

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CLASIFICACIÓN GUIADA DE IMÁGENES PARA LA DETERMINACIÓN DE
LA CONDICIÓN CORPORAL EN GANADO HEREFORD**

por

**Andrés AROTXARENA FUENTES
Paco IRAZABAL DE LA PEÑA**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2014**

Tesis aprobada por:

Directores:

Ing. Agr. Dra. Ana Espasandín Mederos

Dr. Ing. Nicolás Pérez Álvarez

Dr. MV. Alberto Casal

Fecha:

31 de marzo de 2014

Autores:

Andrés Arotxarena Fuentes

Paco Irazabal de la Peña

AGRADECIMIENTOS

A nuestros tutores, Ing. Agr. Ana Espasandín y Dr. Ing. Nicolás Pérez, por todo el apoyo brindado durante este trabajo, el tiempo dedicado al mismo y por hacer posible esta tesis. Agradecemos también la ayuda y asesoramiento del Ing. Agr. Pablo Soca, Ing. Agr. Ricardo Rodríguez e Ing. Agr. Paula Batista.

A nuestras familias y amigos por acompañarnos en toda la carrera e impulsarnos a concretar esta etapa.

A los compañeros de nuestra generación EEMAC 2012 y de las restantes, por aconsejarnos, por disfrutar los buenos momentos de la carrera y ayudarnos en los más complejos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	3
2.2 CONDICIÓN CORPORAL Y PESO VIVO.....	6
2.3 CONDICIÓN CORPORAL Y MANEJO GENERAL.....	7
2.4 HERRAMIENTAS PARA EL MANEJO DE LA CC.....	8
2.5 CONDICIÓN CORPORAL Y DESEMPEÑO REPRODUCTIVO.....	11
2.6 CONDICIÓN CORPORAL AL ENTORE.....	13
2.7 AUTOMATIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE IMÁGENES.....	13
2.8 HIPÓTESIS.....	19
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	20
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES.....	20
3.1.1 <u>Lugar y período experimental</u>	20
3.1.2 <u>Observadores</u>	20
3.1.3 <u>Animales</u>	20
3.1.4 <u>Equipos</u>	20
3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	21
3.2.1 <u>Toma de imágenes y asignación de la CC</u>	21
3.2.2 <u>Calificación de la CC a partir de imágenes</u>	22
3.3 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA OBTENCIÓN DEL PROGRAMA.....	22
3.3.1 <u>Validación del programa</u>	23
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	25
4.1 CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN CORPORAL A PARTIR DE IMÁGENES.....	25
4.2 PRIMERA VERSIÓN DEL PROGRAMA.....	30
4.3 RESULTADOS DE LA ETAPA DE VALIDACIÓN.....	35
4.4 IMPLICANCIAS Y CONSIDERACIONES A FUTURO.....	38

5. <u>CONCLUSIONES</u>	40
6. <u>RESUMEN</u>	41
7. <u>SUMMARY</u>	42
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	43

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Métodos de evaluación de la CC.....	4
2. Breve descripción de cada grado de CC.....	5
3. Efecto del grado de condición corporal en la composición corporal.....	5
4. Número de observaciones en las que hubo diferencias entre el grado de CC asignado en el campo (CC obs) y el grado de CC asignado a partir de imagen (CC img).....	27
5. Resumen comparativo de resultados de CC media, desvío estándar y coeficientes de correlación entre la CC asignada a campo (CC obs.) y la CC determinada a partir de imágenes (CC img.).....	28
6. Resultados de la validación.....	36
7. Proporción de acierto de diferentes metodologías propuestas para la calificación de la CC.....	37
Figura No.	
1. Propuesta de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría.....	8
2. Preñez en vacas Hereford con distintos estados al parto.....	12
3. Preñez en vaquillonas Hereford de segundo entore con diferente estado al parto.....	12
4. 23 puntos de interés y sus respectivos ángulos.....	15
5. Regiones anatómicas de interés.....	16
6. Parábola ajustada al contorno de una vaca gorda (izquierda) y a una flaca (derecha).....	17
7. Imagen del soporte y cámara utilizada.....	20
8. Diagrama de las etapas del proyecto.....	24
9. Fotografía tomada a 1,00 m de altura y 0,60 m de distancia (izquierda) y a 1,00 m de altura y 1,30 m de distancia (derecha).....	25
10. Fotografía tomada a 1,75 m de altura y 1,25 m de distancia.....	25
11. Representación del proceso de calificación en el programa cond Corp..	31
12. Representación del proceso de calificación en el programa cond Corp.	33
13. Imagen de la pantalla de cond Corp en el paso 1.....	34
14. Representación del rango de superposición de las bases de imágenes.	34
15. Representación gráfica del grado de CC asignado utilizando cond Corp	36

1 INTRODUCCIÓN

La condición corporal (CC) es un concepto subjetivo que intenta evaluar el estado nutricional de las vacas en base al grado de gordura que presenta el animal en relación a su tamaño (Evans, 1978).

La evaluación de la CC en bovinos de carne se realiza por medio de la asignación de un índice en una escala que varía según la raza y el país. Para la raza Hereford, la mayoría de los trabajos nacionales publicados utilizan la escala por apreciación visual de 1 a 8, donde 1 representa una vaca muy flaca y 8 una extremadamente gorda (Orcasberro, 1991).

La eficiencia total de la producción de carne en Uruguay, está directamente relacionada con la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría. Para lograr un buen comportamiento, es necesario satisfacer los requerimientos energéticos de la vaca en etapas clave del ciclo reproductivo (Vizcarra et al., 1987). El manejo del rodeo de cría con cargas altas, es una causa común de baja CC y fallas reproductivas. Una CC de 4 o más, al momento del parto y durante el servicio, es recomendada para obtener una buena performance reproductiva, es decir, porcentajes de preñez de 80 % o más (Scaglia, 1997).

La evaluación de la CC constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones de manejo nutricional en etapas clave del ciclo reproductivo de los rodeos de cría. Sin embargo, la correcta utilización de la herramienta está condicionada por el número de observadores entrenados. Es importante, al implementar un sistema de clasificación por CC, realizar un periódico y cuidadoso entrenamiento del observador a fin de estandarizar la escala (Vizcarra et al., 1987).

De existir un método objetivo para la determinación de la CC, es decir, una medida que sea independiente del observador, sería posible utilizarla masivamente en los predios ganaderos pudiéndose calcular las DEP para esta característica. De esta forma la CC podría ser evaluada genéticamente, pudiéndose transformar en un nuevo criterio de selección en los programas de mejoramiento genético de los rodeos de cría.

Recientemente se han desarrollado varias líneas de investigación intentando abordar el problema desde múltiples enfoques (Krukowski 2009,

Bercovich et al. 2012, Halachmi et al. 2013). Sin embargo, la automatización de la determinación de la C.C aún no se ha resuelto completamente. Al momento no se han reportado sistemas totalmente automatizados que funcionen en establecimientos comerciales. A nivel nacional se han desarrollado métodos capaces de determinar automáticamente diferentes variables como el área de ojo de bife, espesor de grasa subcutánea y contenido de grasa intramuscular mediante la interpretación de imágenes de ultrasonido y RGB (Cancelli et al. 2003, Arias et al. 2005, Bianculli et al. 2007).

1.1 OBJETIVO GENERAL

El principal objetivo de este trabajo es contribuir con el desarrollo de una metodología que permita determinar la CC de vacas Hereford de manera más objetiva, mediante el análisis e interpretación de imágenes.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer si es posible determinar la CC a partir de la observación de imágenes fotográficas.
- Tomar fotografías desde distintos ángulos, alturas y distancias del animal, con el fin de establecer, qué combinación de estos parámetros, es la que permite obtener la mejor fotografía.
- Generar un banco de datos fotográfico de diferentes estados corporales en vacas de cría
- Desarrollar un programa capaz de asistir a un observador poco entrenado, en el proceso de calificación del grado de CC de vacas Hereford, a partir de imágenes fotográficas.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La clasificación de animales mediante la asignación de grados de estado o condición corporal, es un método subjetivo que permite estimar la cantidad de energía que se encuentra retenida como músculo y grasa, es por lo tanto, una forma de evaluar el estado nutricional (energético) de un rodeo (Orcasberro, 1994).

El primer sistema de evaluación de la CC en ganado vacuno fue desarrollado en el Reino Unido por Lowman et al. (1976) para ganado de carne, adaptando la técnica australiana ideada por Jefferies (1961) para ganado ovino. Lowman et al. (1976) establecieron una escala de puntuación de la CC de 0 a 5, según la apreciación resultante a la palpación de las vértebras lumbares, aunque para las tres notas más altas también se tiene en cuenta la grasa subcutánea detectada al tacto en torno a la base de la cola (Álvarez, 1999).

En distintas partes del mundo ha sido desarrollada una serie de escalas, tanto para ganado lechero como de carne, basadas en diferentes criterios de clasificación. Existen escalas de clasificación fundamentadas en la palpación de regiones específicas del cuerpo (The Scottish Agricultural Colleges, 1978) otras basadas en la apreciación visual del animal (Earle 1976, Houghton et al. 1990) y por último aquellas que combinan criterios de ambas formas de clasificación (Wernli et al., 1984). Las escalas difieren además, en el número de categorías que se han definido a fin de realizar la clasificación, por ejemplo, en Australia y Nueva Zelanda, para clasificar ganado lechero, se utilizan escalas de 8 y 10 puntos respectivamente, mientras que en Estados Unidos e Irlanda se utilizan escalas de solo 5 categorías. Esta variabilidad determina que la transferencia de resultados de investigación y la extrapolación entre diferentes sistemas de clasificación sea difícil y dependiente de conversiones matemáticas. Si bien se han desarrollado tablas de equivalencia entre escalas, aún no existe un sistema estándar de clasificación (Roche et al., 2004).

En el cuadro No. 1 se presentan las diferentes metodologías empleadas para la evaluación de la Condición Corporal según varios autores, detallando las regiones del animal que se observan para la calificación y la amplitud de la escala.

Cuadro No. 1. Métodos de evaluación de la CC.

Año	Autor	Escala	Regiones observadas
1976	Lowman et al.	0 a 5	Palpacion de:
			Columna vertebral.
			Region lumbar.
			Base de la cola.
1977	Mulvany	0 a 5	Observacion de:
		con valores	Base de la cola.
		intermedios	Lomo.
		de 0,5	
1989	Edmonson et al.	1 a 5	Observacion de:
		con valores	Region lumbar.
		intermedios	Region pelvica.
		de 0,25	Region caudal.
1994	Ferguson et al.	2 a 4,5	Observacion y palpacion de:
		con valores	Region lumbar.
		intermedios	Region pelvica.
		de 0,25	Region caudal.

Fuente: Guerrero et al. (2012).

Méndez et al. (1988) luego de 3 años de investigación, desarrollaron en INIA La Estanzuela, una escala de clasificación de ganado Hereford por apreciación visual que consta de 8 categorías. La mayoría de los trabajos nacionales utilizan dicha escala, que surge como una adaptación de la escala para ganado lechero propuesta por Earle en 1976 donde 1 representa una vaca muy flaca y 8 una extremadamente gorda (Orcasberro, 1991). En el cuadro No. 2 se describe la apariencia de los animales para cada punto de CC.

Cuadro No. 2. Breve descripción de cada grado de CC.

CC	Estado del animal	Descripción
1	Conserva baja	Extremadamente flaca, sin grasa subcutánea.
		Débil con el lomo arqueado y patas juntas.
2	Conserva	Muy flaca.
		Anca y área de inserción de la cola muy hundidos.
3	Conserva alta	Flaca. Muy poca grasa subcutánea.
		Anca y área de inserción de la cola hundidos.
4	Manufactura baja	Moderada liviana. Anca ligeramente marcada,
		área de inserción de la cola ligeramente hundida.
5	Manufactura alta	Moderada. Anca plana, área de inserción
		de la cola llena.
6	Abasto	Moderada pesada. Buena cobertura de grasa subcutánea.
		Anca ligeramente redondeada, área de inserción de la cola cubierta.
7	Gorda	Gorda. Abundante grasa subcutánea. Lomo y anca redondeados.
		Área de inserción de la cola completamente cubierta.
8	Especial	Muy gorda. Acumulación extrema de grasa subcutánea
		en todo el cuerpo.

Fuente: Rovira (1996).

Una vaca con CC 4 se debe ver como una vaca promedio, ni flaca ni gorda. En términos de medidas objetivas, tales como grasa sobre las costillas o porcentaje de grasa corporal, una vaca con CC 4 no debe estar en el medio del rango de posibles valores, sino más cercana a condiciones más magras. Como se observa en el cuadro No. 3, un animal con tal condición presentara una cobertura de grasa sobre la decimotercera costilla de 0.4 a 0.6 cm mientras que la proporción de grasa expresada como porcentaje del peso vivo será de aproximadamente 16% (Scaglia, 1997).

