

**Validación del programa FYERA
(Formulación y Evaluación de Raciones
Alimenticias) con vacas Jersey confinadas,
Zamorano, Honduras**

**Iván Eladio García Ibarra
Miguel Augusto Jordán Canales**

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria
Noviembre, 2006

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

**Validación del programa FYERA
(Formulación y Evaluación de Raciones
Alimenticias) con vacas Jersey confinadas,
Zamorano, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Iván Eladio García Ibarra
Miguel Augusto Jordán Canales

Zamorano, Honduras.
Noviembre, 2006

Los autores conceden a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de los autores.

Iván Eladio García

Miguel Augusto Jordán

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2006

Validación del programa FYERA (Formulación y Evaluación de Raciones Alimenticias) con vacas Jersey confinadas, Zamorano, Honduras

Presentado por:

Iván Eladio García Ibarra
Miguel Augusto Jordán Canales

Aprobado por:

Miguel Vélez, Ph. D.
Asesor Principal

Abelino Pitty, Ph. D.
Director Interino de la Carrera
de Ciencia y Producción Agropecuaria

Isidro Matamoros, Ph. D.
Asesor

George Pilz, Ph. D.
Decano Académico

Jonh Jairo Hincapié, Ph. D.
Coordinador de Área de Temática
Zootecnia

Kenneth L. Hoadley, D. B. A.
Rector

DEDICATORIA
M. A. J. C

A Dios por iluminarme, guiarme y darme la fuerza para culminar mis estudios con éxito.

A mis padres, Miguel Humberto Jordán y Liliam Leticia Canales, por su apoyo económico y moral, en buenos y malos momentos.

A mis hermanas, Liliam Elizabeth Jordán y Karem Julisa Jordán, por su apoyo moral.

A mi abuela, Enma Canales, por sus consejos y apoyo moral.

A mi compañero de tesis, Iván García, por el trabajo realizado conjuntamente.

AGRADECIMIENTOS
M. A. J. C

A Dios por darme la oportunidad de estudiar en Zamorano.

A mis padres por el ejemplo que me han dado.

A mis hermanos por su apoyo infinito.

A mi asesor principal, Dr. Miguel Vélez, por sus consejos, dedicación y tiempo brindado en la realización de este estudio.

A mi asesor secundario, Dr. Isidro Matamoros, por su ayuda y dedicación en este estudio realizado.

A mi compañero de tesis, Iván García, por sus consejos y apoyo moral.

DEDICATORIA
I. E. G. I.

A Dios que siempre ha estado conmigo en todo momento de mi vida.

A mi madre, Paulina Ibarra, quien siempre no ha escatimado esfuerzo para que culmine mis estudios.

A mis hermanas, Kelsy Camargo y Velkys García, que siempre me dieron aliento para seguir adelante con mis metas.

A mi mejor amigo, José Higinio Castillo, que siempre ha estado pendiente de mis estudios.

A mi compañero de tesis, Miguel Jordán, por el apoyo brindado en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

I. E. G. I.

A Dios por darme la oportunidad de estudiar en Zamorano.

A mi madre por el ejemplo que me ha dado para ayudarme a lograr mis metas.

A mis hermanas por su apoyo a cada instante.

A mi asesor principal, Dr. Miguel Vélez, por sus consejos, dedicación y tiempo brindado en la realización de este estudio.

A mi asesor secundario, Dr. Isidro Matamoros, por su ayuda y dedicación en este estudio realizado.

A mi compañero de tesis, Miguel Jordán, por su ímpetu y confianza para realizar nuestro objetivo.

RESUMEN

García, Iván; Jordán Miguel. 2006. Validación del programa FYERA (Formulación y Evaluación de Raciones Alimenticias) con vacas Jersey confinadas, Zamorano, Honduras. Proyecto Especial de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras 11 p.

