

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**VALIDACIÓN Y CLASIFICACIÓN GUIADA DE IMÁGENES PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN GANADO
ABERDEEN ANGUS Y CRUZA ANGUS-HEREFORD**

por

Nicolás AZAMBUJA RODRÍGUEZ

Francisco CARRIQUIRY GONZÁLEZ

Manuel PÉREZ BASSO

Ignacio SICARDI BACIGALUPI

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2015**

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. Dra. Ana Carolina Espasandín Mederos

Dr. Ing. Nicolás Pérez Álvarez

Ing. Agr. Lucas Gremminger

Fecha: 28 de diciembre de 2015

Autor: _____

Nicolás Azambuja Rodríguez

Francisco Carriquiry González

Manuel Pérez Basso

Ignacio Sicardi Bacigalupi

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quisiéramos agradecer a nuestra tutora Ing. Agr. Dra. Ana Carolina Espasandín por su dedicación y buena disposición para la realización del presente trabajo.

Es nuestro deseo también agradecer al Ing. Agrónomo Lucas Gremminger por integrar la mesa de evaluación del presente trabajo de grado y su dedicación a la genética bovina en el Uruguay.

Al Ing. Nicolás Pérez por la dedicación a la creación y mejora del programa cond_corp en el que se basa este trabajo.

También queremos agradecer a Oscar Cáceres y al personal de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt, por la prestación de sus servicios e instalaciones para llevar a cabo la instancia práctica de dicho trabajo.

Queremos agradecer especialmente a los Ings. Agrs. Andrés Arotxarena y Paco Irazabal por haber aportado a la investigación y creación del programa cond_corp.

Agradecemos a los docentes y funcionarios de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, por instruirnos durante el transcurso de la carrera.

Por último queremos agradecer a nuestras familias y amigos que nos han acompañado durante toda la carrera.

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.....	5
2.3 CONDICIÓN CORPORAL Y MANEJO.....	8
2.3.1 <u>Herramientas para manejo de la condición corporal</u>	8
2.4 CRUZAMIENTOS EN LA CRÍA EN EL URUGUAY.....	11
2.4.1 <u>Condición corporal y desarrollo reproductivo</u>	14
2.5 AUTOMATIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE IMÁGENES.....	16
2.6 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>Animales</u>	20
3.1.3 <u>Toma de imágenes y asignación de la CC</u>	20
3.1.4 <u>Evaluación en escritorio</u>	21

3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	21
4. <u>RESULTADOS</u>	23
5. <u>DISCUSIÓN</u>	26
6. <u>CONCLUSIONES</u>	28
7. <u>RESUMEN</u>	29
8. <u>SUMMARY</u>	31
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	32
10. <u>ANEXOS</u>	38

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción del estado del animal según la condición corporal.....	5
2. Relación entre grado de condición corporal y la composición corporal en bovinos.....	8
3. Efecto de la condición corporal durante la estación de cría en la preñez.....	14
Figura No.	
1. Tendencia genética de peso adulto para la raza Aberdeen Angus.....	6
2. Tendencia genética de peso adulto para la raza Hereford.....	7
3. Cartilla de condición corporal.....	9
4. Propuesta de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos e cría.....	10
5. Evolución de los terneros registrados por año y por raza.....	12
6. Relación entre condición corporal de la vaca al entore e Intervalo interpartos.....	15
7. Correlación de Pearson entre observadores en escritorio vs observador de referencia a campo para el total de las tres mediciones.....	23
8. Correlación de Pearson entre observadores en escritorio vs observador de referencia a campo según momento de medición.....	24

9. Porcentaje de coincidencias y disidencias entre cada observador en escritorio vs la referencia para las tres instancias.....	25
10. Diagrama de las etapas del proyecto.....	38

1. INTRODUCCIÓN

La condición corporal de una vaca de cría es una medida para evaluar el estado nutricional de la vaca en base al grado de cobertura y de reservas lipídicas acumuladas, en relación al tamaño del animal. Éste parámetro se evalúa en forma cuantitativa a partir de la observación de un observador experto. De esta forma, existe una gran variación si el observador no tiene la suficiente experiencia para llevar a cabo ésta tarea.

En el mundo, existen diferentes escalas para medir condición corporal en vacas de carne. En Uruguay se utiliza una para la raza Hereford, validada para el país por Vizcarra et al. (1986) y publicada por Orcasberro (1991), cuya escala varía desde 1 (extremadamente flaca) hasta 8 (extremadamente gorda).

La producción de terneros en el Uruguay presenta una gran variabilidad entre años. Esto se debe principalmente a las diferencias climáticas que ocurren periódicamente, afectando directamente la producción de forraje y por ende aumentando la carga con que son manejados los rodeos de cría (Vizcarra et al., 1986). Como consecuencia, pueden producirse bajas asignaciones forrajeras en momentos claves del ciclo de cría, esto produce una baja condición corporal de este ganado para enfrentar la parición. Está demostrado que vacas pariendo en una condición corporal 4 o más y que mantengan esa condición durante la lactancia tendrán altas probabilidades de obtener preñeces de 80% o superiores (Scaglia, 1997). No obstante, no es lo que se obtiene normalmente en el país, siendo las tasas de procreo del 65% en promedio (MGAP. DIEA, 2012, 2013,2014).

Evaluar correctamente la condición corporal no es sencillo, y puede ser más complejo aún en animales con gestaciones más avanzadas. Por ello, es muy importante realizar un entrenamiento previo, observando muchas vacas con diferentes condiciones corporales y en diferentes momentos del ciclo de cría del año.

En el mundo se han realizado trabajos de interpretación de la condición corporal mediante imágenes, como los presentados por Halachmi et al. (2008), Bewley et al. (2008), entre otros. En busca de mejorar la objetividad de la interpretación de la variable en cuestión.

Recientemente, en el país se comenzaron a desarrollar métodos para medir en forma objetiva diferentes variables en la vaca, que pueden llegar a tener correlaciones con la condición corporal. Entre ellas se encuentran determinaciones del área de ojo de bife, espesor de grasa subcutánea y contenido de grasa intramuscular mediante interpretación de imágenes de ultrasonido (Cancela et al. 2003, Arias et al. 2005, Bianculli et al. 2007).

En Uruguay, Arotxarena e Irazabal (2013), desarrollaron un programa capaz de asistir a un observador, en el proceso de calificación del grado de CC de vacas Hereford, a partir de imágenes fotográficas. En la medida que este programa sea mejorado y validado, será posible en un futuro cercano contribuir con la producción ganadera e investigación nacional mediante la toma objetiva de la condición corporal.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Enriquecer el programa cond_corp generando una nueva base de datos con imágenes de CC de vacas Angus puras y cruza entre Angus y Hereford.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar una base de imágenes de vacas Angus y cruza.
- Establecer si es posible calificar la CC en vacas cruza y Angus puras, a partir de la observación de imágenes fotográficas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Uruguay es un país ganadero por excelencia. Desde la introducción de la ganadería vacuna en el siglo XVII las praderas de la banda oriental han brindado divisas al país, al principio proveniente de la venta de cueros de los vacunos, y posteriormente cuando comenzaron los saladeros y hasta la actualidad con los frigoríficos, por la carne de los mismos. Las condiciones agroecológicas de este país, las temperaturas moderadas y los buenos regímenes pluviométricos, hacen de esta zona, un lugar donde se puede llevar a cabo muy bien la ganadería a cielo abierto, sobre pasturas naturales, con poca intervención del hombre sobre estos procesos.

Pese a todas las ventajas comparativas que tiene el país, la base del proceso en la ganadería, es la cría. Ésta, hace algunos años se ha mantenido estancada en ciertos indicadores tales como la tasa de destete, indicador importante para demostrar la eficiencia de este proceso. Según MGAP. DIEA (2014) en los últimos diez años la tasa de destete ha sido de un 64 % en promedio, cifra que denota la baja eficiencia del proceso de la cría y el mal uso de los recursos naturales.

Una de las principales causas de la baja performance reproductiva es el largo período de anestro pos-parto, causado por el pobre estado nutricional antes y/o después del parto (Short et al. 1990, Randel 1990) y la inhibición del amamantamiento sobre la ovulación (Short et al. 1990, Williams et al. 1990).

