales para las dos condiciones.

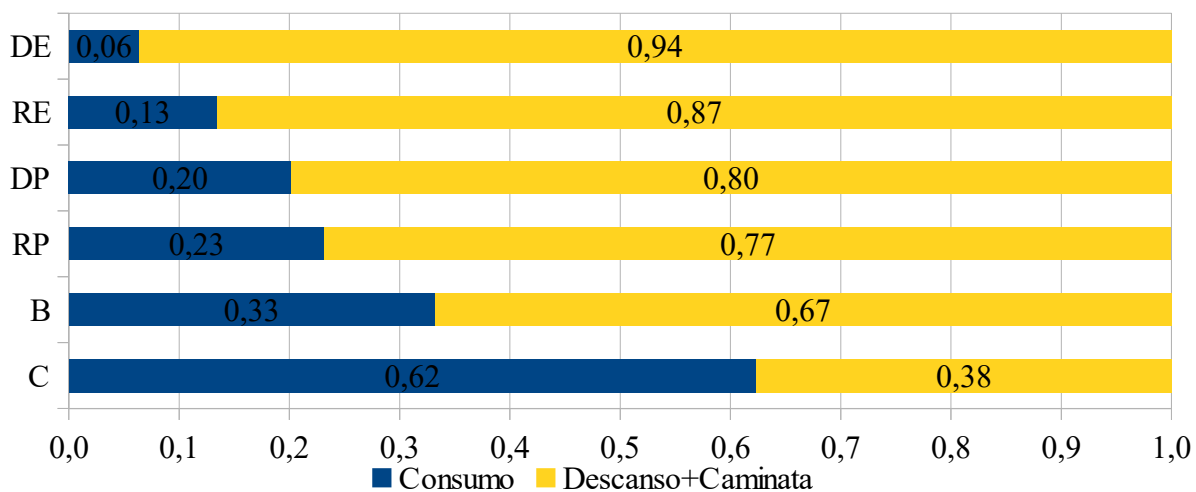
Actividad	Estabulación	no.	Pastura	no.	$p < 0,05$
C	0,62	557	0,84	146	*
RP	0,77	363	0,9	8	ns.
DP	0,8	582	0,62	47	*
RE	0,87	227	0,89	15	ns.
DE	0,94	227	0,82	11	*
B	0,67	42	0,58	12	ns.

Se reitera la diferencia del número de observaciones entre las dos condiciones, existiendo en este caso ocho veces más observaciones en estabulación que en la pastura. Este aumento de la diferencia se debe a que la duración diaria de las observaciones en pastoreo eran de una a dos horas (de tarde), mientras que en la mañana las observaciones duraban entre seis y ocho horas (Cuadro 1).

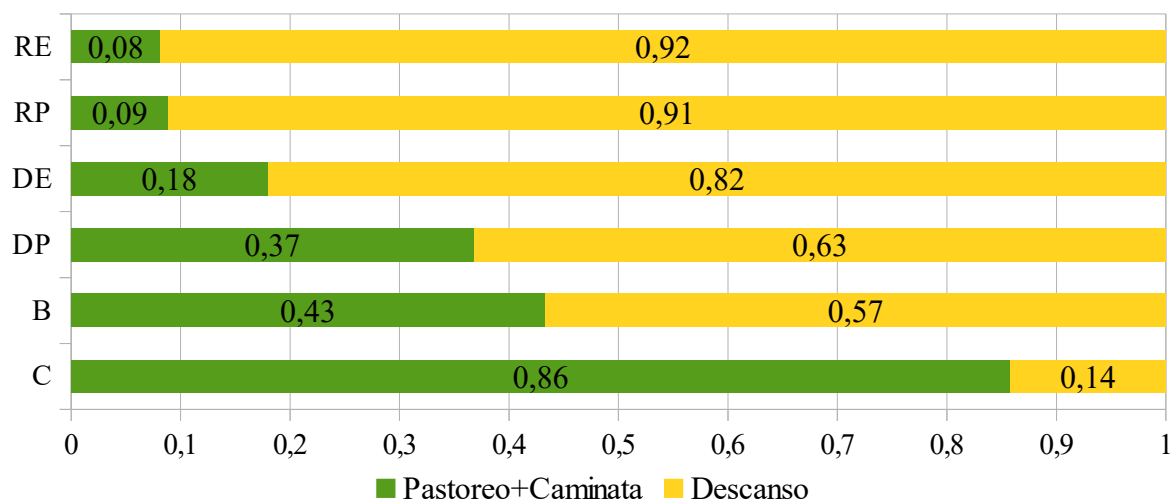
En las Gráficas 3 y 4 se resumen las frecuencias encontradas de pastoreo/consumo y descanso según los diferentes comportamientos registrados visualmente. Tanto en la Gráfica 3 como en la Gráfica 4, se puede observar que en

ningún caso, los registros son de solo una actividad. Es decir, en todos los comportamientos el collar registró una proporción de consumo/pastoreo y otra proporción de descanso, significando un valor mínimo de error.

