

VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNA
NETOS DE CORNELL EN CONDICIONES TROPICALES

POR

EDUARDO GALO MORLACCHI

TESIS

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN

DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

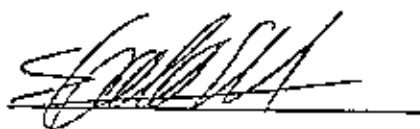
El Zamorano, Honduras
Diciembre, 1996

VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNA NETOS
DE CORNELL EN CONDICIONES TROPICALES

Por:

Eduardo Galo Morlacchi

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos del autor.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'E. Galo Morlacchi', written over a horizontal line.

Eduardo Galo Morlacchi

Diciembre, 1996

DEDICATORIA

A mi padre Ramón Galo Puerto, a mi madre Esterina Morlacchi de Galo, a mis hermanos Silvana, Ramón, Daniela, David, Deyni y Alejandrina, y a mis sobrinos, los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar siempre a mi lado y permitirme llegar hasta aquí.

A mis padres y hermanos por todo su amor, cariño y comprensión, sin ustedes no lo hubiera logrado.

A David y Gracia María por su apoyo incondicional.

Al Dr. Flores y Doña Gladys de Flores por sus valiosos consejos.

A la Ing. Ana María Girón por el tiempo dedicado.

A mis amigos Raquel Jean, Sarah Durán, Alejandro Pineda, Aldo Sinibaldí, Marfa Pía Gonzales por su apoyo, amistad sin igual y por los momentos compartidos, nunca los olvidaré.

A Hernán Barrón por su amistad y ayuda en momentos claves de mi tesis, gracias.

A Jaime Maradiaga por sus enseñanzas,

A Cristian Sierra, Rodolfo Mendoza, Francisco Posas y Hector Portillo.

A Don Amado Benavides.

A la colonia hondureña por darme siempre lo mejor de ustedes.

A todos por su ayuda y amistad durante estos cuatro años.

III

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE CUADROS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VI
	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	I
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Consumo voluntario.....	3
2.1.1 Composición química.....	4
2.1.2 Picado del forraje.....	5
2.1.3 Consumo de ensilajes.....	6
2.2 Suplementación.....	6
2.3 Estrés de calor.....	7
2.4 Sistema de Carbohidratos y Proteína Netos de Cornell.....	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1 Localización.....	9
3.2 Animales.....	9
3.3 Alimentación y tratamientos.....	9
3.4 Diseño experimental y colección de datos.....	11
3.5 Evaluación.....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
4.1 Consumo de materia seca.....	13
4.2 Consumo de materia orgánica digerible.....	14
4.3 Ganancia diaria de peso.....	15
4.4 Comparación de datos reales con los predichos por el CNCPS.....	17
5. CONCLUSIONES.....	20
6. RESUMEN.....	21
7. BIBLIOGRAFÍA.....	22

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Ingredientes del concentrado empleado como suplemento en la prueba de alimentación.....	10
2. Composición química y digestibilidad de la materia orgánica del ensilaje y del concentrado empleados en la alimentación de vaquillas.....	10
3. Diseño experimental empleado de dos cuadratos 3x3 balanceados en el experimento.....	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Consumo de MS total y del ensilaje en relación al peso vivo para los tres niveles de suplementación.....	14
2. Consumo de materia orgánica digerible total y del ensilaje en gramos por Kg de peso metabólico según el tratamiento.....	15
3. Consumo de materia orgánica digerible en gramos por Kg de peso metabólico para las épocas templada y cálida.....	15
4. Ganancia diaria de peso en Kg /animal /día según el tratamiento.....	16
5. Ganancia diaria de peso en Kg /animal /día para las épocas templada y cálida.....	17
6. Comparación entre datos de consumo de MS observados y predichos por el CNCPS para cada una de las observaciones individuales.....	18
7. Comparación de datos reales y predichos por el CNCPS para una dieta alta en forraje.....	19
8. Comparación de datos reales y predichos por el CNCPS para una dieta alta en concentrado.....	19

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
1. Temperaturas máximas, mínimas y promedio por periodo de recolección de datos.....	25
2. Curva de fermentación del ensilaje de sorgo.....	26
3. Curva de fermentación del concentrado.....	27
4. Tabla de temperatura y humedad relativa para estimar estrés de calor en ganado lechero.....	28
5. Distribución de cuadrados medios para el análisis estadístico de las variables.....	29
6. Distribución de observaciones de consumo reales y predichas en Kg de MS/animal/día.....	30

1. Introducción

La creciente demanda de sistemas más eficientes de producción animal han llevado al desarrollo de modelos computarizados que permiten formulaciones más precisas y acordes a las variaciones individuales de los animales. Esto puede reducir los costos de alimentación y el desperdicio de proteína, con el consiguiente aumento en productividad

El Sistema de Carbohidratos y Proteína Netos de Cornell (CNCPS) es un modelo que puede predecir los requerimientos nutricionales y la forma más eficiente y económica de proveerlos. Es un instrumento útil en la predicción de ciertos aspectos del comportamiento animal, tales como el consumo de alimento y la producción de leche (Fox, 1991).

El CNCPS simula estrechamente el sistema biológico y la fisiología nutricional del ganado, para evaluar dietas bajo condiciones muy variables, de tipo de animal, manejo, alimentación y ambiente (Roseler, 1991).

Sin embargo este modelo requiere mas información que los programas tradicionales de formulación de raciones, tal como el fraccionamiento y grados de fermentabilidad de carbohidratos y protefnas y el consumo de materia seca(Stone y col, 1992).

Este modelo ha sido evaluado consistentemente en zonas templadas (USA) demostrando su capacidad para predecir con exactitud el desenvolvimiento animal; sin embargo, en el

trópico ha presentado problemas para detectar cambios en consumo en relación a la composición química de la dieta y la temperatura ambiental.

En Venezuela, los trabajos de simulación realizados por Nicholson y col. (1994) no pudieron determinar con precisión la capacidad predictiva del modelo en cuanto a consumo voluntario. En Zamorano, los estudios realizados para evaluar el CNCPS bajo condiciones de trópico se vieron afectados por un manejo inadecuado de la alimentación (Bonifasi, 1995; Coronado, 1995) puesto que las fuentes de forraje (pasto fresco) resultaron muy poco uniformes en calidad. Por su parte, Osorio (1995) tuvo dificultades para interpretar sus resultados, debido a que su experimento fue afectado por las variaciones en la temperatura ambiental. El CNCPS no pudo separar el efecto de la época, lo cual imposibilitó su aplicación adecuada.