Para revertir estos porcentajes, la investigación en el país ha avanzado hacia la mejora en el uso de la pastura ofrecida a las vacas durante el ciclo de cría, con mediciones de altura y calidad del forraje (Soca et al., 2013). También se han desarrollado varias líneas de investigación: sobre manejos de control del amamantamiento definitivos como destete precoz (Simeone et al., 2003), o temporales con tablilla; sobre cruzamientos entre razas para explotar el vigor híbrido (Espasandín et al., 2013), y finalmente la toma de decisiones sobre qué hacer con diferentes categorías mediante la apreciación visual de la Condición Corporal de cada vaca en particular y no del rodeo como un todo. Con esto se puede lograr mejorar el status nutritivo de vacas que estén en bajas condiciones para que se emparejen con otras que están en mejor condición.

La condición corporal es una buena manera de estimar el status nutricional de una vaca de una manera subjetiva, tomando como referencia el grado de gordura y los niveles de reservas lipídicas y músculo que esta tiene (Orcasberro, 1991).

Los primeros trabajos en esta línea comenzaron con Lowman et al. (1976) y lo realizaron para ganado de carne, adaptando en Australia una idea desarrollada en 1961 por Jefferies, citado por Edmonson et al. (1989) para medir el ganado ovino. En ese momento Lowman et al. (1976) establecieron una escala para la condición corporal que iba del cero al cinco, asignada a partir de la palpación de las vértebras lumbares.

En varios países ganaderos se han desarrollado diversas escalas por diferentes autores para medir la condición corporal de los rodeos, tanto mediante palpación en zonas particulares del cuerpo como por apreciación visual. En EEUU e Irlanda se utiliza la escala visual de 5 puntos de (Wildman et al. 1982, Edmonson et al. 1989), en Nueva Zelanda se usa una escala de 10 puntos (Macdonald y Macmillan, 1993) y en Australia y Uruguay se utiliza una escala de 8 puntos ideada para ganado lechero (Earle, 1976). Estas diferencias entre las clasificaciones dificultan la unificación de criterios, para la toma de medidas de validez internacional, aunque mediante el uso de ecuaciones matemáticas es posible su extrapolación. Se han desarrollado tablas con equivalencias entre las diferentes escalas, pero aún no existe un sistema de clasificación que sea común para todos los países (Roche, 2004).

Luego de 3 años de investigación Vizcarra et al. (1986), Méndez et al. (1988) validaron en INIA La Estanzuela, una escala de clasificación de ganado Hereford por apreciación visual que consta de 8 categorías. Ésta escala, surge como una adaptación de la escala para ganado lechero propuesta por Earle (1976) donde 1 representa una vaca muy flaca y 8 una extremadamente gorda (Orcasberro, 1991). En el cuadro No. 1 se describe la apariencia de los animales para cada punto de CC.

Cuadro No. 1. Descripción del estado del animal según la condición corporal

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).

El manejo correcto de un rodeo de cría debería incluir como puntos ideales condiciones de 4 al momento del parto y una buena asignación de forraje durante la lactancia para mantener dicha condición. Conservando esa condición la vaca tendrá las reservas necesarias para producir leche que asegure un adecuado crecimiento de su ternero, y a su vez tener un anestro post-parto corto, para volver a ciclar y concebir nuevamente. Con condiciones menores a 4, la demanda de leche del ternero generará un feedback negativo sobre el sistema neuro-endócrino, que mantendrá el anestro, y evitará que la vaca vuelva a ciclar. En estas situaciones, Simeone et al. (2008) proponen como alternativa de mejora del desempeño reproductivo, la implementación de destete precoz y o el uso de tablilla nasal en el ternero.

2.2 CONDICIÓN CORPORAL Y PESO VIVO

Los rodeos, de las diferentes razas bovinas que se crían en el país, han sufrido procesos de selección. En algunos casos estos procesos están dirigidos hacia la obtención de vacas más grandes, que producen terneros más pesados al destete. Si las condiciones climáticas del año son favorables, esta vaca podrá quedar preñada nuevamente. Por el contrario, frente a condiciones adversas

esa vaca de mayor tamaño tendrá mayor dificultad para volver a concebir respecto a una vaca de menor tamaño (o menor frame).

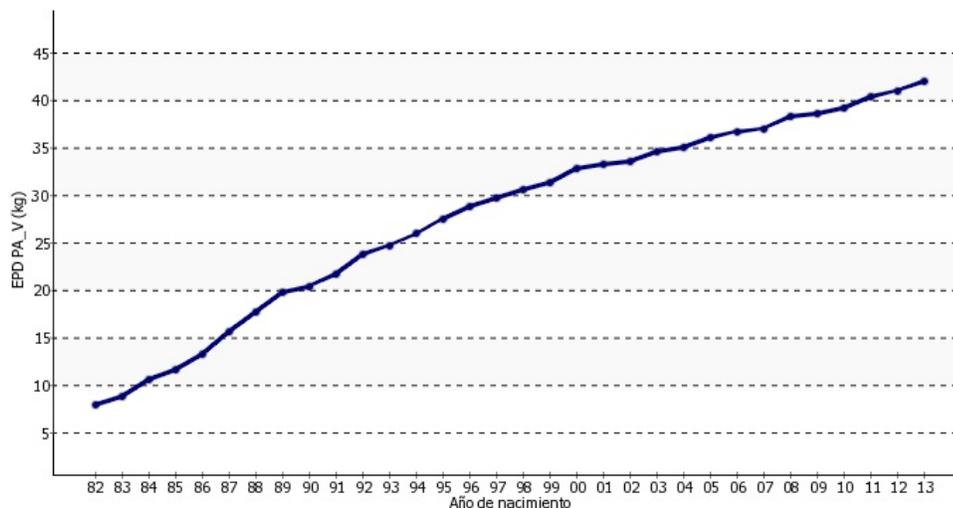
En Uruguay, dos tendencias genéticas que se pueden comparar son las pertenecientes a las sociedades de criadores de Hereford y Aberdeen Angus (figuras No. 1 y 2)

Figura No. 1. Tendencia genética de peso adulto para la raza Aberdeen Angus



Fuente: INIA (2013a).

Figura No. 2. Tendencia genética de peso adulto para la raza Hereford



Fuente: INIA (2013b).

La tendencia de la raza Aberdeen Angus ha generado desde 1990 hasta ahora, un aumento de 7 kg en el peso de la vaca adulta.

No obstante, para la raza Hereford el mismo indicador, se incrementó en 23 kg en el mismo período, mientras que desde 1982 a la fecha este aumento fue de aproximadamente 35 kg.

Como consecuencia, vacas con mismos pesos, presentan un grado de condición corporal muy diferentes entre éstas. Por ejemplo una vaca adulta, de 380 kg puede tener una CC baja, y otra vaca de frame menor, con 380 kg puede estar en buen estado y presentar una CC mayor. Gibb et al. (1992), Andrew et al. (1994) encontraron que la energía acumulada puede variar hasta un 40% en vacas de similar peso, demostrando la falta de precisión de clasificar animales solamente por su peso. En este sentido, es muy importante conocer bien el ganado con que se está trabajando para no sobre estimar, ni subestimar el estado de condición corporal.

En trabajos conducidos por Orcasberro (1991) analizando 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 de peso vivo aproximadamente. Ésta equivalencia se verifica en el rango de 2 a 6, que son las puntuaciones más frecuentes de observar en los rodeos de cría de nuestro

país. Como los requerimientos nutricionales están referidos al peso del animal, la equivalencia 25 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, tomando en cuenta también factores como estado fisiológico del animal, sexo, edad, raza, tipo de alimento, entre otros. Esta medida es aproximada y puede variar algunos kg dependiendo del tamaño y categoría de la vaca.

En el cuadro No. 2 se presentan los diferentes pesos vivos con sus respectivas condiciones corporales y composición corporal.

Cuadro No. 2. Relación entre grado de condición corporal y la composición corporal en bovinos

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).

A medida que aumenta la condición corporal se observa un incremento en el porcentaje de grasa en el cuerpo, y disminuyen las proporciones de agua y de proteína.

2.3 CONDICIÓN CORPORAL Y MANEJO

2.3.1 Herramientas para manejo de la condición corporal

Existen algunas herramientas propuestas para el uso de la condición corporal en los establecimientos comerciales.

Una de éstas disponible es el uso de la cartilla de condición corporal, desarrollada y publicada por Orcasberro (1991) para la raza Hereford.