Gráfica 3. Promedio de frecuencias los registros del collar en función de las actividades y posturas registradas visualmente en condiciones de estabulación



Gráfica 4. Promedio de frecuencias los registros del collar en función de las actividades y posturas registradas visualmente en condiciones de pastura



4.3. COMPARACIÓN DE COINCIDENCIAS ENTRE ACTIVIDADES

En el Cuadro 5 se comparan las coincidencias del dispositivo con las distintas actividades observadas visualmente, promediados entre las dos condiciones. Se observa que son significativamente superiores las coincidencias encontradas del dispositivo para actividades de descanso que para el consumo. La máxima coincidencia se encontró para descanso en posición echada, con un valor de coincidencias de 0,93 de los registros. En segundo lugar, pero significativamente menor a la primera, se ubica la rumia echada con 0,87 de coincidencia. Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas entre las coincidencias del collar en las actividades de rumia parado y descansa parado, siendo los valores promedio de 0,77 y 0,79 respectivamente. Finalmente, con los menores valores de coincidencia se encuentra el consumo (0,67) y la ingesta de agua (0,65), los cuáles parecieran causar más confusión al collar.

Cuadro 5. Promedio de frecuencias de todos los registros del collar en función de las actividades y posturas registradas visualmente

Moonitor	Visual					
	C	RP	DP	RE	DE	B
	0,67d	0,77c	0,79c	0,87b	0,93a	0,65d

distintas letras indican diferencias sig. (p<0,05)

5. DISCUSIÓN

Por el hecho de que este experimento no presentaba como objetivo la validación de los collares Moonitor, este trabajo tiene como consecuencia algunas falencias.

En primer lugar, no se realizaron registros visuales directamente comparables con los de collar. Un ejemplo es la ingesta de agua, la misma es una actividad difícil de adjudicar a alguna de las categorías que el collar dispone. Además, en el análisis no se consideró la tercer actividad que el collar registra aparte de descanso y consumo, que es la caminata. Esta decisión contradice al concepto de esta actividad, ya que no es parte del pastoreo (en caso de condiciones de pastura) ni del descanso (en caso de encierre), e imposibilita realizar un análisis de los registros de caminata del collar. Como consecuencia, en todo el análisis existe una pequeña proporción de los registros del collar que no son propiamente parte de la actividad y podrían causar menor exactitud o precisión del dispositivo. Este error está escondido, por un lado en los registros de descanso para el caso de encierre, y por otro lado, en los registros de consumo para el caso de los registros realizados en la pastura. Debido a que los registros de caminata serían mínimos (2-3% del tiempo total), este desvío de la coincidencia tampoco es de mayor importancia.

Seguidamente, se cometieron errores en el momento de definir las actividades a registrar con el método visual. El hecho de no diferenciar el pastoreo de cortos momentos de interacciones entre animales (actividades sociales, olfateo, etcétera) o momentos de masticación (no re-masticación) de la comida, implica un aumento del error en la comparación entre los dos métodos. Pues en tal caso, visualmente se reportaría que el animal esta pastoreando, pero el dispositivo registrará que el animal no lo esta. Esto se debe a que la intensidad de movimiento en ese momento probablemente no sea lo suficiente como para clasificarse en pastoreo.

A todo esto se suma que probablemente hayan existido desajustes en los relojes de los observadores y con el del collar. Esto no es menor, ya que el análisis se podría ver fuertemente afectado por pequeños corrimientos de los tiempos.

En el Cuadro 4 se puede observar que existen grandes diferencias en lo que respecta la cantidad, y sobre todo, la duración de las observaciones que se realizaron entre condiciones. En estabulación se alcanzaron 333 horas de observación total, mientras que en pastoreo, tan solo se lograron 27 horas de observación en total. Encima, de estas últimas, 63 % están concentradas en una sola actividad, la cuál es el consumo. Esto es consecuencia de que los registros en condiciones de pastoreo sólo se realizaron durante las primeras horas de acceso a la pastura, hasta que la oscuridad impedía el procedimiento. Y es en esos momentos del día que suelen ocurrir los principales momentos de consumo, por lo que era muy poco probable encontrar en las pasturas altas

frecuencias de otras actividades como el descanso o la rumia. Todo esto repercute en la repetibilidad de los resultados de algunas actividades como la B, el DE, la RE y el DE, y además hace pensar que quizás se hubieran encontrado diferencias significativas con tan solo aumentar el número de observaciones.

También es importante tener en cuenta que las mediciones de los dos tratamientos se realizaron en 7 días distintos, y todavía en dos meses muy diferentes.

En último lugar, la frecuencia de registros visuales también es causante de inexactitud (Hirata et al., 2002). Ya que con frecuencias de 10 minutos no es posible registrar todas las sesiones de comportamiento y además cada dato tiene un importante efecto de palanca en el total diario. Sobre todo en las observaciones en pastura, donde la sesión diaria de observación duraba no más de dos horas, significando cada observación por lo menos 8% del tiempo total.

Mediante los análisis de regresión lineal se puede afirmar que existe una relación muy directa y lineal entre los dos métodos. Tanto en la pastura (Gráfica 2) como en estabulación (Gráfica 1). Aun cuando en cada condición se trabajaron con 10 animales distintos y en 7 días diferentes. Esto no es menor, conociendo que el comportamiento es muy variable tanto entre animales como entre días (Gary et al., 1970).

Los intervalos de confianza para β_0 y β_1 para la comparación realizada en la pastura, son más dispersos en comparación a los coeficientes obtenidos en la comparación del encierre. Esto puede estar generado por la diferencia del número de observaciones realizadas entre las dos condiciones. A pesar de esta diferencia, la regresión es idéntica en los dos (Cuadro 3) y además, los valores son muy buenos, teniendo en cuenta las exigencias no cumplidas del experimento. Se puede concluir, que 86% de la variación en el comportamiento (tanto en estabulación como en pastoreo), es reportada por el collar.

