

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

VALIDACIÓN DEL PROGRAMA COND\_CORP EN EL RODEO HEREFORD  
DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL MARIO ALBERTO CASSINONI

por

Santiago BOMIO

Felipe CABRERA

Juan Pablo HORTA

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2015

Tesis aprobada por:

Directores:

---

Ing. Agr. Dra. Ana Espasandin Mederos

---

Dr. Ing. Nicolás Pérez Álvarez

---

Dr. MV. Fernando Macedo

Fecha:

22 de marzo de 2015

Autores:

---

Felipe Martín Cabrera Bonino

---

Santiago Pablo Bomio Olaso

---

Juan Pablo Horta Sciarra

## AGRADECIMIENTOS

A nuestra tutora, Ing. Agr. Ana Espasandin, por permitirnos trabajar con ella, dedicar su tiempo para la preparación y realización del trabajo y por el apoyo brindado durante todos estos meses. A Dr. Ing. Nicolás Pérez, por crear, instalar y enseñarnos a utilizar el cond\_corp dedicando parte de su tiempo.

Muy importante también, el aporte realizado por Ing. Agr. Paco Irazábal e Ing. Agr. Andrés Arotxarena por empezar los trabajos sobre la automatización de la condición corporal y brindarnos información.

A nuestras familias y amigos por todo el apoyo y consejos brindados durante toda la carrera.

A nuestros compañeros de generación EEMAC 2013 y de los restantes años por haber compartido y disfrutado de 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 .....	4
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	5
2.1. VALIDACIÓN DE TÉCNICAS.....	5
2.1.1. <u>Parámetros utilizados en la validación</u> .....	5
2.1.2. <u>Métodos de validación</u> .....	6
2.1.3. <u>Plan de validación</u> .....	8
2.2. EJEMPLOS DE VALIDACIÓN EN EL ÁREA AGRONÓMICA .....	8
2.2.1. <u>Validación del modelo CERES para fertilización nitrogenada en trigo</u> .....	9
2.2.2. <u>Validación de índices de cosecha para manzanas de bajos requerimientos de frío</u> .....	10
2.2.3. <u>Calibración y validación de un método de diagnóstico de fertilización nitrogenada en maíz para el sur de Córdoba (Argentina)</u> .....	10
2.2.3.1. Etapa de validación .....	11
2.2.4. <u>Validación de la condición corporal</u> .....	11
2.3. CONSIDERACIONES .....	12
2.4. HIPÓTESIS.....	13
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	14
3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES .....	14
3.1.1. <u>Lugar y período experimental</u> .....	14
3.1.2. <u>Observadores</u> .....	14
3.1.3. <u>Animales</u> .....	14

3.1.4.	<u>Equipos</u> .....	14
3.2.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	14
3.2.1.	<u>Toma de imágenes y asignación de la CC</u> .....	14
3.2.2.	<u>Análisis de escritorio</u> .....	15
3.2.2.1.	Descripción del programa.....	16
4.	<u>RESULTADOS</u> .....	20
4.1.	COMPARACIÓN MEDIDA A CAMPO Y MEDIDA DEL PROGRAMA.....	24
5.	<u>DISCUSIÓN</u> .....	33
5.1.	ANÁLISIS BASE DE DATOS.....	34
5.2.	ANÁLISIS PROGRAMA COND_CORP.....	35
5.2.1.	<u>Ventajas</u> .....	35
5.2.2.	<u>Desventajas</u> .....	36
6.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	37
7.	<u>RESUMEN</u> .....	38
8.	<u>SUMMARY</u> .....	39
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	40

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Medias de la CC realizada a campo mediante apreciación visual para los distintos observadores.....	20
2. Correlación de las calificaciones de los observadores inexpertos utilizando el cond Corp, en todas las mediciones.....	24
3. Correlaciones entre las condiciones del observador experimentado a campo y las distintas calificaciones de los observadores inexpertos. ....	31
4. Correlaciones entre las condiciones del observador experimentado a campo y las distintas calificaciones de los observadores inexpertos. ....	31
5. Correlaciones entre las condiciones del observador experimentado a campo y las distintas calificaciones de los observadores inexpertos. ....	32
6. Correlaciones entre las condiciones del observador experimentado a campo y de los observadores inexpertos utilizando el cond Corp en las tres mediciones.....	32
Figura No.	
1. Representación del proceso de calificación en el programa cond Corp. ....	17
2. Imagen de la pantalla de cond Corp en el paso 1.....	19
3. Distribución de las frecuencias de los diferentes puntos de la escala de condición corporal en la primera medición.....	21
4. Distribución de las frecuencias de los diferentes puntos de la escala de condición corporal en la segunda medición. ....	22
5. Distribución de las frecuencias de los diferentes puntos de la escala de condición corporal en la tercera medición.....	23
6. Distribución de medidas tomadas a campo y mediante el cond Corp por el observador 1 y las medidas a campo del observador experimentado (24/04/2014). ....	25
7. Distribución de calificaciones tomadas a campo y con el cond Corp por el observador 1 y las calificaciones a campo del observador experimentado (24/04/2014). ....	26
8. Distribución de calificaciones tomadas a campo y con el cond Corp por el observador 1 y las calificaciones a campo del observador experimentado. ...	27
9. Distribución de medidas tomadas a campo y con el cond Corp por el observador 1 y las medidas a campo del observador experimentado.....	28

10. Distribución de las calificaciones tomadas a campo y con el cond_corp por el observador 1 y las calificaciones a campo del observador experimentado.....	29
11. Distribución de medidas tomadas a campo y con el cond_corp por el observador 2 y las medidas a campo del observador experimentado realizadas el 24/10/2014.....	30

## 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).

Hasta la década de 1970, no había ninguna medida simple de las reservas energéticas de una vaca (Stockdale, 2001). El peso corporal por sí solo no era un buen indicador de las reservas corporales porque las vacas de un mismo peso pueden tener un frame distinto, Gibb et al. (1992), Andrew et al. (1994), encontraron que las reservas de energía variaban hasta en un 40% en vacas de pesos corporales similares, destacando la inutilidad y la inexactitud de depender del peso corporal por sí solo como un índice de la condición de la vaca.

Wright y Russel (1984) reportaron una relación positiva fuerte ( $r^2 = 0,86$ ) entre condición corporal (por palpación y evaluación visual) y la proporción de grasa disecada físicamente en vacas frisonas. A partir de esto se puede decir que la evaluación visual o táctil de la condición de la vaca proporciona una buena evaluación de las reservas de grasa del cuerpo, ignorando o minimizando la influencia de tamaño y contenido intestinal.

Todas las escalas que se han confeccionado para la adjudicación de puntaje según el estado de animal están basados en el mismo principio: el de estimar la mayor o menor cantidad de tejido graso.

Desde el punto de vista del manejo del rodeo de cría, hay 3 momentos claves del año en los que se debe clasificar los vientres en diferentes grupos según su estado corporal para alimentarlos en función del mismo: en el otoño (antes de la entrada al invierno), dos meses antes de la parición e inmediatamente posparto, antes del comienzo del entore. El estado corporal de

los vientres en el rodeo debe fluctuar entre los puntajes 4, 5 y 6, dependiendo del momento del año, de su estado fisiológico y de su edad (Rovira, 1973).

La eficiencia reproductiva de los rodeos de cría en Uruguay, influye directamente en la producción de carne del país. La necesidad de obtener buenas eficiencias reproductivas en los rodeos de cría está basada en satisfacer los requerimientos de las vacas en las etapas críticas de su ciclo reproductivo.

Según datos provenientes del INIA, el índice de preñez varía de la siguiente forma: CC 3, preñez de 40-50%, CC 4 preñez entre 60 a 70% y con CC de 5 la preñez se encuentra entre 80 a 90% (Scaglia, 1997)

El concepto de asociar el estado corporal de los vientres con su probable nivel de fertilidad es tan viejo como la propia explotación ganadera. Los criadores son conscientes de esta relación, pero en la práctica muchas veces no le dan la suficiente importancia, apostando a obtener resultados compensatorios con vientres sin presentar el estado adecuado. Es decir, se conoce la herramienta pero no se maneja adecuadamente (Rovira, 1973).

La correcta utilización de la herramienta está condicionada por el número de observadores entrenados. Es importante, al implementar un sistema de clasificación por condición corporal, realizar un periódico y cuidadoso entrenamiento del observador a fin de estandarizar la escala (Vizcarra et al., 1987). Asimismo se debería lograr independizar la medida de la condición corporal del observador y mediante métodos igualmente sencillos pero objetivos, implementar masivamente en todos los establecimientos ganaderos del país.

En los últimos años se han desarrollado varias líneas de investigación intentando abordar el problema desde distintos enfoques (Krukowski 2009, Bercovich et al. 2012, Halachmi et al. 2013).

Sin embargo, la objetivización de la determinación de la condición corporal aún no se ha resuelto completamente. A nivel nacional se han desarrollado métodos capaces de registrar 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 (Cancela et al. 2003, Arias et al. 2005, Bianculli et al. 2007).

Al momento no se han reportado sistemas totalmente automatizados que funcionen en establecimientos comerciales, pero se ha generado un programa informático (Arotxarena e Irazabal, 2014) para guiar al observador en el análisis e interpretación de imágenes fotográficas en el proceso de calificación del grado de condición corporal de los vientres de cría en la raza Hereford.

En el año 2013 en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Arotxarena e Irazabal comenzaron a trabajar en la automatización y objetivación de la Condición Corporal de un rodeo de cría Hereford. Tres observadores entrenados calificaron a campo la CC de un rodeo de 97 vacas de cría, y al mismo tiempo con una cámara fotográfica, se le sacó una fotografía de la parte posterior de las vacas (previamente se había elegido la mejor posición de la cámara para obtener la posición que mejor permita ver las partes de la vaca a considerar en la escala).

Por otro lado, para lograr la automatización y objetivación de esta medida, el Dr. Ing. Nicolás Pérez (Profesor adjunto del Polo Agroalimentario Agroindustrial de Paysandú) diseñó un programa informático que define la puntuación de cada vaca, comparando la foto con otras imágenes de animales con condición conocida. El procedimiento consiste en la comparación sucesiva de imágenes precalificadas por expertos con la imagen de la vaca cuya condición se desea conocer. El programa es denominado “cond\_corp”.

Arotxarena e Irazabal (2014) luego de la etapa de campo, utilizando las fotografías realizaban la condición corporal. Para la validación del software se utilizaron las fotografías del observador que resultó más preciso en la calificación a partir de las imágenes. Seleccionaron las fotos en las que no existieron diferencias entre la CC observada en el campo y a partir de imágenes calificadas en al menos dos de los tres observadores.

El trabajo siguió con la utilización del programa “cond\_corp” por 15 personas no entrenadas que calificaron a las vacas, para así poder cuantificar las diferencias entre la CC observada a campo y el resultado de CC arrojada por el programa.

Debido a que 13 de cada 15 clasificaciones de los resultados de CC determinados utilizando “cond\_corp”, tuvieron un error menor al 0,25 puntos

respecto de la CC observada a campo, es necesario seguir avanzando en la etapa de prueba de programa obtenido a fin de generar más resultados que permitan concluir de manera más precisa acerca del desempeño de la metodología propuesta y obtener un mayor banco de fotos para el análisis e interpretación.