La cartilla consta de imágenes con la puntuación de condición corporal de cada vaca y representando cada punto en la escala de CC de 1 a 8. Las imágenes muestran a la vaca en la posición que el observador debería calificar a cada animal (parte trasera y de aproximadamente 1,80 metros de altura) en donde es posible observar el ángulo que mejor representa el estado corporal, como se observa en la figura No. 3. El uso de la cartilla es útil para comparar la vista a campo con las imágenes de la misma.



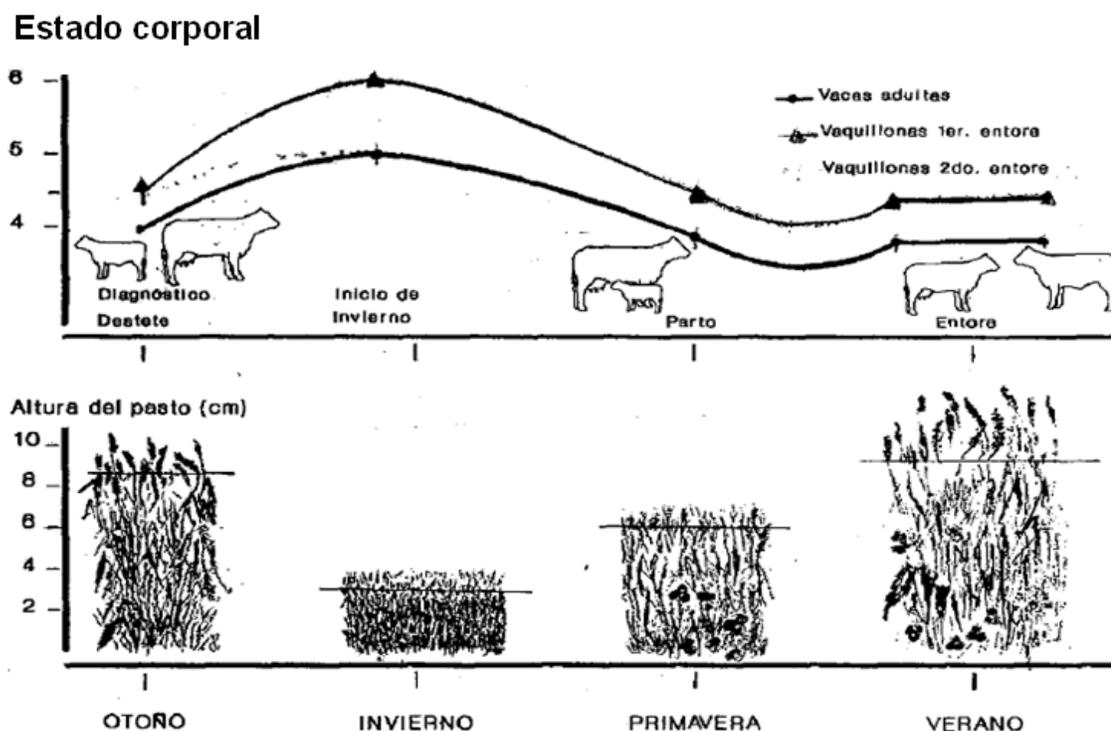
Figura No. 3. Cartilla de Condición Corporal

Fuente: Facultad de Agronomía, validada por Vizcarra et al. (1986).

El contar con registros permite, entre otras medidas, formar lotes de animales según CC, y así realizar un manejo más ordenado en el establecimiento ofreciendo más o menos forraje a estos según sus requerimientos energéticos en ese momento dado, logrando a fin del ejercicio mejores indicadores reproductivos.

En la figura No. 4 se presenta un esquema de una propuesta de manejo publicada por Soca et al. (1994) basada en la combinación del uso de la condición corporal y la altura de la pastura, a lo largo de un ciclo de cría.

Figura No. 4. Propuesta de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría



Fuente: Soca et al. (1994).

Esta imagen presentada por Soca et al. (1994), ilustra qué alturas de forraje son las mínimas necesarias para mantener una CC determinada en cada estación del año para poder lograr buenos resultados de preñez. Siempre hay que intentar que la vaquillona de primera cría tenga una condición corporal superior en 1 punto de la escala, respecto a una vaca adulta antes del primer invierno. Cabe recordar que una vaquillona no solamente debe criar el ternero que engendra, sino que aún continúa desarrollándose. Si no recibe adecuada alimentación puede perder muchos puntos de estado corporal durante la gestación, los que no podrá recuperar luego del parto, dificultando así su posterior preñez.

Dada la importancia de la CC en vacas y vaquillonas, se han desarrollado nuevas herramientas como lo es la estudiada en el trabajo de Arotxarena e Irazabal (2014). En el mismo, desarrollaron un programa denominado cond Corp capaz de guiar en la clasificación de vacas por condición corporal mediante la interpretación de imágenes de las mismas.

Con el programa cond Corp se buscan tres objetivos principales. Primero, reducir la subjetividad en la determinación de la condición corporal, esto se logra mediante una clasificación guiada a partir de un conjunto de imágenes preclasificadas.

Segundo, hacer que el proceso de clasificación sea reproducible, al realizar una clasificación guiada con opciones predefinidas, puede reconstruirse toda la lógica de decisiones.

Tercero, generar una base de imágenes que permita evaluar la evolución de la clasificación a lo largo del tiempo. Al tratarse de un sistema basado en fotografías de las vacas, éstas pueden almacenarse sistemáticamente para posteriores estudios.

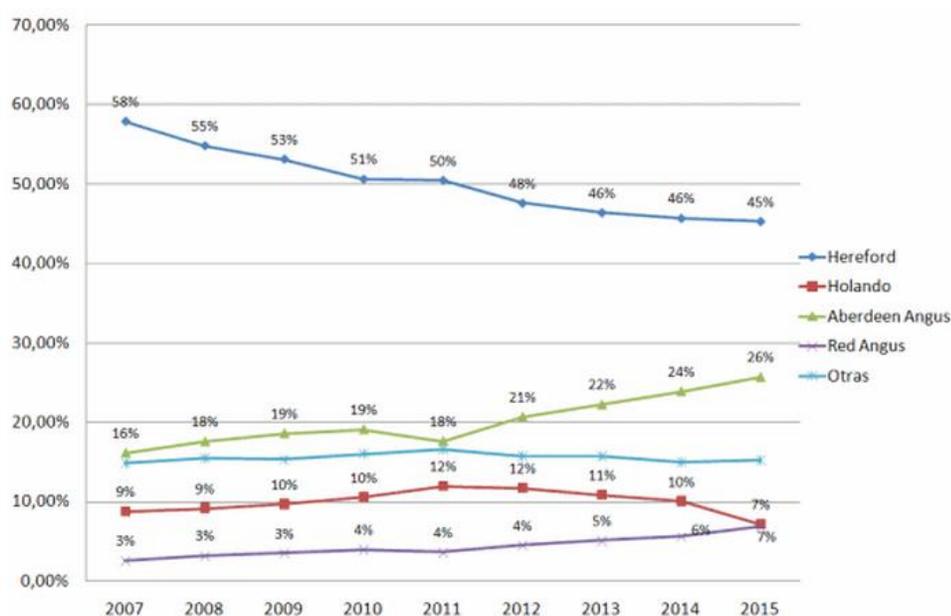
El clasificador debe poseer cierta experiencia en diagnosticar condiciones corporales de animales a partir de imágenes para poder realizar una correcta calificación de su rodeo. Básicamente el procedimiento consiste en, la introducción de las fotos al programa, para luego por similitud, ir eligiendo fotos, para estimar la CC de cada vaca. La lógica detallada del cond Corp se describe en anexo No. 1. De esta manera, podrá asignar mejor forraje a aquellos animales que así lo necesiten, como el ejemplo ya mencionado de las vaquillonas de primer entore, o vacas en mal estado corporal, y menos forraje o de menor calidad a vacas de bajos requerimientos, o que estén en buen estado corporal, sin importar si pierden medio punto en el correr del invierno.

2.4 CRUZAMIENTOS EN LA CRÍA EN EL URUGUAY

En Uruguay las dos razas principales utilizadas para la producción de carne son de origen británico: Hereford y Aberdeen Angus.

Desde su introducción a nuestro país, la raza Hereford ha sido la raza mayoritaria. No obstante, en los últimos años, ha aumentado el porcentaje de terneros registrados anualmente de la raza Aberdeen Angus en comparación con la raza Hereford, que sufre un descenso desde 2007 a la fecha. La figura No. 5 muestra dicha evolución en el período 2007-2015.