Cuando se analizan las diferencias y similitudes de las coincidencias de los dos métodos entre las condiciones (Cuadro 4), se puede observar que en la pastura, el collar es significativamente mejor para la estimación de pastoreo, pero significativamente peor para la de descanso, en comparación con las mediciones realizadas en estabulación. Osea, en la pastura el collar detecta con más claridad cuando la vaca esta pastoreando pero con menor claridad cuando la vaca está descansando. Esto podría indicar que en la pastura el animal en general está más activo y por lo tanto, los movimientos se realizan con mayor intensidad, tanto durante el pastoreo como el descanso. Como consecuencia de esto, el consumo se reporta de manera más exacta, sin embargo el descanso se confunde más debido a esta mayor intensidad. Una probable afirmación de esta teoría podría ser el costo energético de cosecha extra que se conoce que un animal presenta en

pastoreo (CSIRO, 2007). Si fuera así el caso, la exactitud del dispositivo se podría ver afectada por factores como la digestibilidad y disponibilidad de la pastura o la tasa de bocado con la que al animal pastorea.

Todo lo contrario ocurre en el establo, la actividad es tan distinta que parece dificultar más al collar reconocer el consumo y a su vez mejora significativamente la coincidencia para el descanso. Probablemente en estas condiciones la vaca no realiza tantos movimientos mientras come o por lo menos los realiza con menor intensidad.

Con todo esto, surge la sospecha de que las diferencias entre las dos condiciones, también se podrían explicar con reducción del tiempo de consumo y al aumento del tiempo de descanso en el establo respecto a la pastura. Debido a que esta reducción del tiempo de una de estas actividades hace que la misma sea más casual y de naturaleza menos constante, pareciéndose entonces más a actividades como la ingesta de agua, las cuales ya sabemos que necesitan frecuencias de registro muy altas para poder contabilizarlas correctamente (Gary et al., 1970). Si bien el consumo y el descanso difícilmente sean tan casuales como las defecaciones o el pastoreo nocturno, sí podría explicar parte de las diferencias de coincidencias entre tratamientos. Si tal fuese el caso, las coincidencias bajas son responsabilidad del método visual, y no del collar.

Cuando se observan los valores promedios de las distintas actividades (Cuadro 4), se podría afirmar que todas las coincidencias fueron mayores a 50%. Y esto permite pensar que se podría clasificar las actividades según cuál prevalece (más del 50%) en un cierto lapso de tiempo.

Al compararse las coincidencias entre actividades (Cuadro 5), se puede observar que las mayores coincidencias son para comportamientos en pose echada. Esto lleva a pensar que la posición juega un rol importante en la exactitud del collar. Probablemente movimientos más bruscos mientras la vaca descansa o rumia parada tienden a confundirse con movimientos de consumo. También existen diferencias significativas entre DE y RE que probablemente se deban por movimientos de mayor intensidad en la rumia que el dispositivo confunde con movimientos de consumo/pastoreo.

Las actividades con menor coincidencia son el consumo/pastoreo y la ingesta de agua. Si bien ya se ha explicado la posible causa de confusión en el consumo/pastoreo, respecto al consumo de agua no se ha comentado nada. Esta parece exigir menores intervalos de registros por parte del método visual para poder ser cuantificada correctamente (Gary et al., 1970), debido a que es una actividad no muy frecuente y sobre todo, de corta duración.

Seguramente sea dificultoso detectar cuando una vaca esta bebiendo agua mediante el acelerómetro, pero se esperaría que, debido a la baja intensidad que esta exige, no haya confusiones con el pastoreo. Al fin de cuentas, aunque es una actividad importante desde el punto de vista fisiológico del animal, ocupa relativamente poco tiempo del día y no debería significar grandes errores en los registros.

La alta frecuencia de registros realizadas por el collar, no es necesaria según Gary et al. (1970), Hirata et al. (2002). Y se puede observar que en ningún caso existe una actividad con 100% de coincidencias, algo que era de esperarse debido a esta extremadamente alta frecuencia de mediciones del collar, la cuál es muy sensible a cualquier interrupción de la actividad.

En lo que respecta al funcionamiento técnico del collar, se presentaron varios desajustes causados por la pérdida de la conexión del collar con el satélite. Esto causaba que luego de restaurar la conexión, el dispositivo perdía por unas horas su referencia de fecha y hora, por lo que esas mediciones no eran útiles. Además, solía ocurrir con alguno de los collares, que se apagaban, a veces durante la noche, y otras veces por algunos días (probablemente no alcanzó la energía proporcionada por los paneles solares) y obviamente causaron altas pérdidas de observaciones. En total, sólo en las observaciones en pastura, se perdieron 19 horas de observación, lo que representa un alto porcentaje de los registros. Pero cabe remarcar, que las bases de datos obtenidas del dispositivo se auto-cargaban al software y permitían un análisis ordenado y correcto de las mismas.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo se puede concluir que hay efectos de las condiciones en las cuáles se encuentran y alimentan los animales, sobre la exactitud del collar Moonitor. Cuando se comparan las coincidencias entre métodos observación por observación, la exactitud no es muy alta. Pero al realizar esta en términos diarios, el dispositivo estima de manera muy exacta, independiente de las condiciones en que se realicen las mediciones.

El trabajo actual remarca la fortaleza la capacidad del collar de estimar el comportamiento en condiciones nacionales, a pesar de las falencias que presentó este experimento. Más aún sabiendo que el dispositivo originalmente no fue diseñado para usarse en condiciones de estabulación. Aún así, en una posterior validación realizada sin las falencias ocurridas en este experimento, los resultados podrían ser aún mas positivos para el collar.