No obstante, es necesario validar este programa mediante pruebas con muchos animales, para aumentar la base de datos del programa, así como la confiabilidad de los resultados.

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Validar el programa “cond\_corp” a través del seguimiento de la condición corporal del rodeo de cría Hereford de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni durante un ciclo de cría.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar si es posible determinar la condición corporal de un rodeo a partir de un observador inexperto a través del programa “cond\_corp”.
- Aumentar el banco de datos fotográficos de diferentes estados corporales del rodeo de cría Hereford.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 VALIDACIÓN DE TÉCNICAS

A partir del problema de la subjetividad en la medida de la condición corporal se busca mediante el presente trabajo la validación del software cond Corp. Para ello es que se revisaran los distintos métodos de validación.

Existen varias formas de definir a los procesos de validación. Las principales diferencias en las definiciones radican en las diversas áreas temáticas. Por ejemplo, según el Vocabulario de Términos Internacionales en Meteorología (VIM, 2008) la validación se define como la verificación de determinados parámetros de un método en la que los requisitos especificados para estos, demuestran que el método es idóneo para un uso previsto. Puede describirse como la acción documentada que demuestra que un procedimiento, proceso, equipo, material, actividad o sistema conduce realmente a los resultados previstos de acuerdo a la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica de Argentina (MSN, 1999). También la validación puede definirse como el proceso por el cual se demuestra que los procedimientos analíticos son aptos para el uso indicado.

#### 2.1.1 Parámetros utilizados en la validación

Para llegar a validar un método se deben utilizar ciertas mediciones estadísticas tales como promedio, desvío estándar, varianza, coeficiente de correlación, etc. los cuales ayudan a determinar si las mediciones se encuentran dentro de parámetros aceptables. A continuación se definen algunas de estas mediciones estadísticas:

Salvarrey (2000) adopta como definiciones de la media (también llamada promedio) a la *“suma de los valores dividido el número de valores. Si la media pertenece a una población se representa con la letra griega  $\mu$ , si pertenece a una muestra con el símbolo de la variable con una barra encima”*.

Según Orellana (2001) la desviación estándar mide cuán lejos se encuentran los datos de la media muestral. Un modo de medir la variabilidad de los datos de una muestra sería tomar algún valor central, por ejemplo la media, y calcular el promedio de las distancias a ella. Mientras mayor sea este

promedio, más dispersión deberían presentar los datos. Sin embargo, esta idea no resulta útil, ya que las observaciones que se encuentran a la derecha de la media tendrán distancias (o desviaciones) positivas, en tanto que las observaciones menores que la media tendrán distancias negativas y la suma de las distancias a la media será inevitablemente igual a cero. Un modo de evitar este inconveniente es elevar las distancias al cuadrado y de este modo tener todos sumandos positivos.

Este parámetro estadístico permite ver la dispersión de los datos obtenidos alrededor de la media/promedio muestral. Cuanto mayor sea este número, mayor será la distancia entre los valores máximos y mínimos obtenidos en los trabajos realizados, infiriendo que hay una gran variabilidad.

La varianza muestral puede pensarse como “promedio” de las distancias a la media al cuadrado. Sin embargo, la varianza no tiene las mismas unidades que los datos. Para salvar este inconveniente, definimos la desviación estándar muestral como la raíz cuadrada positiva de la varianza. También se define al coeficiente de correlación como el grado de asociación entre dos variables numéricas puede ser resumido en un estadístico denominado coeficiente de correlación. Presentaremos en primer lugar el coeficiente de correlación de Pearson, que mide el grado de asociación lineal entre dos variables y posteriormente un estadístico basado en rangos que estima la correlación sin hacer supuestos sobre el tipo de relación entre las variables (Orellana, 2001).

### 2.1.2 Métodos de validación

Para llegar a validar un experimento se deben seguir distintos métodos que dependen del tipo de experimento que se haya realizado, las cuales prueban o no la validación del mismo.

Como parte del proceso de validación de técnicas, métodos, programas, entre otros, se puede realizar pruebas de significancia como la prueba t-student o la prueba f-Fisher. No serán explicadas debido a que no serán usadas en este trabajo, al igual que muchos métodos de validación como la región crítica.

Una técnica de validación utilizada en la estadística es la exactitud, la cual según el manual del Codex Alimentarius (OMS y FAO, s.f.) se define como el grado de concordancia entre el resultado de un ensayo y el valor de referencia. El término “exactitud”, esta aplicado a un conjunto de resultados de un ensayo, y supone una combinación de componentes aleatorios y un

componente común de error sistemático o sesgo. Cuando se aplica a un método de ensayo, el término “exactitud” se refiere a una combinación de veracidad y precisión.

Cuanto más veraz y preciso sea un resultado analítico, es más exacto. La veracidad determina el grado de coincidencia existente entre el valor medio obtenido de una serie de resultados y un valor de referencia aceptado. La veracidad puede ser determinada por sesgo o recuperación.

Este sesgo es la diferencia entre la expectativa relativa a los resultados de un ensayo o una medición y el valor verdadero, es el error sistemático total en contraposición al error aleatorio (Duffau, 2010).

Para obtener valores estadísticos más precisos, es que la precisión se puede establecer en términos de repetibilidad y reproducibilidad. El grado de precisión se expresa habitualmente en términos de imprecisión y se calcula como el desvío estándar, anteriormente definido.

Debido a que la precisión se establece en esos términos, es que es necesario que se explique lo que la repetibilidad y reproducibilidad son. La primera es la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando bajo las mismas condiciones de medición. Donde estas condiciones son llamadas condiciones de repetibilidad, éstas incluyen: el mismo procedimiento de medición, el mismo observador, el mismo instrumento de medición utilizado bajo las mismas condiciones, el mismo lugar (MetAs y Meteorólogos Asociados, 2003). Dentro de este trabajo la repetibilidad valora la correlación entre los puntajes asignados por un mismo observador a un animal, en momentos diferentes.

La reproducibilidad es la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas mensurando bajo condiciones de medición que cambian. Donde una declaración válida de reproducibilidad requiere que se especifique la condición que cambia. Estas pueden incluir principios de medición, métodos de medición, observador, instrumento de medición, patrón de referencia, lugar, condiciones de uso y tiempo (MetAs y Meteorólogos Asociados, 2003). La reproductibilidad en el presente trabajo estaría indicando la correlación que existe entre el puntaje que asignan 2 observadores a un mismo animal.

### 2.1.3 Plan de validación

Se debe establecer un plan de validación, se entiende como plan de validación, a un documento (tipo protocolo) en el cual se definen previamente a la experiencia; las pruebas o parámetros de validación necesarios y el diseño experimental a desarrollar en base a los requerimientos del método.

Plan de validación:

- Alcance de la validación
- Diseño experimental
- Materiales para desarrollar la validación

Se deben desarrollar pruebas de parámetros de validación. Los resultados obtenidos en cada prueba deben ser debidamente registrados y almacenados.

Los ensayos o mediciones realizadas serán con el fin de poder realizar las siguientes pruebas de parámetros de validación: selectividad, linealidad, sensibilidad, límites, exactitud, precisión, robustez y aplicabilidad. Dentro del presente trabajo se trabaja únicamente con la exactitud y precisión.

Luego se deben evaluar los resultados de la validación para cada parámetro si los resultados de la prueba son satisfactorios. Si cumplen con los criterios de aceptabilidad establecidos en el plan, se considera aceptable (Duffau, 2010).

## 2.2 EJEMPLOS DE VALIDACIÓN EN EL ÁREA AGRONÓMICA

Los modelos de simulación agronómica son herramientas que integran información, y que permiten analizar y cuantificar las relaciones existentes entre los factores mencionados y sus efectos como componentes del sistema. Como consecuencia permiten evaluar diferentes planteos productivos, o analizar un factor manteniendo los otros constantes, por ejemplo la variación del rendimiento por efecto del clima sin modificar el manejo, el genotipo y el suelo.

Numerosos modelos han sido desarrollados por diferentes grupos de trabajo y cada uno de ellos tiene fortalezas y debilidades para predecir las variables de respuesta. Es por ello necesario validar los modelos en los ambientes en donde se los utilizará.

### 2.2.1 Validación del modelo CERES para fertilización nitrogenada en trigo

Un ejemplo de esto es el uso del modelo de simulación CERES desarrollado como herramienta en el diagnóstico de la fertilización nitrogenada en trigo.

El rendimiento de trigo es la resultante de las interacciones que existen entre el cultivar, el ambiente edáfico, las variables climáticas y su manejo.

Los modelos de la familia CERES han probado su aptitud para ser utilizados en regiones de la Argentina en cultivos como maíz o cebada. El modelo CERES trigo, que simula el cultivo de trigo, ha sido validado en Argentina en condiciones experimentales y de producción en el Norte de Buenos Aires, SE de la provincia de Córdoba y SO de la provincia de Buenos Aires.

Para lograr la validación del modelo CERES para la fertilización nitrogenada en trigo se realizó un análisis de 62 situaciones de cultivo sembradas, todas manejadas de la misma forma, con la misma variedad sobre suelos representativos del área con diferentes niveles de fertilidad nitrogenada durante 3 años.

Se utilizaron datos del INTA, de la facultad de Ciencias Agrarias de la UNR, y de pluviómetros de zonas cercanas para completar los datos del simulador.

Las simulaciones del modelo se contrastaron con la información proveniente de los lotes. Se evaluó la bondad del ajuste a través del  $r^2$  y el cuadrado medio del error residual.

Se observó una estrecha relación entre los valores relevados a campo y los simulados por el modelo CERES – Trigo en un amplio rango de condiciones ambientales. El 94% de la variación de los rendimientos observados fueron explicados por el modelo, poniendo en evidencia la escasa dispersión de los puntos alrededor de la relación 1:1 de ajuste óptimo.

Las simulaciones del comportamiento de los cultivos en cada escenario climático frente a distintos manejos de fertilización pusieron en evidencia la respuesta del cultivo a esta tecnología.

El modelo puso en evidencia distintas respuestas a la fertilización nitrogenada entre dos tipos de escenarios iniciales.

### 2.2.2 Validación de índices de cosecha para manzanas de bajos requerimientos de frío

El objetivo de este trabajo fue evaluar índices de cosecha en manzanos con bajos requerimientos de horas de frío. Bouzo y Gariglio (2013) utilizaron frutos provenientes de tres variedades de manzanos procedentes de cruzamientos realizados por IAPAR (Instituto Agronómico do Paraná Brasil). El experimento se realizó durante los años 2009 y 2010, y los frutos fueron cosechados en diferentes momentos iniciándose con tamaño final y color verde dominante. Midieron las siguientes variables: Índice de Almidón IA (adim.); Firmeza externa, F (N); y concentración de Sólidos Solubles Totales, SST (%).

La cosecha se inició durante la segunda quincena del mes de diciembre y finalizó a principios de febrero. Los frutos fueron cosechados cada siete días eligiéndose al azar en cada fecha 30 frutos por variedad en los cuales se midieron las variables anteriormente mencionadas

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el software INFOSTAT, versión 2008.