Figura No. 5. Evolución de los terneros registrados por año y por raza



Fuente: SNIG (2015).

En el Uruguay, según el censo general agropecuario de 1980, los animales cruce representaban el 15% del total de los animales. Posteriormente, Aguilar y Brizolara, citados por Gimeno et al. (2002) llevaron a cabo un relevamiento de la utilización de los cruzamientos en ganado de carne en establecimientos pertenecientes a los grupos CREA del sector ganadero. El porcentaje de productores que utilizaban cruzamiento en alguna parte de su rodeo de cría para éste relevamiento, alcanzó el 41%.

Esto puede deberse a la gran cantidad de información que ha generado la investigación nacional e internacional sobre las ventajas en la fase de la cría de estas madres híbridas. Como un ejemplo, Baker, citado por Pereyra (2012)

en Nueva Zelanda, trabajando con las razas Hereford y Angus encontró que la heterosis en sobrevivencia y crecimiento del ternero y en eficiencia reproductiva de la madre puede sumar hasta un 29% por el uso de madres cruce entre estas razas.

Datos internacionales comprueban que el uso de madres híbridas se ha incrementado a nivel mundial, y que en Estados Unidos, uno de los países más ganaderos del mundo, el porcentaje de predios que cruzan se ubica entre el 81 al 91% (Sundstorm et al., citados por Pereyra, 2012).

A nivel internacional están demostradas las ventajas de la vaca cruce en cuanto al mejor desempeño dado por su heterosis, permitiendo entre otras ventajas mayores ganancias de peso en menor tiempo aún con la misma dieta. También es mayor la cantidad de leche que producen las madres cruce lo cual se ve reflejado en el mayor peso de los terneros al destete (Espasandín et al., 2013).

La utilización de cruzamientos genera incrementos productivos producto de la heterosis o vigor híbrido, definido como las diferencias para las características que se estén considerando, entre la población de individuos cruce F1 y el promedio de individuos contemporáneos hijos de las razas parentales utilizadas (Willham y Dickerson, citados por Pereyra, 2012). La expresión de la heterosis depende del ambiente en donde sea medida. Barlow (Pereyra, 2012), en una revisión de experimentos, observó que en ambientes más deficientes los niveles de heterosis fueron mayores. *“La heterosis individual (hi), es la que presenta una población de individuos F1 y se define como la diferencia entre el desempeño de la F1 y el promedio de ambas razas paternas; la heterosis maternal (hm), se refiere a la heterosis en la población, que es atribuible al uso de madres cruce en lugar de madres del promedio de las razas parentales. Este tipo de heterosis se manifiesta en los hijos de madres cruce a través de un aumento en la producción de leche, un mejor ambiente prenatal, mayor habilidad materna, etc. (Cardellino y Rovira, 1987).”* (Pereyra, 2012).

Los resultados de un ensayo realizado en el INTA Balcarce (Bustamante et al., 1991) permiten apreciar diferencias de 8% de peso superiores para hijos de vaquillonas “careta” (cruzas F1 AA x HE) respecto al promedio de las razas puras, y una mejora de 3% para hijos de vacas careta en comparación con vacas Angus puras.

En nuestro país, también se han realizado estudios en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (Cerro Largo) en donde se demostró que con altas ofertas de campo natural, vacas puras y cruza produjeron similar cantidad de leche, pero cuando el ambiente se hizo restrictivo la producción de leche fue muy superior en vacas cruza sobre las puras (Espasandín et al., 2013).

Los terneros hijos de madres cruza son más pesados tanto en alta oferta como en baja oferta (Do Carmo et al., 2013).

En ese mismo rodeo, previamente en un estudio realizado durante el período 1993 hasta 2003 demostró que el porcentaje de preñez, siempre fue superior en las vacas cruza respecto a las puras, siendo en este caso manejados en condiciones extensivas (Espasandín et al., 2006).

2.4.1 Condición corporal y desarrollo reproductivo

Uno de los principales problemas de la cría vacuna en el Uruguay es el bajo porcentaje de preñez que se obtiene, muy asociado a las condiciones climáticas de cada año. Años con primaveras benévolas y lluviosas resultan en alto porcentajes de preñez, en tanto en años con primaveras secas estos porcentajes caen drásticamente según los datos MGAP. DIEA (2013).

En gran medida, esta problemática se encuentra asociada al manejo practicado al forraje así como a la baja asignación de recursos que se les ofrece a las vacas de cría. A esta categoría en general se le asignan los peores campos con alta carga sobre unidad de superficie. Esto se traduce en vacas con baja condición corporal al parto, con serios problemas para preñarse nuevamente en la estación reproductiva y así cumplir la meta productiva de obtener un ternero por vaca por año.

Esta problemática se da también a nivel internacional. En un estudio realizado en EEUU sobre un total de 1041 vacas (cuadro No. 3), se concluyó que vacas con condiciones menores de 4, tuvieron porcentajes de preñez también menores (58% vs. 85%) respecto a las que tenían escores de 5, luego de 150 días de entore (Herd y Sprott, 1996).

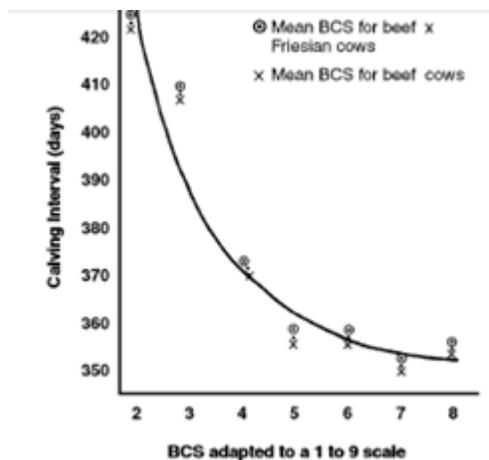
Cuadro No. 3. Efecto de la condición corporal durante la estación de cría en la preñez

	Condición corporal durante la estación de cría		
	4 o menos	5	6 o más
Número de vacas	122	300	619
% de preñez a los 150 días.	58	85	95

Fuente: Herd y Sprott (1996).

En la siguiente figura se observa la relación entre la condición corporal y el intervalo interpartos. Una mayor condición de la vaca, permite disminuir el intervalo entre partos, contribuyendo al objetivo general trazado para la vaca de cría: obtener un ternero por vaca por año.

Figura No. 6. Relación entre condición corporal de la vaca al entore e intervalo interpartos



Fuente: adaptado de Kilkenny por Herd y Sprott (1996).

2.5 AUTOMATIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE IMÁGENES

Debido a que la determinación de la condición corporal carece de objetividad, siendo este su principal problema, la investigación buscó superar esta barrera mediante la determinación de la misma con un sistema de automatización de imágenes. Con esto se lograría poder establecer de forma objetiva la condición corporal que presenta un animal.

Una investigación realizada en Hungría demuestra que observadores independientes mediante la práctica pueden mejorar su capacidad de elegir de manera acertada la condición corporal de una vaca de cría, y con entrenamiento los registros entre observadores pueden asemejarse. En este experimento realizado en la primavera de 2011 en Hungría dos observadores analizaron 273 vacas y las evaluaron mediante una escala del 1 al 8, y concluyeron que las diferencias observadas entre ellos no fueron significativas ya que tuvieron una correlación de 0,76.

Varios autores en los últimos años investigaron si era posible poder asignar la condición corporal mediante el uso de imágenes. Ferguson et al. (2006), realizaron un estudio en el que 4 observadores registraron la condición corporal de 57 vacas en el campo y en otra instancia mediante el uso de imágenes. Las fotos fueron tomadas con una variación de 0° a 20° en relación a la inserción de la cola. Las correlaciones obtenidas entre ambas instancias por cada uno de los 4 observadores fueron: 0,84; 0,82; 0,82; y 0,90.

Luego, el observador 1 registró en el campo la condición corporal de 187 vacas la, en tanto los observadores restantes lo hicieron mediante el uso de imágenes. En este caso los coeficientes de correlación entre observador 1 y los demás fueron de 0,78, 0,76, y 0,79 respectivamente.

Estos autores concluyeron que es posible el uso de las imágenes (sin visitar el campo) para establecer la condición corporal, pero que mediante el uso de video no era adecuado ya que era difícil la identificación individual de cada animal.