Cuadro No. 3. Efecto del grado de condición corporal en la composición corporal.

	Grado de Condicion Corporal					
	2		4		6	
Peso vivo (Kg)	320		380		440	
Composicion del peso vivo:	%		%		%	
Peso total (Kg) *	285		339		391	
Grasa (Kg)	22	8	54	16	94	24
Proteina (Kg)	58	20	62	18	67	17
Agua (Kg)	191	67	206	61	215	55
Minerales (Kg)	14	5	17	5	15	4
Mcal/Kg	1,5		2,9		3,2	

(*) Peso vivo menos contenido del tracto digestivo.

Fuente: Scaglia (1997).

La reproductibilidad de un sistema de clasificación indica la correlación que existe entre el puntaje que asignan 2 observadores a un mismo animal, mientras que la repetibilidad valora la correlación entre los puntajes asignados por un mismo observador a un animal, en momentos diferentes.

Estudios realizados a nivel local por Vizcarra et al. (1987) en los que se compararon diferentes escalas de clasificación, concluyen que la escala de clasificación por apreciación visual propuesta por Earle (1976) se adapta mejor a nuestras condiciones ya que presenta mejores índices de repetibilidad y reproductibilidad (0.80 y 0.69 respectivamente). La repetibilidad resultó significativamente inferior a la reproductibilidad lo cual indica que cuando se implemente un sistema de calificación se deberá hacer un periódico y cuidadoso entrenamiento de los observadores a fin de estandarizar la escala. La varianza de la estimación es otro elemento importante ya que indica la precisión con que cada animal es calificado. El valor de dicho parámetro fue de 0.082, esto indica que podríamos cometer un error de +/- 0.5 puntos de CC con la probabilidad < 0.05 (Vizcarra et al., 1987). Se ha reportado que la variabilidad entre vacas tiene un impacto mucho mayor en la varianza de la estimación que la variabilidad entre observadores (Edmonson et al., 1989).

2.2 CONDICIÓN CORPORAL Y PESO VIVO

El estado corporal y el peso vivo lógicamente están asociados positivamente, sin embargo, las correlaciones encontradas entre ambas variables, con los datos nacionales, son bajas, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en trabajos realizados en otros países (Orcasberro, 1991). Gibb et al. (1992), Andrew et al. (1994) encontraron diferencias de hasta un 40 % en las reservas energéticas de vacas de igual peso, resaltando lo impreciso que sería confiar en el peso corporal como único indicador del estado nutricional de un animal. Además, como en la lactancia temprana la movilización de tejido ocurre mientras que el consumo se encuentra en aumento, un descenso en el peso de tejido corporal podría ser enmascarado por un aumento en el contenido visceral, por tanto el peso corporal no refleja los cambios que ocurren en las proporciones de tejido adiposo y muscular (Roche et al., 2004). Las evaluaciones de algunas escalas de estado corporal han demostrado que permiten predecir la composición del animal en forma tan o más exacta que el peso vivo y otras mediciones como el diámetro del tórax o la altura de la cruz (Orcasberro, 1991).

El cociente peso/altura es una relación que también ha sido evaluada por diferentes investigadores a nivel mundial pero no ha resultado lo suficientemente precisa como forma de estimar la composición corporal. La raza, estado fisiológico, llenado del rumen y edad de la vaca son factores que influyen en la relación y reducen su potencial predictivo (Scaglia, 1997).

A partir del análisis de los registros de vacas Hereford de las Estaciones Experimentales de la Facultad de Agronomía, se determinó que cada unidad de estado corporal equivale a 25 Kg aproximadamente, en el rango de categorías de 2 a 6, que son las que normalmente se encuentran en los rodeos de cría. Como los requerimientos nutricionales están referidos al peso del animal, la equivalencia $25 \text{ Kg} = 1$ unidad de CC, resulta de gran utilidad ya que permite estimar la cantidad de alimento que debería consumir un animal a fin de lograr un determinado cambio de estado corporal (Orcasberro, 1991).

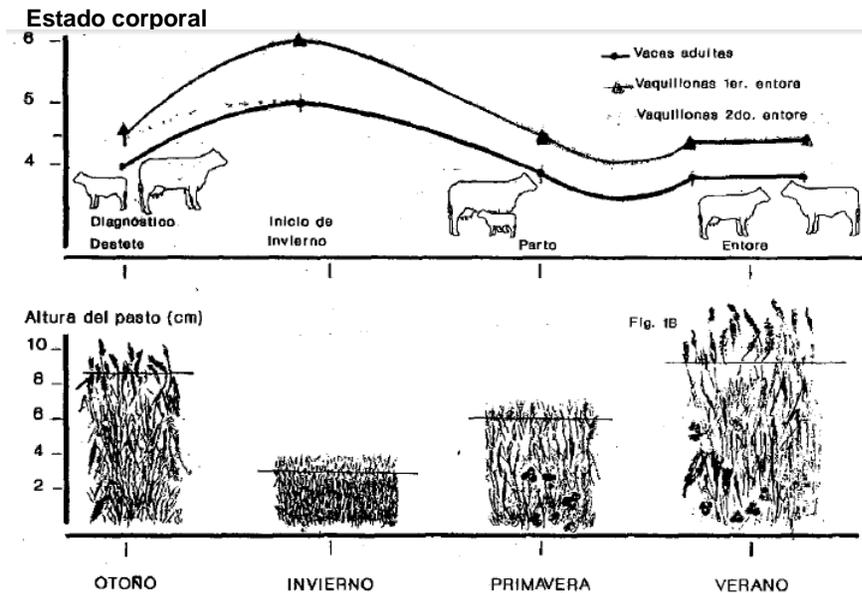
2.3 CONDICIÓN CORPORAL Y MANEJO GENERAL

Según el concepto de CC explicado anteriormente, es claro que la misma va a determinar la calidad, cantidad y el tipo de alimento que debería recibir la vaca. Según Scaglia (1997) como una generalidad, en condiciones extensivas las vacas con mejor CC requieren poca cantidad de suplementos proteicos (30 a 45% PC) o pasturas de alta calidad durante un período corto de tiempo. Lo contrario ocurre con las vacas de peor CC, ya que estas mismas van a requerir suplementos con altos valores energéticos o buena disponibilidad de campo natural.

Considerando que una de las metas de los productores es la obtención de una cría por año, es de suma importancia analizar qué factores son los que determinan poder alcanzar dicho objetivo, en mayor o menor tiempo. La nutrición, fertilidad, financiamiento, entre otras, son varios aspectos que inciden sobre la misma.

En base a un estudio realizado en la Facultad de Agronomía, se encontró que las vacas que paren con CC 4-5, llegan al entore con similar CC y tienen una probabilidad de preñez del 75-90%. En cuanto a las vaquillonas de primera cría, requieren de una mayor CC al parto, lo cual está ligado a la calidad y cantidad de forraje asignado. En este contexto se pudo plantear una propuesta por parte de la Facultad de Agronomía, para mejorar la eficiencia reproductiva y la asignación de recursos (Pérez-Clariget et al., 2007).

Figura No. 1. Propuesta de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría.



Fuente: Soca et al. (1994).

El objetivo del esquema propuesto es aprovechar y combinar efectivamente la disponibilidad de la pastura natural, manejar el rodeo de cría en base a CC, la producción estacional del campo y el control del amamantamiento. En pastoreo a campo natural es posible predecir la evolución del estado corporal del rodeo mediante la estimación de la cantidad de forraje asignado al mismo (Pereira y Soca, 1999).

En estudios realizados en la Facultad de Agronomía, en donde vacas preñadas se alimentaron de forraje con distintas alturas se encontró que la CC aumenta medio punto por cada centímetro que se incrementa la altura del forraje, entre un rango de 1,6 y 4,4 cm (Amarante et al., 1996).

2.4 HERRAMIENTAS PARA EL MANEJO DE LA CONDICIÓN CORPORAL

Simeone et al. (2008) investigaron como el destete precoz y el destete temporario, aumentan la performance reproductiva. Se evaluó el impacto del destete precoz sobre la eficiencia reproductiva en vacas de cría, cuantificando las correlaciones entre CC, destete precoz y respuesta reproductiva. Frente a este escenario los autores proponen alternativas preventivas, las cuales tienen

como objetivo alcanzar una CC de 4 al parto y por otro lado proponen alternativas correctivas. Estas se aplican sobre vacas que han tenido una CC de 2-3 al parto, y el objetivo es llevarlas a CC 4-4,5 al inicio o durante el entore.

- Alternativas preventivas: diferir campo natural, suplementación invernal con concentrados, verdes de invierno.
- Alternativas correctivas: Destete precoz (DP), alimentación diferencial con mejoramientos post-parto, suplementación post-parto.

Al aplicar esta herramienta (DP) se eliminan las exigencias nutricionales para la producción de leche y se genera un cambio en la partición de la energía hacia una recuperación del estado corporal. Esto impacta en que se acelera la actividad sexual cíclica y por lo tanto se incrementa la tasa de preñez.

El efecto del DP es mayor en vacas primíparas y vacas con CC inferior a 3, esperándose respuestas en el % de preñez en torno a 50% (Simeone et al., 2008).

El amamantamiento provoca una inhibición de la actividad ovárica y contribuye a alargar el anestro post-parto. El destete es una medida que permite quebrar con este efecto. El efecto del destete sobre la performance reproductiva depende de distintos factores tales como; el momento en el que se aplica, la duración y sobre todo el estado nutricional. La respuesta del destete se aplica para animales con estados nutricionales intermedios. Esto se debe a que en una subnutrición severa impone una mayor restricción que el amamantamiento para la salida del anestro, mientras que animales con buen estado nutricional van a tener períodos cortos de anestro, haciendo que la respuesta al destete no sea tan fuerte (Orcasberro, 1991).

En base a estudios realizados en la EEMAC se concluye que en el destete temporario no se afecta el crecimiento de los terneros, tampoco se produce la pérdida del mismo (aguachamiento) ni tampoco se genera mastitis en la madre. Para el caso del destete precoz, la gran ventaja es que se elimina por completo los requerimientos de nutrientes para el amamantamiento. Como aspecto negativo, los terneros destetados con este método (60 días) son ligeramente más livianos que los destetados tradicionalmente (160 días). Por este motivo es que se utiliza mayoritariamente en casos donde las madres presentan severos problemas nutricionales (Orcasberro, 1991).

Si bien este mecanismo del destete logra buenos resultados, en la mayoría de las ocasiones tiene alto costo. Frente a esta situación es que se busca hacer un buen manejo del campo natural, en base a las curvas de producción anuales. Es sabido que no todos los suelos tienen la misma producción anual y que además no todos presentan la misma distribución durante el año. Por lo que, se debe ajustar la producción de los campos con los requerimientos del rodeo.

La vaquillona preñada con 2 años, presenta mayores requerimientos nutricionales que un vientre adulto, debido a que se encuentra todavía en fase de crecimiento. Esto se traduce en: mayor producción y mayor atención al manejo nutricional. Esta categoría con mayor demanda nutricional debe encontrarse en un punto más de CC que los animales adultos a lo largo del año. Suplementación, reservas de campo natural o ciertas áreas de gran calidad, son medidas útiles para un buen manejo nutricional (Scaglia, 1997).

Frente a la variabilidad climática que enfrenta nuestro país, se plantearon distintas herramientas, en Facultad de Agronomía, que puedan enfrentar situaciones de crisis forrajeras. Una de estas herramientas es el flushing energético. El mismo estimula el reinicio de la actividad ovárica e incrementa los porcentajes de preñez en vaquillonas (Pérez-Clariget et al., 2007).

Para el caso de las vacas de cría, en el último tercio de la gestación, es recomendable ofrecer campo natural diferido sin adición de suplemento proteico o solamente una baja cantidad, con el fin de mejorar la digestibilidad y el consumo del campo natural. Se recomienda utilizar la suplementación en casos donde el valor proteico de las pasturas es menor al 7%, así se logra con poca suplementación mejorar el consumo de forraje. Cuando se suministran suplementos proteicos y vitaminas varias, pero la CC desciende, entonces se precisan altos niveles de suplementos energéticos para frenar el descenso (Scaglia, 1997).

En sistemas pastoriles, la altura del tapiz es un parámetro que juega un rol fundamental ya que determina el comportamiento y la ganancia de peso de los animales. Esto se debe a que el consumo de forraje y el gasto de energía asociado a la actividad de pastoreo están afectados por el tamaño de bocado. Cuando la altura del pasto no restringe el tamaño de bocado, el consumo es elevado y el gasto de energía por actividad de pastoreo es bajo. En cambio cuando la altura del tapiz es baja, el tamaño de bocado se encuentra

restringido. El animal tiende a compensar esta situación aumentando la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo a fin de mantener el consumo constante. En situaciones de compensación si bien el consumo se mantiene constante, la performance animal cae ya que aumentan los costos energéticos asociados al cambio en la actividad de pastoreo (Soca et al., 1994).