La concentración de SST se incrementó en el transcurso de la temporada de cosecha, aunque con una mayor dispersión de los datos con relación al tiempo que el IA. La firmeza (F) de los frutos disminuyó con el tiempo, resultando en el peor indicador de madurez y el de menor correlación con IA.

Aunque la correlación entre los índices estudiados fue baja, resultó más conveniente el uso combinado de la determinación de IA y SST (Bouzo y Gariglio, 2013).

### 2.2.3 Calibración y validación de un método de diagnóstico de fertilización nitrogenada en maíz para el sur de Córdoba (Argentina)

En el Departamento Río Cuarto (Argentina), elaboraron, calibraron y validaron un modelo de diagnóstico de la fertilización nitrogenada en maíz, *Zea mays*. La calibración se realizó entre 1994 y 1999, con 6 experimentos anuales. Entre 1999 y el 2002, se procedió a validar el modelo desarrollado. En la calibración se probaron 3 dosis fijas de nitrógeno y se empleó un diseño en bloques completos aleatorios con tres repeticiones. En la etapa de validación, se probó la dosis recomendada por el modelo contra un testigo sin fertilizar y el doble de la dosis recomendada. Finalmente se verificó el grado de ajuste entre valores observados y simulados del factor de mineralización de la materia

orgánica y del rendimiento. Al estado fenológico de V6, se encontraron ajustes aceptables entre la respuesta a la fertilización y la disponibilidad hídrica del perfil presentes en 100 cm y entre la respuesta y la disponibilidad de N-NO<sub>3</sub>-presentes en 40 cm del suelo. Con ello se elaboró el modelo de diagnóstico que al final de la etapa de validación arrojó un índice de coincidencia entre los valores observados y simulados para el rendimiento del cultivo.

#### 2.2.3.1 Etapa de validación

Con la información recopilada en la etapa de calibración, se procedió a confeccionar un modelo de diagnóstico de la fertilización nitrogenada en maíz. Para validar los resultados obtenidos por éste, se realizaron 8 ensayos de experimentación a campo durante las campañas 1999/2000, 2000/2001 y 2001/2002. Se amplió la zona dentro del departamento en esta etapa. En el estadio de V6, se realizaron los siguientes tratamientos: testigo sin fertilizar, dosis recomendada por el modelo de N (DR) y el doble de la dosis recomendada de N (2DR). Como se asumió que los rendimientos del cultivo expresan la síntesis entre la oferta y demanda ambiental de N, se procedió a validar el modelo a partir de la producción de grano observada a campo y la simulada por el modelo. Además la validación se realizó a través del aporte de nitrógeno por parte del suelo vía mineralización, para ello y según el rendimiento de los testigos sin fertilizar, se determinó un factor de mineralización (FM) observado a campo. Esto fue luego validado con el FM simulado por el modelo (Espósito et al., 2006).

#### 2.2.4 Validación de la condición corporal

La evaluación visual y táctil de la condición animal proporciona una buena evaluación de las reservas de grasa del cuerpo, minimizando la influencia de tamaños de frame y los contenidos intestinales, no así, el peso corporal, el cual no es un buen indicador de las reservas corporales. Como la condición corporal es el reflejo de las reservas de grasa que lleva el animal, la capacidad de estimar con precisión la condición corporal y relacionarlo con la producción del animal ayudaría a los productores a aumentar la eficiencia global de la alimentación, la producción y la reproducción de los animales. Teniendo esto en cuenta, durante las últimas tres décadas, los métodos tradicionales, subjetivos, basados en la apreciación visual y del tacto para valorar las reservas corporales, se han pensado en la introducción de sistemas de calificación más objetivos basados en la medición sobre ciertos puntos anatómicos del animal.

Alapati et al. (2010) observaron que no había diferencia en las puntuaciones asignadas en diversas zonas lumbares en cuanto a la cantidad de reservas de grasa en todos los animales examinados.

La precisión del nuevo sistema de puntuación de la condición corporal fue probada por Alapati et al. (2010) en 10 búfalos para cada punto de la escala (1-5) por mediciones ecográficas de las reservas de grasa del cuerpo. La condición corporal y las mediciones ecográficas fueron obtenidas de forma independiente para los mismos búfalos en el mismo día. Fue utilizada una máquina de ultrasonido y se midió el espesor de grasa subcutánea en los puntos del búfalo utilizados para la evaluación del estado físico.

El análisis de la varianza (ANOVA) se utilizó para estudiar las variaciones en el espesor de grasa de la canal en varios puntos, y también las variaciones en las reservas de grasa ultrasonográficas con la condición corporal realizada mediante apreciación visual y entre diferentes grupos de condición corporal, para comparar los puntajes asignados a las reservas de grasa de la canal. Se comparó la relación entre las distintas condiciones corporales, la grasa de la canal y las reservas de grasa ultrasonográfica, resultando significativa con un nivel de significancia de 0.01. La condición corporal se evaluó en doscientos búfalos sobre una escala de 1 a 5 con incrementos de 0,25. La nueva tabla válida tiene una escala de 1 a 5 con incrementos de 0,5 que examinan 8 puntos del búfalo. Distintos puntajes de condición corporal fueron asignados a la misma manada de doscientos búfalos siguiendo la nueva tabla. La media evaluada utilizando incrementos de 0,25 y 0,5 estuvieron significativamente ( $p < 0,01$ ) correlacionadas ( $r = 0,81$ ). Por otra parte, no hubo diferencia apreciable en la cantidad de reservas de grasa cuando se utilizaron incrementos de 0,25 en comparación con incrementos de 0,5. Por lo tanto, el sistema de condición corporal con una escala de 1 a 5 usando incrementos de 0,5 que examinaron ocho puntos se encontró que era válida, adecuada y precisa (Alapati et al., 2010).

### 2.3 CONSIDERACIONES

Según lo observado en diferentes trabajos ( $r^2 = 0,80$  (Ferguson, 2006),  $r^2 = 0,90$  (Alapati et al., 2010),  $r^2 = 0,89$  (Bewley et al., 2008),  $r^2 = 0,88$  (Negretti et al., 2008) se tomaría 0,80 como valor de correlación mínimo entre la medición tomada a campo por el observador experimentado (valor de referencia) y la realizada en la computadora por los observadores sin entrenamiento para la validación del programa `cond Corp`. Además de la correlación también es importante tener una precisión aceptable que también según lo observado se lograría con 200 observaciones aproximadamente, al aumentar el número de las mismas aumentaría la precisión. Otro punto a tener en cuenta es que por lo menos un 80% de las calificaciones otorgadas por el programa deberán tener una diferencia de no más de 0,25 puntos entre los distintos observadores.

## 2.4 HIPÓTESIS

- Es posible validar el programa “cond\_corp” el cual califica el grado de CC a partir de la observación de imágenes.
- El programa funcionará para observadores inexpertos y expertos.
- Se aumentará la base de datos de imágenes de diferente estado corporal del rodeo de cría Hereford.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

##### 3.1.1 Lugar y período experimental

El trabajo se realizó en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, en Paysandú, entre el 23 de abril y el 24 de octubre de 2014.

##### 3.1.2 Observadores

La condición corporal (CC) de cada vaca del rodeo fue registrada por 3 observadores (1 experimentado y 2 sin experiencia). Para la clasificación se utilizó la escala de apreciación visual de 8 puntos validada por Vizcarra et al. (1986) para la raza Hereford del Uruguay.

##### 3.1.3 Animales

Se utilizaron 135 vacas de cría de la raza Hereford del rodeo de la EEMAC, el cual se alimentó a pastoreo de campo natural.

##### 3.1.4 Equipos

Las imágenes fotográficas se capturaron mediante una cámara Sony Cybershot Exmor-R de 16,2 MP. Se trabajó en el modo mascota asumiendo una posición fija para su toma.

#### 3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

##### 3.2.1 Toma de imágenes y asignación de la CC

Las imágenes se tomaron en las mangas de la EEMAC. Se utilizó un cajón fijo con el fin de mantener a los animales relativamente inmóviles, colocando la cámara en una posición fija (previamente definida por Arotxarena e Irazabal, 2014).

Cada observador (1 experto y 2 inexpertos) clasificó según su criterio a cada vaca en el estado corporal correspondiente.

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

La primera se realizó el 23 de abril del 2014 (primer tercio de gestación), se trabajó con 135 vacas.

La segunda se realizó el 20 de junio del 2014 (segundo tercio de gestación), se trabajó con 58 vacas.

La tercera se realizó el 24 de octubre del 2014 (último tercio de gestación), se trabajó con 106 vacas.

Para las tres etapas se utilizó la altura, distancia y ángulo establecidos por Arotxarena e Irazabal en su tesis. Las fotografías fueron tomadas a 1,75 cm de altura y a 1,25 cm de distancia con un ángulo de 54°.

En las diferentes etapas se utilizaron diferentes aumentos, en la primera x2,0; en la segunda x2,2 y en la tercera x2,2.

En forma independiente, cada observador clasificó la CC, contando con la referencia de la cartilla de CC para ganado Hereford. Se les pidió a los observadores que clasificaran con una apreciación de 0.25 puntos de CC. Al final de cada etapa los observadores entregaron la hoja con los resultados de la clasificación.

### 3.2.2 Análisis de escritorio

Primero se instaló en cada una de las computadoras de los observadores el programa MATLAB® (versión R 2012 b), necesario para la ejecución del “cond\_corp”, desarrollado y calibrado por Arotxarena e Irazabal (2014).

Luego se procedió a asignar a cada una de las imágenes con sus respectivos números de caravanas en las diferentes mediciones. Con las imágenes clasificadas se pasó a ejecutar el programa “cond\_corp”, asignándole a cada foto una CC otorgada por el programa sin saber cuál había sido la CC asignada por cada uno en la fase a campo.

Se creó una planilla Excel en la que se le asignó a cada vaca por su número de caravana la CC asignada en el campo por cada observador junto con las CC otorgada por el “cond\_corp” también realizada por cada uno de los observadores. Los datos fueron analizados mediante test de correlación entre

observadores inexpertos y expertos vs experto, durante las fases de campo y escritorio.

### 3.2.2.1 Descripción del programa

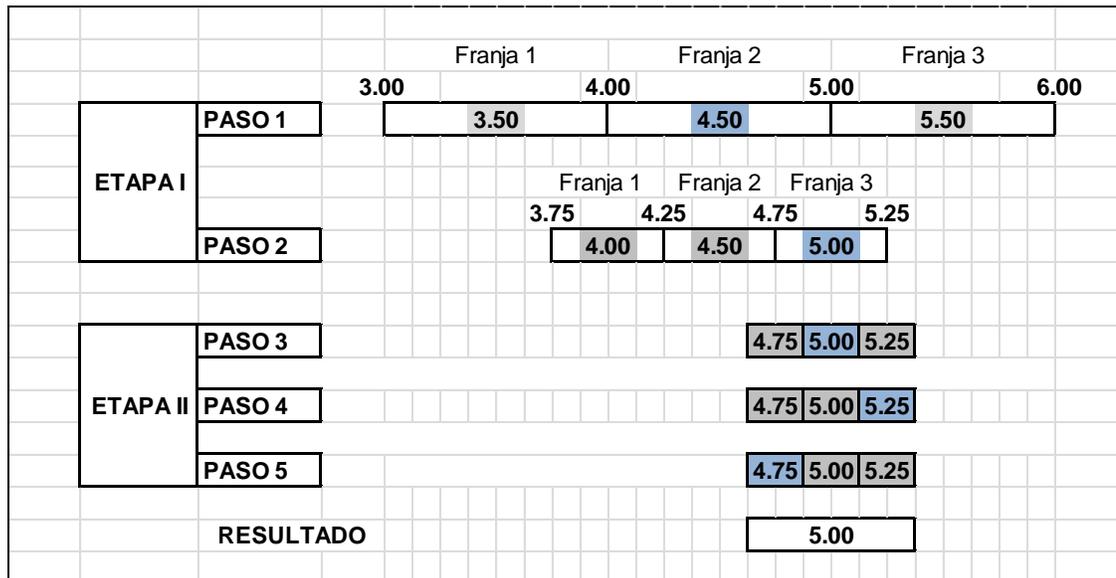
El cond Corp consiste en una serie de rutinas que permiten; la selección de las imágenes a calificar y selección de la base de imágenes de referencia para la calificación. El programa principal muestra una interfaz de usuario donde se realiza dicha selección de imágenes y habilita los pasos de calificación guardando los resultados.