Guerrero et al. (2012) trabajando con ganado lechero en México, concluye en su estudio que la fotografía digital estándar no funciona correctamente en un sistema automatizado ya que hay problemas que están

relacionadas con la iluminación y la eliminación del fondo de la imagen. Por otro lado, afirman que se deben buscar nuevas tecnologías que superen estos problemas, como el uso de imágenes térmicas.

Halachmi et al. (2008), estudiaron si era posible relacionar la condición corporal de un animal con la forma del mismo. La hipótesis probada fue que el contorno de un animal gordo es más redondeado que la de un animal flaco, y que por lo tanto se asemejaría más a una forma parabólica. En una vaca flaca es mayor la desviación del contorno que la de uno gordo respecto a una parábola. Mediante la comparación de la medición del grosor de grasa y músculo del animal por parte de una ecografía y cámara térmica con la evaluación manual de la condición corporal de 186 vacas Holstein-Friesian, crearon un modelo que permite predecir la condición corporal del animal. La correlación observada que existía entre las imágenes térmicas y manual fue de 0,315, mientras que la correlación existente entre las imágenes térmicas y condición corporal por ultrasonido fue de 0,417.

Posteriormente, Halachmi et al. (2013) continuaron investigando y concluyeron que era posible la determinación de la condición corporal mediante el uso de fotos termales, teniendo éstas una correlación de 0,94 con determinaciones manuales de las mismas.

Bewley et al. (2008), identificaron manualmente 23 puntos anatómicos en imágenes capturadas a vacas, y afirman que aquellos puntos alrededor de la cadera eran más fáciles de identificar que aquellos alrededor de la inserción de la cola. El objetivo de esto se centraba en establecer si era posible la determinación de la condición corporal mediante el uso de imágenes. Los autores observaron que existía una alta correlación ($r= 0,52$) entre la condición corporal y los puntos del área de la cadera. A partir de esto desarrollaron un modelo de predicción que, con un 89,25%, predecía la condición corporal de la imagen con 0,25 de precisión.

Bercovich et al. (2012), desarrollaron un trabajo en base al trabajo de Halachmi et al. (2008) en el que a partir de imágenes de 87 vacas, un observador experto asignó la condición corporal. En base a la condición asignada en el campo y en las fotos, se creó un modelo de predicción utilizando 5 ángulos alrededor del área de inserción de la cola.. La correlación existente

entre la condición corporal arrojada por el modelo y la determinada por el experto fue de 0,61. De acuerdo a este modelo, el 50% de los errores de observación fueron menores que 0,25 puntos de la escala; 79,5% menores que 0,5; 92,3% menores que 0,75; y solo el 5% de las observaciones fueron mayores a 1. Estos resultados indican que es posible determinar en forma acertada la condición corporal, en base al uso de imágenes.

Battiato et al. (2010) continuaron con una línea de investigación similar, la cual consistía de dos instancias. En la primera, dos observadores establecieron puntos anatómicos para la determinación de la condición corporal que fueron posteriormente incluidos en el modelo de predicción. Se continuó con el uso de este modelo sobre nuevas imágenes, tomando en consideración los puntos anatómicos definidos en la primera instancia. Los resultados mostraron que los modelos lineales y polinomiales lograron predicciones con variaciones de $\pm 0,32$ y 0,31 respectivamente.

Por otro lado, Krukowski (2009) desarrolló un estudio en el que utiliza imágenes tridimensionales y usa puntos anatómicos de las mismas para establecer la puntuación de condición corporal. En este caso, los puntos que se encuentran alrededor de la columna y cadera fueron más fáciles de identificar en estas imágenes. Una vez creado el modelo de predicción (usando 7 parámetros obtenidos de las fotos), fue validado y el 79% de las imágenes fue capaz de predecir la condición corporal del animal con un 0,25 de exactitud. No obstante, existieron problemas en la validación del modelo, relativos a valores de parámetros erróneos y fotos tomadas en ángulos inadecuados para el procesamiento de las imágenes.

Los trabajos realizados con interpretación de imágenes para la calificación de la condición corporal a nivel internacional aún no han concretado herramientas tecnológicas disponibles para auxiliar el manejo en los sistemas de producción.

El desarrollo de programas que mediante la interpretación de imágenes tomadas a campo sean capaces de calificar objetivamente la condición corporal de los rodeos implicaría un cambio significativo en la producción ganadera nacional.

2.6 HIPÓTESIS

- Es posible generar un banco de datos fotográficos de diferentes estados corporales en vacas de cría cruzas y de la raza Angus
- Mediante el programa cond Corp enriquecido con esta nueva base de datos, es posible calificar las condiciones corporales en vacas Angus y cruzas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1 Lugar y período experimental

El trabajo de campo se llevó a cabo en la Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurtt de la Facultad de Agronomía, Ruta 26, Km. 408, Cerro Largo, en el período comprendido entre el 10 de junio y el 4 de diciembre de 2014.

3.1.2 Animales

Se tomaron imágenes de vacas en tres momentos del ciclo de cría (gestación media, último tercio y lactancia temprana), sobre un total de 103 a 125 (dependiendo del período de evaluación) vacas provenientes del rodeo de cría general de la EEER. Las razas estudiadas fueron Aberdeen Angus, Hereford y sus respectivas cruizas F1 y retrocruizas. El rodeo fue manejado en pastoreo de campo natural, rotando los potreros según disponibilidad de forraje.

3.1.3 Toma de imágenes y asignación de la CC

La captura de las imágenes se llevó a cabo en las instalaciones de la EEER, utilizándose el cajón del cepo de la manguera para mantener los animales en quietud, a una distancia constante respecto de la cámara. Luego de que el animal fuera fotografiado, los diferentes observadores (expertos e inexpertos) evaluaron la condición corporal del mismo, previamente habiendo identificado el número de caravana y raza.

Para la obtención de las imágenes patrón, utilizadas en el programa, se usó una cámara Panasonic DMC-FZ50. Se trabajó en el modo de ajuste de zoom totalmente automático y se tomó más de una fotografía por animal de modo se pudiera elegir aquella que mejor se pudiera observar fácilmente los puntos tomados en cuenta para establecer la condición corporal.

El proceso de captura de imágenes comprendió tres períodos. El primero se realizó el 10/06/14 correspondiendo al momento de gestación media; el segundo el 09/09/2014 en último tercio de gestación y el tercero el 4/12/2014 en lactancia temprana. En los tres períodos se fotografiaron 125, 117, y 103 animales respectivamente. .

La calificación de la CC en el campo se realizó siguiendo la escala por apreciación visual de 8 puntos definida por Méndez et al. (1988). Cada observador (experto o inexperto) registraba en planillas individuales, sin intercambiar opinión alguna con los restantes observadores y sin utilizar ninguna cartilla de medición de condición corporal.

Se realizaron las correspondientes evaluaciones con una apreciación de 0,25 puntos de condición corporal.

3.1.4 Evaluación en escritorio

Se generó una nueva base de datos para el programa “cond Corp” (Arotxarena e Irazabal, 2014), compuesta por vacas cruza y Angus puras. Para realizar la misma (base de datos o base patrón) se seleccionaron las fotos que mejor visualización presentaban (ya que algunas tenían problemas de mala iluminación o de enfoque), y se le asignó a cada una de acuerdo al promedio de la puntuación de los expertos.

Por otro lado, se procedió con la selección de las imágenes (ya que fueron más de una fotografía por animal) que se debieron medir con el programa. Estas imágenes correspondían a los animales en los cuales se les midió la CC en el campo en los distintos períodos.

Posteriormente, los observadores inexpertos calificaron a cada vaca en escritorio mediante el programa, de tal modo que cada observador generó 2 calificaciones, una de campo y otra en escritorio.

3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los registros se analizaron mediante correlaciones de Pearson entre la condición corporal referencia (experto a campo) vs observadores no entrenados en escritorio. Fue realizado para cada uno de los 3 momentos de determinación, así como para el total de las observaciones.

Por otro lado, fueron determinadas para cada observador, las diferencias entre su calificación a escritorio y la calificación del referente. En base a estas diferencias fue creada la variable Porcentaje de Aciertos, en donde, diferencias menores a 0.25 (positivo o negativo) fueron calificadas como "1", en tanto las diferencias mayores a estos valores se calificaron como "0".