Se validó la exactitud de la predicción del consumo de Materia Seca (MS), la producción de leche y el cambio en Condición Corporal (CC) del programa FYERA utilizando tres grupos de vacas Jersey en confinamiento: 13 con 17.4 kg, 13 con 14.9 kg, y 9 con 9.8 kg/leche/día y se comparó con la predicción del programa de la Universidad de Cornell CNCPS. El estudio se realizó en Zamorano, en mayo y junio de 2006. Las vacas se alimentaron con ensilaje Tobiata (*Panicum maximum*) y Transvala (*Digitaria eriantha*) *ad libitum*, heno de Transvala y concentrado. Se tomaron datos de consumo de forraje y concentrado, producción de leche y CC. La producción promedio de leche fue de 16.7, 12.4, 8.2 kg/día para los grupos de alta, media y baja producción respectivamente, y el consumo de MS de 14.9, 14.4 y 12.2 kg/día. Los tres grupos tuvieron una ganancia mínima en CC y peso (7 kg). Ambos programas subestiman el consumo de MS; el FYERA en las vacas de alta 7.4%, en las de media 15.3% y en las de baja 6.6%; el CNCPS 20.8, 25.7 y 15.6%, respectivamente. El estimado del contenido de energía metabolizable en el alimento fue mayor en el FYERA que en el CNCPS; el FYERA no hace un ajuste por el requerimiento de energía para metabolizar el nitrógeno. El cálculo de energía neta para mantenimiento en ambos programas difieren en el ajuste por estrés de frío, el efecto de compensación en el consumo por el nivel previo de nutrición y el ajuste de requerimiento de mantenimiento por efecto de la temperatura previa. El FYERA demostró ser una herramienta útil para el manejo de raciones alimenticias en ganado lechero, pero le hace falta algoritmos para calcular el comportamiento de los ingredientes proteicos de la dieta.

Palabras clave: Condición corporal, CNCPS, energía metabolizable, materia seca.

TABLA DE CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria M. A. J. C	iv
Agradecimientos M. A. J. C.....	v
Dedicatoria I. E. G. I.....	vi
Agradecimientos I. E. G. I.	vii
Resumen.....	viii
Tabla De Contenido	ix
Índice De Cuadros.....	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	2
2.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	2
2.2 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	2
2.3 MANEJO Y ALIMENTACIÓN.....	4
2.4 VARIABLES	4
3. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	4
3.1 CONSUMO DE MATERIA SECA (MS)	4
3.1.1 Predicción del CMS por el FYERA, Ecuación del NRC 2001	5
3.1.2 Predicción del CMS por el CNCPS	5
3.2 ENERGÍA METABOLIZABLE (EM) EN EL ALIMENTO.....	5
3.2.1 Requerimiento de Energía Neta para mantenimiento (ENm).....	6
3.2.2 Cálculo de requerimiento de energía neta para mantenimiento usada por CNCPS	6
3.2.3 Cálculo de requerimiento de energía neta para mantenimiento usada por FYERA.....	7
3.3 PRODUCCIÓN DE LECHE	7
3.4 CONDICIÓN CORPORAL Y PESO	8
4. CONCLUSIONES.....	9
5. RECOMENDACIONES.....	10
6. LITERATURA CITADA	11

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1. Clima promedio en la época seca (diciembre – abril) y lluviosa (mayo - noviembre).....	2
2. Descripción de los grupos al inicio del estudio.	2
3. Consumo de alimento de los tres grupos de vacas (kg/vaca/día) en el estudio.	4
4. Composición del concentrado usado en el estudio para los tres grupos de producción	4
5. Consumo de materia seca (kg/vaca/día) real y predicha por el FYERA y el CNCPS.....	4
6. Predicción del contenido de Energía Metabolizable en el alimento y del requerimiento de Energía Metabolizable para mantenimiento y producción por el FYERA y el CNCPS (Mcal/kg).....	6
7. Comparación de la producción de leche real y predicha por el FYERA Y CNCPS.....	7
8. Datos de Condición corporal (CC) al inicio y final del ensayo	8

1. INTRODUCCIÓN

Los modelos de simulación son herramientas que buscan explicar el comportamiento de los sistemas de producción, su funcionamiento, sus características y sus respuestas a diversas condiciones del medio ambiente; con ello permiten describir el problema, evaluar los efectos que produce el cambio de los factores productivos en el comportamiento del sistema, buscar soluciones adecuadas a un problema específico, permitir la experimentación con sistemas que aún no existen, o con sistemas existentes pero sin llegar a modificarlos; reduciendo así en gran medida las restricciones de tiempo y de costos (Quiroz *et al.* 1996; Aguilar y Cañas 1992).

Para la universidad, los modelos de simulación constituyen una herramienta de docencia, que permite la capacitación en el manejo de sistemas, proporcionando conocimientos y experiencia para hacer el proceso de transferencia de tecnología más dinámico y efectivo. Los modelos utilizan ecuaciones construidas a partir de la teoría y de resultados experimentales, y se validan igualmente mediante ensayos experimentales (Giraldo *et al.* 1998).