El programa se basa en la comparación de la imagen de la vaca que se desea evaluar con un banco de datos fotográfico de vacas con diferentes estados corporales. Este banco de datos fotográfico se denominó base de imágenes (BI). La BI está constituida por una serie de fotos patrón que se encuentran calificadas por los observadores expertos.

Lo primero que se debe realizar es la elección de la base de imágenes (BI) a utilizar. Luego se selecciona la imagen de la vaca que el usuario desea evaluar, identificada previamente por su número de caravana. El proceso de calificación está basado en la selección de la imagen semejante a la vaca evaluada 5 veces sucesivamente.

En la figura 1 se esquematiza el proceso de calificación, mostrándose las opciones que se le presentarían al usuario en las sucesivas etapas. En este ejemplo se asume que se está trabajando con una BI de 3 a 6 en la escala de CC y que se quiere clasificar una vaca con una CC = 5. Las celdas grises indican las diferentes opciones disponibles y las azules representan los posibles valores que el usuario podría haber elegido en cada paso.

Figura No. 1. 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 las imágenes que se muestran son 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 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

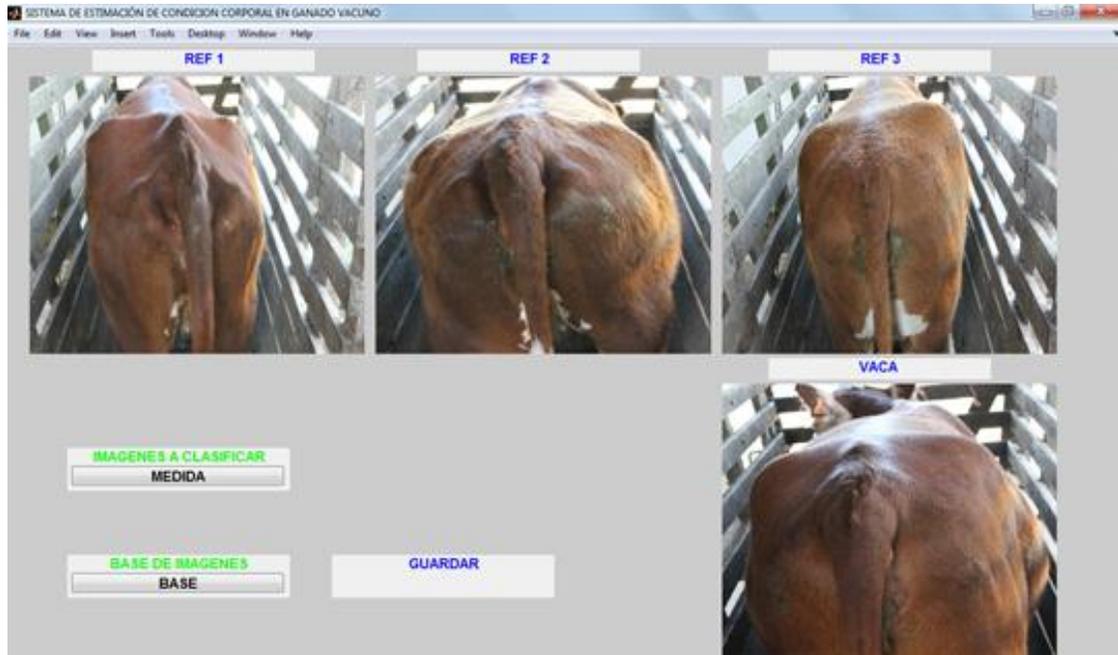
seleccionadas en estos 3 últimos pasos se promedian y se arroja el resultado final. Solamente es posible guardar el resultado si se completan los 5 pasos del proceso.

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.

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.

En la figura 2 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. 2. Imagen de la pantalla de cond\_corp en el paso 1.



#### 4. RESULTADOS

En el cuadro 1 se presentan las medias en las diferentes mediciones para los distintos observadores, mediante apreciación visual. Se analizarán estos datos aunque su valor es muy relativo.

Cuadro No.1. Medias de la CC realizada a campo mediante apreciación visual para los distintos observadores.

	Medición 1	Medición 2	Medición 3
Obs. Exp.	4,26	4,18	3,71
Obs. 1	5,02	4,31	3,41
Obs. 2		4,51	3,73
Obs. 3	4,88		

En la primera medida los observadores inexpertos difirieron considerablemente del observador experimentado, sin embargo entre ellos esta diferencia fue inferior.

En las medidas 2 y 3 se apreció una mayor similitud entre los tres observadores, esto se puede deber a un mayor entrenamiento adquirido por los observadores inexpertos en la medida que el trabajo avanzaba.

En la primera medición las correlaciones entre las calificaciones otorgadas a nivel de campo fueron de magnitud media entre todos los observadores, siendo 0,54 entre el observador 1 y 3 (inexpertos), en tanto se alcanzaron valores de 0,63 y 0,55 entre el observador experto y los observadores 1 y 3 respectivamente.

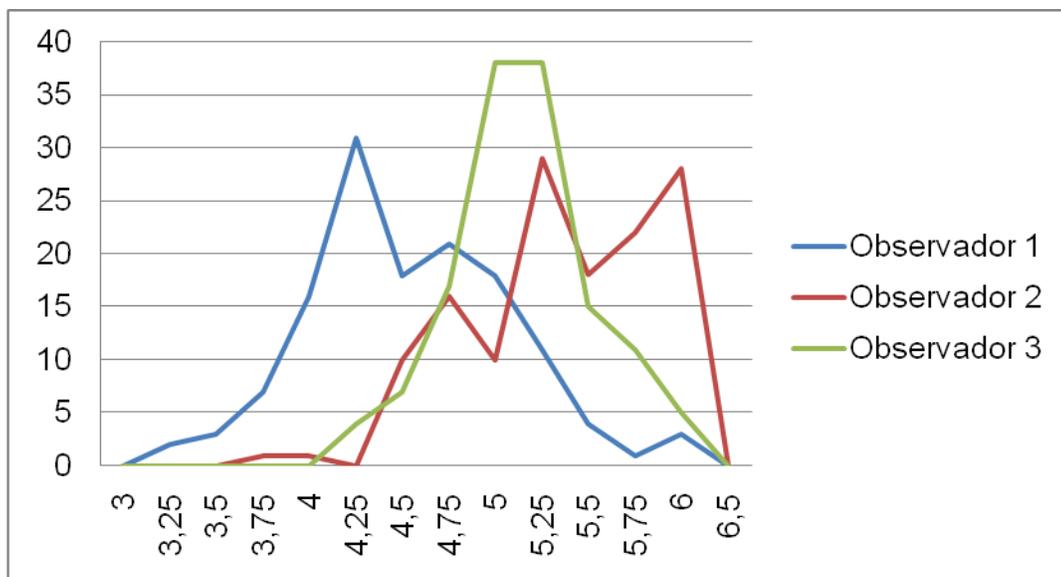
En la medición 2 las correlaciones de las CC realizadas a campo fueron entre el observador 1 y 2 de 0,7 y entre el observador experto y los observadores 1 y 2 fueron de 0,65 y 0,45 respectivamente.

En referencia a las correlaciones de la tercer medición realizadas mediante apreciación visual se puede observar una clara mejoría de los observadores inexpertos con respecto al observador entrenado, apreciándose correlaciones altas las cuales fueron entre los observadores 1 y 2 de 0,74 y entre el observador experimentado y los observadores mencionados

anteriormente fue de 0,75 con el 1 y 0,79 con el 2. Esto puede deberse al repetido ejercicio de otorgar CC a campo llevó al entrenamiento de los observadores inexpertos.

En la figura 3 se presenta la distribución de las calificaciones realizadas en el programa cond\_corp por los tres observadores no experimentados en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”.

Figura No. 3. Distribución de las frecuencias de los diferentes puntos de la escala de condición corporal en la primera medición.



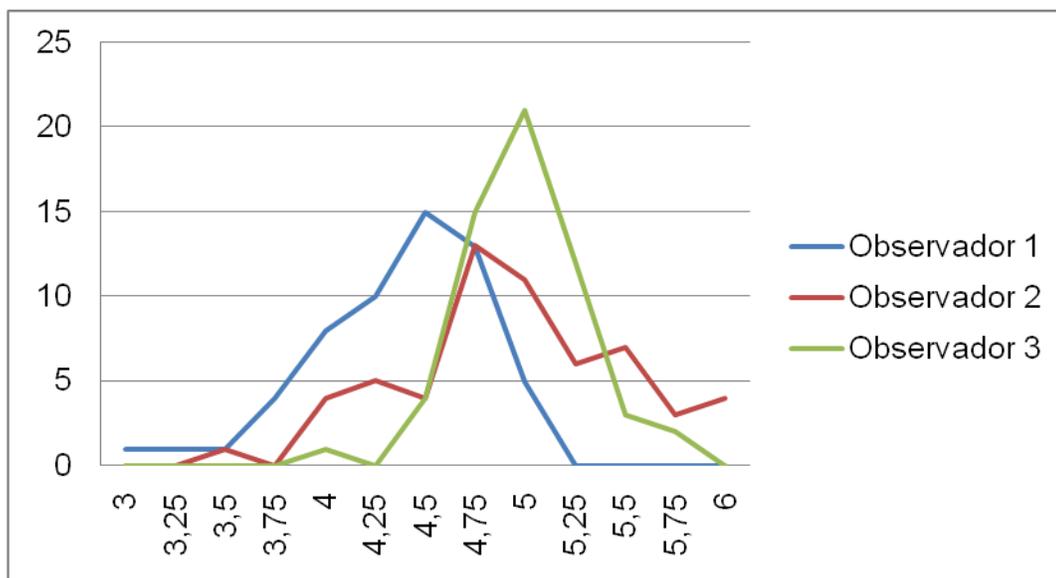
En la figura 3 se puede apreciar una distribución que se aproxima a una curva normal, en las calificaciones correspondientes a los observadores 1 y 3, esta distribución no dista de la esperada ya que en un mismo rodeo bajo las mismas condiciones todas las vacas tienden a tener el mismo estado. Por el contrario la curva resultante del observador 2 tiene una distribución que no se asemeja a una curva normal. Una causa de esto puede ser que la base de imágenes utilizada tenía como máxima CC 6.