En el presente trabajo se evaluó el CNCPS bajo condiciones más específicas, uniformizando la fuente de forraje (ensilaje de sorgo) y repitiendo el experimento en dos épocas, templada y cálida. El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad del CNCPS para predecir el consumo de materia seca bajo condiciones del trópico, teniendo en cuenta que el efecto de factores dietéticos y ambientales fue definido como fijo.

2- Revisión de Literatura

2.1- Consumo Voluntario

Consumo se define como la cantidad de materia seca (MS) ingerida en un día por un animal al que se le ofrece alimento *ad libitum* (Bonifasi, 1995). En condiciones de pastoreo esta habilidad de cosechar el forraje posiblemente se vea limitada por la accesibilidad, pero la cantidad consumida puede ser razonablemente considerada como consumo voluntario, siempre y cuando el área destinada para pastoreo sea adecuada para este propósito (Freer, 1981).

La cantidad de alimento que un animal puede consumir depende de diversos factores, entre los cuales se pueden mencionar su estado fisiológico, el clima, la digestibilidad y el tipo de alimento (Velez 1994).

La dieta de rumiantes contiene una gran cantidad de paredes celulares constituidas básicamente por carbohidratos estructurales que son lentamente digeridos. Esto hace que la dieta sea diluída, en el sentido de su contenido de sustancias nutricionales rápidamente disponibles, lo que a su vez limita el consumo voluntario debido básicamente a la capacidad de llenado y vaciado del rumen, y no a un sistema control en base al nivel de glucosa en la sangre, como es en el caso de los no rumiantes (Freer, 1981).

La velocidad de pasaje del alimento dependerá del tiempo que tarden las partículas de alimento en llegar al tamaño crítico y puedan salir del rumen. Esta resistencia a la reducción en tamaño será afectada por la composición química del alimento y la forma de presentación del alimento (picado o entero; Van Soest, 1994).

2.1.1- Composición química

A pesar de que el término calidad es ambiguo cuando se usa como un término descriptivo aplicado a un forraje, en rumiantes se considera que está altamente correlacionada con el consumo voluntario y la digestibilidad. (Robinson y McQueen, 1992).

La Fibra Neutra Detergente (FND) es el mejor predictor químico individual del consumo voluntario de un forraje (Van Soest y col, 1978; citado por Robinson y McQueen, 1992), y del consumo de dietas altas en forrajes (Susmel y col, 1991). Mertens, en 1987 (citado por Susmel y col, 1991), desarrolló ecuaciones que muestran una relación negativa entre el consumo voluntario y la concentración de FND de la dieta.

El rumen tiene una capacidad máxima de llenado respecto a FND igual a 11g/kg de peso vivo, en vacas lecheras, la cual se llena con diferentes cantidades de forraje dependiendo de su concentración de FND (Mertens 1987; citado por Susmel y col, 1991).

La baja tasa de degradación de la FND respecto a los contenidos celulares (proteína, azúcares, grasa) retrasa la fermentación de forrajes altos en FND, lo cual limita el volumen ruminal disponible para acomodar el consumo posterior, resultando en una reducción de éste (Waldo, Smith y Cox, 1972; Van Soest, 1982; citado por Susmel y col, 1991).

2.1.2 Picado del Forraje

Al picar un forraje se obtiene un aumento en el consumo porque el pasaje de éste por el rumen es más rápido, debido a que aumenta su área superficial, permitiendo una más rápida acción bacteriana y reducción en tamaño por la masticación (Bowman y Firkins, 1996). Se reduce consecuentemente el tiempo necesario de rumia, lo que resulta en más tiempo disponible para consumo (Van Soest, 1994). La reducción en tamaño también reduce la digestibilidad, por que al picarlo aceleramos su velocidad de pasaje, factor del cual depende el grado de digestión (Bourquin y col, 1994). En la mayoría de los casos esto se traduce en una reducción en la producción de metano y un aumento en la relación de ácido propiónico a ácido acético (Van Soest, 1994).

El incremento en consumo, por el picado, es mayor en terneros y vaquillas que en vacas debido a la capacidad relativa del rumen (Buchman y Hemken, 1964; citado por Minson, 1990; citado por Bonifasi, 1995).

2.1.3 Consumo de Ensilajes

El consumo de ensilaje por el animal es menor que el consumo obtenido con un forraje fresco o un heno de buena calidad. Esto se debe a que hay un menor desarrollo de microorganismos en el rumen debido a que la mayoría de los carbohidratos de fácil fermentación son asimilados por los microorganismos que acidifican el ensilaje. Además el bajo pH del ensilaje baja el pH ruminal, afectando el desarrollo de los microorganismos internos (Velez, 1994). Van Soest (1994) encontró que el jugo exprimido de ensilajes contiene factores que pueden reducir el consumo, tales como amonio y aminos.

2.2 Suplementación

La suplementación en la alimentación de los animales es necesaria cuando el forraje ofrecido no provee los nutrientes en proporción o cantidad adecuada para cumplir con los requerimientos del animal o con el desempeño esperado (Stafford y col, 1996). Es importante cerciorarse de la aditividad del forraje y el suplemento. Estudios anteriores (Khalili y col, 1992) han demostrado que una pequeña cantidad de granos y concentrados ricos en proteínas asegurarán la aditividad, pero cantidades grandes provocan una reducción en el consumo de forrajes, porque ocurre una sustitución de éste por el concentrado. La suplementación con concentrados reduce el grado de digestión de los carbohidratos de la pared celular del forraje debido a la reducción en el número de bacterias

celulolíticas por la disminución en el pH ruminal causada por el consumo de concentrado y la utilización

preferencial de los carbohidratos rápidamente fermentables del concentrado por parte de los microorganismos. (Bourquin y col, 1994).

Desde el punto de vista práctico el suplemento no deberá tener un efecto detrimental significativo en el consumo de forraje, especialmente cuando los concentrados son escasos y costosos en relación al forraje (Khalili y col, 1992).