Sorprendentemente, las hipótesis planteadas sólo cumplieron en partes, ya que por un lado, la pastura permitió mayor exactitud (pastoreo). Por otra parte, la pastura efectivamente fue peor para las actividades de descanso.

Para una próxima validación, podría ser recomendable trabajar directamente con los valores cuantitativos registrados por collar, y no solo con las 3 categorías. Esto permitirá obtener mayor conocimiento de las causas de las confusiones y, probables correcciones para así mejorar el funcionamiento del dispositivo. Incluso se podría aspirar a lograr diferenciar la rumia como cuarta categoría, lo cual aportaría mucho valor a las estimaciones del collar, tanto para investigación como para fines comerciales.

Finalmente queda la sospecha que para tener una mayor exactitud, probablemente sea necesario ajustar los dispositivos según se quiera trabajar en estabulación o en pastura.

7. RESUMEN

El experimento se realizó los meses de diciembre y febrero 2015-2016, en la Estación Experimental M. A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. El objetivo de este fue comparar dos métodos de observación y registro de comportamiento y su aplicabilidad en condiciones opuestas de pastoreo y estabulación. Y además se pretendió lograr un primer acercamiento a la exactitud y posibles desconciertos del nuevo dispositivo Moonitor. Para eso se trabajó con 24 vacas Holslein de segunda y tercer lactancia los cuáles se sometieron a dos tratamientos. Por un lado (T1) las vacas eran manejadas en encierro, alimentadas con una DTM *ad libitum*. Por el otro lado (T2) constaba de vacas manejadas preferentemente en pastoreo, que en este caso solo accedían a la pastura en el turno pm por lo que las observaciones fueron limitadas cantidad y en duración. Los dos métodos diferían en su frecuencia de medición, siendo en el caso del collar cada 4 segundos, mientras que visualmente se registró cada 10 minutos. Con el ultimo, se registraron 4 actividades (pastoreando/comiando, descansando, rumiando, bebiendo agua) y dos posturas (echada, parada). En contraparte, en el collar se resumieron todos los registros en consumo y descanso o otras actividades. Cuando se realizó el análisis de regresión lineal para los valores diarios de comportamiento, se pudo concluir que los métodos de medición de comportamiento resultaron tener una relación muy directa y lineal entre ellos, sin diferencia entre tratamientos. El R^2 para T1 fue de 0,8671 y para T2 de 0,8619. Seguidamente, al analizarse la coincidencia entre métodos a lo largo del día, se encontraron algunas diferencias y algunas semejanzas entre tratamientos. Por un lado difirieron las coincidencias encontradas para la actividad de consumo o pastoreo, en T1 los métodos coincidieron 62% de las veces mientras que en el T2 la coincidencia fue 84%, siendo esta última significativamente superior ($p=0,05$). Para el caso del descanso parado como también el descanso echado, las coincidencias fueron significativamente superiores bajo condiciones de estabulación en comparación con la pastura. En el primer caso, la cantidad de coincidencias fue de 0,8 en el T1 y 0,62 en el T2. En lo que respecta al descanso parado, la diferencia entre tratamientos fue menor a las anteriores, pero aún así significativa, siendo 0,94 para T1 y 0,82 para T2. Por el contrario, no se encontraron diferencias significativas en las coincidencias promediadas tanto para las actividades de rumiando parada, rumiando echada y bebiendo agua. Finalmente se promediaron las coincidencias entre tratamientos y se realizó la comparación entre actividades. Se encontró la mayor coincidencia para descanso echado (0,93), seguido en segundo lugar por la rumia echada (0,87). No se encontraron diferencias significativas entre las coincidencias del collar en las actividades de rumia parado (0,77) y descansa parado (0,79). Finalmente, con los menores valores de coincidencia se encuentra el consumo (0,67) y la ingesta de agua (0,65).

Palabras clave: Comportamiento; Acelerómetro; Pastura; Estabulación.

8. SUMMARY

The experiment took place in December and February 2015-2016, in the Experimental Station M. A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Paysandu, Uruguay. The objective of this experiment was to compare two cattle behavior estimation methods (visual and the Moonitor collar) and their applicability under two different conditions. One side, in confinement, and on the other side, on pasture. This research also pretended to get a first approach of the accuracy and the probable confusions of the new Moonitor collar. To reach this objectives, 24 Holstien cows were divided in two treatments. The first one (T1) was managed totally in confinement, where the cows were feed *ad libitum* once a day by a TMR diet. The second treatment (T2) consisted in a diet based mainly of fresh pasture, but because of the high temperatures, these animals remained during the day in similar conditions than the cows of the T1. Only in the afternoon, they get out to the pasture (*Medicago sativa*). That is why the hours of pasture observation (27) were very few compared with the hours of observation in confinement (333). Both methods differ in their measurements frequency, being every 4 seconds in case of the collar, and every 10 minutes in case of the visual observations. Also, the collar classify in only to main activities, resting and grazing/eating; while in the visual observations, the animal behavior was classified in 4 activities (eating, resting, ruminating and water intake) and 2 positions (lying or standing). With the analysis of linear regression between both methods, there were no differences between treatments. And in both the regression passes through the origin (β_0) and the slope was not different from one (β_1). The correlation coefficient was very similar for both treatments (T1=0,8671; T2=0,8619). Comparing the coincidence between both methods during the day, there were some differences between treatments. On one side, the coincidences in eating time were significantly different between treatments ($p=0,05$). In the T1, only 62% of the measurements of the collar detected eating while visually the animal was eating. In the case of T2, 84% of the measurements matched correctly. But in the moments when the animal was resting (lying and standing), the coincidence was significantly higher in the T1 than in the T2. For the resting lying measurements, the coincidence between both methods was 0,94 in the T1 and 0,82 in the T2. And for the resting activity in standing position, the coincidence was 0,8 in the T1 and 0,62 in the T2. In the rest of the activities (rumination lying, rumination standing and water intake) there were no differences. Finally, comparing the total coincidence average of each activity, without separating in treatments, there were some interesting conclusions. The highest coincidence average was found while the cattle was resting in a lying position (0,93). In second place, being statistically less than the first, was the rumination activity in lying position (0,87). There were no differences between coincidence found in ruminating standing (0,77) and resting standing (0,79). And with the worst coincidence average were measured while cow was eating (0,67) or drinking water (0,65).