2.5 CONDICIÓN CORPORAL Y DESEMPEÑO REPRODUCTIVO

A nivel de país y de región, se cuentan con bajos índices reproductivos lo cual se traduce en una baja eficiencia reproductiva. La avanzada edad al parto y el prolongado anestro post-parto explican la baja cantidad de terneros destetados, poniendo a este rubro en un escenario ineficiente. Según DICOSE en los últimos 20 años el porcentaje de destete ronda el 63%. La cría vacuna tiene entonces como objetivo mejorar estos valores a través de tecnologías de bajo costo y fácil implementación.

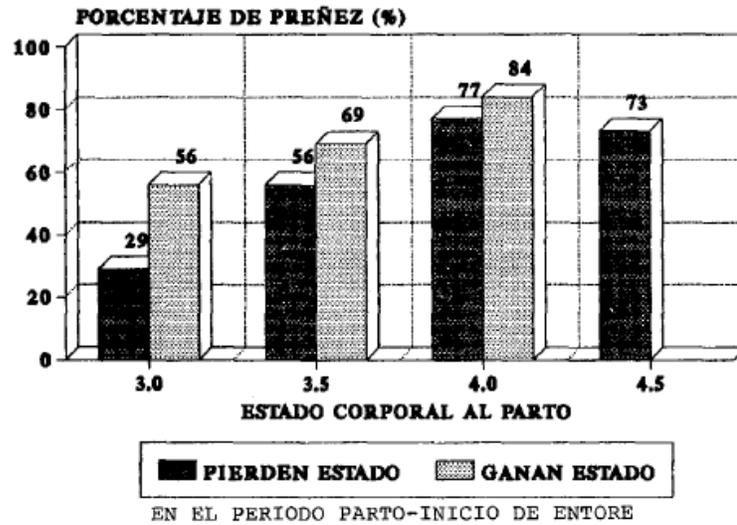
Es sabido que la alimentación y la lactancia afectan directamente a la reproducción. Como se mencionó en el punto anterior, el destete incide totalmente en este factor (Pérez-Clariget et al., 2007).

El período de tiempo comprendido entre el nacimiento de dos terneros consecutivos se denomina intervalo inter-parto. Para que este sea ideal (12 meses) es necesario que la vaca quede preñada a los 83 días del parto, así de esta forma el costo de producción de kg de ternero destetado, es menor al de las vacas que quedan preñadas pasando los 80 días, ya que estas no logran un intervalo inter-parto de 12 meses.

En cuanto al parto, el valor ideal de CC no debe ser inferior a 4, preferiblemente 5. Cuanto mayor CC tengamos en este momento, mejor % de preñez se va a lograr. Hay que tener en cuenta que esto tiene un límite, debido a que vacas muy gordas pueden generar problemas con partos distócicos lo que se traduce en un mayor período de recuperación (Scaglia, 1997).

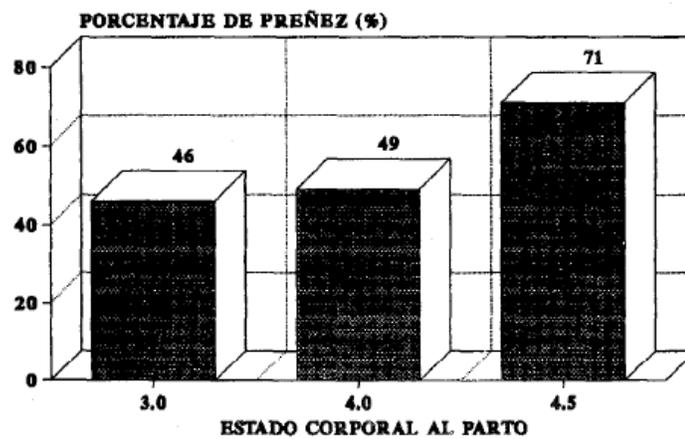
En las figuras No. 2 y No. 3 se observa el efecto del estado corporal al parto en el porcentaje de preñez.

Figura No. 2. Preñez en vacas Hereford con distintos estados al parto.



Fuente: Soca et al. (1994)

Figura No. 3. Preñez en vaquillonas Hereford de segundo entore con diferente estado al parto.



Fuente: Soca et al. (1994).

Si la vaca sufre una subnutrición en gestación avanzada, la probabilidad de quedar preñada en el siguiente entore es baja, aún si la alimentación post-parto es buena. La CC al parto indica el nivel alimenticio al cual fue sometida. La duración del anestro post-parto está afectada por la CC al parto y por la alimentación post-parto (Orcasberro, 1991).

La CC con la que llega el animal al parto define si va a quedar preñada o no. Con CC 4 al parto la duración del anestro ronda los 35-50 días, dependiendo de la alimentación que recibe durante este periodo. Con este período de tiempo las probabilidades que tiene para quedar preñada en el siguiente entore son altas. Esto cambia si al parto la vaca tiene un CC 3, debido a que el anestro puede ir desde los 80 días (con buena alimentación) hasta los 100 días (con mala alimentación). En un caso de CC 2 al parto el anestro supera los 3 meses, por lo que hace imposible que la vaca quede preñada en el siguiente entore (Orcasberro, 1991).

2.6 CONDICIÓN CORPORAL AL ENTORE

Según Scaglia (1997) la condición crítica al entore es de 4. Vacas con valores menores reducen las tasas de preñez. Vacas con grados de 5 o 6, pierden un punto desde el parto hasta el entore quedando entonces con una CC de 4 al entore, de esta forma las mismas logran quedar preñadas.

La edad del primer entore es un detalle a tener en cuenta. Se busca entorar vaquillonas de 14-15 meses de edad o a los dos años, con CC adecuadas. Es por este motivo que se debe manejar a esta categoría, con un plan nutricional diferente al resto del rodeo. Según Rovira (1973) el manejo nutricional de esta categoría debería apuntar a lograr una GMD = 0.460 Kg/día durante 8 meses a partir del destete. En la práctica, esta ganancia de peso promedio se desglosaría en alrededor de 0.200 Kg/día durante los primeros 4 meses pos destete (de abril a julio) y 0.700 Kg/día durante el segundo cuatrimestre. De esta forma se estaría llegando a un peso de aproximadamente 260 Kg al inicio del entore.

2.7 AUTOMATIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE IMÁGENES

En la última década varios autores han evaluado la factibilidad de automatizar la determinación del grado de CC mediante el uso de imágenes. Se han estudiado múltiples medidas anatómicas que están correlacionadas con la

CC y que podrían incluirse en sistemas capaces de evaluar dicha variable de manera objetiva.

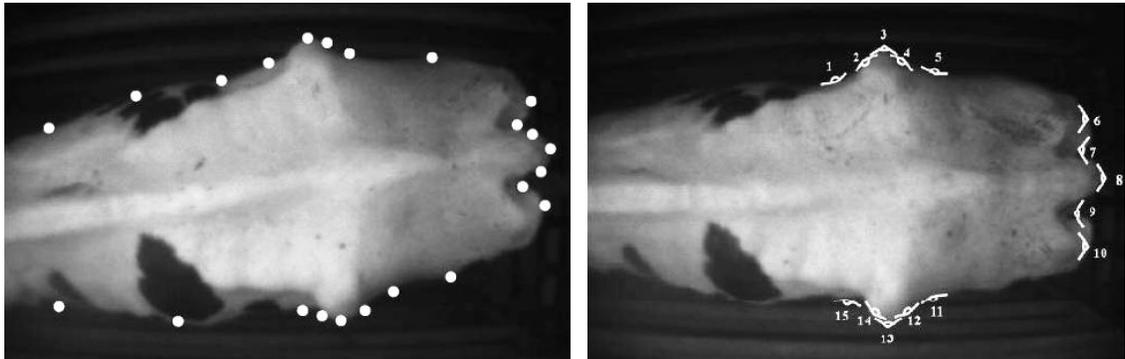
Ferguson et al. (2006) desarrollaron un proyecto con el objetivo de establecer si era posible determinar el grado de CC de vacas lecheras a partir de imágenes digitales y video. Cuatro observadores asignaron de manera independiente el grado de CC a 57 vacas Holstein por apreciación visual y luego a partir de imágenes. Los coeficientes de correlación entre la CC observada y la CC determinada a partir de imágenes fueron: 0.84, 0.82, 0.82 y 0.90 para los observadores 1 al 4 respectivamente.

Posteriormente, 3 de los 4 observadores evaluaron la CC de 187 vacas solamente a partir de imágenes, mientras que el observador restante, evaluó la CC por apreciación visual. Los coeficientes de correlación entre la CC observada y la CC determinada a partir de imágenes fueron: 0.78, 0.79 y 0.79 para los observadores 2 al 4 respectivamente. Los autores concluyen que es posible asignar el grado de CC a partir de imágenes digitales de la vista posterior de una vaca, tomadas con una inclinación de 0 a 20° en relación al punto de inserción de la cola. Un 80 % de las calificaciones realizadas a partir de imágenes coincidió con la CC observada a campo con un nivel de precisión de ± 0.25 puntos.

El video, si bien permite una rápida calificación, no permitió identificar las vacas de manera sencilla. Además, encontraron que es posible evaluar de manera precisa la CC de un rodeo, evaluando la CC del 30% de los animales.

En relación a la determinación automática de la CC, recientemente se han explorado varias alternativas. Bewley et al. (2008) trabajaron con más de 2000 imágenes de la vista dorsal de 242 vacas Holstein. En cada imagen identificaron de forma manual, 23 puntos anatómicos considerados de interés (figura No. 4).

Figura No. 4. 23 puntos de interés y sus respectivos ángulos.



Fuente: Bewley et al. (2008).

Los autores encontraron que los ángulos asociados a los puntos del área de la cadera se encuentran fuertemente correlacionados con el grado de CC ($r = 0.52$; $P < 0.01$). A partir del cálculo de los ángulos de la cadera, se desarrolló un modelo capaz de predecir la CC. Un 89.95 % de las predicciones calculadas a partir del modelo coincidió con la CC observada con un nivel de precisión de ± 0.25 puntos.

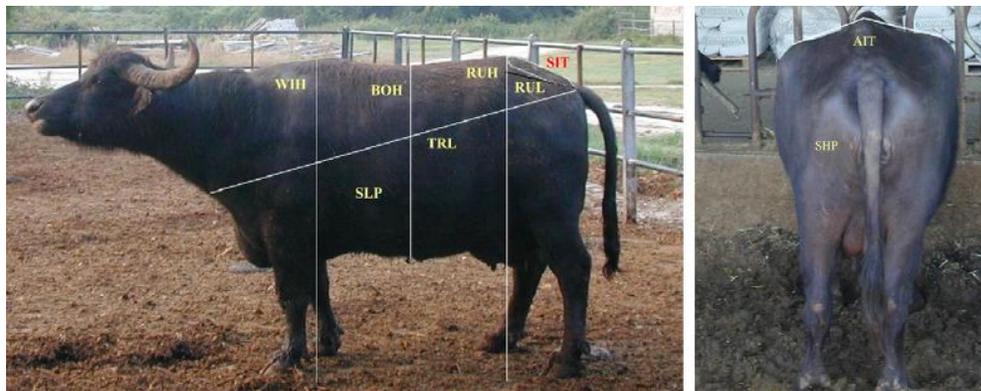
La información aportada por los puntos ubicados en el área de inserción de la cola no tuvo un valor predictivo en los modelos desarrollados. Existen limitantes importantes en el desarrollo de un sistema automático a partir de esta técnica ya que se trabaja con puntos determinados manualmente. Además, al estar trabajando con imágenes digitales y muchas veces en condiciones de pobre iluminación, resulta difícil separar correctamente la vaca del fondo de la imagen.

Battiato et al. (2010), Azzaro et al. (2011) utilizaron una estrategia similar a la anterior. Los autores trabajaron con imágenes dorsales tomadas con cámaras digitales ubicadas a 3 m del suelo. Se desarrolló una técnica semiautomática que consta de 2 etapas. En la etapa de entrenamiento se tomaron imágenes de muestra que fueron marcadas por 2 observadores entrenados. Los observadores marcaron puntos anatómicos relevantes que luego fueron utilizados como parámetros del modelo de predicción de CC. En la etapa de uso, se tomaron nuevas imágenes en las que se identificaron ciertos puntos predefinidos, luego se aplicó el modelo para predecir la CC. El modelo

propuesto fue capaz de predecir la CC con un error promedio de ± 0.32 puntos de CC (modelo lineal) y de ± 0.31 puntos de CC (modelo cuadrático). Resultados similares fueron obtenidos al aplicar el modelo de Bewley et al. (2008) donde el error promedio fue de ± 0.33 puntos de CC.