2.3 Estrés de calor

Las temperaturas elevadas reducen la eficiencia metabólica, lo que redundará en una menor tasa de producción del animal (Velez, 1994). Muchas de las respuestas al estrés de calor están dirigidas a el mantenimiento de la temperatura corporal. La reducción en el consumo causa una reducción en el calor producido por fermentación ruminal, manteniendo un mejor balance de calor (Sánchez y col, 1994).

El consumo voluntario de las vacas puede ser reducido en casi 3.3% / °C sobre 20-25 °C, este efecto se verá aumentado cuando la humedad relativa es alta (Holter y col, 1996). Una vaca presentará estrés de calor cuando el índice de temperatura y humedad relativa (THI) excede 72 (Anexo 4; Armstrong, 1994).

2.4 Sistema de Carbohidratos y Proteína Netos de Cornell

El desarrollo del CNCPS surgió de la necesidad de tomar en cuenta la variación de los factores observados en el campo que influían en el desempeño del ganado que estuviese consumiendo forrajes y concentrados, con características de raza y tamaño corporal definidos y bajo un plan nutricional determinado (fibra, carbohidratos y proteína degradables en el rumen, tasas de digestión y pasaje, eficiencia de uso de energía y proteína absorbida) (Fox y col, 1995).

El objetivo era diseñar un sistema que pudiera ser usado como una herramienta para el diagnóstico nutricional y la evaluación de dietas, usando datos que pudieran ser medidos u observados en el campo de la producción (Fox y col, 1995).

Este modelo ha sido validado en Estados Unidos y publicado por Russell y col. (1992), Sniffen y col. (1992), Fox y col. (1992), O'Connor y col. (1993), Ainslie y col. (1993) y Tylutki y col. (1994).

En Zamorano se han realizado trabajos de validación con el CNCPS, pero se han tenido ciertos problemas porque el modelo ha subestimado o sobrestimado en sus predicciones sobre consumo voluntario y producción de leche, sin lograrse determinar aun el efecto de la temperatura ambiental sobre su capacidad predictiva (Suazo, 1993; Román, 1994; Coronado, 1995; Bonifasi, 1995)

3. Materiales y Métodos

3.1 Localización

El experimento se realizó entre Febrero y Junio de 1996 , en la Sección de Ganado Lechero de Zamorano, Honduras. Zamorano esta ubicado en el valle del Yeguaré a 30 Km. al sudeste de Tegucigalpa, a una altura de 800 m.s.n.m. y recibe una precipitación promedio anual de 1100 mm. La temperatura promedio anual en Zamorano es de 23 °C.

3.2 Animales

Para este estudio se usaron seis vaquillas de las razas Holstein y Pardo Suizo, con una edad entre los 13 y 16 meses, las cuales fueron organizadas en dos grupos uniformes de tres animales cada uno, constituyendo cada grupo una réplica experimental. Las vaquillas se alimentaron con ensilaje de sorgo y concentrado individualmente haciendo uso de comederos de acceso controlado (Calan Inc. New York) especialmente diseñados para medir el consumo voluntario en forma individual

3.3 Alimentación y tratamientos

Las vaquillas tuvieron acceso *ad libitum* en forma permanente a ensilaje de sorgo y recibieron una vez al día la ración de concentrado que les correspondía según el tratamiento en que se encontraban.

Se usaron tres tratamientos que consistieron en suplementar con concentrado (Cuadro 1), a los niveles de 0.5 (T1), 1.0 (T2) y 1.5 % (T3) del peso vivo del animal . La composición química del ensilaje y del concentrado se puede apreciar en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Composición de ingredientes del concentrado empleado como suplemento en la prueba de alimentación

Ingredientes	Porcentaje
H. de Mani	11.2
Maiz	80.5
Melaza	8.0
Vitamelk	0.3

Cuadro 2. Composición química y digestibilidad de la materia orgánica del ensilaje y del concentrado empleados en la alimentación de vaquillas.

	MS*	MO	DIVMO	PC	FND	N-FND
Ensilaje Época 1	22.8	89.5	52.3	7.1	60.1	0.5
Ensilaje Época 2	27.7	92.7	49.7	6.7	60.4	0.4
Concentrado	87.8	96.7	84.2	11.9	11.4	0.54

* MS = Materia seca, MO = Materia orgánica, DIVMO = Digestibilidad in vitro de la materia orgánica, PC = Proteína cruda, FND = Fibra neutro detergente, N-FND = Nitrógeno ligado a la fibra neutro detergente.

3.4 Diseño Experimental y colección de datos.

Cada uno de los grupos de tres animales se organizó en un cuadrado latino balanceado de 3x3 (Cuadro 3) en el cual los animales rotaron por los tres tratamientos en forma secuencial durante tres periodos consecutivos de 17 días cada uno. Cada periodo experimental fue dividido en: 10 días de adaptación a la dieta y 7 días de recolección de datos .

- Cuadro 3. Diseño experimental empleado de dos cuadrados 3x3 balanceados en el experimento.

Periodos	Cuadrado I			Periodos	Cuadrado II		
	Vaquillas #				Vaquillas #		
	1	2	3		4	5	6
1	T1	T2	T3	1	T1	T2	T3
2	T2	T3	T1	2	T3	T1	T2
3	T3	T1	T2	3	T2	T3	T1

T1 = 0.5 % del peso vivo, T2 = 1.0 % del peso vivo, T3 = 1.5 % del peso vivo.

La toma de datos de consumo se hizo todas las mañanas por diferencia entre la cantidad de ensilaje ofrecida el día anterior y el rechazo del día. La cantidad de ensilaje ofrecido se ajustó diariamente de manera tal que el rechazo oscilara entre 5 y 7 Kg por animal por día.

En cada periodo experimental se tomaron tres muestras del ensilaje y tres muestras del concentrado para que fueran analizadas en el Laboratorio de Bromatología.

Los análisis que se hicieron fueron Materia Seca (MS) y Materia Orgánica (MO) por secado y calcinación a 105 y 550 °C, respectivamente. Proteína Cruda (PC) y Nitrógeno ligado a la Fibra Neutro Detergente (N-FND) por el método de Kjeldahl; Digestibilidad In Vitro de la Materia Orgánica (DIVMO) por el método de Menke y col. (1974), Fibra Neutro Detergente, por el método descrito por Goering y Van Soest (1971). Así mismo se determinaron las curvas de fermentación de la materia orgánica, tanto para el concentrado como para el ensilaje.