Keywords: Behavior; Accelerometer; Pasture; Confinement.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Ahmed, S. T.; Mun, H.; Islam, M. M.; Yoe, H.; Yang, C. 2015. Monitoring activity for recognition of illness in experimentally infected weaned piglets using received signal strength indication zigbee-based wireless acceleration sensor. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 29 (1): 149-156.
2. Alsaad, M.; Niederhauser, J. J.; Beer, G.; Zehner, N.; Schuepbach-Regula, G.; Steiner, A. 2015. Development and validation of a novel pedometer algorithm to quantify extended characteristics of the locomotor behavior of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98 (9): 6236–6242.
3. Apinan, A.; Rattanawong, T.; Kuankid, S. 2015. Classification of the cattle behaviors by using magnitude and variance of accelerometer signal. *Agric Eng Int: CIGR Journal.* 17 (4): 397-402.
4. Ayabe, M.; Brubaker, P. H.; Mori, Y.; Kumahara, H.; Kiyonaga, A.; Tanaka, H.; Aoki, J. 2010. Self-monitoring moderate-vigorous physical activity versus steps/day is more effective in chronic disease exercise programs. *J. Cardioplum. Rehabil.* 30 (2): 111-5.
5. Balch, C. C.; Kelly, A.; Heim, G. 1951. Factors affecting the utilization of food by dairy cows; the action of the reticulo-omasal orifice. *Br. J. Nutr.* 5 (4): 207-216.
6. Balocchi, L. O.; Pulido, F. R.; Fernández, V. J. 2002. Grazing behaviour of dairy cows with and without concentrate supplementation. *Agric. Téc.* 62 (1): 87-98.
7. Bargo, F. 2003. Suplementación en pastoreo; conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 21 p. Consultado 15 may. 2016. Disponible en <http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/bargo.pdf>
8. Baumgard, L. H.; Rhoads, R. P. 2012. Ruminant production and metabolic responses to heat stress. *J. Anim. Sci.* 90 (6): 1855-1865.
9. Bikker, J. P.; van Laar, H.; Rump, P.; Doorenbos, J.; van Meurs, K.; Griffioen, G. M.; Dijkstra, J. 2014. Technical note; evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. *J. Dairy Sci.* 97 (5): 2974–297.

10. Byskov, M. V.; Nadeau, E.; Johansson, B. E. O.; Norgaard, P. 2015. Variations in automatically recorded rumination time as explained by variations in intake of dietary fractions and milk production, and between-cow variation. *J. Dairy Sci.* 98 (6): 3926–3937.
11. Cangiano, C. A. 1996. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C. A. ed. Producción animal en pastoreo. Balcarce, INTA. pp. 41-60.
12. Carballo, C.; Genro, T. C. M.; Bentancur, O.; Mattiauda, D. A. 2010. Intensidad de pastoreo de vacas Holando sobre pasturas perennes; comportamiento ingestivo y la calidad de la pastura seleccionada. *Agrociencia (Montevideo)*. 14 (3): 124.
13. Cardot, V.; Le Roux, V.; Jurjanz, J. 2008. Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *J. Dairy Sci.* 91 (6): 2257–2264.
14. Champion, R. A.; Orr, R. J.; Penning, P. D.; Rutter, S. M. 2004. The effect of the spatial scale of heterogeneity of two herbage species on the grazing behaviour of lactating sheep. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 88 (1): 61–76.
15. Charlton, G. L.; Rutter, S. M.; East, M.; Sinclair, L. A. 2011. Effects of providing total mixed rations indoors and on pasture on the behavior of lactating dairy cattle and their preference to be indoors or on pasture. *J. Dairy Sci.* 94 (8): 3875–3884.
16. _____; Rutter, S. M.; East, M.; Sinclair, L. A. 2013. The motivation of dairy cows for access to pasture. *J. Dairy Sci.* 96 (7): 4387–4396.
17. Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo; I. Predicción del consumo. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (1as., 1998, Paysandú). Trabajos presentados y disertaciones. Paysandú, CMVP. pp. 1-18.
18. _____; Gibb, M.; Tamminga, S. 2005. Pasture characteristics and animal performance. In: Dijkstra, J.; Forbes, J. M.; France, J. eds. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. 2nd. ed. Wallingford, CAB International. pp. 681-706.
19. _____; Bruni, M. A.; Favre, E.; Mattiauda, D. A.; Soca, P. 2008. Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años; aportes desde la EEMAC. *Cangüé*. no. 30: 36-44.