Las medias difirieron entre los tres observadores, siendo 4,54, 5,37 y 5,14, respectivamente para los observadores 1, 2 y 3 con desvíos estándar de 0,55, 0,51 y 0,38 para los mismos respectivamente. Esta diferencia entre las medias es considerable la cual implica una dificultad para la validación del programa, porque la función del programa es otorgar una misma media independientemente del observador.

Las correlaciones de las mediciones realizadas en el escritorio entre los observadores fueron muy bajas (entre los observadores 1 y 2  $r = 0,26$ ; entre los observadores 1 y 3  $r = 0,24$ ; entre los observadores 2 y 3  $r = 0,48$ ). Apreciándose un mal funcionamiento del programa, ya que la función del programa es disminuir la subjetividad del proceso y que otorgue una misma CC para observadores expertos e inexpertos.

En la figura 4 se presentaran los datos de las CC realizadas con el cond\_corp por los mismos tres observadores durante la segunda medición.

Figura No. 4. Distribución de las frecuencias de los diferentes puntos de la escala de condición corporal en la segunda medición.



En esta figura se puede observar que las tres curvas tienen una distribución normal, algunas más aproximadas a esta distribución que las otras. Las medias fueron 4,37, 4,94 y 4,99 siendo sus desvíos estándar de 0,43, 0,57 y 0,31 para el observador 1, 2 y 3 respectivamente.

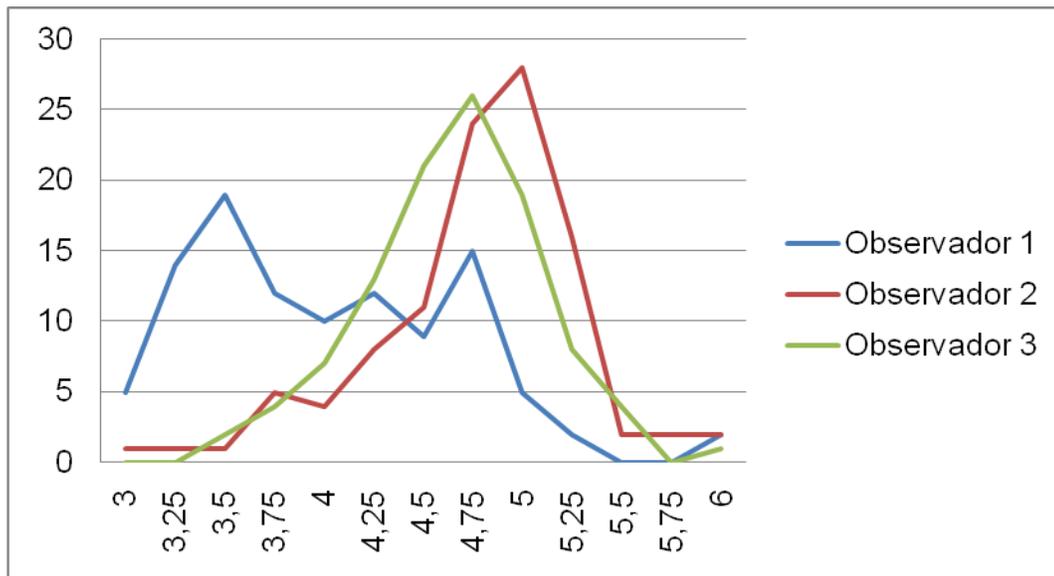
Los tres observadores obtuvieron una media menor a la de la medición anterior, esto podría ser a causa de que esta medición fue realizada en junio, mes en el cual debido a las condiciones de esta época del año se generan sistemáticamente déficits energéticos (Rovira, 1973).

En cuanto a las correlaciones entre las calificaciones realizadas mediante el cond\_corp se observó que aumentaron con respecto a la medida anterior, pero a pesar de este aumento siguen siendo bajas (entre los

observadores 1 y 2  $r = 0,4$ ; entre los observadores 1 y 3  $r = 0,39$ ; entre observadores 2 y 3  $r = 0,58$ ).

En la siguiente figura se presenta la distribución de las calificaciones realizadas por los tres observadores en la tercera medición.

Figura No. 5. Distribución de las frecuencias de los diferentes puntos de la escala de condición corporal en la tercera medición.



En la figura anterior se puede observar que las curvas de distribución del observador 2 y 3 se aproximan a una normal mientras que la del observador 1 no. Las medias en este caso fueron las menores para cada uno de los observadores de todas las mediciones, esto podría ser causa de que una gran parte de las vacas están recién paridas y no tuvieron el tiempo suficiente para recuperar la pérdida que se da durante el último tercio de gestación durante el invierno, a pesar de tener una buena oferta de forraje en la primavera (Rovira, 1973).

Las medias para el observador 1, 2 y 3 fueron 4,02, 4,77 y 4,65 siendo sus desvíos estándar de 0,66, 0,53 y 0,46 respectivamente.

En cuanto a las correlaciones entre las calificaciones de escritorio de los observadores fueron mayores que las de las mediciones anteriores (entre los observadores 1 y 2  $r = 0,47$ ; entre los observadores 1 y 3  $r = 0,64$ ; entre los

observadores 2 y 3  $r = 0,64$ ), pudiendo esto ser una consecuencia del entrenamiento de los observadores en el uso del programa.

En el cuadro 2 se presentan las correlaciones de las calificaciones entre los observadores inexpertos para todas las mediciones mediante la utilización del cond Corp.

Cuadro No. 2. Correlación de las calificaciones de los observadores inexpertos utilizando el cond Corp, en todas las mediciones.

Obs. 1 - Obs. 2	0,46
Obs. 1 - Obs. 3	0,54
Obs. 2 - Obs. 3	0,65

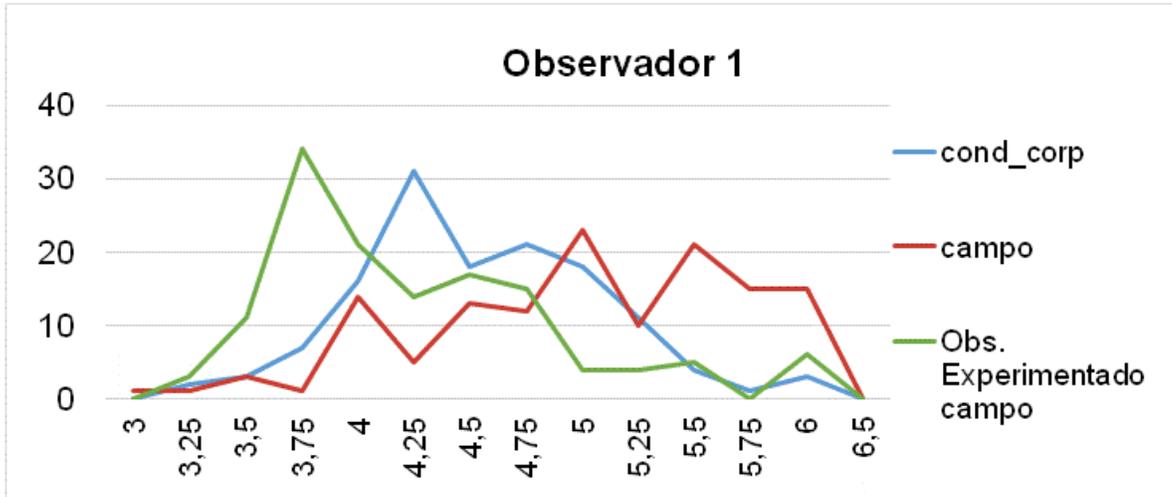
Obs. = Observador

En el cuadro 2 se puede observar que las correlaciones de todas las mediciones entre las calificaciones de los observadores inexpertos fueron medias a bajas, lo que indica un mal funcionamiento del programa, ya que éste debería arrojar resultados que estén fuertemente correlacionados entre los distintos observadores.

#### 4.1 COMPARACIÓN MEDIDA A CAMPO Y MEDIDA DEL PROGRAMA

En la figura 6 se presenta la comparación de las mediciones realizadas a campo mediante apreciación visual y usando el cond Corp del observador uno en contraste con las medidas a campo del observador experimentado.

Figura No. 6. Distribución de medidas tomadas a campo y mediante el cond\_corp por el observador 1 y las medidas a campo del observador experimentado (24/04/2014).

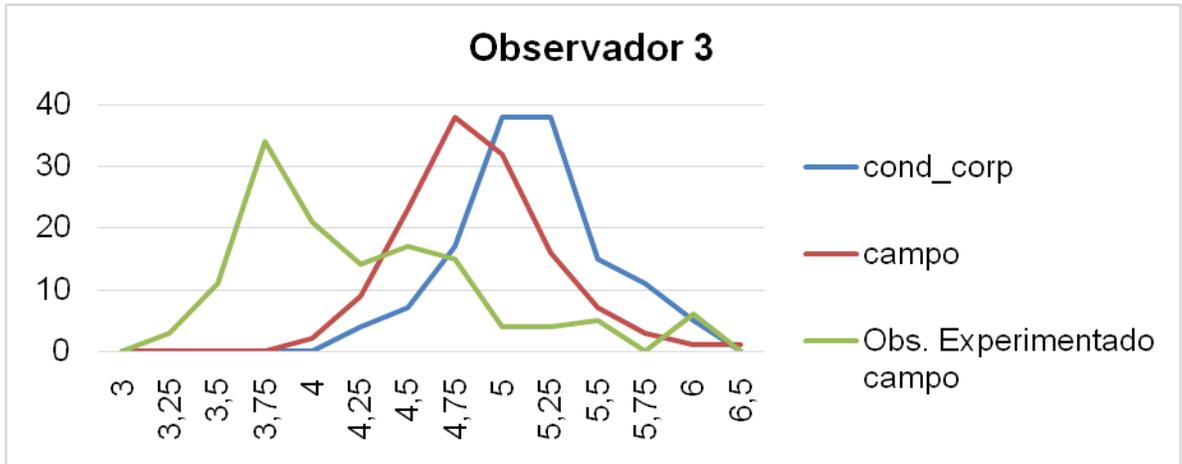


En el gráfico las mediciones realizadas a campo no presentan una distribución normal, por el contrario las calificaciones realizadas mediante el programa si presenta este tipo de distribución. A su vez la media de las CC otorgadas por el cond\_corp es menor que la media realizada mediante apreciación visual por el observador 1 (4,54 y 5,02 respectivamente), y el desvío estándar también es mayor en la medición a campo que en la del programa (0,7 y 0,55 respectivamente). Esto se ve reflejado en una baja correlación entre estas mediciones (entre el observador 1 en el campo y el observador 1 en el escritorio  $r = 0,28$ ).

Las calificaciones mediante la utilización del cond\_corp tuvieron un leve acercamiento de la media con respecto a la del observador experimentado a campo (media del observador experimentado 4,26). La correlación entre estas es muy baja (0,33) pero aumento un poco con respecto a la anterior (0,28).

En la figura 7 se presentan las CC realizadas a campo y mediante el cond\_corp del observador 3 en contraste con las calificaciones del observador experimentado a campo.