Otro abordaje diferente es el propuesto por Negretti et al. (2008), quienes trabajaron a partir del análisis de imágenes de 100 búfalos (*Bubalus bubalis*) multíparas en lactación.

Figura No. 5. Regiones anatómicas de interés.



Fuente: Negretti et al. (2008).

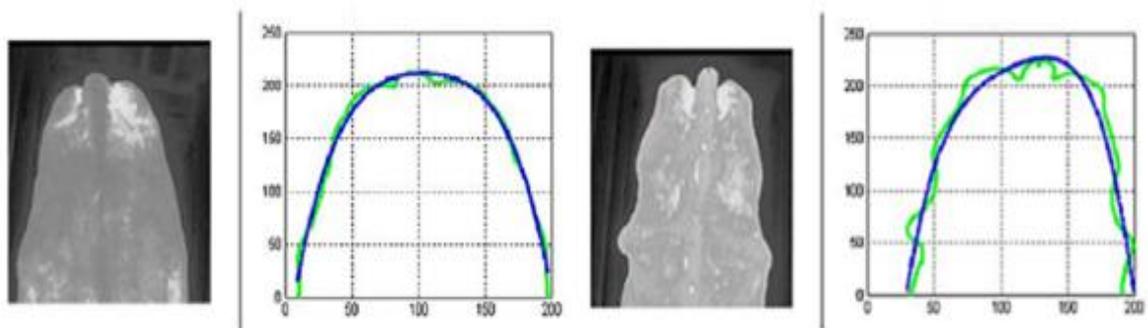
Los autores encontraron que la correlación entre el grado de CC asignado por 5 observadores expertos y la CC calculada a partir del área SIT (figura No. 5 izquierda) fue $r = 0.89$ ($P < 0.01$). Además, establecieron que la correlación entre la CC observada y la CC calculada a partir del ángulo AIT (figura No. 5 derecha) fue $r = 0.88$ ($P < 0.01$).

En una revisión realizada por Guerrero et al. (2012) se concluye que la fotografía digital estándar presenta limitaciones importantes en sistemas automáticos ya que la eliminación del fondo de la imagen (segmentación) resulta muy compleja.

En un estudio preliminar realizado por Halachmi et al. (2008) se trabajó con imágenes térmicas y de ultrasonido de 186 vacas Holstein. El uso de imágenes térmicas resulta una alternativa interesante ya que facilita la tarea de separar la vaca del fondo de la imagen. El trabajo se basó en la hipótesis de

que el contorno de la imagen dorsal de una vaca gorda es más redondeado que el de una vaca más flaca, por lo tanto se asemejaría más a la forma de una parábola. En una vaca flaca, la desviación del contorno respecto a una parábola es mucho mayor que en una vaca gorda, donde solo el área de inserción de la cola se desvía de la parábola.

Figura No. 6. Parábola ajustada al contorno de una vaca gorda (izquierda) y a una vaca flaca (derecha).



Fuente: Halachmi et al. (2013).

Las determinaciones realizadas a partir de imágenes térmicas fueron contrastadas con las calificaciones de 2 observadores entrenados (determinación manual) y con las medidas de músculo y grasa subcutánea determinadas por ultrasonido. Los autores encontraron una correlación de 0.315 entre la determinación manual y la determinación a partir de imágenes térmicas. La correlación entre la determinación de la CC por ultrasonido y a partir de imágenes térmicas fue de 0.417.

Recientemente el mismo equipo ha avanzado más en esta línea de investigación y ha logrado desarrollar un método capaz de evaluar la CC a partir de imágenes térmicas de forma totalmente automática (Halachmi et al., 2013).

Otro método automático fue desarrollado por Bercovich et al. (2012) quien se basó en el trabajo realizado por Halachmi et al. (2008) asumiendo que la curvatura del área de inserción de la cola refleja el grado de CC. Se trabajó con 87 imágenes dorsales de 71 vacas Holstein. La cámara se ubicó en una posición fija a 2.5 m del suelo. El equipo desarrollo un modelo basado en 5 ángulos ubicados en el contorno del área de inserción de la cola. La correlación entre la predicción de CC basada en el modelo y la CC observada fue $R^2 = 0.6$.

El modelo propuesto fue capaz de predecir la CC con un error promedio de ± 0.33 puntos de CC, en el 50% de las predicciones el error fue menor a ± 0.25 puntos de CC.

Krukowski (2009) desarrolló un sistema automático de calificación de CC basado en imágenes en 3D. Se tomaron 351 imágenes 3D de 16 vacas de raza rojo sueca, la calificación de la CC fue realizada por 2 observadores expertos. A partir del análisis de las imágenes, se identificaron 7 parámetros altamente correlacionados con la CC y con los días de lactancia, a partir de éstos se desarrolló el modelo. Durante la etapa preliminar del proyecto, un 79 % de las predicciones calculadas a partir del modelo coincidió con la CC observada con un nivel de precisión de ± 0.25 puntos. Sin embargo, durante la etapa de validación menos de un 20 % de las predicciones alcanzó dicho nivel de precisión. En esta etapa, el modelo tendió a sobrestimar la CC de vacas flacas y a subestimar la CC de las gordas. Este error puede explicarse porque el número de vacas con CC extremas fue muy reducido. Además, 4 de los 7 parámetros utilizados por el modelo son muy dependientes del ángulo con el que se toman las imágenes. Como la cámara no se ubicó en una posición fija, se generaron imágenes tomadas desde ángulos que no resultaron adecuados para el procesamiento de dichas imágenes.

Si bien se han desarrollado varias líneas de investigación intentando abordar el problema desde múltiples enfoques, la automatización de la determinación de la CC aún no se ha resuelto completamente. A escala comercial existen aplicaciones (como el cow body condition scoring tool desarrollado por Dairy Australia) capaces de asistir a un observador en el proceso de calificación. Sin embargo, aún no se han reportado sistemas totalmente automatizados que funcionen en establecimientos comerciales.

A nivel nacional, el equipo que más ha trabajado en aspectos relacionados con la determinación automática de variables de interés a partir de imágenes es el Grupo de Tratamiento de Imágenes (GTI). Este equipo pertenece a la Facultad de Ingeniería - UdelaR y está liderado por el Profesor Gregory Randall. El GTI tiene experiencia de varios años en el análisis de imágenes, en particular han desarrollado una línea de investigación que ha obtenido resultados en cuanto a la determinación automática del área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa subcutánea (EGS) y contenido de grasa

intramuscular (marmoreo) a partir del análisis de imágenes de ultrasonido y RGB.

A partir de una base de 600 imágenes ecográficas, Arias et al. (2005) implementaron un sistema capaz de determinar el AOB de forma automática. El sistema arroja resultados razonables, casi el 80% de las determinaciones presenta un error en el área menor del 10% respecto al AOB determinada por expertos de INIA.

Por otra parte, Bianculli et al. (2007) basados en el trabajo de Cancela et al. (2003), desarrollaron un software y un equipo de toma de imágenes capaz de capturar una imagen de una costilla y realizar automáticamente las mediciones del AOB, porcentaje de marmoreo, EGS y medidas de colorimetría. El software, presenta una interfaz de usuario sencilla, pensada para ser usada por un operario de un frigorífico, además el equipo brinda los resultados en tiempos breves respecto al funcionamiento normal de producción. Proyectos muy similares han sido desarrollados a nivel internacional. El Beefcam es un equipo comercial desarrollado por la Universidad de Colorado que cumple las mismas funciones que tiene este sistema.

2.8 HIPÓTESIS

- Es posible realizar en forma precisa la calificación del grado de CC a partir de la observación de imágenes.
- Existe una combinación de altura, distancia y ángulo, que permite a un observador, calificar la CC a partir de una imagen.
- Es posible realizar un programa informático basado en imágenes, que permita asistir a un observador poco entrenado en el proceso de calificación de CC.
- Las diferencias en la CC asignada, entre observadores son similares, ya sea calificando la CC por apreciación visual o a través de las imágenes.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1 Lugar y período experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, Paysandú, en el período comprendido entre el 15 de marzo y el 23 de diciembre de 2013.

3.1.2 Observadores

Para el desarrollo del programa fue necesario realizar la calificación de la CC de cada animal, dicha calificación fue realizada por 3 observadores entrenados. Se utilizó la escala por apreciación visual de 8 puntos definida por Méndez et al. (1988).

3.1.3 Animales

El ganado utilizado para el experimento fueron 97 vacas de cría de la raza Hereford de diferentes categorías correspondientes al rodeo de cría de la EEMAC. El rodeo estuvo alimentado en pastoreo de campo natural.

3.1.4 Equipos

Para la obtención de las imágenes patrón utilizadas por el programa se utilizó una cámara Canon® modelo EOS REBEL T3 de 12,2 megapíxeles. Se trabajó en el modo de ajuste de zoom totalmente automático.

Figura No. 7. Imagen del soporte y cámara utilizada.



3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1 Toma de imágenes y asignación de la CC

La toma de imágenes se llevó a cabo en las instalaciones de la EEMAC, se utilizó el corral de la balanza para mantener los animales relativamente quietos y a una distancia fija respecto de la cámara. Para cada vaca los observadores realizaron la calificación, identificando el número de caravana y el punto de CC.

El proceso de toma de imágenes se realizó en cuatro etapas:

La primera se realizó el 15/10/13, se trabajó solamente con 11 vacas. El objetivo fue evaluar la información aportada por imágenes tomadas a diferentes alturas y distancias respecto del animal. Se evaluaron 3 combinaciones de alturas, distancias y ángulos:

- 1,75 m de altura a 1,25 m de distancia con un ángulo de 54°
- 1,00m de altura a 0,6 m de distancia con un ángulo de 60°
- 1,00 m de altura a 1,30 de distancia con un ángulo de 37°

Una vez tomadas las primeras fotografías (Etapa I) fue necesario definir cuál combinación de altura y distancia es la mejor a los efectos de poder realizar la clasificación. Para definir esto, se le mostraron las diferentes imágenes a los 3 observadores entrenados preguntándoles: ¿Qué zonas del animal observa para definir la CC?, ¿En qué orden observa dichas zonas?, ¿Es capaz de definir el grado de CC observando solamente una fotografía?

Las fotografías tomadas fueron presentadas ante observadores entrenados, con el fin de saber a partir de cuáles no era posible desprender la información necesaria para realizar la calificación de la CC.

En base a estas respuestas se definió la mejor ubicación de la cámara, utilizándose dicha ubicación en las etapas posteriores. Las fotografías fueron tomadas a 1,75 cm de altura y a 1,25 cm de distancia con un ángulo de 54°.

Las siguientes etapas se realizaron el 18/11/13, 27/11/13 y 23/12/2013 y se trabajó con 26, 25 y 35 vacas respectivamente.

Durante la calificación de la CC, los observadores anotaron las calificaciones de manera independiente y no contaron con la referencia de la

cartilla de CC para ganado Hereford. Se les pidió a los observadores que calificasen con una apreciación de 0.25 puntos de CC. Al finalizar cada etapa, los observadores entregaron su hoja con los resultados de la calificación. Una semana más tarde, se enviaron las imágenes de cada animal a fin de que nuevamente calificaran el grado de CC de cada vaca, esta vez desde las fotos tomadas. Esta metodología implicó que la interferencia entre observadores durante la calificación en los corrales haya sido mínima. Además, dado el periodo comprendido entre cada forma de calificación (vivo y foto), resulta casi imposible que al momento de calificar a partir de imágenes, los observadores pudieran recordar el grado de CC asignado en los corrales.

3.2.2 Calificación de la CC a partir de imágenes

Luego de obtener las imágenes se les pidió a los observadores entrenados que calificasen cada vaca a partir de su fotografía. Posteriormente se compararon los resultados obtenidos cuantificando las diferencias entre la calificación a campo (CC observada o CC obs) y la calificación a partir de imágenes (CC imagen o CC img). Estas diferencias fueron determinadas para cada observador y entre observadores.

3.3 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA OBTENCIÓN DEL PROGRAMA

La metodología planteada se basa en que un observador pueda definir la CC de una vaca, comparándola con otras imágenes de animales con CC conocida. El procedimiento consiste en la comparación sucesiva de imágenes pre calificadas por expertos con la imagen de la vaca cuya CC se desea conocer. La lógica se basa en que, en cada paso, el usuario va a elegir la fotografía más parecida a la imagen de la vaca que desea calificar. Esto permite en cada etapa ir acotando el rango de posibles valores y así definir el resultado final.

Para su implementación se desarrolló el programa de calificación, que fue denominado cond_corp, a partir de MATLAB[®] versión R 2012 b. MATLAB[®] es una herramienta de software matemático propiedad de la empresa Mathworks. Dentro de sus prestaciones se destacan la implementación de algoritmos y la creación de interfaces de usuario.