3.5 Evaluación

La evaluación final de resultados consistió en comparar estadísticamente los datos de consumo de materia seca reales obtenidos, con los datos predichos por el CNCPS. Se llevaron a cabo pruebas de correlación para saber el grado de precisión que tuvieron las predicciones bajo nuestras condiciones.

También se hicieron análisis de varianza para las variables Consumo de MS, Consumo de MS del Ensilaje en relación al peso vivo, Consumo de MS total en relación al peso vivo, Consumo de MO digerible del Ensilaje en relación al peso metabólico, Consumo de MO digerible del Concentrado en relación al peso metabólico, Consumo de MO digerible total en relación al peso metabólico, Consumo de FND en relación al peso vivo, Consumo de PC en relación al peso vivo y la Ganancia Diaria de peso para determinar si fueron afectadas por los diferentes tratamientos o por la época.

4. Resultados y Discusión

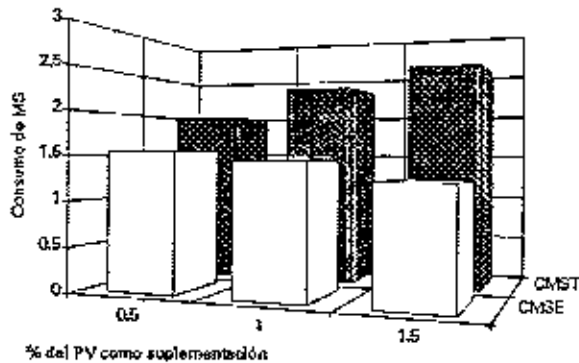
4.1 Consumo de Materia Seca

El consumo diario de MS de los animales aumentó de 6.64 a 7.71 y a 8.50 Kg /animal/día ($p < 0.0001$) a medida que aumentó el nivel de suplementación con concentrado de 0.5 , a 1.5 % del peso vivo (PV).

El consumo de MS proveniente del ensilaje disminuyó a medida que aumentó el nivel de suplementación, siendo éste de 1.55, 1.44 y 1.25% del PV ($p < 0.0001$) para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. Esta disminución en el consumo de MS estuvo acompañada por un aumento en el consumo total de MS lo cual se interpreta como un efecto de sustitución del ensilaje por una fuente más aprovechable que fue el concentrado (Khalili y col, 1992) (Figura 1). Esto está respaldado por los datos presentados en las curvas de fermentación de ambos alimentos que aparecen en los Anexos 2 y 3.

La época no tuvo efecto sobre el CMST en relación al peso vivo, debido a que no hubo una diferencia marcada entre las temperaturas promedio de ambas épocas (Ver Anexo 1).

Figura 1. Consumo de MS total (CMST) y del ensilaje (CMSE) en relación al peso vivo para los tres niveles de suplementación.



4.2 Consumo de Materia Orgánica Digerible (CMOD)

El CMOD fue de 45.9, 58.7 y 69.8 g/ Kg de peso metabólico, para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente ($p < 0.0001$; Figura 2). A medida que se aumentó el nivel de suplementación los animales tuvieron mayor acceso a una materia orgánica más digerible, que fue la del concentrado. También se notó una reducción en el CMOD proveniente del ensilaje, confirmando el efecto sustitutivo antes mencionado para la MS.

El CMOD de los animales fue adecuado si lo comparamos con el CMOD necesario para mantenimiento que es de 29 g/ Kg de peso metabólico.

La época no tuvo efecto sobre el CMOD de los animales debido a la razón antes mencionada para el CMST (Figura 3).

Figura 2. Consumo de materia orgánica digerible total y del ensilaje en gramos por Kg de peso metabólico según el tratamiento.

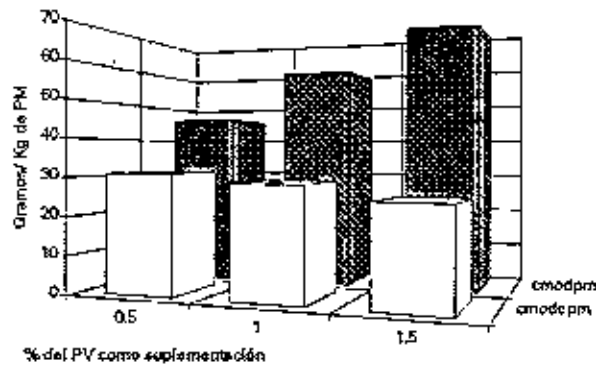
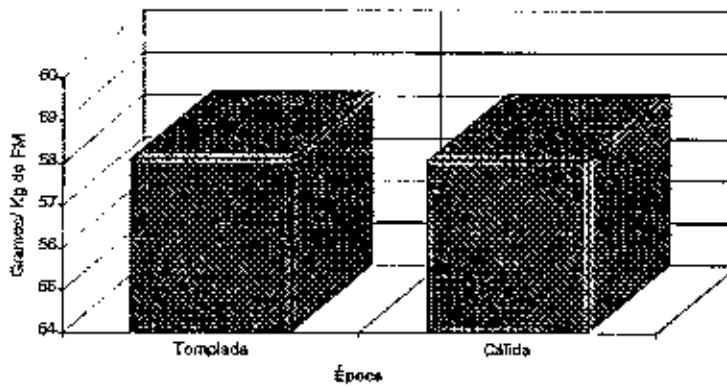


Figura 3. Consumo de materia orgánica digerible (g/Kg de peso metabólico) para las épocas templada y cálida.



4.3 Ganancia Diaria de Peso.

La ganancia diaria de peso fue de 0.30, 0.68 y 0.87 Kg/día para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente ($p < 0.019$; Figura 4). Lo cual guardó relación estrecha con el CMOD

reportado en el acápite anterior. Los animales respondieron en ganancia de peso a una mayor cantidad de energía disponible.

Existió un efecto de época sobre la ganancia diaria de peso, la cual fue de 0.75 y 0.48 Kg/animal/día ($p < 0.09$) para las épocas templada y cálida, respectivamente (Figura 5). A pesar de que no hubo diferencias marcadas en las temperaturas de ambas épocas, eso fue suficiente para causar una mayor pérdida de energía como disipación de calor, ocasionando una reducción en la eficiencia metabólica y por lo tanto una menor producción, en este caso expresada como ganancia diaria de peso (Velez, 1994).