20. _____.; Soca, P.; Bentancur, O.; Mattiauda, D. A. 2010. Estudio de la conducta en pastoreo de vacas Holando de alta producción; síntesis de 10 años de investigación sobre la relación planta animal suplemento en la Facultad de Agronomía – EEMAC. *Agrociencia* (Montevideo). 14 (3): 101-106.
21. _____.; Mattiauda, D. A.; Bentancur, O.; Soca, P.; Meikle, A. 2012. Effect of herbage allowance on grazing behavior and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Animal Feed Sci. and Tec.* 173 (3): 201-209.
22. _____.; Gibb, M. J.; Soca, P.; Mattiauda, D. A. 2015. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management; do they follow a predictable pattern? *Animal Prod. Sci.* 55 (3): 328-338.
23. Christie, H.; Mayne, C. S.; Laidlaw, A. S. 2000. Effect of sward manipulation and milk yield potential on herbage intake of grazing dairy cows. In: Rook, A. J.; Penning, P. D. eds. *Grazing management; the principles and practice of grazing, for profit and environmental gain, within temperate grassland systems.* Aberystwyth, Gales, British Grassland Society. pp. 79-84.
24. Colla, R.; Gaudenti, G.; Martin, M. E. 2013. Efectos de la inclusión de una pastura templada de alta calidad en sistemas de alimentación a base de ración totalmente mezclada sobre el consumo, la tasa de consumo y el comportamiento en vacas lecheras. Tesis Doc. en Ciencias Vet. Montevideo, Uruguay. Facultad de Veterinaria. 30 p.
25. Crews, R. T.; Armstrong, D. G.; Andrew, J. M. 2009. Method for assessing off-loading compliance. *J. Am. Pod. Med. Assoc.* 99 (2): 100-103.
26. Cruz, G.; Saravia, C. 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia* (Montevideo). 12 (1): 56-60.
27. CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, AU). 2007. *Nutrient requirements of domesticated ruminants.* Collingwood. 270 p.
28. Delagarde, R.; Lemonier, J. P. 2015a. Accuracy of the FeedPhone device for recording eating and rumantion times un dairy cows. In: van den Pol van Dasselaar, A.; Aarts, H. F. M.; De Vliegher, A.; Elgersma, A.; Reheul, A.;

- Reijneveld, J. A.; Verloop, J.; Hopkins, A. eds. Grassland and forages in high output dairy farming systems. s.l., The Netherlands, EGF. v. 20, pp. 203-205.
29. _____.; Lamberton, P. 2015b. Daily grazing time of dairy cows is recorded accurately using the Lifecorder Plus device. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 165 (1): 25-32.
 30. DeVries, T. J.; Beauchemin, K. A.; Dohme, G.; Schwartzkopf-Genswein, K. S. 2009. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis; feeding, ruminating, and lying behavior. *J. Dairy Sci.* 92 (10): 5067–5078.
 31. Duvos, M.; Iriarte, A.; Machiavello, N. 2013. Consumo de nutrientes, y perfil metabólico y hormonal en vacas lecheras consumiendo una ración totalmente mezclada con distintas horas de acceso a una pastura templada. Tesis Doc. en Ciencias Vet. Montevideo, Uruguay. Facultad de Veterinaria. 31 p.
 32. Finch, V. A.; Bennett, I.; Holmes, C. 1984. Coat colour in cattle; effect on thermal balance, behaviour and growth, and relationship with coat type. *J. Agr. Sci.* 102 : 141-147.
 33. Flower, F. C.; Sanderson, D. J.; Weary, D. M. 2005. Hoof pathologies influence kinematic measures of dairy cow gait. *J. Dairy Sci.* 88 (9): 3166–3173.
 34. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Demment, M. W.; Laca, E. A. 2006. Acoustic monitoring of chewing and intake of fresh and dry forages in steers. *Anim. Feed Sci. Tec.* 128 (2): 14–30.
 35. Gary, L. A.; Sherritt, G. W.; Hale, E. B. 1970. Behavior of charolais cattle on pasture. *J. Anim. Sci.* 30 (2): 203-206.
 36. Gibb, M. J. 1998. Animal grazing/intake terminology and definitions. In: Keane, M. G.; O’Riordan, E. G. eds. Pasture ecology and animal intake. Dunsany, Ireland, Teagasc. pp. 21–37.
 37. _____.; Huckle, C. A.; Nuthall, R.; Rook A. J. 1999. The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 63 (4): 269–287.
 38. _____. 2006. Grassland management with emphasis on grazing behaviour. In: Elgersma, A.; Dijkstra, J.; Tamminga, S. eds. Fresh herbage for dairy