El trabajo de programación fue realizado por el Dr. Ing. Nicolás Pérez, Profesor Adjunto del Polo Agroalimentario Agroindustrial de Paysandú. Los

autores participaron de la especificación del programa, de la definición de funcionalidades y de los criterios de diseño del mismo.

3.3.1 Validación del programa

Para la validación del software se utilizaron las fotografías del observador que resultó más preciso en la calificación a partir de imágenes. Es decir, aquel que calificando a partir de imágenes, fue capaz de realizar el mayor porcentaje de las calificaciones con un rango de error de $\pm 0,25$ puntos de CC. Las fotografías calificadas dentro de este rango de error, fueron incorporadas a las bases de imágenes del programa.

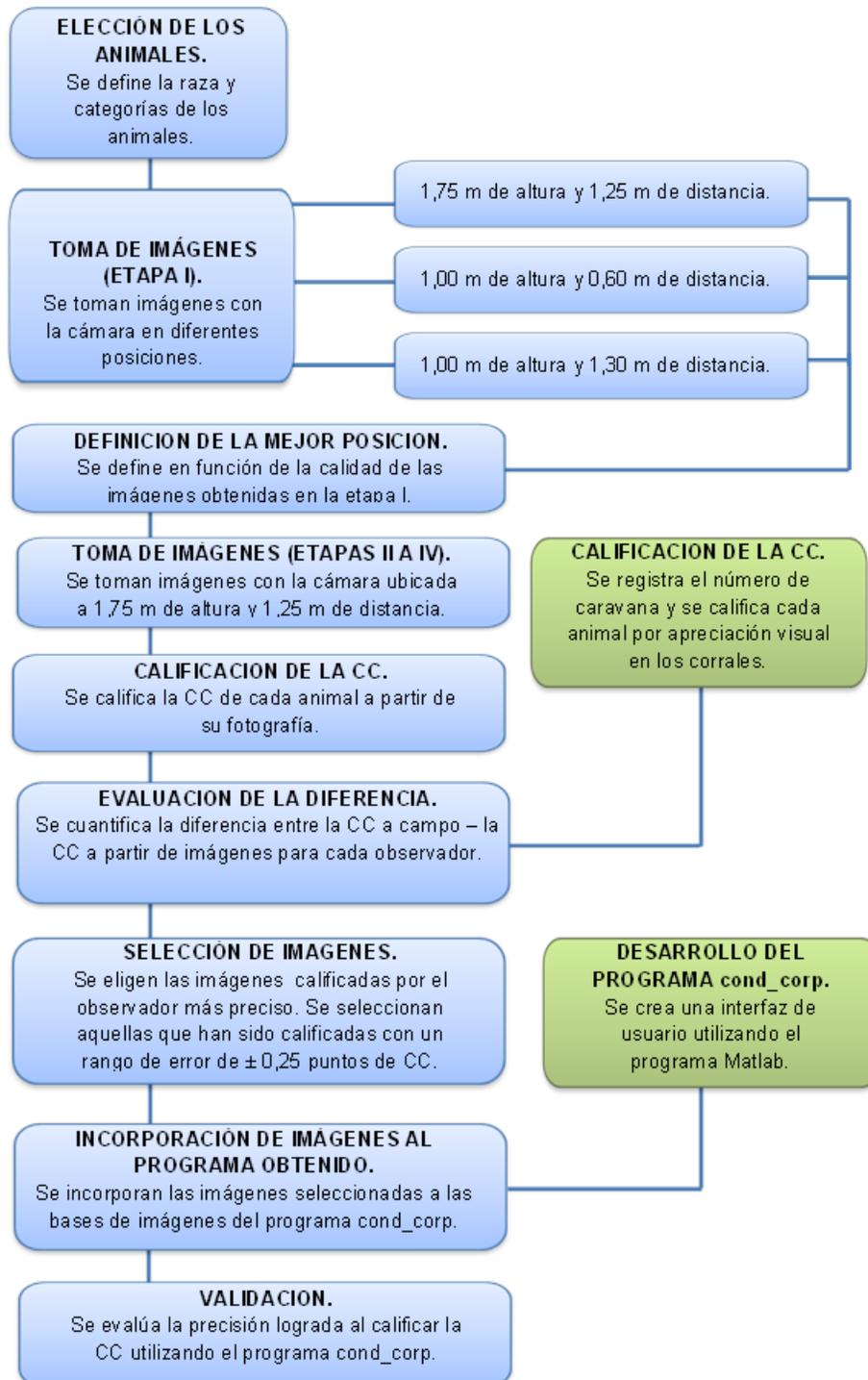
En relación al procedimiento utilizado en la etapa de validación, inicialmente se seleccionaron 3 fotografías de vacas en los puntos de CC 3.75, 4.00 y 4.50. El criterio utilizado en la elección de estas imágenes fue que al menos 2 observadores hubieran llegado al mismo resultado de CC tanto en el campo como en la observación de estas fotografías. En otras palabras, fueron elegidas las fotos en las que no existieron diferencias entre la CC observada en el campo y a partir de imágenes calificadas en al menos 2 de los 3 observadores.

Posteriormente, se calificó la CC de estas vacas utilizando el programa cond Corp. La calificación fue realizada por 15 observadores que no se encuentran capacitados para efectuar la evaluación de la CC a campo.

Finalmente, se cuantificaron las diferencias entre la CC observada a campo y el resultado de CC arrojado por el programa. La diferencia entre el grado de CC asignado utilizando cond Corp y el grado de CC asignado a partir de la observación del animal, puede ser interpretado como un indicador de la equivalencia entre ambos procedimientos. No se trata de una medida de error debido a que ambos son subjetivos y no puede definirse un verdadero valor de la CC.

En la figura No. 8 se presenta un diagrama en el que se detalla la metodología empleada durante la realización del trabajo.

Figura No. 8. Diagrama de las etapas del proyecto.



4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CALIFICACIÓN DE CONDICIÓN CORPORAL A PARTIR DE IMÁGENES

Luego de finalizada la primera etapa se evidenció que no era posible realizar la calificación del estado corporal a partir de imágenes tomadas a 1,00 m de altura y 0,60 m de distancia ni a partir de aquellas tomadas a 1,00 m de altura y 1,30 m de distancia. Como se observa en la figura No. 9, esta combinación de alturas y distancias no permite obtener fotografías que capten las regiones del animal más importantes a observar durante el proceso de calificación de la CC por apreciación visual.

Figura No. 9. Fotografía tomada a 1,00 m de altura y 0,60 m de distancia (izquierda) y a 1,00 m de altura y 1,30 m de distancia (derecha).



La ubicación de la cámara a 1,75 m de altura y 1,25 m de distancia con un ángulo de 54° de inclinación resultó la mejor combinación. Como se observa en la figura No. 10, las imágenes obtenidas con la cámara en esta posición permiten identificar los puntos anatómicos de interés y realizar la calificación del grado de CC de los animales.

Figura No. 10. Fotografía tomada a 1,75 m de altura y 1,25 m de distancia.



Vizcarra et al. (1987) realizaron un trabajo donde estimaron la reproductibilidad (correlación existente entre el punto de CC asignado a un animal por dos observadores) y repetibilidad (correlación existente entre el punto de CC asignado a un animal, por un observador, en dos momentos dados) de la escala de CC para la raza Hereford. Llegaron a la conclusión que, en base a sus modelos estadísticos y desvíos correspondientes, los observadores tuvieron entre ellos, un error de 0.5 puntos de CC en la escala de calificación por apreciación visual.

Más recientemente, Ferguson et al. (2006) cuantificaron las diferencias entre la CC asignada mediante la observación de la fotografía del animal en relación a la calificación asignada al observar el animal. Esta diferencia puede interpretarse como una medida del error que se comete al calificar la CC mediante una foto en relación a la CC observada. Diferencias de 0.25 puntos o menos, se consideraron aceptables. Por tal motivo, los autores determinaron en qué proporción las diferencias entre la CC observada – CC asignada a partir de imágenes fueron menores o iguales a 0.25 puntos de CC.

En el presente trabajo, se les pidió a los observadores que calificaran con una apreciación de 0.25 puntos de CC. Se consideró, que diferencias de ± 0.25 puntos de CC entre la CC observada (determinada a campo) y la CC determinada a partir de imágenes, son aceptables. Por esta razón, se cuantificó para cada observador, la proporción de calificaciones dentro del rango de diferencia de ± 0.25 puntos de CC respecto de la CC observada.

El cuadro No. 4 resume, para cada observador, la diferencia entre el grado de CC asignado en el campo y el grado de CC asignado al calificar a partir de la imagen de cada animal. Por ejemplo, una diferencia de -1.00 significa que el observador sobreestimó la CC del animal en un punto al calificar la CC a partir de la imagen. De otro modo, cuando la diferencia es +0.75, el observador subestimó la CC del animal en 0.75 puntos cuando calificó a partir de su imagen. En el cuadro se muestra, para cada observador, la cantidad de veces que hubo diferencias entre la CC observada a campo y la CC a partir de la imagen y la magnitud de dichas diferencias.

Cabe destacar que las diferencias que se presentan a continuación, surgen de las calificaciones de CC asignadas por los 3 observadores entrenados a partir de la observación de las fotografías de los animales, sin utilizar el programa cond_corp. La diferencia entre el grado de CC asignado

utilizando la metodología propuesta y el grado de CC asignado a partir de la observación del animal, puede ser interpretado como un indicador de la equivalencia entre ambos procedimientos.

Cuadro No. 4. Número de observaciones en las que hubo diferencias entre el grado de CC asignado en el campo (CC obs) y el grado de CC asignado a partir de imagen (CC img).

Diferencia (CC obs - CC img.)	OBSERVADORES		
	1	2	3
-1.00	2	0	5
-0.75	9	0	1
-0.50	15	1	3
-0.25	17	7	4
0	19	22	1
+0.25	5	22	5
+0.50	2	17	2
+0.75	1	8	0
+1.00	1	9	4
% ± 0 a 0.25 *	58	59	40
No. de observaciones	71	86	25

(*) Proporción de las diferencias entre la CC observada – CC asignada a partir de imágenes que fueron menores o iguales a 0.25 puntos de CC. Referencias: CC obs: Condición Corporal observada; CC img: Condición Corporal a partir de imágenes.

De las vacas calificadas por los observadores 1 y 2, en torno a un 60% de las calificaciones asignadas a partir de imágenes, coincidió con la calificación otorgada observando los animales. En relación al observador 3, las diferencias aceptables solo se alcanzaron en un 40% de las vacas calificadas.

Los resultados muestran que, el porcentaje de diferencias aceptables (diferencias de ± 0.25 puntos de CC respecto de la CC observada) alcanzados por los observadores, resultaron inferiores a los reportados por Ferguson et al. (2006). Estos autores establecieron que es posible calificar la CC de forma precisa a partir de imágenes. En dicho trabajo, en torno al 80% de las calificaciones realizadas a partir de imágenes coincidió con la calificación a

campo con un nivel de precisión de ± 0.25 puntos de CC. Nótese que Ferguson et al. (2006), trabajaron con una escala de 5 puntos por lo que 0,25 puntos de CC equivale a 5 % de la escala mientras que en el presente trabajo, al utilizar una escala de 8 puntos, diferencias de 0,25 puntos de CC representan el 3 % de la escala.

El cuadro No. 5 resume los resultados obtenidos en el trabajo y permite comparar dichos valores con los publicados por Ferguson et al. (2006).

Cuadro No. 5. Resumen comparativo de resultados de CC media, desvío estándar y coeficientes de correlación entre la CC asignada a campo (CC obs.) y la CC determinada a partir de imágenes (CC img.).

	Obs.	No. VACAS	CC OBSERVADA		CC IMAGEN		Correlación entre CC obs. y CC img.	Sig.
			CC media	Desvió estándar	CC media	Desvió estándar		
Ferguson et al. (2006)	1	57	3,25	0,51	3,36	0,52	0,84	P<0.001
	2	57	3,42	0,49	3,32	0,43	0,82	P<0.001
	3	57	3,32	0,58	3,44	0,62	0,82	P<0.001
	4	57	3,13	0,62	3,14	0,6	0,90	P<0.001
Resultados propios	1	71	3,81	0,46	4,04	0,33	0,54	P<0.0001
	2	86	3,94	0,68	3,61	0,79	0,87	P<0.0001
	3	25	3,69	0,3	3,85	0,91	0,15	P<0.4697

Referencias: Obs: Observador; CC obs: Condición Corporal observada; CC img: Condición Corporal a partir de imágenes; Sig: Significancia.