Figura 4. Ganancia diaria de peso en Kg /animal /día según el tratamiento

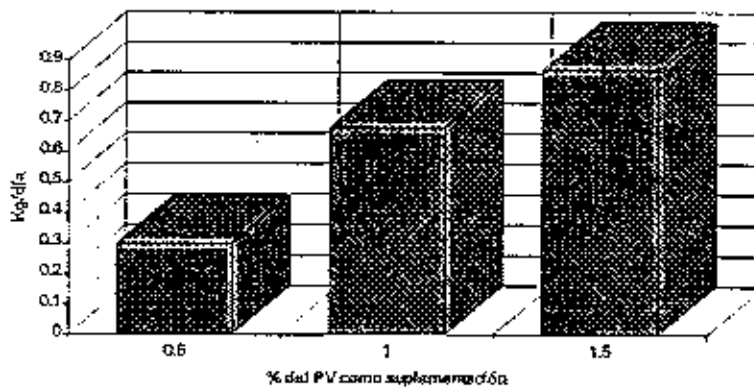
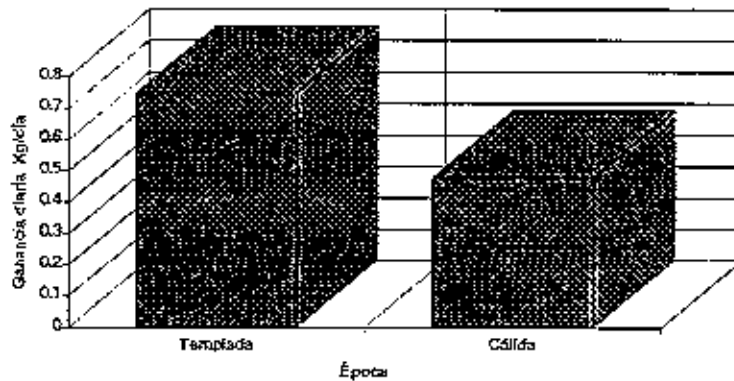


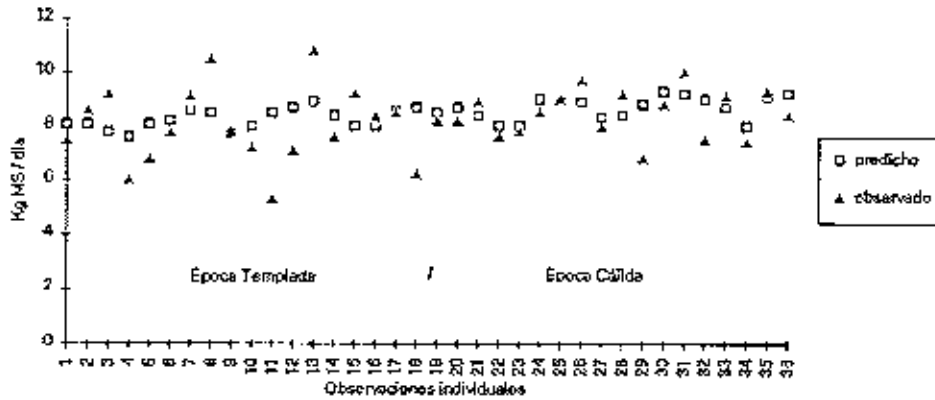
FIGURA 5. Ganancia diaria de peso en Kg / animal / día para las épocas templada y cálida



4.4. Comparación de datos reales con los predichos por el CNCPS.

La comparación entre los datos reales y predichos por el CNCPS se puede ver en la Figura 6. Se observa que los consumos reales variaron más en la época templada que en la época cálida, esto puede atribuirse a que hubo un mayor rango entre las temperaturas máximas y mínimas para los tres periodos de la época templada que para los tres periodos de la época cálida (Anexo 1), lo que pudo haber ocasionado una mayor variabilidad en los consumos reales de los animales, mientras que lo estimado por el modelo no se vio afectado porque el mismo no cuenta aun con ecuaciones que corrijan por cambios en temperatura.

Figura 6. comparación entre datos de consumo de MS observados y predichos por el CNCPS para cada una de las observaciones individuales.



El modelo sobrestimó el consumo de materia seca cuando los animales se encontraban con una dieta alta en forraje (Tratamiento 1; Figura 7) la cual es una dieta típica de nuestras condiciones de trópico; mientras que cuando se le ofreció al animal una dieta alta en concentrado (Tratamiento 3) el modelo ajustó mejor sus predicciones a los consumos reales (Figura 8). Esto pudo deberse a que la dieta típica con que se estructuró el modelo contaba con un alto componente de concentrado, muy similar al utilizado en el Tratamiento 3. En el trabajo realizado por Bonifasi (1995) se observó un comportamiento similar.

Figura 7. Comparación de datos reales y predichos por el CNCPS para una dieta alta en forraje.

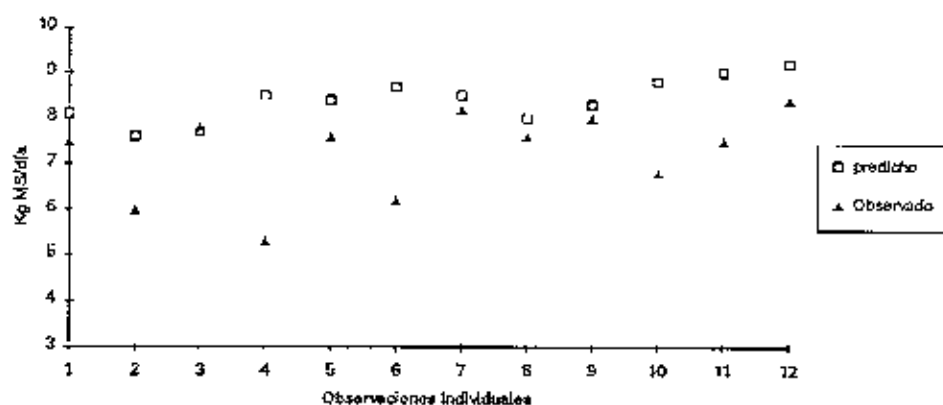
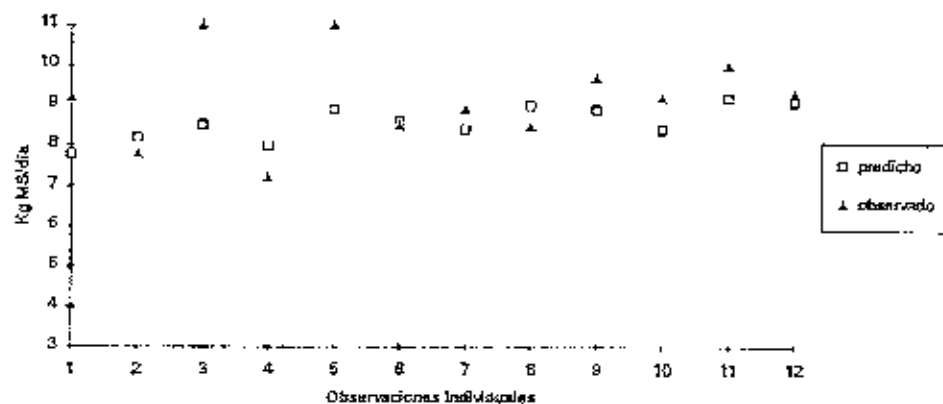