- cattle; the key to a sustainable food chain. s.l., The Netherlands, Springer. pp. 141–157.
39. Gibson, D. J. 2009. Grasses and grassland ecology. New York, Oxford University. 306 p.
 40. González, L. A.; Tolkamp, B. J.; Coffey, M. P.; Ferret, A.; Kyriazakis, I. 2008. Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91 (3): 1017–1028.
 41. Goldhawk, C.; Chapinal, N.; Veira, D. M.; Weary, D. M.; von Keyserlingk, M. A. G. 2009. Prepartum feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *J. Dairy Sci.* 92 (10): 4971–4977.
 42. Greenough, P. R.; Weaver, A. D.; Broom, D.M. 1997. Basic concepts of bovine lameness. *In*: Greenough, P. R.; Weaver, A. D. eds. Lameness in cattle. Philadelphia, Pannsylvania, Saunders. pp. 220-225.
 43. Gregorini, P. 2012. Diurnal grazing pattern; its physiological basis and strategic management. *Anim. Prod. Sci.* 52 (7): 416–430.
 44. Gutiérrez, L.E.; Rostagnol, R. Y.; Saravia, J. I. 2014. Consumo, comportamiento y ritmo de ingestión en vaquillonas alimentadas en base a una pastura templada y suplementadas a razón del 1% de peso vivo en diferentes frecuencias diarias. Tesis Doc. en Ciencias Vet . Montevideo, Uruguay. Facultad de Veterinaria. 35 p.
 45. Handcock, R. N.; Dave, L. S.; Greg, J. B.; Kym, P. P.; Wark, T.; Valencia, P.; Corke, P.; Christopher, J. O. 2009. Monitoring animal behaviour and environmental interactions using wireless sensor networks, gps collars and satellite remote sensing. *Sensors.* 9 (5): 3586-3603.
 46. Herinaina Andriamandroso, A. L.; Bindelle, J.; Mercatoris, B.; Lebeau, F. A. 2016. Review on the use of sensors to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. *Biotechnol. Agron. Soc.* 20 (1): 1-14.
 47. Hirata, M.; Iwamoto, T.; Otozu, W.; Kiyota, D. 2002. The effects of recording interval on the estimation of grazing behavior of cattle in a daytime grazing system. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15 (5): 745-750.

48. Hodgson, J. 1990. *Grazing management; science into practice*. London, UK, Longman. 203 p.
49. Huzzey, J. M.; von Keyserlingk, M. A.; Weary, D. M. 2005. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *J. Dairy Sci.* 88 (7): 2454-2461.
50. _____; Veira, D. M.; Weary D. M.; von Keyserlingk, M. A. G. 2007. Parturition behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.* 90 (7): 3220-3233.
51. Kanjanapruthipong, J.; Junlapho, W.; Karnjanasirm, K. 2015. Feeding and lying behavior of heat-stressed early lactation cows fed low fiber diets containing roughage and nonforage fiber sources. *J. Dairy Sci.* 98 (2): 1110–1118.
52. Kennedy, E.; McEvoy, M.; Murphy, J. P.; O'Donovan, M. 2009. Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behaviour, and dry matter intake. *J. Dairy Sci.* 92 (2): 168–176.
53. _____; Curran, J.; Mayes, B.; McEvoy, M.; Murphy, J. P.; O'Donovan, M. 2011. Restricting dairy cow access time to pasture in early lactation; the effects on milk production, grazing behaviour and dry matter intake. *Animal* 5 (11): 1805-1813.
54. Kononoff, P. J.; Lehman, H. A.; Heinrichs, A. J. 2002. Technical note; a comparison of methods used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85 (7): 1801-1803.
55. Lukas, J. M.; Reneau, J. K.; Linn, J. G. 2008. Water intake and dry matter intake changes as a feeding management tool and indicator of health and estrus status in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91 (9): 3385-3394.
56. Mader, T. L.; Holt, S. M.; Hahn, G. L.; Davis M. S.; Spiers, D. E. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80 (9): 2373-2382.
57. Madsen, T. N.; Kristensen, A. R. 2005. A model for monitoring the condition of young pigs by their drinking behaviour. *Comput. Electron. Agr.* 48 (2): 138-154.

58. Maltz, E.; Antler, A. 2007. A practical way to detect approaching calving of the dairy cow by a behavior sensor. *In*: Cox, S. ed. Precision livestock farming. Wageningen, The Netherlands, Academic Publishers. pp. 141-146.
59. Mattiauda, D. A.; Tamminga, S.; Gibb, M. J.; Soca, P.; Bentancur, O.; Chilibroste, P. 2013. Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows; ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livest. Sci.* 152: 53-62.
60. Mazrier, H.; Tal, S.; Aizinbud, E.; Bargai, U. 2006. A field investigation of the use of the pedometer for the early detection of lameness in cattle. *Can. Vet. J.* 47 (9): 883-886.
61. Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80 (7): 1463-1481.
62. Meyer, U.; Everinghoff, M.; Gadenken, D.; Flachowsky, D. 2004. Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 90 :117–121.
63. Moran, J.; Doyle, R. 2015. Cow talk; understanding cow behaviour to improve their welfare in asian farms. Melbourne, CSIRO. 235 p.
64. Nebel, R. L.; Dransfield, M. G.; Jobst, S. M.; Bame, J. H. 2000. Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60: 713-723.
65. Oudshoorn, F. W.; Cornou, C.; Hellwing, A. L.; Hansen, H. H. 2012. Practical application of sensor registered grazing time and activity for dairy cows. *In*: Golinski, P.; Warda, M.; Stypinski, P. eds. Grassland – a european resource? Lublin, Polonia, Polish Grassland Society. pp. 258-260.
66. _____.; _____.; _____.; _____.; Lund, P.; Kristensen, T. 2013. Estimation of grass intake on pasture for dairy cows using tightly and loosely mounted di-and tri-axial accelerometers combined with bite count. *Comput. Electron. Agr.* 99 : 227-235.
67. Penning, P. D.; Parsons, A. J.; Newman, J. A.; Orr, R. J.; Harvey, A. 1993. The effects of group size on grazing time in sheep. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 17 (2): 101-109.