En el cuadro se observa la gran variabilidad que hubo en las correlaciones entre el grado de CC asignado observando los animales (CC obs.) y el grado de CC asignado a partir de la fotografía de los animales (CC img.). La correlación entre dichas variables fue media y alta para los observadores 1 y 2 respectivamente. Sin embargo, en el caso del observador 3 la correlación fue baja. Solamente la correlación del observador 2 estuvo en el rango de valores publicados por Ferguson et al. (2006). Estas diferencias encontradas, se deben principalmente a diferencias en el nivel de entrenamiento de cada observador. Si bien esta es la causa principal, estas diferencias pueden deberse a múltiples factores tales como:

- La combinación de altura y distancia a la cual fueron tomadas las fotografías.
- La raza de los animales.
- La cantidad de vacas calificadas.
- El grado de entrenamiento de los observadores.

La altura a la cual se ubicó la cámara y la distancia respecto de los animales, determinó que las fotografías fueran tomadas en un rango de ángulos en torno a 54° mientras que Ferguson et al. (2006) trabajaron en el rango de 0 a 20°.

A pesar de haber trabajado con la cámara en posición fija, pequeños movimientos de los animales dentro del corral de la balanza determinaron que muchas de las fotografías fueran obtenidas a distancias diferentes. Además, al estar trabajando con el modo de ajuste de zoom totalmente automático, este problema se vio incrementado.

La raza de los animales resulta un factor relevante ya que en vacas Hereford el largo del pelo varía a lo largo del año, siendo más largo durante los meses de invierno. Durante las primeras etapas del trabajo el ganado aún permanecía con el pelo largo. Las fotografías de animales con estas características aportan menor información ya que muchas veces la expresión de los músculos y curvatura se pierden por el efecto del largo del pelo.

Por estos motivos la serie de imágenes obtenida durante las diferentes etapas resultó poco uniforme. La escasa calidad de varias de las fotografías suministradas a los observadores estaría explicando mayormente las diferencias entre la CC observada y la CC calificada a partir de imágenes, es decir, el nivel de precisión logrado por cada observador.

Las diferencias en las calificaciones asignadas por los observadores 1 y 2 con respecto al observador 3, puede deberse a diferencias en el nivel de entrenamiento entre observadores. La metodología utilizada en el trabajo implicó que la calificación de la CC en los corrales fuera realizada sin la utilización de ninguna cartilla. Realizar la calificación sin contar con la referencia de una cartilla resulta más difícil, por lo tanto requiere de niveles de entrenamiento importantes. Este factor, sumado al hecho de que el número de

vacas calificadas por el observador 3 fue considerablemente inferior al resto, podría explicar la menor precisión alcanzada por el mismo.

4.2 PRIMERA VERSIÓN DEL PROGRAMA

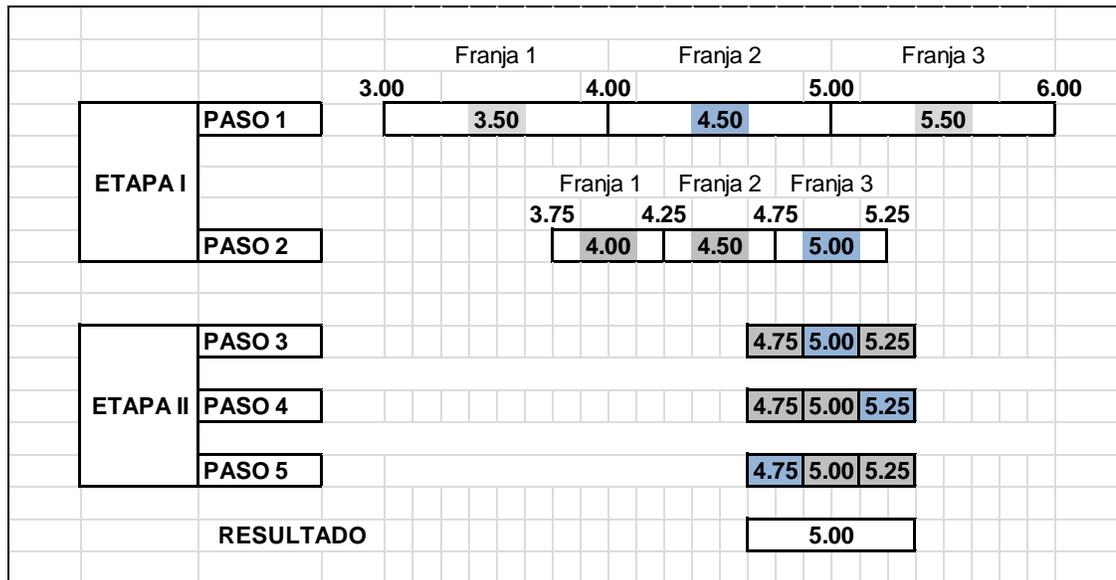
Se obtuvo una primera versión de un programa, capaz de asistir a un observador poco entrenado, en el proceso de calificación de la condición corporal. Se realizó un prototipo denominado `cond_corp`, utilizando el programa Matlab. `cond_corp` consiste en una serie de rutinas que permiten; la selección de las imágenes a calificar y selección de la base de imágenes de referencia para la calificación. El programa principal muestra una interfaz de usuario donde se realiza dicha selección de imágenes y habilita los pasos de calificación y guardando los resultados.

El programa está basado en la comparación de la imagen de la vaca que se desea calificar con un banco de datos fotográfico de vacas de cría con diferentes estados corporales. Este banco de datos fotográfico se denominó base de imágenes (BI). La BI se constituye de una serie de fotos patrón que se encuentran calificadas por los observadores expertos. La base de imágenes del programa se encuentra subdividida en 2 grupos: vacas flacas y vacas intermedias-gordas.

La primera elección que el usuario debe realizar, es la base de imágenes (BI) con la que desea trabajar. Luego se selecciona la imagen de la vaca a calificar, identificada por su número de caravana. El proceso de calificación está basado en la selección sucesiva de 5 imágenes, semejantes a la que se quiere calificar.

En la figura No. 11 se esquematiza el proceso de calificación, indicándose las diferentes opciones que se le presentarían al usuario en las sucesivas etapas. Se asume en este ejemplo que se está trabajando con la BI: Intermedias-gordas (3 a 6) y que se quiere clasificar una vaca con una CC = 5. Las celdas grises representan las opciones disponibles y las azules representan los posibles valores elegidos por el usuario en cada paso.

Figura No. 11. Representación del proceso de calificación en el programa cond_corp.



Cada BI se subdivide en tres franjas equidistantes, y en cada paso el programa elige 3 fotos, una de cada franja. De esta forma el observador tiene la chance de seleccionar una foto de todo el rango de CC con el que se está trabajando.

En los pasos 1 y 2 se muestran imágenes de vacas con CC contrastantes ya que el objetivo de esta etapa es orientar al usuario hacia un rango más acotado.

En el primer paso, las bases de imágenes se dividen en 3 franjas: de 2 a 3, de 3 a 4 y de 4 a 5 en el caso de la BI flacas. Para las intermedias-gordas, las franjas van de 3 a 4, de 4 a 5 y de 5 a 6. En este paso, independientemente de la BI, la amplitud del rango es de 3 puntos de CC. Las fotos que se le muestran al usuario corresponden al punto medio de cada una de las franjas.

En el paso 2, cada una de las 3 franjas tiene una amplitud de 0.5 puntos de CC siendo la amplitud del rango de posibles valores de 1,5 puntos de CC. En este paso el usuario dispone de una foto de una vaca con la misma CC que la seleccionada en el paso anterior y de 2 fotos distanciadas 0.5 puntos de esta.

El objetivo de los pasos 3, 4 y 5 es definir el valor final de CC. En esta etapa el rango de posibles valores es de 0.5 puntos de CC, el usuario dispone de una foto de una vaca con la misma CC que la seleccionada en el paso 2 y de 2 fotos distanciadas 0.25 puntos de esta. Los valores de CC de las imágenes seleccionadas en estos 3 últimos pasos se promedian y se arroja el resultado final. Solamente es posible guardar el resultado si se completan los 5 pasos del proceso.

Finalmente, los resultados asignados a cada vaca se guardan en una carpeta independiente, donde se detalla el número de caravana y la CC de cada animal. Además, el programa guarda un archivo donde, para cada vaca calificada, se detalla la foto seleccionada por el usuario en cada paso. Este archivo, si bien no está pensado para ser leído por un usuario final, es de gran utilidad ya que permite conocer la decisión tomada en cada etapa y detectar posibles errores, es decir, es útil para el entrenamiento de usuarios en el uso de esta herramienta. Esto permitió realizar la etapa de validación de la lógica propuesta para el desarrollo del programa.

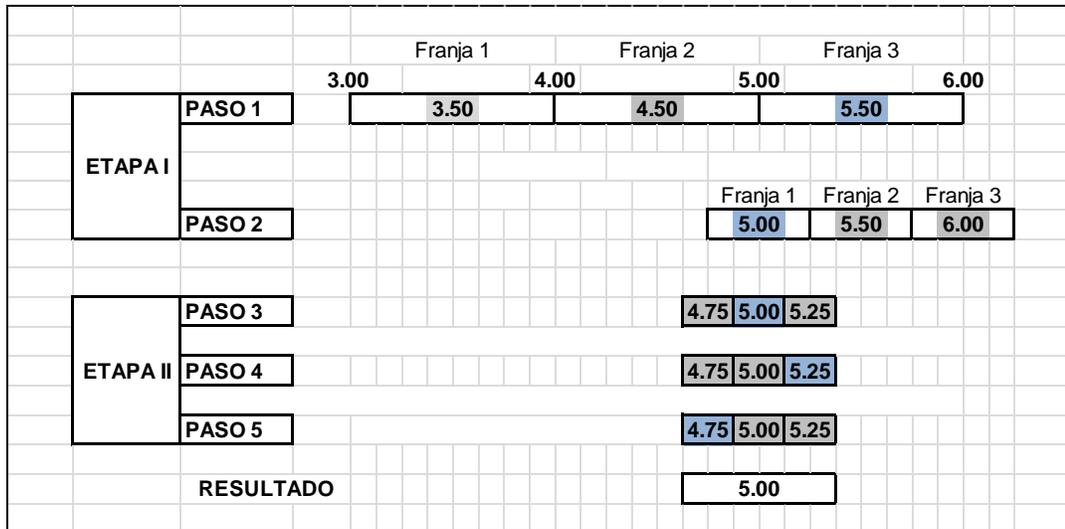
La lógica de funcionamiento del programa se basa en la hipótesis de que el usuario elige en cada paso la foto que, a su juicio, más se parece a la vaca que quiere calificar. De este modo es posible reducir la amplitud del rango de posibles valores de CC en cada paso.

Como se mencionó, la hipótesis se basa en que el usuario podrá tener la duda entre 2 posibles valores cercanos, en este caso, podrá dudar entre seleccionar una foto de una vaca con $CC = 4.50$ y una de una vaca con $CC = 5.50$. Sin embargo, resulta poco lógico que vaya a encontrar la foto de la vaca con $CC = 3.50$ semejante a la vaca que quiere calificar ya que esta tiene una $CC = 5.00$. De este modo, en la etapa I, conforme se avanza en el proceso de selección, es posible acotar el rango descartándose los valores de CC más distantes del valor seleccionado en el paso anterior. Nótese que en el ejemplo anterior la CC de la vaca a calificar se encuentra a mitad del rango de 2 posibles opciones a seleccionar, en este caso el usuario podría haber encontrado la foto de la vaca con $CC = 5.50$ más semejante a la foto de la vaca a calificar.

Si la elección inicial hubiera sido: $CC = 5.50$, el sistema de franjas tal como está diseñado habría permitido llegar al mismo resultado. En la figura No.12 se esquematiza el proceso de calificación de la misma vaca que en el

ejemplo anterior, pero considerando que, el usuario en este caso optó por seleccionar una foto diferente en el paso 1.