Figura 8. Comparación de datos reales y predichos por el CNCPS para una dieta alta en concentrado.



5. Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que la suplementación tuvo un efecto positivo sobre el consumo total de materia seca y materia orgánica digerible; sin embargo, el aumento en suplementación sustituyó ambos componentes del ensilaje en la dieta por los mismos del concentrado.

La ganancia de peso de los animales respondió al consumo de materia orgánica digerible, pero en la época cálida el animal derivó mayor proporción de ésta a disipar calor con la respectiva disminución en la ganancia diaria.

El CNCPS no fue sensible a los cambios de estructura en la dieta para predecir los consumos de materia seca, dependiendo de ésta, los valores predichos sobrestimaron en el caso de la dieta alta en forraje o subestimaron en el caso de la dieta alta en concentrado los consumos reales.

6. Resumen

El CNCPS es un modelo capaz de predecir el consumo voluntario y la producción de leche, y ha sido exitosamente validado en Estados Unidos. En el trópico se han presentado algunos problemas que no han permitido evaluarlo correctamente. En este trabajo, se usó una fuente uniforme de forraje y comparó la validez del modelo en épocas templada (23 °C promedio) y cálida (25 °C promedio). Se usaron seis vaquillas de las razas Holstein y Pardo Suizo de 13 a 16 meses de edad, las cuales se alimentaron individualmente en comederos Calan, para determinar su consumo voluntario. Las vaquillas estaban divididas en dos grupos uniformes, cada uno organizado en un cuadrado latino balanceado 3*3. Los animales pasaron por los tres tratamientos en forma secuencial, por períodos de 17 días cada uno, consistentes en suplementar el 0.5 (T1), 1.0 (T2), y 1.5% (T3) del peso vivo con un concentrado de 12 % de proteína cruda. Existió un efecto del nivel de suplementación sobre el consumo diario de materia seca, el cual fue de 6.6, 7.7 y 8.5 kg de MS/animal/día para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente ($p < 0.0001$). El consumo de MS del ensilaje fue equivalente a 1.55, 1.44, 1.26 Kg/100 Kg PV, en el mismo orden ($p < 0.0001$). El consumo diario de MS y MOD del ensilaje, en relación al peso vivo, se redujo y el consumo de MS y MOD total aumentó a medida que aumentó el nivel de suplementación, existiendo un efecto de sustitución de la energía del ensilaje por la energía del concentrado. La época no tuvo efecto sobre el consumo de MS en los animales, pero sí sobre la ganancia de peso, siendo esta menor ($p < 0.09$) en la época cálida (0.48 Kg/día) que en la época templada (0.75 Kg/día). El CNCPS no fue sensible a los cambios de estructura de la dieta para predecir los consumos de MS, en ninguna de las dos épocas.

7. Bibliografía

- AINSLIE, S.J.; FOX, D.G.; PERRY, T.C.; KETCHEN, D.J. and BARRY, M.C. 1993. Predicting amino acid adequacy of diets fed to Holstein steers. *Journal of Animal Science (USA)*. 71(5): 1312 - 1319.
- ARMSTRONG, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science (USA)*. 77(7): 2044 - 2050.
- BONIFASI, A. 1995. Validación del sistema de carbohidratos netos y proteína de Cornell en vaquillas lecheras de reemplazo. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Hond. 27 p.
- BOURQUIN, L.D.; TITGEMEYER, E.C.; MERCHEN, N.R. and FAHEY Jr, G.C. 1994. Forage level and particle size effects on Orchardgrass digestion by steers: I. Site and extent of organic matter, nitrogen, and cell wall digestion. *Journal of Animal Science (USA)*. 72(3): 746 - 758.
- BOURQUIN, L.D.; TITGEMEYER, E.C.; MILGEN, J.P. and FAHEY JUNIOR, G.C. 1994. Forage level and particle size effects on Orchardgrass digestion by steers: II. Ruminal digestion kinetics of cell wall components. *Journal of Animal Science (USA)*. 72(3): 759 - 767.
- CORONADO, M. 1995. Producción de leche y consumo voluntario de pastos tropicales en Vacas lecheras. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Hond. 35 p.
- FOX, D. 1991. The use of nutritional models in the commercial feed industry. CORNELL NUTRITION CONFERENCE. Rochester, NY, pag. 66.
- FOX, D.G.; BARRY, M.C.; PITT, R.E.; ROSELER, D.K. and STONE, W.C. 1995. Application of the cornell net carbohydrate and protein model for cattle consuming forages. *Journal of Animal Science (USA)*. 73(1): 267 - 277.
- FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSELL, J.B. and VAN SOEST, P.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *Journal of Animal Science (USA)*. 70(11): 3578 - 3596.
- FREER, M. 1981. The control of food intake by grazing animals. *In* World animal science. ed. by F. Morley. Australia. p. 105 - 120.
- HOLTER, J.B.; WEST, J.W.; MCGILLIARD, M.L. and PELL, A.N. 1996. Predicting ad libitum dry matter intake and yields of Jersey cows. *Journal of Dairy Science (USA)*. 79(5): 912 - 921.