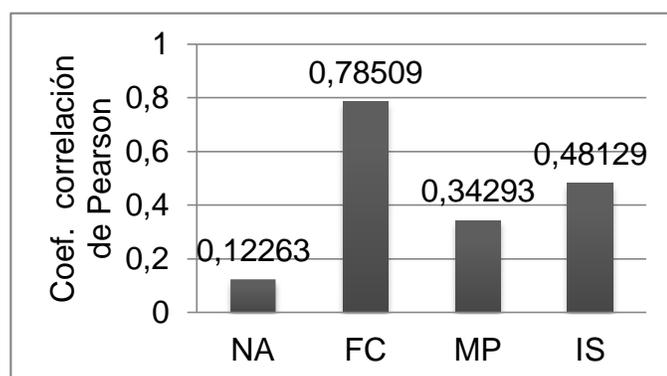
Las frecuencias de ocurrencia de aciertos en cada observador y momento fueron analizadas mediante el test de chi cuadrado ($p < 0.05$).

Los análisis estadísticos se realizaron mediante los procedimientos CORR y FREQ-chiq del programa SAS (versión 2012).

4. RESULTADOS

En la figura No. 7 se presentan las correlaciones de Pearson estimadas para cada uno de los observadores entre las determinaciones realizadas en el escritorio y la observación de referencia a campo, en las 3 instancias de medición.

Figura No. 7. Correlación de Pearson entre observadores en escritorio vs. observador de referencia a campo para el total de las tres mediciones



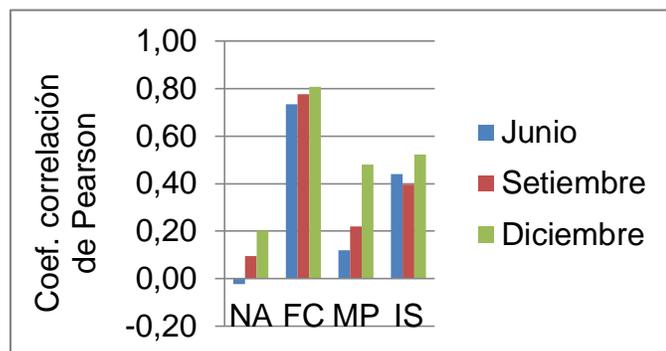
En el grafico se muestran correlaciones de 0,78; 0,48; 0,34 y 0,12 para los observadores FC, IS, MP y NA respectivamente.

Es notoria la diferencia observada entre las calificaciones asignadas en escritorio (desde 0,12 hasta 0,79), siendo éstas altamente dependientes del observador. Las variaciones probablemente sean debidas a la experiencia previa de cada uno en la observación de las vacas de cría.

Por su parte, en la figura No. 8 se observan las evoluciones en las correlaciones de Pearson de cada observador en cada uno de los 3 momentos

de determinación.

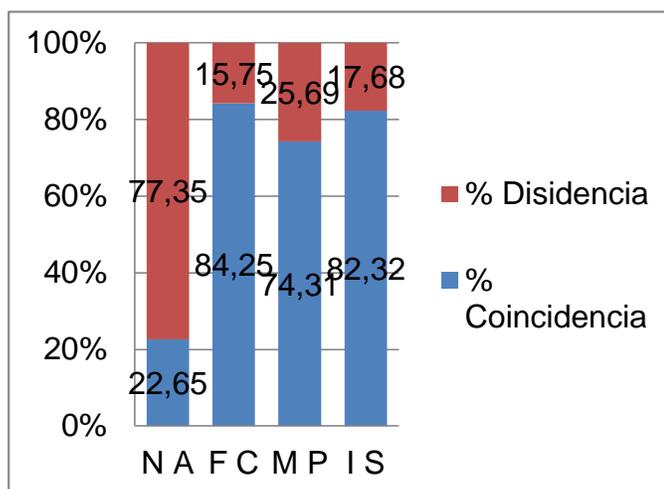
Figura No. 8. Correlación de Pearson entre observadores en escritorio vs Observador de referencia a campo según momento de medición



En todos los casos los coeficientes de correlación aumentaron desde la primera hasta la última medida. Coincidentemente este fue el orden seguido por los observadores en el escritorio, por lo que es posible establecer que las mayores correlaciones observadas en la tercer medida sean el resultado de mayores entrenamientos visuales logrados por el uso del programa cond_corp. Probablemente, esto podría estar indicando cierto entrenamiento logrado con el uso del mismo.

Mediante un análisis del chi cuadrado en las frecuencias de aciertos y desaciertos de los diferentes observadores se comprobó la significancia de las diferencias observadas. Las frecuencias de aciertos y desaciertos en cada uno de los observadores son presentadas en la figura No. 9.

Figura No. 9. Porcentaje de coincidencias y disidencias entre cada observador en escritorio vs la referencia para las 3 instancias



Los observadores FC, MP e IS coinciden con el valor de referencia en más del 74% de los casos, mientras NA, lo hace superando apenas un 22%.

Mientras que la correlación muestra la variación conjunta dada por en la CC entre campo y escritorio de cada uno de los observadores, los porcentajes de coincidencias indicarían el grado de exactitud logrado por cada uno de los observadores. En este caso el número de coincidencias fue superior también para los mismos 3 observadores (FC, MP e IS) y visiblemente inferior para el observador NA.

5. DISCUSIÓN

En relación a la calificación de los animales, lo mejor sería disponer de la cartilla de condición corporal en el corral, debido a que se puede visualizar de la mejor manera al animal.

Las condiciones corporales observadas a campo y escritorio variaron significativamente con el observador. Mientras que en algunos observadores la coincidencia superó más del 80% de los casos, en un observador fueron las disidencias las que alcanzaron este valor. Si bien en este trabajo no se analizaron las causas de las diferencias entre observadores, probablemente sean debidas a la experiencia previa de cada uno.

En algunos trabajos reportados en la literatura (Battiato et al., 2010) las calificaciones a nivel de escritorio son realizadas por observadores previamente entrenados, asegurando así altos grados de coincidencia. De esta forma, es posible posteriormente establecer modelos de predicción de la condición corporal en escritorio en base a fotografías tomadas en el campo.

En nuestro país, Vizcarra et al. (1986) observaron altos coeficientes de repetibilidad entre las observaciones de diferentes calificadores para el mismo rodeo. No obstante, se trataba de calificadores con experiencia previa. En éste trabajo, no se realizaron entrenamientos previos, siendo la experiencia de conocimiento de las vacas de cría la que marcó las precisiones observadas.

La inclusión de un tutorial en el programa cond Corp probablemente contribuya en forma significativa en el grado de precisión en las calificaciones, minimizando errores debidos a la falta de experiencia en el uso del programa. Del mismo modo, el contar con test previos por parte del programa podría determinar el grado de precisión a esperar con el uso del programa.

En la etapa de escritorio, es importante seleccionar las imágenes obtenidas de cada vaca, que mejor muestren los puntos anatómicos considerados para realizar la clasificación. Así se descartarían aquellas imágenes que debido a las condiciones prácticas resultan de mala calidad (fuera de foco, mala iluminación, etc.), generando una buena base de datos para disminuir el grado de error.

Para la obtención de aquellas imágenes de referencia utilizadas en el programa, es necesario contar con imágenes de alta calidad que representen adecuadamente cada punto de la escala de condición corporal. Asimismo, es de gran importancia obtener calificaciones precisas, por tanto contar con observadores altamente calificados en determinaciones por apreciación visual.

Con este programa lo que se obtiene, es la capacidad de trabajar con las fotos, en el momento que al usuario le parezca oportuno sin necesidad de estar en el lugar de trabajo. De esta manera sería posible analizar las condiciones corporales de las vacas y tomar las decisiones, desde cualquier lugar.

Conforme a lo presentado anteriormente se facilitaría la posibilidad de diferentes prácticas de manejo que puedan resultar en mejoras de los indicadores productivos del establecimiento.

La disponibilidad del programa cond Corp, en el auxilio del diagnóstico de las condiciones corporales para las razas Angus y Hereford y sus cruza es de gran importancia para la ganadería nacional. Esto se debe no solamente a que son las razas principales en nuestro país sino por el aporte que implica poder realizar lecturas del nivel nutricional en los rodeos mediante el uso de nuevas tecnologías. Este paso significa un gran avance en investigación en el uso de tecnologías en el agro, donde la automatización de las lecturas de condición corporal sea cada vez más objetivas y claras.

El haber desarrollado el programa cond Corp por parte de Arotxarena e Irazabal (2014) en busca de contribuir con el desarrollo de una metodología que permita determinar la CC de vacas de manera más objetiva, mediante el análisis e interpretación de imágenes, ha marcado un camino a seguir dentro de la investigación. Así, por nuestra parte nos propusimos aumentar esa base de datos de imágenes incluyendo a la raza Aberdeen Angus, y sus cruza con Hereford.