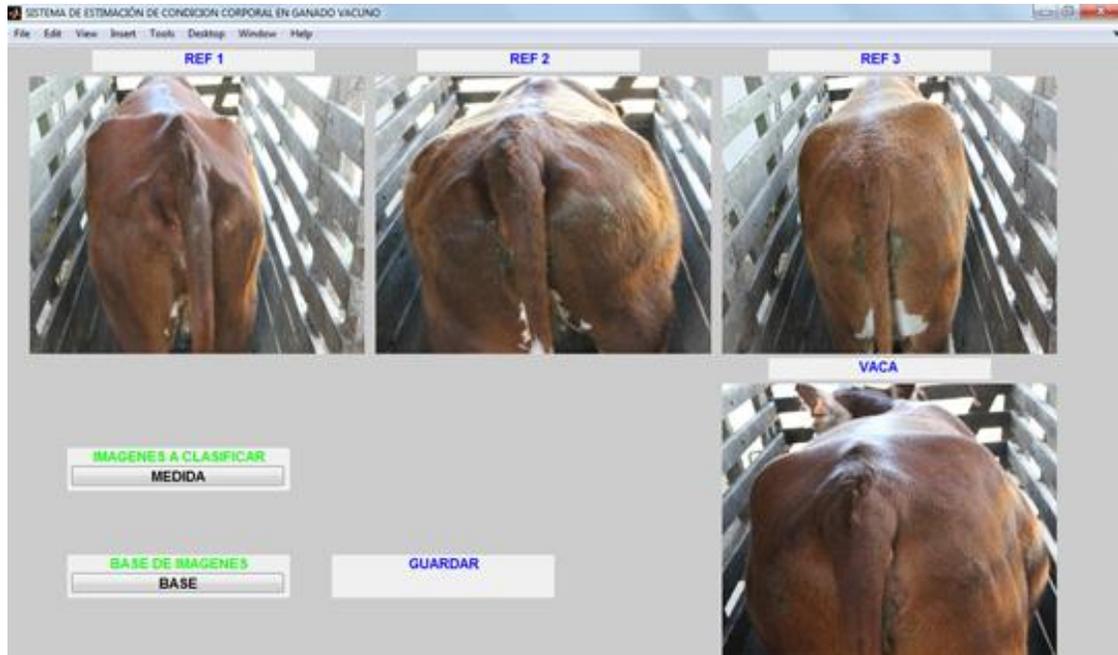
Figura No. 12. Representación del proceso de calificación en el programa cond_corp.



Las 3 imágenes que el programa muestra en cada paso se seleccionan al azar dentro de cada una de las carpetas que contienen imágenes con vacas de igual CC.

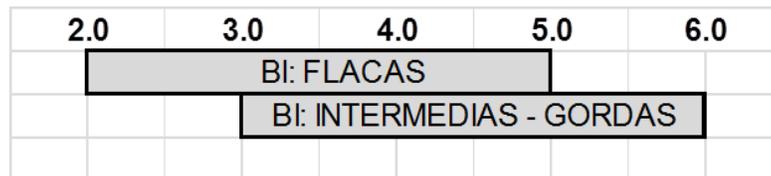
En la figura No. 13 se observan las imágenes que vería un usuario en el paso 1 del programa cond_corp. Las imágenes REF 1, REF 2 y REF 3 corresponden a vacas con CC igual a 3.50, 4.50 y 5.50 respectivamente. La foto ubicada en la esquina inferior derecha (foto VACA) de la pantalla corresponde a la vaca que se desea calificar. Como se mencionó anteriormente, el usuario debería seleccionar una de las tres fotos de referencia, eligiendo la más parecida a la foto VACA. En el cuadrante inferior izquierdo de la pantalla, se observan los “botones” que permiten seleccionar la imagen de la vaca a calificar, seleccionar la base de imágenes y habilitan a guardar el resultado obtenido.

Figura No. 13. Imagen de la pantalla de cond_corp en el paso 1.



Si bien la CC= 4 por ser el valor central de la escala, parece ser el límite aceptado para diferenciar una vaca flaca de una intermedia-gorda, las franjas se superponen en el rango de CC de 3 a 5 con el objetivo de tener un margen de seguridad que permite clasificar vacas con valores de CC que se encuentran en los extremos de las BI. En la figura No. 14 se esquematiza el rango de superposición de las bases de imágenes.

Figura No. 14. Representación del rango de superposición de las bases de imágenes.



Si el límite de las bases de imágenes fuera un valor discreto, por ejemplo CC = 4, y se quisiera clasificar vacas con CC = 4.25 o con CC = 3.75, existiría

la posibilidad de error en la elección inicial de la BI y en consecuencia nunca se llegaría al resultado correcto.

Este sistema de superposición en los rangos de cada BI permitiría llegar a un resultado de $CC < 4$ al estar trabajando con la BI intermedias-gordas y de $CC > 4$ al estar trabajando con la BI flacas. En este caso, donde surge un resultado erróneo, el programa no permite guardar el resultado y le sugiere al usuario reconsiderar la BI con la que está trabajando. Si el diseño fuera con límites de BI no superpuestos, no se podría detectar este error.

Si el límite entre las BI fuese 4, para poder elegir la BI con la que se desea trabajar, el usuario debería saber identificar ese valor. Esto constituye una ventaja, ya que la identificación precisa del valor de 4 no es necesaria para poder utilizar el programa. La superposición de los valores límites de las bases de imágenes permite clasificar vacas con $CC = 4$ a partir de las 2 BI.

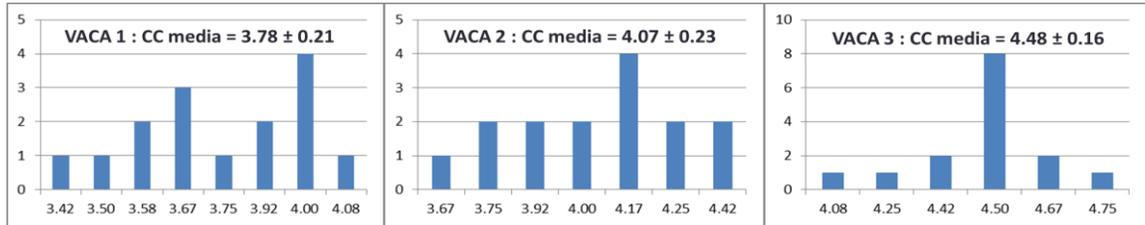
4.3 RESULTADOS DE LA ETAPA DE VALIDACIÓN

Las fotografías incorporadas a las bases de imágenes del programa son aquellas en las que la diferencia entre la CC asignada a campo menos la CC asignada a partir de imagen fue menor o igual a 0.25 puntos de CC. La calificación asociada a cada imagen, es decir, el valor de CC representado por cada imagen, se corresponde con las calificaciones asignadas por el observador 2.

En esta etapa 15 observadores no entrenados utilizaron el programa `cond_corp` para calificar 3 vacas cada uno. Las fotos de las 3 vacas seleccionadas para ser calificadas cumplen con la siguiente característica: la CC asignada a campo coincide con la CC asignada observando la imagen en al menos 2 de los 3 observadores entrenados.

En la figura No. 15 se presentan los resultados de CC asignada (eje y) por cada uno de los 15 observadores (eje x) al calificar las 3 vacas utilizando el programa `cond_corp`.

Figura No. 15. Representación gráfica del grado de CC asignado utilizando cond_corp.



El cuadro No. 6 resume los resultados obtenidos en la etapa de prueba del programa. Para cada vaca, se presenta la CC media y la diferencia entre la CC asignada a campo por el observador 2 y la CC media asignada por los 15 observadores no entrenados utilizando cond_corp.

Cuadro No. 6. Resultados de la validación.

Nº vaca	1	2	3
CC cond_corp *	3.78	4.07	4.48
CC observada	3.75	4.00	4.50
Diferencia (CC obs - CC c_c)	-0.03	-0.07	0.02
% ± 0.25	86.7	86.7	93.3

(*) Los valores corresponden al grado de CC determinado utilizando el programa cond_corp.

Estos resultados muestran que en promedio, los observadores no entrenados fueron capaces de calificar la CC de las 3 vacas calificando de forma similar a la CC observada a campo.

Recientemente, varios métodos de determinación de la CC, tanto automáticos como semiautomáticos, han sido desarrollados por diversos autores. No existe un consenso en cuanto a cómo presentar los resultados de desempeño (o proporción de aciertos) de cada una de las metodologías empleadas. Muchos autores determinan las diferencias entre la CC observada – CC determinada utilizando la metodología propuesta y luego cuantifican en qué proporción estas diferencias son menores o iguales a 0.25 puntos de CC (Ferguson et al. 2006, Bewley et al. 2008, Krukowski 2009, Bercovich et al. 2012). Otros autores presentan los resultados de performance del método

propuesto como el rango de error del resultado de CC determinado a partir de dicho método (Battiato et al. 2010, Azzaro et al. 2011, Halachmi et al. 2013).

El cuadro No.7 resume los resultados de aciertos de diferentes metodologías propuestas para la determinación automática y semiautomática de la CC a partir de imágenes.

Cuadro No. 7. Proporción de acierto de diferentes metodologías propuestas para la calificación de la CC.

Autores	Año	Animales	Metodología	Proporción de aciertos
Bewley et al.	2008	242 vacas Holstein	Metodo semi automatico.	En un 89.95 % de las predicciones la diferencia entre CC observada y CC a partir del modelo fue $\leq 0,25$ puntos de CC.
			Modelo basado en la identificacion manual de 23 puntos	
			anatomicos de interes.	
Krukowski	2009	16 vacas Rojo sueca	Metodo automatico. Modelo basado en la identificacion automatica de 7 parametros altamente correlacionados con la CC.	En un 20 % de las predicciones la diferencia entre CC observada y CC a partir del modelo fue $\leq 0,25$ puntos de CC.
			Se trabaja con imagenes en 3D	
Battiato et al.,	2010	29 vacas Holstein	Metodo semi automatico.	La diferencia entre CC observada y CC a partir del modelo fue en promedio $\pm 0,31$ puntos de CC.
Azzaro et al.	2011		Modelo de prediccion basado en la identificacion manual de diferentes puntos anatomicos de interes.	
Bercovich et al.	2012	71 vacas Holstein	Metodo automatico. Modelo de prediccion basado en la identificacion automatica de 5 ángulos ubicados en el contorno del área de inserción de la cola.	En un 50 % de las predicciones la diferencia entre CC observada y CC a partir del modelo fue $\leq 0,25$ puntos de CC.
Halachmi et al.	2013	186 vacas Holstein	Metodo automatico. Modelo basado en la parabola asociada al contorno de los animales en imagenes termicas dorsales	La diferencia entre CC observada y CC a partir del modelo fue en promedio $\pm 0,07$ puntos de CC.
Resultados propios	2014	3 vacas Hereford	Metodo semi automatico. Se basa en la comparacion sucesiva de la fotografia posterior del animal que se desea calificar con un banco de imagenes pre calificadas por expertos.	En un 88,9 % de las predicciones la diferencia entre CC observada y CC a partir del modelo fue $\leq 0,25$ puntos de CC.

Los resultados muestran que el método de determinación de la CC propuesto en el presente trabajo se desempeña de forma muy similar a las mejores metodologías recientemente propuestas por diversos autores. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, en la etapa de prueba del programa, se utilizó una pequeña cantidad de animales y observadores no entrenados. Por lo tanto, estos resultados deben considerarse con precaución.

4.4 IMPLICANCIAS Y CONSIDERACIONES A FUTURO

En relación a la toma de las fotografías se sugiere no trabajar con el modo de ajuste de zoom totalmente automático. Este modo presenta la ventaja de permitir enfocar la cámara de manera automática. Sin embargo, al estar trabajando con animales, leves movimientos generan fotos poco uniforme en relación a la apreciación del tamaño del animal en la fotografía. Se sugiere trabajar con el modo Tv (Time value o valor de tiempo); este modo permite ajustar la velocidad de obturación (tiempo que permanece abierto el obturador) para tomar imágenes de objetos en movimiento o captar desenfoque de movimiento manteniendo el zoom fijo. La velocidad de obturación sugerida es 1/500 seg.

En relación a la calificación de los animales, se sugiere utilizar la cartilla al momento de la evaluación en el corral. Contar con la cartilla permite tener una referencia permanente y minimiza errores de sobreestimación o subestimación de la CC de los animales. Además de esto, se sugiere que cuando se saque la fotografía, aparezca totalmente visible el número de caravana de la vaca.

En relación a la metodología empleada, se sugiere realizar una pre-selección de las imágenes antes de la evaluación por parte de los observadores. Durante el presente trabajo se contó con un número limitado de animales, este factor ocasionó que la selección de imágenes no haya sido muy intensa. Por lo tanto varias de las imágenes suministradas a los observadores resultaron de escasa calidad. En el futuro se sugiere trabajar con un número más elevado de animales. Esto, entre otras cosas, permite realizar una pre selección pudiendo descartar un número mayor de imágenes defectuosas antes de ser calificadas por los observadores.

Como se vio a lo largo de este trabajo, la determinación de la CC a campo depende en gran parte del observador, por lo que la metodología propuesta podría ser un buen punto de partida a modo de estandarizar los criterios.

Una ventaja adicional de la metodología es que no es necesario tener que estar físicamente en el lugar de medición. Esto permite ahorrar tiempo y observar la información con mayor detalle posteriormente. Por otro lado, al

tener más tiempo de observación, este método podría proveer datos más precisos en la calificación.

Gracias a esto, es que se puede lograr una base de datos de gran magnitud y no solo limitada a un rodeo dentro del establecimiento. Además, en un futuro se podría incorporar bases de imágenes para diferentes razas o categorías.

Se considera que con este método es posible a futuro (por tener un único criterio y capacidad de medir gran cantidad de individuos) determinar indicadores genéticos para determinada raza o población.

Asimismo, se favorece la creación de bancos de datos de cada rodeo, pudiendo obtener beneficios para el manejo del sistema de producción así como en un futuro para la estimación de parámetros y valores genéticos asociados a este carácter.