Figura No. 7. Distribución de calificaciones tomadas a campo y con el cond\_corp por el observador 1 y las calificaciones a campo del observador experimentado (24/04/2014).

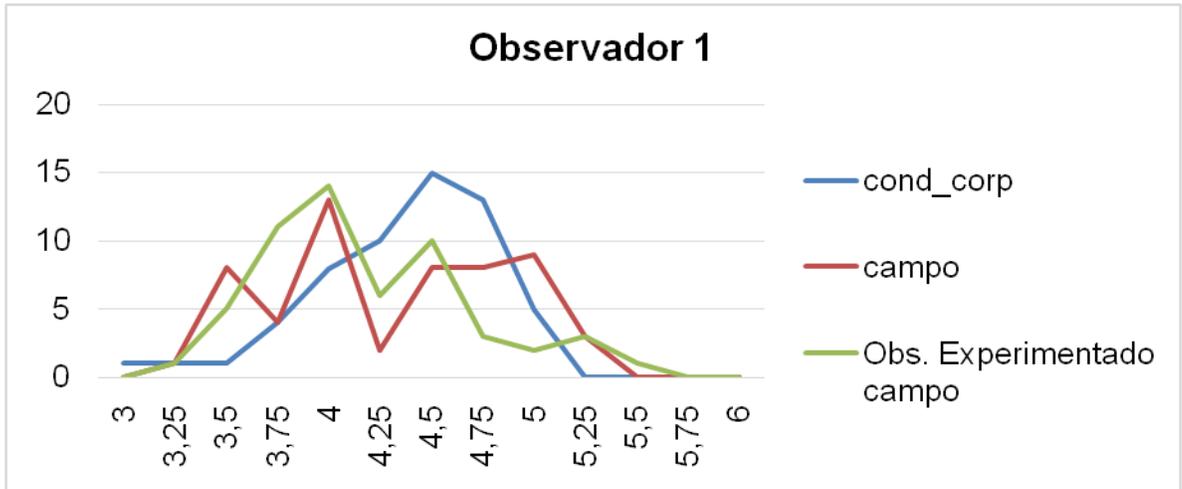


En la figura 7 se puede observar que ambas mediciones del observador 3 tuvieron una distribución normal muy similar entre sí. La diferencia más apreciable es que las calificaciones del programa estuvieron sesgadas hacia condiciones mayores resultando en una media mayor (cond\_corp 5,14 y a campo 4,88), el desvío estándar fue similar debido a su similar distribución (cond\_corp 0,38 y a campo 0,41). A pesar de esto la correlación entre estas es baja (0,31).

En este caso la medición mediante el programa se distanció más que las observaciones a campo, comparando con el observador experimentado (media observador experimentado 4,26). A pesar de esto al correlacionarse las calificaciones entre el observador experimentado a campo y el observador 3 aumentó a 0,48, aunque sigue siendo baja.

En la figura 8 se muestran las CC realizadas con el cond\_corp y a campo del observador 1 en comparación con las CC del observador experimentado a campo (20/06/2014).

Figura No. 8. Distribución de calificaciones tomadas a campo y con el cond\_corp por el observador 1 y las calificaciones a campo del observador experimentado.

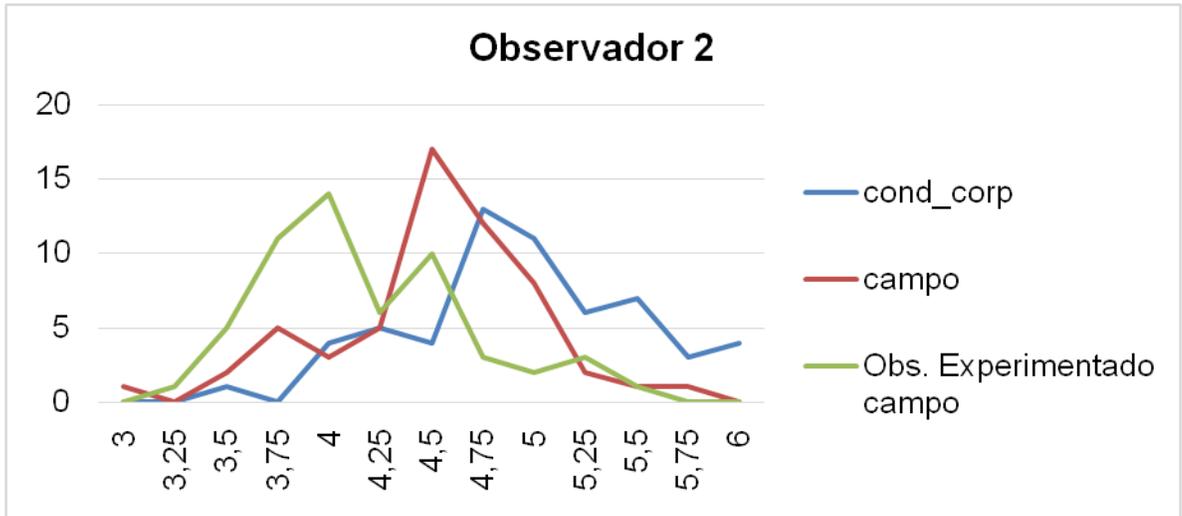


Se observó que las CC realizadas a campo no presentan una distribución normal al contrario de las calificaciones realizadas con el programa para el observador 1. A pesar de esto las medias son similares (cond\_corp 4,37 y a campo 4,31), y los desvíos estándar fueron mayores en la medición por apreciación visual que en la medición con el programa (0,57 y 0,43 respectivamente). La correlación entre las calificaciones a campo y en el escritorio fue baja (0,39).

La distribución de las calificaciones que dio el programa dista más del observador experimentado que la distribución de las calificaciones realizadas a campo (media observador experimentado 4,18). A pesar de esto la correlación entre las calificaciones del observador experimentado a campo y el observador 1 en el escritorio aumentó con respecto a la anterior, aunque sigue siendo baja (0,49).

En la siguiente figura se presentan las medidas realizadas con el cond\_corp y a campo del observador 2 en contraste con las mediciones del observador experimentado a campo (20/06/2014).

Figura No. 9. Distribución de medidas tomadas a campo y con el cond\_corp por el observador 1 y las medidas a campo del observador experimentado.

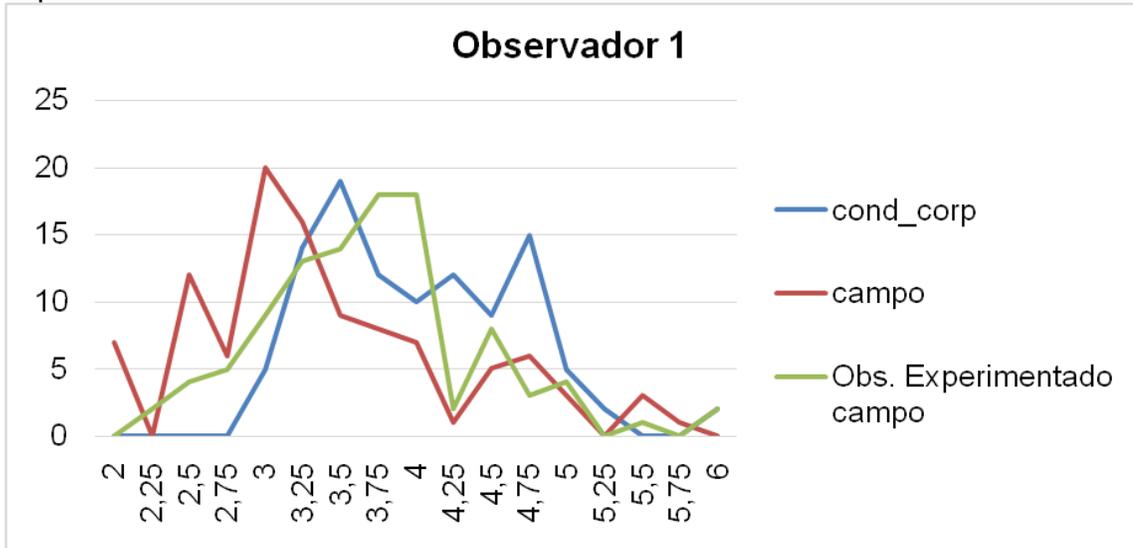


En la figura 9 se aprecia en las curvas del observador 2 una distribución similar presentando ambas una distribución normal con un leve sesgo de las mediciones realizadas con el programa hacia valores más altos. Esto se puede observar en las medias las cuales son 4,51 a campo y 4,94 con el cond\_corp y sus desvíos fueron similares siendo de 0,51 y 0,57 respectivamente. La correlación entre las calificaciones a campo y en el escritorio fue baja (0,25).

En comparación con el observador experimentado (media 4,18), las calificaciones del cond\_corp difirieron más que las mediciones a campo. La correlación entre el observador 2 mediante el cond\_corp y el observador experimentado a campo fue menor y muy baja (0,2).

En la figura 10 se presentan las CC realizadas mediante el cond\_corp y a campo del observador 1 en contraste con las CC del observador experimentado realizadas mediante apreciación visual (24/10/2014).

Figura No. 10. Distribución de las calificaciones tomadas a campo y con el cond Corp por el observador 1 y las calificaciones a campo del observador experimentado.

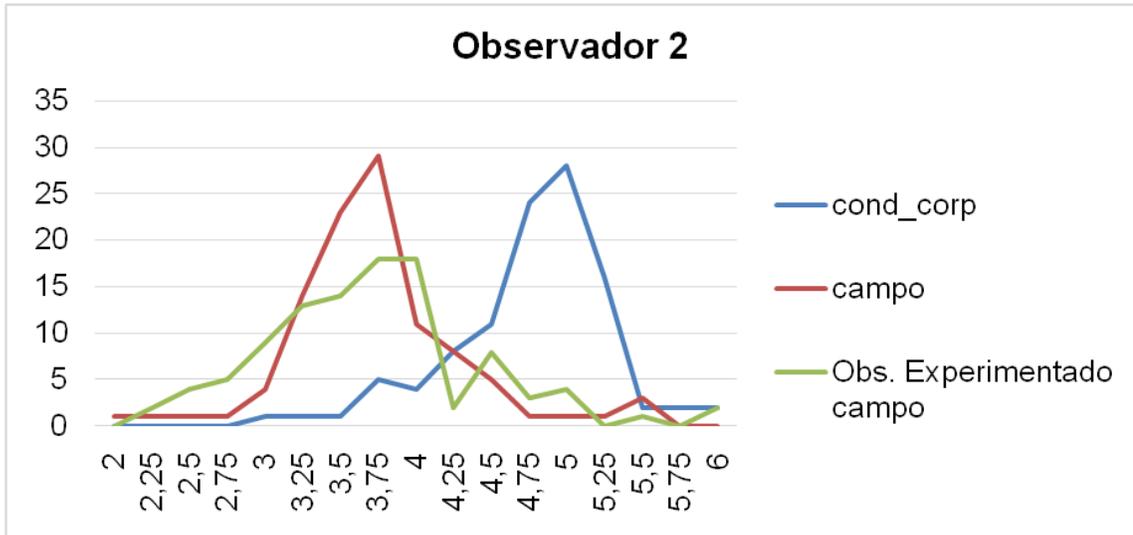


En la figura se puede observar que ninguna de las dos curvas del observador 1 se comporta de forma similar. Se encontró una diferencia considerable entre las medias las cuales fueron de 3,41 a campo y 4,02 con el programa y sus desvíos estándar también tuvieron diferencias significativas (0,87 y 0,66 respectivamente). La correlación entre las calificaciones del observador 1 a campo y mediante el cond Corp fue media-alta (0,71).