6. CONCLUSIONES

Fue posible generar una nueva base de datos con imágenes de CC de vacas Angus puras y cruza entre Angus y Hereford y así enriquecer el programa cond Corp.

Esta base de datos permitió determinar la condición corporal en vacas cruza y Aberdeen Angus pura mediante la observación de imágenes fotográficas. No obstante, el grado de precisión a obtener es dependiente de la experiencia de cada, usuario.

Sería importante continuar con esta línea de investigación. Se sugiere la inclusión de tutoriales y/o test de pruebas previos, que permitan determinar las diferencias entre observadores.

7. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue generar una nueva base de datos de imágenes de vacas Angus puras y cruzas entre Hereford y Angus para el programa cond Corp de calificación de la condición corporal en vacas de cría Hereford. El trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurtt de la Facultad de Agronomía, en el período comprendido entre el 10 de junio y el 4 de diciembre de 2014. Constó de dos instancias: de campo y escritorio. En la primera instancia se procedió con la obtención de imágenes de vacas Angus puras, cruzas F1 y retrocruzas con Hereford, en tres períodos distintos. En promedio se registraron 120 vacas en cada período. En paralelo, observadores expertos le asignaban la condición corporal según la escala por apreciación visual de 8 puntos. En la etapa de escritorio se seleccionaron las imágenes de mejor calidad (eliminando aquellas que eran difícil de clasificar), para utilizarlas en el cond Corp como base de datos. Luego se seleccionaron las fotos de cada vaca a clasificar, según su calidad, seleccionando una foto por vaca, por período. Se realizaron análisis de correlación entre las medidas de campo (del observador experto) y de escritorio (observadores IS, FC, MP, NA), así como análisis de coincidencia de ambas medidas. Diferencias menores a $\pm 0,25$ entre campo y escritorio fueron consideradas como coincidencias, en tanto valores superiores se calificaron como disidencias. Se asignó el valor "1" para aciertos y "0" para los desaciertos. Las frecuencias de ocurrencia de aciertos en cada observador y momento fueron analizadas mediante el test de chi cuadrado ($p < 0,05$). Los resultados mostraron correlaciones entre lo observado en campo por los observadores expertos y en escritorio de 0,78; 0,48; 0,34; y 0,12 para los usuarios FC, IS, MP, y NA respectivamente. Las correlaciones entre las observaciones de campo y de escritorio tendieron a aumentar con el período, dado el entrenamiento adquirido por el del programa. Tres de los cuatro observadores presentaron más del 70% de coincidencia entre las medidas de condición corporal de campo y de escritorio. Se generó una nueva base de datos con imágenes de CC de vacas Angus puras y sus cruzas con la raza Hereford. Gracias a esta base de datos fue posible la determinación de la cc para las razas y cruzas mencionadas. En base a las diferencias observadas entre los calificadores, se sugiere la inclusión de tutoriales y/o test previos en el programa cond Corp, que permitan minimizar las diferencias entre observadores.

Palabras clave: Condición corporal; Vacas cruza; Imágenes; Cond_corp.

8. SUMMARY

The aim of the present work is to create a new database compiling pictures of pure Angus and the Angus-Hereford crossbred cows, for the body conditions scoring programme “cond_corp” of Hereford cattle breeding. The work was carried out in 2014, in the period between June 10th and December 4th at the research station “Prof. Bernardo Rosengurtt” of the Faculty of Agronomy. Basically, it is comprised of two parts: fieldwork and desk studies. In the first one, images of pure Angus, F1 crossbred and Hereford backcrossed cows, were captured at three different periods of time. An average of 120 cows was recorded in each period. At the same time, expert observers assigned the body conditions to the cows, according to an 8 points visual assessment scale. In the second one, the images of highest quality were selected (those which were difficult to classify were deleted) in order to use them as a database in the “cond_corp”. Then, pictures of each cow were chosen to classify them according to the quality and one image per cow and per period was selected. A correlation analysis between the fieldwork measures (of the expert observer) and the desk studies measures (IS, FC, MP and NA observers) was carried out as well as an awareness analysis of both kinds of measures too. Differences lower than $\pm 0,25$ between the fieldwork and the desk studies were considered as coincidences and higher levels were considered as dissidences. A value of 1 was assigned to the successful events and a value of 0 for those which were unsuccessful. The occurrence frequency of the successful events on each observer and moment were analyzed in a chi-square test ($p < 0.05$). The results show a correlation of 0,70; 0,48; 0,34 y 0,12 for the observers FC, IS, MP y NA respectively, between what it was observed in the fieldwork by the expert observers and in the desk studies by the others observers. The correlations between the fieldwork and the desk studies observations have the tendency of increase with the period, due to the training acquired by the programme. Three out of the four observers show more than 70% of coincidences between the measures of body conditions in the fieldwork and in the desk studies. A new database was created with CC images of pure Angus cows and its crossbred with Hereford. Thanks to this database, it was possible to determine the CC to the mentioned breeds and crossbreds. Based on the differences observed, the inclusion of tutorials and/or previous tests into the “cond_corp” is suggested, to minimize them.

Key words: Body condition score; Crossbred cows; Images; Cond_corp.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Andrew, S. M.; Waldo, D. R.; Erdman, R. A. 1994. Direct analysis of body composition of dairy cows at three physiological stages. *Journal of Dairy Science*. 77. 3022-3033.
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. Arotxarena, A.; Irazabal, P. 2014. Clasificación guiada de imágenes para la determinación de la condición corporal en ganado Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 47 p.
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; a satellite event of International Conference of Pattern Recognition (20th, 2010, Istanbul). Proceedings. 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. 2014. 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. Bustamante, J. L.; Carrillo, J.; Schiersmann, G. C.; Sciotti, A. E. 1991. Productividad de vacas cruza Aberdeen Angus por Hereford. EEA Balcarce. Boletín Técnico no. 102. 16 p.
9. 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.
10. Do Carmo, M.; Espasandín, A.; Bentancor, D.; Olmos, F.; Cal, V.; Scarlato, S.; Carriquiry, M.; Soca, P. 2013. Cambios en la oferta de forraje y su efecto sobre la productividad primaria y secundaria de sistemas criadores con diversos grupos genéticos bajo pastoreo de campo natural. In: Soca, P.; Espasandín, A.; Carriquiry, M. eds. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural. Montevideo, INIA. pp. 43-54 (FPTA-INIA no. 48).
11. Earle, D. 1976. A guide to scoring dairy cow condition. Journal of Agriculture for the Farmers of Victoria. 74(7): 228–231.
12. 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.
13. Espasandín, A. C.; Franco, J.; Oliveira, G.; Bentancur, O.; Gimeno, D.; Pereyra, F.; Rogberg, M. 2006. Impacto productivo y económico del uso del cruzamiento entre las razas Hereford y Angus en el Uruguay. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (34as., 2006, Paysandú, UY). Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario. pp. 41-51.

14. _____.; Do Carmo, M.; López-Mazz, C.; Cal, V.; Cáceres, O.; Bentancur, D.; Carriquiry, M.; Soca, P. 2013. Modificaciones en la oferta de forraje de campo natural y del grupo genético de vacas en busca de eficiencia en la cría vacuna. *In*: Soca, P.; Espasandín, A.; Carriquiry, M. eds. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural. Montevideo, INIA. pp. 55-64 (FPTA-INIA no. 48).
15. Ferguson, J. D.; Azzaro, G.; Licitra, G. 2006. Body condition using digital images. *Journal of Dairy Science*. 89 (10): 3833-3841.
16. Gibb, M. J.; Ivings, W. E.; Dhanoa, M. S.; Sutton, J. D. 1992. Changes in body components of autumn-calving Holstein-Friesian cows over the first 29 weeks of lactation. *Animal Production*. 55. 339-360.
17. Gimeno, D.; Avendaño, S.; Navajas, E.; Lamas, A. 2002. Utilización de cruzamientos como herramienta para el aumento del beneficio económico. (en línea). *In*: Seminario de Actualización Técnica (2002, Tacuarembó). Cruzamientos en bovinos para carnes. Montevideo, INIA. pp. 5-9. Consultado 02 mar. 2016. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219210807163619.pdf>
18. 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. 2014. Disponible en http://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v5-n1/articulo3.pdf

19. Halachmi, I.; Polak, P.; Roberts, D.J.; Klopčič, M. 2008. Cow body shape and automation of condition scoring. *Journal of Dairy Science*. 91. 4444-4451.
20. _____; Klopčič, 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.
21. Herd, D. B.; Sprott, L. R. 1996. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. (en línea). Texas, The Texas A and M University System. Texas Agrilife Extension Service. 11 p. Consultado 5 ene. 2015. Disponible en http://oaktrust.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87723/pdf_62.pdf?sequence=1&isAllowed=y
22. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2013a. Angus; evaluaciones genéticas bovinas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 7 ene. 2015. Disponible en http://www.geneticabovina.com.uy/eval_raza.php?r=2&te
23. _____. 2013b. Hereford; evaluaciones genéticas bovinas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 7 ene. 2015. Disponible en http://www.geneticabovina.com.uy/eval_raza.php?r=1&te
24. 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.
25. 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.
26. Macdonald, K. A.; Macmillan, K. L. 1993. Condition score and liveweight in Jersey and Friesian cows. In: Ruakura Farmers Conference

(45th, 1993, Hamilton). Proceedings. Hamilton, Farm Advisory Division. Department of Agriculture. pp. 47-50.