68. Pérez-Ramírez, E.; Delagarde, R.; Delaby, L. 2008. Herbage intake and behavioural adaption of grazing dairy cows by restricting time at pasture under two feeding conditions. *Animal*. 2 (9): 1384–1392.
69. Peyraud, J. L.; Comeron, E. A.; Wade, M. H. 1996. The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Ann. Zootech.* 45 (3): 201-217.
70. Reboul, J. M. 2002. Evaluación de un giróscopo MEMS en un péndulo. Sevilla, España, Universidad de Sevilla. 29 p.
71. Riquelme, C.; Pulido, R. G. 2008. Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre el consumo voluntario y comportamiento ingestivo en vacas lecheras a pastoreo primaveral. *Arch. Med. Vet.* 40 (3): 243-249.
72. Robert, B. D.; White, B.; Renter, D.; Larson, R. L. 2011. Determination of lying behavior patterns in healthy beef cattle by use of wireless accelerometers. *A. J. Vet. Research.* 72 (4): 467-473.
73. Roberts, J. J. 2014. Potential for remote monitoring of cattle movement to indicate available biomass. Thesis PhD. Kingstown, Australia. University of New England. 170 p.
74. Rovira, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 287 p.
75. Ruata, R.; Taverna, M.; Galarza, R.; Walter, E.; Ghiano, J. 2015. Alarmas de partos en vacas; un desarrollo nacional. Santa Fe, Argentina. INTA. 17 p.
76. Rutter, S. M.; Orr R. J.; Yarrow, N. H.; Champion, R. A. 2004. Dietary preference of dairy cows grazing ryegrass and white clover. *J. Dairy Sci.* 87 (5): 1317-1324.
77. Saldanha, S.; Saravia, C.; Krall, E.; Cruz, G.; Salvarrey, L. 2004. Efecto del estrés térmico estival en el comportamiento de pastoreo de vaquillonas Holando y Jersey. In: Saldanha, S.; Bemhaja, M.; Moliterno, E.; Olmos, F.; Uriarte, G. eds. Sustentabilidad, desarrollo y conservación de los ecosistemas: memorias. Salto, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 311-312.

78. Saravia, C.; Astigarraga, L.; Van Lier, E.; Bentancur, O. 2011. Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto. *Agrociencia* (Montevideo). 15 (1): 93-102.
79. Schirmann, K.; von Keyserlingk, M. A. G.; Weary, D. M.; Veira, D. M.; Heuwieser, W. 2009. Technical note; validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92 (12): 6052–6055.
80. Sepúlveda, N.; Rodero, E. 2003. Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. *INCI.* 28 (9): 500-503.
81. Silva, R.; Franco, I.; Silva, F.; Prado, I.; Panizza, J.; Magalhaes, A.; Veloso, C.; Carvalho, G.; Chaves, M. 2005 Comportamiento ingestivo de novillas mestiças de holandês em pastejo. *Arch. Zootec.* 54 (205): 63-74.
82. Soca, P.; Chilibroste, P.; Mattiauda, D. A. 1999. Effect of the moment and length of the grazing session on; 2. grazing time and ingestive behaviour. In: International Symposium Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology (1st., 1999, Curitiba). Proceedings. Curitiba, Universidade Federal do Parana. pp. 295-298.
83. Stobbs, T. H.; Cowper, L. J. 1972. Automatic measurement of the jaw movements of dairy cows during grazing and rumination. *Trop. Grassl.* 6: 107–112.
84. Stuth, J. W. 1991. Foraging behavior. In: Heitschmidt, R. K.; Stuth, J. W. eds. *Grazing management; an ecological perspective*. Portland, Timber Press. pp. 65-83.
85. Swartz, A. M.; Ewalt, L. A.; Strath, S. J.; Miller, N. E.; Gennuso, K. P.; Grimm, E. K.; Loy, M. S. 2009. Validity of physical activity monitors in assessing energy expenditure in normal, overweight, and obese adults. *Open Sports Sci. J.* 2 (3): 58-64.
86. Szyszka, O. 2012. The detection of disease in beef cattle through changes in behaviour. Thesis PhD. Newcastle, United Kingdom. Newcastle University. School of Agriculture Food and Rural Development. 151 p.
87. Tedeschi, L. O. 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agric. Systems.* 89 (2): 225-247.

88. Theurer, M. E.; Amrine, D. E.; White, B. J. 2013. Remote noninvasive assessment of pain and health status in cattle. *Vet. Clin. N. Am.- Food Anim. Pract.* 29 (1): 59-74.
89. Turner, L. W.; Udal, M. C.; Larson, B. T.; Shearer, S. A. 2000. Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *Can. J. Anim. Sci.* 80 (3): 405–413.
90. Ueda, Y.; Akiyama, F.; Asakuma, S.; Watanabe, N. 2011. Technical note; the use of a physical activity monitor to estimate the eating time of cows in pasture. *J. Dairy Sci.* 94 (7): 3498-3503.
91. Umemura, K. 2013. Technical note; monitoring grazing bites and walking activity with pedometers. *J. Dairy Sci.* 96 (2): 1090.
92. Von Keyserlingk, A. G.; Proudfoot, K. L.; Vickers, L.; Weary, D. M. 2011. Using cow behaviour to predict disease. *Adv. Dairy Tech.* 23: 61-69.
93. Woodward, S. J. R. 1997. Formulae for predicting animals' daily intake of pasture and grazing time from bite weight and composition. *Livest. Prod. Sci.* 52 (1): 1-10.