La competitividad de la actividad lechera ha obligado a la mejora de los sistemas, mediante la incorporación de nuevas especies forrajeras, nuevas técnicas de manejo, y genotipos más productivos, que a su vez, requieren del desarrollo de herramientas rápidas y eficientes, que fortalezcan el proceso de toma de decisiones en investigación, transferencia, docencia y desarrollo pecuario. Para el análisis de los sistemas de producción lechera, se han desarrollado programas que han demostrado su potencial de predicción en distintas condiciones de producción (Ainslie *et al.* 1993; Aguilar y Cañas 1996; Quiroz *et al.* 1996; Russell *et al.* 1992; Stone *et al.* 1993).

El presente estudio buscó determinar la capacidad del programa Formulación y Evaluación de Raciones Alimenticias (FYERA) para estimar la producción y el consumo de forraje y concentrado de vacas Jersey en comparación con el programa Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS).

Disponer de un programa de alimentación validado, para el trópico permitirá estudiar y resolver problemas con ahorro de tiempo, dinero y esfuerzo, además de aportar una nueva herramienta para la docencia.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en la unidad de ganado lechero de Zamorano de mayo a junio del 2006; localizada a 35 km al sur este de Tegucigalpa (14°N, 87°O), a una altura de 800 msnm, precipitación promedio anual de 1,100 mm y temperatura promedio anual de 24°C. Zamorano presenta un clima tropical seco, y se pueden diferenciar la época seca y la lluviosa (Cuadro1).

Cuadro 1. Clima promedio en la época seca (diciembre – abril) y lluviosa (mayo - noviembre)

Época	Temperatura °C			Radiación Solar		Precip (mm)	Evap (mm)	Evapo-transpiración. (mm/día)	
	Máx	Min	Prom	Horas					
				HR (%)	Potenciales				Reales
Seca	27	22	24	60	11.4	7	85	4.7	5.2
Lluviosa	29	17	23	72	12.6	8	1029	3.8	4.8

Fuente: Estación meteorológica Zamorano (2005).

HR= Humedad Relativa Precip= Precipitación

Evap= Evaporación Máx.= Máximo

Min= Mínimo Prom= Promedio

2.2 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Se usaron 35 vacas Jersey divididas en tres grupos de acuerdo a su producción en: Alta, 13 vacas con 17.4 kg, media, 13 vacas con 14.9 kg y baja, 9 vacas con 9.8 kg de leche al inicio del estudio. El desempeño de cada uno de los grupos se da en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de los grupos al inicio del estudio.

Grupo de producción	n.	n. de Lactancia	Días de lactancia	Días de Preñez	Condición Corporal (1)
Alta	13	3.4	131.6	39.2	2.4
Media	13	3.3	183.5	63.4	2.6
Baja	9	3.0	271.5	109.8	2.7

(1) = escala de 1 a 5. 1= Delgado a 5= Gordo.

2.3 MANEJO Y ALIMENTACIÓN

Las vacas estuvieron estabuladas y la ración estuvo compuesta de: Ensilaje de pasto Tobiatá (*Panicum maximun*) y Transvala (*Digitaria eriantha*) *ad libitum*, heno de Transvala y concentrado que se dio a razón de 0.41 kg/kg de leche. El consumo medido se indica en el Cuadro 3, y composición del concentrado en el Cuadro 4.

Cuadro 3. Consumo de alimento de los tres grupos de vacas (kg/vaca/día) en el estudio

Alimento	Grupos de producción		
	Alta	Media	Baja
Ensilaje de Tobiatá y Transvala	22.5	24.7	21.3
Heno de Transvala	2.0	0.9	1.0
Concentrado	7.4	6.8	5.4

Cuadro 4. Composición del concentrado (%) usado en el estudio para los tres grupos de producción

Componente	Alta	Media	Baja
Maíz	34.27	34.21	34.31
Soya	28.23	28.22	28.26
Semolina	23.25	23.25	23.30
DDG	7.39	7.31	7.34
Melaza	5.24	5.26	5.32
Minivit2	0.81	0.88	0.73
CaCO3	0.40	0.44	0.37
Biophos	0.40	0.44	0.37
Total	100.00	100.00	100.00

DDG= Dry Destiler Grain (Granos secos de destilería)

Minivit2= Mezcla de minerales y vitaminas.

CaCO3= bicarbonato de calcio.

2.4 VARIABLES

- Durante 24 días (14 de mayo a 6 de junio) cada dos días se midió el consumo de forraje, pesando el forraje ofrecido a las 6:30 a.m. y 4:30 p.m. y el rechazo a las 6:00 a.m. del día siguiente. Se analizó el contenido de Materia Seca (MS) (en un horno a 75°C), Proteína Cruda (PC) por Kjeldahl (AOAC 1984), Fibra Neutro Detergente (FND) por NIR. El concentrado se peso diariamente.
- La producción de leche, se midió una vez por semana.
- La Condición Corporal (CC), se midió al inicio y final del ensayo en la escala de 1 a 5.
- El peso se estimó de la circunferencia pectoral (Vélez *et al.* 2006).