Comparando con el observador experimentado (media 3,71) las medias tuvieron la misma diferencia pero a campo siendo inferior y con el cond Corp superior. La correlación entre las CC del observador experimentado a campo y las del observador 1 en el escritorio fue media-alta también (0,74).

En la figura 11 se presenta la comparación de las mediciones realizadas a campo mediante apreciación visual y usando el cond Corp del observador 2 en comparación con las medidas a campo del observador experimentado.

Figura No. 11. Distribución de medidas tomadas a campo y con el cond\_corp por el observador 2 y las medidas a campo del observador experimentado realizada el 24/10/2014.



Las dos curvas del observador 2 tienen una distribución normal y se comportan de manera similar pero con un sesgo de las mediciones realizadas mediante el cond\_corp hacia valores mayores. Esto se ve reflejado en una diferencia entre las medias que fueron 3,73 a campo y 4,77 con el cond\_corp. Los desvíos estándar al tener un comportamiento similar fueron parecidos (0,58 y 0,53 respectivamente). La correlación entre estas dos variables fue mediana-baja (0,51).

Comparando con el observador experimentado (media 3,71) las mediciones del programa se alejan significativamente de las mismas. La correlación entre el observador experimentado a campo y el observador 2 mediante el programa fue menor a la anterior (0,44).

En el cuadro 3 se presentan las distintas correlaciones entre las condiciones de los observadores inexpertos y las condiciones del observador entrenado a campo en la primera medición.

Cuadro No. 3. Correlaciones entre las condiciones del observador experimentado a campo y las distintas calificaciones de los observadores inexpertos.

	Obs. 1 (Ca)	Obs. 3 (Ca)	Obs 1 (Esc)	Obs. 2 (Esc)	Obs. 3 (Esc)
Obs. E (Ca)	0,63	0,55	0,33	0,28	0,48

Obs.: Observador, Obs. E: Observador experimentado, (Ca): Medición realizada a campo mediante apreciación visual, (Esc): Medición realizada en el escritorio mediante el cond Corp.

En cuanto a las correlaciones entre los observadores inexpertos realizadas en el escritorio y el observador entrenado a campo se puede apreciar que fueron menores que las correlaciones campo-campo, lo que estaría indicando que el programa no se está ajustando bien, ya que la función del programa es la de objetivizar la medición otorgando una misma condición independientemente del observador.

En el cuadro 4 se exhiben las diferentes correlaciones entre las condiciones de los observadores inexpertos y las condiciones del observador entrenado a campo en la segunda medición.

Cuadro No. 4. Correlaciones entre las condiciones del observador experimentado a campo y las distintas calificaciones de los observadores inexpertos.

	Obs. 1 (Ca)	Obs. 2 (Ca)	Obs 1 (Esc)	Obs. 2 (Esc)	Obs. 3 (Esc)
Obs. E (Ca)	0,65	0,45	0,49	0,2	0,44

Obs.: Observador, Obs. E: Observador experimentado, (Ca): Medición realizada a campo mediante apreciación visual, (Esc): Medición realizada en el escritorio mediante el cond Corp.

Al igual que en la anterior medición se puede apreciar que las correlaciones entre las mediciones de escritorio de los observadores inexpertos y la medición del observador entrenado a campo fueron menores que las correlaciones campo-campo.

En el cuadro 5 se presentan las correlaciones entre las calificaciones de los observadores inexpertos con las calificaciones del observador entrenado a campo en la tercera medición.

Cuadro No. 5. Correlaciones entre las condiciones del observador experimentado a campo y las distintas calificaciones de los observadores inexpertos.

	Obs. 1 (Ca)	Obs. 2 (Ca)	Obs 1 (Esc)	Obs. 2 (Esc)	Obs. 3 (Esc)
Obs. E (Ca)	0,75	0,79	0,74	0,44	0,61

Obs.: Observador, Obs. E: Observador experimentado, (Ca): Medición realizada a campo mediante apreciación visual, (Esc): Medición realizada en el escritorio mediante el cond Corp.

En referencia a las correlaciones de las mediciones realizadas mediante apreciación visual se puede observar una clara mejoría de los observadores inexpertos con respecto al observador entrenado, apreciándose correlaciones altas. Esto puede deberse al repetido ejercicio de otorgar CC a campo llevó al entrenamiento de los observadores inexpertos.

Podemos ver que en las correlaciones entre las medidas de escritorio realizadas por los observadores inexpertos y las observaciones a campo del observador entrenado fueron menores que las recientemente mencionadas. A partir de esto podemos observar que en las tres mediciones el programa arroja resultados que distan más de los valores del observador entrenado a campo (valores de referencia) con respecto a las mediciones de estos observadores en el campo.

En el cuadro 6 se presentan las correlaciones de las calificaciones de los observadores inexpertos en el escritorio y el observador experimentado por apreciación visual.

Cuadro No. 6. Correlaciones entre las condiciones del observador experimentado a campo y de los observadores inexpertos utilizando el cond Corp en las tres mediciones.

Obs. E - Obs. 1	0,59
Obs. E - Obs. 2	0,42
Obs. E - Obs. 3	0,61

Obs. = Observador, Obs. E = Observador experimentado

En el cuadro 6 se observa que las correlaciones son de magnitudes bajas a medias lo que demuestra que el programa no estaría funcionando correctamente.

## 5. DISCUSIÓN

Observando las tres primeras gráficas se puede apreciar que las medias a pesar de que son medidas muy relativas, en algunos casos fueron similares como por ejemplo en la medida 2 entre el observador 2 y 3 aunque la distribución no parece asemejarse, y en la medida 3 también, entre el observador 2 y 3 se observó una media similar y en este caso también se pudo apreciar una distribución similar. Esto estaría indicando que el programa mediante la base de datos utilizada en cierta medida estaría funcionando correctamente ya que el objetivo del mismo es objetivizar la medición indiferentemente del observador y otorgar una misma clasificación (Arotxarena e Irazabal, 2014).

A su vez también se destaca que el observador 1 difirió en las tres medidas en la media y la distribución con respecto a los demás observadores, y en la medida 1 los tres observadores tuvieron resultados diferentes. Debido a esto es difícil lograr validar la base de datos ya que a pesar de que en algunos casos coincidan los resultados, esto no se da en todas las ocasiones (Arotxarena e Irazabal, 2014).

A partir de la observación de las gráficas 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se puede apreciar que de las 6 comparaciones entre las mediciones a campo y mediante la utilización del programa, con el observador experimentado en una ocasión la media del programa se acercó a la del observador experimentado, en cuatro ocasiones se diferenció más y en una tuvo la misma diferencia.

Estos resultados hacen que sea poco probable la validación del programa con la actual base de datos, puede deberse a que la base de datos utilizada no esté bien calibrada y no sea lo suficientemente amplia. Indicios de esto son que en todas las ocasiones la media del cond Corp fue superior a la media de la medición a campo por el observador experimentado, lo que indicaría que la calibración de la base de datos estaría sesgada hacia medidas de CC superiores. A pesar que datos como la media y el desvío son medidas muy relativas.

En cuanto a las correlaciones observadas se pudo apreciar que entre los resultados a campo de los observadores inexpertos comparados con los del observador experimentado fueron evolucionando positivamente demostrando

un mayor entrenamiento del ojo de los observadores sin experiencia (Rovira, 1973). Estas correlaciones variaron de valores medios a altos.

En referencia a las correlaciones entre los resultados de los observadores inexpertos otorgados por el cond Corp y los valores del observador experimentado a campo se pudo apreciar también una evolución positiva, lo que estaría reflejando un entrenamiento de los observadores en el uso del programa, aunque dichas correlaciones no llegaron a tener los valores mínimos necesarios para la validación (Ferguson 2006, Bewley et al. 2008, Negretti et al. 2008, Alapati et al. 2010).

Las correlaciones entre los datos de los observadores inexpertos usando el cond Corp tuvieron una evolución positiva también llegando a valores medios. Esto puede ser reflejo de lo explicado anteriormente, sobre el entrenamiento de los observadores.

También se vio una evolución entre la correlación de las medidas de un mismo observador a campo y utilizando el programa, lo cual estaría explicado por la mejoría que se dio en las observaciones debido al entrenamiento en apreciación visual y el uso del programa.

Esto estaría demostrando que para una correcta utilización del programa se necesitaría un entrenamiento previo, en la clasificación en el campo y en el uso del cond Corp. Si bien las correlaciones miden una asociación entre las variables no es posible apreciar la distancia entre estas ni por cuanto se está fallando.

## 5.1 ANÁLISIS BASE DE DATOS

Se encontró que la base de datos tiene varios problemas además de los resultados arrojados anteriormente.

Uno de ellos es que la base de fotos de ganado vacuno Hereford era muy reducida y tampoco se tenían distintas vacas de una misma condición corporal pero con distinto frame o edad, etc. para comparar.

Además las clasificaciones de condición corporal que se utilizan van hasta más de 6 y hasta menos que 3, pero con la base de datos utilizada no es posible dado que sus valores mínimos y máximos son 3 y 6 respectivamente. Vemos esto como una limitante en rodeos donde las vacas son muy heterogéneas.

## 5.2 ANÁLISIS PROGRAMA COND\_CORP

Además del análisis de la base de datos se realizó una pequeña evaluación o análisis de las ventajas y desventajas del mismo para así seguir perfeccionándolo. Ya que para llegar a validar el programa cond\_corp, no sólo se deben de encontrar las correlaciones necesarias entre realizar las condiciones con el programa y las mediciones de un observador experimentado, sino que este programa debe de ser sencillo y fácil de usar para lograr que cualquier productor agropecuario no tenga ningún problema al momento de utilizarlo. Es por esta razón que se va a realizar una pequeña evaluación o análisis de las ventajas y desventajas del mismo para así seguir perfeccionándolo.

### 5.2.1 Ventajas

Al ser un programa de computación, tiene como ventaja que no es necesario estar mirando la vaca o estar en el campo, por lo que le da una gran libertad al productor de realizar las condiciones cuando lo crea necesario.

Otra ventaja es que el productor puede poner la base de datos (fotos) que él crea más adecuada. Esto significa que si tiene un rodeo de cría de Aberdeen Angus o un rodeo con vacas cruza, puede poner como base de datos para comparar fotos de su mismo rodeo de cría, puede ser hasta para distintos momentos del año, según la oferta de forraje o según el estado fisiológico del rodeo. Por lo tanto esto es factible de realizar con cualquier otra raza y momento fisiológico.

Durante el uso del programa, la vaca a realizarle la condición es comparada con otras tres. Ninguna de esas tres fotos de otras vacas muestra la condición que realmente es, sólo se ve su foto. Por lo tanto se cree que esto es una ventaja, debido a que el individuo que está calificando no tiene una predisposición para ninguna condición.