- KHALILI, H.; VARVIKKO, T. and CROSSE, S. 1992. The effects of forage type and level of concentrate supplementation on food intake, diet digestibility and milk production of crossbred cows (*B. taurus* x *B. indicus*). *Journal of Animal Production* (GB), 54(2): 183 - 189.
- NICHOLSON, C.F.; BLAKE, R.; URBINA, C.I.; LEE, D.R.; FOX, D.G. and VAN SOEST, P.J. 1994. Economic comparison of nutritional management strategies for Venezuelan dual purpose cattle systems. *Journal of Animal Science* (USA) 72: 1680-96.
- O'CONNOR, J.D.; SNIFFEN, C.J.; FOX, D.G. and CHALUPA, W. 1993. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. *Journal of Animal Science* (USA), 71(5): 1298 - 1311.
- OSORIO, L. 1995. Uso de Maíz alto en aceite en la alimentación de Vacas lecheras. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Hond. 26 p.
- OWMAN, J.G.P.; FIRKINS, J.L. 1996. In situ reduction as affected by forage species and grinding mesh size. *Journal of Animal Science* (USA), 74(2): 439 - 446.
- ROBINSON, P.H.; McQUEEN, R.E. 1992. Influence of rumen fermentable neutral detergent fiber levels on feed intake and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science* (USA), 75(2): 520 - 532.
- ROMÁN J. 1994. Producción de vacas lecheras alimentadas con ensilaje de pasto guinea (*Panicum maximum*). Tesis Ing. Agr. Zamorano, Hond. 56 p.
- ROSELER, D. 1991. The use of nutrition models in the commercial feed industry. CORNELL NUTRITION CONFERENCE, Rochester, NY.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G. and SNIFFEN, C.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *Journal of Animal Science* (USA), 70(11): 3551 - 3561.
- SANCHEZ, W.K.; McGUIRE, M.A. and BEEDE, D.K. 1994. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. *Journal of Dairy Science* (USA), 77(7): 2051 - 2079.
- SNIFFEN, C.J.; RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. and FOX, D.G. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* (USA), 70(11): 3562 - 3577.
- STAFFORD, S.D.; COCHRAN, R.C.; VANZANT, E.S. and FRITZ, J.O. 1996. Evaluation of the potential of supplements to substitute for low-quality, tallgrass-prairie forage. *Journal of Animal Science* (USA), 74(3): 639 - 657.

STONE, W. 1992. Field application of the Cornell net carbohydrate and protein system model in a progressive dairy herd. CORNELL NUTRITION CONFERENCE. Rochester, NY. pag.168.

SUAZO, H. 1993. Producción de vacas lecheras alimentadas con ensilaje de sorgo y dos niveles de concentrado. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Hond. 59 p.

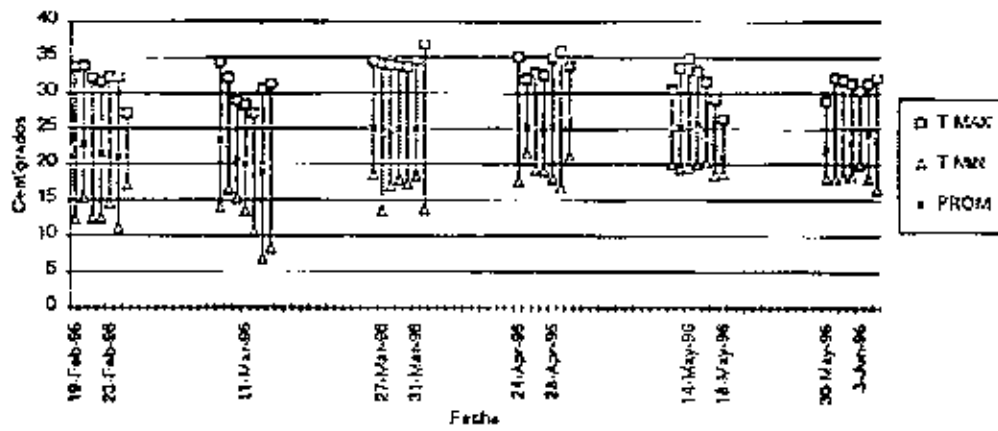
SUSMEL, P.; SPANGHERO, M.; STEFANON, B.; MILLS, C.R. and CARGNELUTTI, C. 1991. Effect of NDF concentration and physical form of fescue hay on rumen degradability, intake and rumen turn-over of cows. *Journal of Animal Production (GB)*. 53(3): 305 -313.

TYLUTKI, C.B.; FOX, D.G. and ANRIQUE, R.G. 1994. Predicting net energy and protein requirements for growth of implanted and nonimplanted heifers and steers and nonimplanted bulls varying in body size. *Journal of Animal Science (USA)*. 72(7): 1806 - 1813.

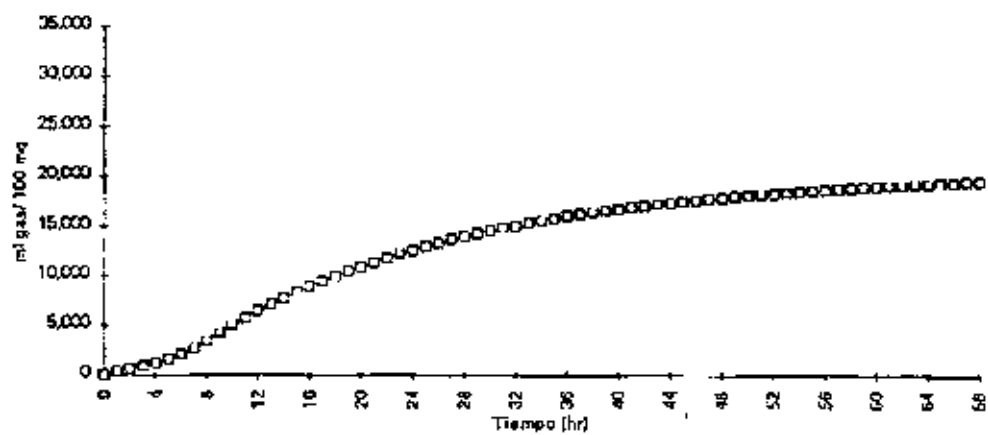
VAN SOEST, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Second edition: 198-208. Cornell University, USA

VELEZ, M. 1994. Producción de ganado lechero en el trópico. Zamorano, Hond. Zamorano Academic Press. 163 p.