27. Méndez, J.; Vizcarra, J.; Orcasberro, R. 1988. Condición por apreciación visual en vacas Hereford. Revista del Plan Agropecuario. no. 44: 33-34.
28. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2012. Anuario estadístico. Montevideo. pp. 38-48.
29. _____. _____. 2013 Anuario estadístico. Montevideo. pp. 44-50.
30. _____. _____. 2014 Anuario estadístico. Montevideo. pp. 38-42.
31. 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).
32. Pereyra, F. A. 2012. Parámetros genéticos de cruzamientos asociados a la fase de cría en las razas Hereford, Aberdeen Angus y sus cruza. Tesis Magister. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. pp. 1-6.
33. Randel, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. Journal of Animal Science. 68: 853-862.
34. Roche, J. R.; Dillon, P. G.; Stockdale, C. R.; Baumgard, L. H.; Vanbaale, M. J. 2004. Relationships among international body condition scoring systems. Journal of Dairy Science. 87: 3076–3079.
35. Rovira, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 333 p.

36. Scaglia, G. 1997. Nutrición y reproducción de la vaca de cría; uso de la condición corporal. Montevideo, INIA. 14 p. (Serie Técnica no. 91).
37. Short, R. E.; Bellows, R. A.; Staigmiller, R. B.; Berardinelli, J. G.; Custer, E. E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*. 68: 799-816.
38. Simeone, A.; Beretta, V. 2003. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. 118 p.
39. _____.; _____.; Elizalde, J. C. 2008. Destete precoz; eficiencia y eficacia en cría vacuna. *In: Jornada Anual de la Producción Intensiva de Carne (10ª., 2008, Paysandú, UY). Una década de investigación para una ganadería más eficiente.* Paysandú, UPIC. pp. 12-19.
40. SNIG (Sistema Nacional de Información Ganadera, UY). 2015. Animales registrados por razas, evolución de los terneros registrados por año y por raza. (en línea). Montevideo. 1 p. Consultado 12 ene. 2015. Disponible en <https://www.snig.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?2,1,152,O,S,0,MNU;E:28;1;16;4;MNU>
41. 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*. no. 207: 29-33.
42. _____.; Espasandín, A.; Carriquiry, M. 2013. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural. *In: Soca, P.; Espasandín, A.; Carriquiry, M. eds. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural.* INIA. pp. 9-12 (FPTA-INIA no. 48).

43. Vizcarra, J. A.; Ibáñez, W.; Orcasberro, R. 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal en vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas*. no. 7: 45-47.
44. Wildman, E. E.; Jones, G. M., Wagner, P. E., Bowman, R. L. 1982. A dairy body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*. 65 (3): 495-501.
45. Williams, G. L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle; a review. *Journal of Animal Science*. 68 (3): 831-852.

10. ANEXOS

ANEXO No. 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.

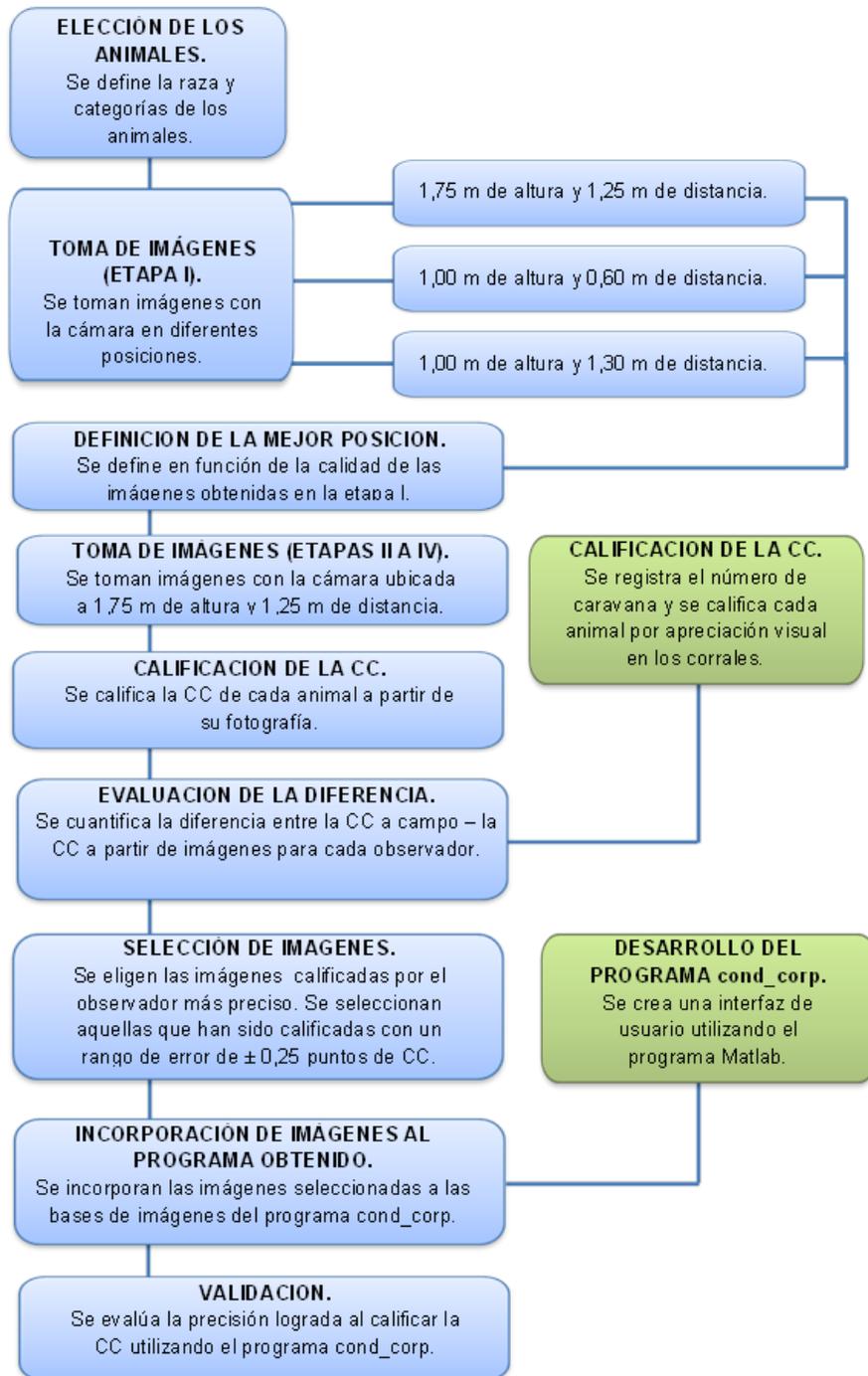
En relación al procedimiento utilizado en la etapa de validación, inicialmente se seleccionaron 3 fotografías de vacas en los puntos de CC 3.75, 4.00 y 4.50. El criterio utilizado en la elección de estas imágenes fue que al menos 2 observadores hubieran llegado al mismo resultado de CC tanto en el campo 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. 1 se presenta un diagrama en el que se detalla la metodología empleada durante la realización del trabajo.

Figura No. 1. Diagrama de las etapas del proyecto



Fuente: Arotxarena e Irazabal (2014).