El proceso de calificación de condición corporal de cada vaca es bastante rápido, debido a que la forma de calificar es comparando con otras fotos, con condiciones más altas o más bajas.

Cada foto ya clasificada se va guardando en una carpeta, donde el nombre de la foto es el número de caravana y la condición corporal de esa vaca.

Otra ventaja es que tiene una mayor objetividad en el proceso de la clasificación por condición corporal, ya que es realizado mediante un programa

y se comparan las distintas fotos de las vacas con muchas otras fotos, por lo tanto el usuario tiene varias referencias para calificar.

### 5.2.2 Desventajas

A su vez, dentro de las tres fotos que el programa muestra para que se compare, se encontró muchas veces fotos repetidas, la misma foto dos veces, y cada una de estas fotos calificaba distinto. Esto genera errores y confusiones de quien este clasificando si no se percata de eso.

La clasificación de condición corporal en el cond Corp se torna tediosa, debido a que cada foto debe ser “ingresada” en el cond Corp. Esto significa que luego de clasificar a una vaca, para ir a la siguiente debo de abrir la carpeta y seleccionar la vaca que yo quiera, perdiendo bastante tiempo. Creemos que si es posible, la mejor opción sería que luego de realizar la condición de una vaca y ser guardada pase a la siguiente foto automáticamente.

Otra desventaja encontrada a la hora de utilizar el programa es que al comenzar a clasificar una imagen, las fotos de referencia son las que quedaron de la anterior clasificación, por ejemplo si se clasifico una vaca de una CC elevada y luego se intenta clasificar una vaca de CC baja, se parte de tres fotos con CC elevadas.

## 6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados del análisis y de los objetivos planteados para validar el programa con la base de datos utilizada se puede concluir que con el conjunto de datos disponibles, no es suficiente para validar el programa. Debido a que no se llegó a los valores mínimos requeridos de correlación (0,8 vs 0,45) con una precisión alta. Tampoco se logró un 80% de las observaciones con una diferencia menor a 0,25 puntos entre las observaciones de campo y mediante el programa de un mismo observador.

Se observó también una clara mejoría de los observadores inexpertos en la utilización del programa y de las mediciones mediante apreciación visual reflejada en los resultados. Esto podría estar indicando que el programa requiere un entrenamiento previo para que funcione correctamente. Habría que realizar nuevos trabajos en los que se entrene previamente a los observadores en el uso del programa y de esta forma quizás llegar a la validación.

Además de los resultados analizados se pudo percatar la acotada base de datos, además de tener escasas fotos es muy general y no está clasificada según la edad de las vacas, la época del año, el estado fisiológico, etc. Se tendría que seguir realizando trabajos donde se estudie el programa con bases de datos más específicas y ver si de esta forma se logran mejores resultados.

## 7. RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el periodo comprendido entre el 23 de abril y el 24 de octubre de 2014 en la estación experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”. El objetivo del mismo fue el de evaluar la posibilidad de validar el programa “cond Corp” desarrollado para ser usado tanto por observadores experimentados como no experimentados. Además se buscó enriquecer la base de datos existente con nuevas imágenes. Se evaluó por apreciación visual la condición corporal y se fotografió a 299 vacas de cría de la raza Hereford. La evaluación a campo fue realizada por dos observadores inexpertos y un observador experto en tres momentos del año y las fotografías fueron tomadas desde la misma posición y en el mismo modo, procurando de que sean lo más homogéneas posible. 3 observadores inexpertos asignaron independientemente a cada fotografía una condición corporal a través del programa cond Corp. Los coeficientes de correlación entre las calificaciones del observador experimentado por apreciación visual (valores tomados como referencia) y las de los observadores inexpertos en el escritorio fueron de 0,59, 0,42 y 0,61 para los observadores 1, 2 y 3 respectivamente. Se observó una importante evolución de las correlaciones en las sucesivas mediciones lo que indica que es necesario un entrenamiento previo para el mejor funcionamiento del programa. Finalmente, no fue posible la validación del programa debido a las bajas correlaciones encontradas y a que más del 20% de las mediciones tuvieron una diferencia mayor a 0,25 puntos respecto de la CC observada a campo. Las bajas correlaciones no son evidencia suficiente de un mal funcionamiento del programa sino que puede deberse a la acotada e inespecífica base de datos utilizada.

Palabras clave: Condición corporal; Vacas Hereford; “cond Corp”.

## 8. SUMMARY

This work was done in the period between April 23 and October 24, 2014 at the experimental station "Dr. Mario A. Cassinoni ". Its objective was to evaluate the possibility of validating the "cond\_corp" program developed to be used by both experienced and non-experienced observers. It also sought to enrich the existing database with new images. It was evaluated by visual assessment of body condition and photographed to 299 Hereford breeding cows. The field evaluation was conducted by two inexperienced observers and an expert observer in three times of the year and the pictures were taken from the same position and in the same way, trying to make them as homogeneous as possible. Three inexperienced observers independently assigned to each photograph a body condition through the cond\_corp program. The correlation coefficients between the visual appreciation scores by the experienced observer (values taken as reference) and the scores of the inexperienced observers at the desk were 0.59, 0.42 and 0.61 for observer 1, 2 and 3 respectively. There was a significant evolution of correlations in successive measurements indicating that prior training for the better functioning of the program is needed. Finally, it was not possible to validate the program due to the low correlations found, also because more than 20% of the measurements had more difference than 0.25 points from the CC field observations. The low correlations are not sufficient evidence of a malfunction of the program, they may be due to the bounded and nonspecific database used.

Key words: Body condition score; Hereford cows; "cond\_corp"

## 8 BIBLIOGRAFÍA

1. Alapati, A.; Rao Kapa, S.; Jeepalyam, S.; Moorthy, S.; Reddy, K. 2010. Development of the body condition score system in Murrah buffaloes; validation through ultrasonic assessment of body fat reserves. (en línea). Journal of Veterinary Science. 11(1): 1-8. Consultado 5 dic. 2014. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4142/jvs.2010.11.1.1>
2. Andrew, S.; Waldo, D.; Erdman, R. 1994. Direct analysis of body composition of dairy cows at three physiological stages. (en línea). Journal of Dairy Science. 77(10): 3022-3033. Consultado 10 dic. 2014. Disponible en [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77244-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77244-1)
3. 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.
4. Arotxarena, A.; Irazabal, P. 2014. Clasificación guiada de imágenes para la determinación de la condición corporal en ganado Hereford. Tesis para Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 47 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](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. Bouzo, C.; Gariglio, N. 2013. Validación de índices de cosecha para manzanas de bajos requerimientos de frío. (en línea). Agrociencia (Montevideo). 17 (1): 74-80. Consultado 28 nov. 2014. Disponible en [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482013000100008&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482013000100008&script=sci_arttext&tlng=pt)
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. Castillo, B.; González, R. 1996. Protocolo de validación de métodos analíticos para la cuantificación de fármacos. Revista Cubana de Farmacia. 30 (1): s.p.
11. Duffau, B.; Rojas, F.; Guerrero, I.; Roa, L.; Rodriguez, L.; Soto, M.; Aguilera, M.; Sandoval, S. 2010. Validación de métodos y determinación de la incertidumbre de la medición; aspectos generales sobre validación de métodos. Santiago de Chile, s.e. 67 p. (Guía técnica no. 1).
12. Espósito, G.; Castillo, C.; Balboa, R. 2006. Calibración y validación de un método de diagnóstico de fertilización nitrogenada en maíz para el sur de Córdoba (Argentina). (en línea). Revista de Investigaciones Agropecuarias. 35 (3): 45-63. Consultado 7 dic. 2014. Disponible en <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210568.pdf>
13. Evans, D. G. 1978. The interpretation and analysis of subjective body condition scores. Animal Production. 26: 119-125.
14. Ferguson, J. D.; Azzaro, G.; Licitra, G. 2006. Body condition using digital images. Journal of Dairy Science. 89: 3833-3841.

15. Gibb, M. J.; Ivings, M. 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. (en línea). *Animal Production*. 55(03):339–360. Consultado 10 dic. 2014. Disponible en <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=7389460&fileId=S0003356100021036>
16. Halachmi, I.; Klopčič, M.; Polak, P.; Roberts, D. J.; Bewley, J. M. 2013. Automatic assessment of dairy cattle body condition score using thermal imaging. *Journal Computers and Electronics in Agriculture*. 99: 35-40.
17. Kastenmayer, P. 1997. Análisis de minerales y elementos traza en los alimentos; Validación de los métodos y de los datos analíticos. *In*: Morón, C.; Zacarías, I.; De Pablo, S. eds. *Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición*. Santiago de Chile, s.e. pp. 271-294.
18. Krukowski, M. 2009. Automatic determination of body condition score of dairy cows from 3D images. Thesis MSc. Stockholm, Sweden. KTH Computer Science and Communication. 89 p.
19. MetAs y Meteorólogos Asociados, MX. 2003. *Aplicación meteorológica de los Estudios r&R (Repetibilidad y Reproducibilidad)*. Jalisco, Guía MetAs. 4 p.
20. MSN. ANMAT (Ministerio de Salud de la Nación. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología médica, AR). 1999. *Guía de buenas prácticas de fabricación y control para productos fitoterápicos*. Buenos Aires. s.p.
21. Negretti, P.; Bianconi, G.; Bartocci, S.; Terramocchia, 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.

22. OMS; FAO (Organización Mundial de la Salud; Food and Agriculture Organization, IT). s.f. *Codex alimentarius; manual de procedimientos*. 19ª. ed. Roma. s.p.
23. 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).
24. Orellana, L. 2001. *Estadística descriptiva*. s.n.t. 63 p.
25. 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(9): 3076-3079.
26. Rovira, J. 1973. *Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo*. reimpr. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 336 p.
27. Salvagiotti, F.; Castellarín, J.; Pedrol, H.; Satorre, E. 2002. El modelo de simulación CERES como herramienta en el diagnóstico de la fertilización nitrogenada en trigo. (en línea). *Para Mejorar la Producción*. 19: 57-61. Consultado 30 nov. 2014. Disponible en [http://www.farmresearch.com/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/0E9F9C32FCB0A4B003256D050060ACAE/\\$file/Salvagiotti-Modelos+N+Trigo.pdf](http://www.farmresearch.com/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/0E9F9C32FCB0A4B003256D050060ACAE/$file/Salvagiotti-Modelos+N+Trigo.pdf)
28. Salvarrey, L. 2000. *Curso de estadística básica*. Salto, Universidad de la República. Regional Norte. 88 p.
29. Scaglia, G. 1997. *Nutrición y reproducción de la vaca de cría; uso de la condición corporal*. Montevideo, INIA. 14 p. (Serie Técnica no. 91).

30. Simeone, A.; Berreta, V. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. 118 p.
31. SNFA (Swedish National Food Administration, SWE). 2010. Diseño experimental del estudio de validación de métodos analíticos. Suecia. s.p.
32. Stockdale, C. R. 2001. Body condition at calving and the performance of dairy cows in early lactation under Australian conditions; a review. Australian Journal of Experimental Agriculture. 41:823-839.
33. VIM. 2008. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. s.n.t. s.p.
34. 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.
35. Wright, I. A.; Russel, A. J. F. 1984. Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows. Animal Production. 38 (01): 23-32.