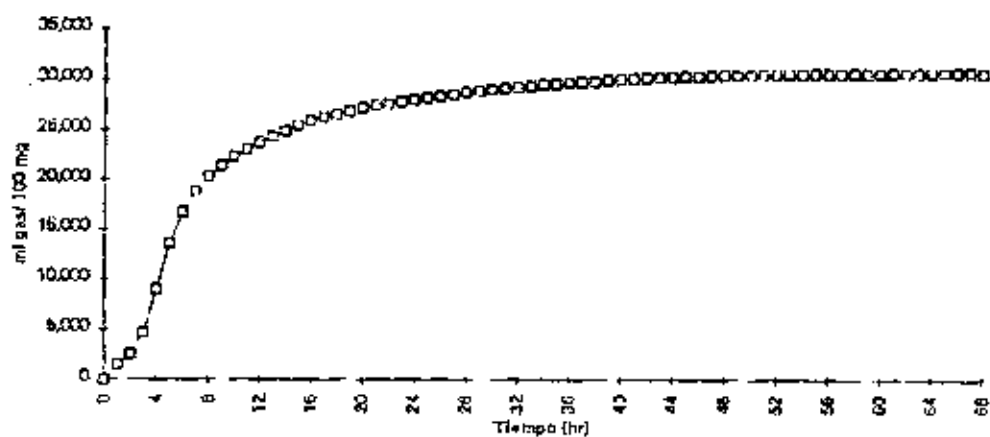
ANEXO 1. Temperaturas máximas, mínimas y promedio para cada periodo de recolección de datos.



ANEXO 2. Curva de fermentación del ensilaje de sorgo utilizado en la alimentación de las vaquillas.



ANEXO 3. Curva de fermentación del concentrado utilizado para la alimentación de las Vaquillas.



ANEXO 4. Tabla de Temperatura y Humedad Relativa para estimar estres de calor en ganado lechero.

C°	Humedad Relativa %																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
22.2																				72	72
22.8																		72	72	73	73
23.3																72	72	73	73	74	74
23.9														72	72	73	73	74	74	75	75
24.4												72	72	73	73	74	74	75	75	76	76
25.0											72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77
25.6										72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	77
26.1										72	73	73	74	75	75	76	76	77	77	78	79
26.7										72	73	73	74	74	76	76	76	77	78	78	80
27.2										72	73	73	74	74	75	77	77	77	78	78	81
27.8						72	72	73	74	75	75	76	78	77	78	79	79	80	81	81	82
28.3					72	72	73	74	74	75	76	77	79	78	79	80	80	81	82	82	83
28.9				72	73	73	73	75	75	76	77	78	80	79	80	81	81	82	83	83	84
29.4			72	72	73	73	74	75	76	77	78	78	81	80	81	82	82	83	84	84	85
30.0			72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	81	81	81	83	83	84	84	85	86
30.6		72	73	73	74	74	75	77	77	78	79	80	82	81	82	84	86	85	85	86	87
31.1	72	72	73	74	75	75	76	77	78	79	80	81	83	82	83	85	85	86	86	87	88

(Armstrong, 1994)

Índice de 72 o menos = No hay estres

Índice entre 73 y 78 = Estres leve

Índice entre 79 y 89 = Estres de calor

Índice entre 90 y 99 = Estres severo

Índice Mayor de 99 = Vacas muertas

ANEXO 5. Distribución de Cuadrados Medios para el análisis estadístico de las variables.

	GL	CDMS	CMSEP _V	CMSTP _V	CMODEP _M	CMODP _M
EPO	1	3.07 P<0.001	0.02 P<0.30	0.02 P<0.3191	4.83 P<0.4774	0.009 P<0.9743
SQR	1	8.21 P<0.0001	0.80 P<0.0001	0.80 P<0.0001	318.29 P<0.0001	316.02 P<0.0001
EPO*SQR	1	3.33 P<0.0007	0.26 P<0.002	0.27 P<0.0018	111.12 P<0.0027	119.77 P<0.0016
VAQ(SQR)	4	0.25 P<0.3191	0.07 P<0.0324	0.07 P<0.0282	19.35 P<0.1216	14.11 P<0.2099
PER	2	0.84 P<0.0303	0.0006 P<0.9694	0.001 P<0.9492	0.11 P<0.9885	0.56 P<0.9380
TRT	2	10.45 P<0.0001	0.26 P<0.0003	0.96 P<0.0001	103.40 P<0.0007	1710.5 P<0.0001
EPO*TRT	2	0.25 0.3054	0.03 P<0.23	0.035 P<0.2024	13.14 P<0.2645	11.35 P<0.2937
PER*TRT	4	0.14 0.5905	0.005 P<0.8943	0.005 P<0.8961	2.32 P<0.9036	3.33 P<0.8159
ERROR	18	0.197	0.02	0.02	9.17	8.65
CV		5.83	10.05	6.21	10.78	5.06

	GL	CMODCP _M	CFNDDP _V	CPCDP _V	PGAND
EPO	1	4.41 P<0.0001	0.01 P<0.2516	0.15 P<0.0021	0.64 P<0.0913
SQR	1	0.004 P<0.8534	0.29 P<0.0001	0.39 P<0.0001	0.002 P<0.9221
EPO*SQR	1	0.16 P<0.2526	0.09 P<0.0020	0.15 P<0.0023	0.000 P<1.00
VAQ(SQR)	4	0.61 P<0.0055	0.03 P<0.0269	0.03 P<0.0527	0.026 P<0.9704
PER	2	1.10 P<0.0015	0.005 P<0.4821	0.03 P<0.1310	0.36 P<0.1986
TRT	2	2638.50 P<0.0001	0.02 P<0.0866	1.99 P<0.0001	1.00 P<0.0191
EPO*TRT	2	0.081 P<0.5075	0.01 P<0.1769	0.02 P<0.1656	0.20 P<0.3945
PER*TRT	4	0.35 P<0.0437	0.002 P<0.8336	0.002 P<0.9421	0.34 P<0.1962
ERROR	18	0.12	0.007	0.012	0.20
CV		1.13	8.95	5.37	72.94