A modo de ejemplo, sería posible estimar los valores de cría (mérito genético) de la CC al parto de vacas, como variable indicadora de la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría.

5 CONCLUSIONES

Es posible calificar el grado de CC de vacas Hereford a partir de imágenes tomadas desde una altura de 1,75 m y a 1,25 m de distancia. Existen diferencias en la precisión alcanzada por diferentes observadores al calificar el grado de CC a partir de imágenes fotográficas sin asistencia. Estas diferencias muestran la variabilidad que puede existir en el nivel de entrenamiento de cada observador y reafirman la importancia de seguir trabajando a fin de obtener métodos objetivos de calificación del grado de CC.

Se propuso una metodología de clasificación asistida y un programa asociado a ésta, denominado cond_corp que permite asistir a un observador poco entrenado en el proceso de calificación de la CC de ganado Hereford. En las primeras pruebas se obtuvo que observadores poco entrenados, utilizando el programa cond_corp lograron calificar animales de la misma forma que un observador entrenado. Aproximadamente 13 de cada 15 clasificaciones de los resultados de CC determinados utilizando cond_corp, tuvieron un error menor a 0.25 puntos respecto de la CC observada a campo. Si bien los resultados son alentadores, es necesario seguir avanzando en la etapa de prueba del programa obtenido a fin de generar más resultados que permitan concluir de manera más precisa acerca del desempeño de la metodología propuesta.

Es necesario continuar con esta línea de investigación, teniendo en cuenta las mejoras a realizar y nuevos aportes, debido a que todavía existe cierta subjetividad en las metodologías empleadas para la calificación de la CC.

6 RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue contribuir con el desarrollo de una metodología que permita determinar la Condición Corporal (CC) de vacas Hereford de manera más objetiva, mediante el análisis e interpretación de imágenes fotográficas digitales. Específicamente, se estableció que es posible determinar el grado de CC a partir de la observación de imágenes de la vista posterior de los animales. Además, se obtuvo un programa informático capaz de ayudar a un observador poco entrenado en el proceso de calificación de la CC. El proyecto se llevó a cabo en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay) durante el período comprendido entre el 15 de octubre y el 23 de diciembre de 2013. Se fotografiaron 97 vacas de cría raza Hereford cuyo grado de CC varió entre 3 y 6 en una escala por apreciación visual de 8 puntos. Antes de definir la mejor ubicación de la cámara, se compararon fotografías posteriores tomadas desde diferentes combinaciones de distancias, alturas y ángulos. Las mejores fotografías se obtuvieron con la cámara ubicada a 1,75 m de distancia, 1,25 m de altura y 54° de inclinación. 3 observadores entrenados asignaron el grado de CC de los animales en los corrales y luego a partir de las fotografías de los mismos. Los coeficientes de correlación entre el grado de CC asignado a campo y a partir de imágenes fueron 0.54, 0.87 y 0.15 para los observadores 1 al 3 respectivamente. Finalmente, se obtuvo un programa para clasificación asistida denominado `cond_corp` que permite calificar el grado de CC de los animales. Este programa contiene una base de imágenes pre calificadas por los observadores entrenados. La lógica del programa se basa en la comparación sucesiva de dichas imágenes con la fotografía del animal que se desea calificar. El 88.9 % de los resultados de CC determinados a partir de `cond_corp`, tuvieron un error menor a 0.25 puntos respecto de la CC observada a campo.

Palabras clave: Condición corporal; Vacas Hereford; Imágenes digitales.

7 SUMMARY

The aim of this work was to contribute to the development of an objective methodology to determine the body condition score (BCS) of Hereford cows by analysis and interpretation of digital images. Specifically, it was established that it is possible to determine the BCS from the observation of images of the rear view of the animals. In addition, a computer program able to assist an untrained observer in the assessment of BCS was obtained. This project was carried out in the Research Station "Dr. Mario A. Cassinoni" (Faculty of Agronomy, Paysandú, Uruguay), between October 15th and December 23rd, 2013. 97 Hereford breeding cows were photographed, their BCS varied between 3 and 6 on a visual assessment scale of 8 points. Before defining the best camera placement, subsequent photographs taken from different combinations of distances, heights and angles were compared. The best photographs were obtained with the camera located 1.75 m apart, 1.25 m height with a 54 ° tilt angle. 3 trained observers assigned the BCS of the cows in the pens and later from their photographs. Correlation coefficients between BCS assigned in the pen and from photos were 0.54, 0.87 and 0.15 for observers 1 to 3, respectively. Finally, a semi-automated program called cond_corp which allows an untrained observer assign BCS was obtained. This program contains the photographs assessed by the trained observers. The logic of this program is based on the successive comparison of these images with the picture of the animal whose BCS is unknown. 88.9 % of BCS determined from cond_corp matched with the observed BCS within 0.25 points of error.

Key words: Body condition score; Hereford cattle, Digital images.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ NOGAL, P. J. 1999. La evaluación de la condición corporal como metodología preferente para la estimación del estado de engrasamiento en vacas lecheras. *Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animales*. 14: 51-69.
2. ARIAS, P.; PINI, A.; SANGUINETTI, G.; SPRECHMANN, P. 2005. Segmentación con información a priori de forma aplicada a sistema de valoración cárnica. Tesis Ing. Eléctrico. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ingeniería. 150 p.
3. AZZARO, G.; CACCAMO, M.; FERGUSON, J. D.; BATTIATO, S.; FARINELLA, G. M.; GUARNERA, G. C.; PUGLISI, G.; PETRIGLIERI, R.; LICITRA, G. 2011. Objective estimation of body condition score by modelling cow body shape from digital images. *Journal of Dairy Science*. 94: 2126–2137.
4. BATTIATO, S.; FARINELLA, G. M.; GUARNERA, G. C.; PUGLISI, G.; AZZARO, G.; CACCAMO, M.; LICITRA, G.; FERGUSON, J. D. 2010. Estimation of cow's body condition score from images. In: International Workshop on Visual Observation and Analysis of Animal and Insect Behaviour (VAIB), International Conference of Pattern Recognition (20th., 2010, Istanbul). Satellite event. Estambul, s.e. s.p.
5. BERCOVICH, A.; EDAN, Y.; ALCAHANTIS, V.; MOALLEM, U.; PARMET, Y.; HONIG, H.; MALTZ, E.; ANTLER, A.; HALACHMI, I. 2012. Automatic cow's body condition scoring. (en línea). Beer Sheva, s.e. s.p. Consultado 10 dic. 2013. Disponible en http://www2.atb-potsdam.de/cigr-imageanalysis/images/images12/tabla_137_C0565.pdf
6. BEWLEY, M.; PEACOCK, A.M.; LEWIS, O.; BOYCE, R.E.; ROBERTS, D.J.; COEY, M.P.; KENYON, S.J.; SCHUTZ, M.M. 2008. Potential for estimation of body condition scores in dairy cattle from digital images. *Journal of Dairy Science*. 91: 3439-3453.

7. BIANCULLI, M.; DUFFOUR, A.; LEZAMA, J. 2007. Proyecto ojo de bife, extracción automática de información de imágenes color del musculo *Longissimus dorsi*. Tesis Ing. Eléctrico. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ingeniería. 145 p.
8. CANCELA, P.; REYES, F.; RODRÍGUEZ, P.; RANDALL, G.; FERNÁNDEZ, A. 2003. Automatic object detection using shape information in ultrasound images. ICIP. no. 3: 417-420.
9. EARLE, D. 1976. A guide to scoring dairy cow condition. Journal of Agriculture for the Farmers of Victoria. 74(7): 228–231.
10. EDMONSON, A. J.; LEAN, I. J.; WEAVER, L. D.; FARVER, T.; WEBSTER, G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. Journal of Dairy Science. 72: 68-78.
11. EVANS, D. G. 1978. The interpretation and analysis of subjective body condition scores. Animal Production. 26: 119-125.
12. FERGUSON, J. D.; AZZARO, G.; LICITRA, G. 2006. Body condition using digital images. Journal of Dairy Science. 89: 3833-3841.
13. GUERRERO, E. I.; SOTO, G. M.; TOLEDANO, M.; RICO, E.; RIVAS, E. 2012. Procesamiento de imágenes como medio para automatizar la evaluación de condición corporal de ganado lechero; una revisión. (en línea) Querétaro, s.e. s.p. Consultado 10 dic. 2013. Disponible en http://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v5-n1/articulo3.pdf
14. HALACHMI, I.; POLAK, P.; ROBERTS, D.J.; KLOPCIC, M. 2008. Cow body shape and automation of condition scoring. Journal of Dairy Science. 91: 4444-4451.
15. _____; KLOPCIC, M.; POLAK, P.; ROBERTS, D.J.; BEWLEY, J.M. 2013. Automatic assessment of dairy cattle body condition score using thermal imaging, Computers and Electronics in Agriculture. 99: 35-40.

16. HOUGHTON, P. L.; LEMENAGER, R. P.; MOSS, G. O.; HENDRIX, K. S. 1990. Prediction of postpartum beef cow body composition using weight to height ratio and visual body condition score. *Journal of Animal Science*. 68(5): 1428-1437.
17. KRUKOWSKI, M. 2009. Automatic determination of body condition score of dairy cows from 3D images. Thesis M.Sc. Stockholm, Sweden. KTH Computer Science and Communication. 89 p.
18. LOWMAN, B. G.; SCOTT, N.; SOMERVILLE, S. 1976. Condition score of cattle; revised edition. East of Scotland College of Agriculture. Bulletin no. 6. 8 p.
19. MENDEZ, J.; VIZCARRA, J.; ORCASBERRO, R. 1988. Condición por apreciación visual en vacas Hereford. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 44: 33-34.
20. NEGRETTI, P.; BIANCONI, G.; BARTOCCI, S.; TERRAMOCCIA, S.; VERNA, M. 2008. Determination of live weight and body condition score in lactating Mediterranean buffalo by Visual Image Analysis. *Livestock Science*. 113(1): 1-7.
21. ORCASBERRO, R. 1991. Propuesta de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. *Pasturas y producción en áreas de ganadería extensiva*. Montevideo, INIA. pp. 158-169 (Serie Técnica no. 13).
22. PEREIRA, G.; SOCA, P. 1999. Aspectos relevantes de la cría vacuna en el Uruguay. (en línea). San Gregorio, s.e. s.p. Consultado 10 dic. 2013. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/csosocial/criavac/ASPECTOS%20RELEVANTES%20DE%20LA%20CRIA%20VACUNA%20EN%20EL%20URUGUAY.pdf>
23. PEREZ-CLARIGET, R.; CARRIQUIRY, M.; SOCA, P. 2007. Estrategias de manejo nutricional para mejorar la reproducción en

ganado bovino. In: Reunión APPA (2007, Cusco, Perú).
Trabajos presentados. Archivo Latinoamericano Producción
Animal. 15 (1): 114-119.

24. ROCHE, J. R.; DILLON, P. G.; STOCKDALE, C. R.; BAUMGARD, L. H.; VANBAALE, J. M. 2004. Relationships among international body condition scoring systems. *Journal of Dairy Science*. 87: 3076-3079.
25. ROVIRA, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. 3a. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 336 p.
26. SCAGLIA, G. 1997. Nutrición y reproducción de la vaca de cría; uso de la condición corporal. Montevideo, INIA. 14 p. (Serie Técnica no. 91).
27. SIMEONE, A.; BERETTA, V.; ELIZALDE, J.C. 2008. Una década de investigación para una ganadería más eficiente. *Revista Anual de la UPIC*. 10: 12-23.
28. _____.; _____.; BERIAU, E. 2010. Ganadería a pasto, feedlot e Industria frigorífica: ¿es posible una integración de tipo “ganar-ganar” en la cadena de la carne? *Revista Anual de la UPIC*. 12: 12-63.
29. SOCA, P.; TRUJILLO, A. I.; BURGUEÑO, J.; ORCASBERRO, R. 1994. Propuesta de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeo de cría (Parte II). *El Mercado Agropecuario*. 207: 29-33.
30. VIZCARRA, J. A.; IBAÑEZ, W.; ORCASBERRO, R. 1987. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas*. 7(1): 45-47.

31. WERNLI, C. K.; PEDRAZA, G.; BUSTO, I.; ATRIA, A. 1984. Un método para calificar el estado de gordura de vacas y vaquillas. IPA La Platina. 24: 50-57.
32. WYLE, A. M.; VOTE, D. J.; ROEBER, D. L.; CANNELL, R. C.; BELK, K. E.; SCANGA, J. A.; GOLDBERG, M.; TATUM, J. D.; SMITH, G. C. 2003. Effectiveness of the SmartMV prototype BeefCam System to sort beef carcasses into expected palatability groups. Journal of Animal Science. 81: 441-448.