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Los datos de consumo, producción de leche, condición corporal y peso de cada grupo se introdujeron en los programas para comparar las predicciones con el comportamiento real de las vacas.

3.1 CONSUMO DE MATERIA SECA (MS)

Ambos programas subestiman el consumo de MS; sin embargo, en los tres grupos el FYERA subestima menos que el CNCPS (Cuadro 5). El FYERA utiliza la fórmula del NRC (2001) y el CNCPS usa una fórmula desarrollada en la Universidad de Cornell.

Cuadro 5. Consumo de materia seca (kg/vaca/día) real y predicha por el FYERA y el CNCPS

Grupo	Real		Predicho FYERA		Predicho CNCPS	
	kg	kg	subestimación %	kg	subestimación %	
Alta	14.9	13.8	7.4	11.8	20.8	
Media	14.4	12.2	15.3	10.7	25.7	
Baja	12.2	11.4	6.6	10.3	15.6	

Ambos programas consideran:

- Leche corregida por grasa.
- Peso metabólico del animal.
- Semana en lactancia.

Pero se diferencian en que:

- El FYERA corrige por el contenido de humedad en el alimento mientras que el CNCPS no lo hace.
- La fórmula usada para hacer la corrección por efecto del estrés calórico es diferente.

3.1.1 Predicción del CMS por el FYERA, Ecuación del NRC 2001

$$\text{CMS Kg/día} = (0.372 \times \text{LCG}) + (0.0968 \times \text{PV}^{0.75}) \times (1 - e^{(-0.192 \times (\text{SDL} + 3.67))})$$

Corrección por estrés calórico (NRC 2001)

Corrección por humedad en la dieta (NRC 2001)

Disminución del CMS en 0.02% PV por cada 1% sobre 50% humedad en la dieta.

CMS= Consumo de materia seca.

LCG= Leche corregida al 4% de grasa.

PV= Peso vivo (kg).

Ajuste por ineficiencia de consumo de materia seca en la lactación temprana = $(1 - e^{(-0.192 \times (\text{SDL} + 3.67))})$.

SDL= Semana de lactación.

3.1.2 Predicción del CMS por el CNCPS

$$\text{CMS kg/día} = ((0.0185 \times \text{PV} + 0.305 \times \text{LCG}) \times \text{TEMP} \times \text{LODO}) \times \text{Lag}$$

PV= Peso vivo (kg).

LCG= Leche corregida al 4% de grasa.

Lag = 1, si semanas de lactancia > a 16.

TEMP= Factor de ajuste de temperatura para el consumo de materia seca.

$$(119.62 + (-0.9708 \times \text{CETI})) / 100.$$

CETI=Temperatura promedio efectiva en el mes expresada en °C.

$$\begin{aligned} \text{CETI} = & 27.88 - (0.456 \times \text{TP}) + (0.010754 \times (\text{TP}^2)) - (0.4905 \times \text{HRP}) + (0.00088 \times \\ & (\text{HRP}^2)) + (1.1507 \times \text{velocidad del viento}) - (0.126447 \times (\text{velocidad del viento}^2)) + \\ & (0.019876 \times \text{TP} \times \text{HRP}) - (0.046313 \times \text{TP} \times \text{velocidad del viento}) + (0.4167 \times \text{Horas de} \\ & \text{luz}). \end{aligned}$$

LODO= 1 - (0.01 × espesor de lodo).

HRP= Humedad Relativa promedio.

TP= Temperatura promedio.

3.2 ENERGÍA METABOLIZABLE (EM) EN EL ALIMENTO

El FYERA estima un contenido de EM en el alimento mayor que en el CNCPS; para el grupo de alta fue de 3.5%, en el de media de 3% y en el de baja 0.7% (Cuadro 6). Esto se debe a la forma en que son calculados los nutrientes totales digeribles (TDN) en FYERA y CNCPS.

Ambos usan la ecuación de Weiss *et al.* (1992) la cual predice los nutrientes digeribles en el alimento con una ingesta de mantenimiento; pero el CNCPS hace un ajuste por la degradabilidad del nitrógeno que no hace el FYERA.

Cuadro 6. Predicción del contenido de Energía Metabolizable (EM) en el alimento y del requerimiento de Energía Metabolizable para mantenimiento y producción por el FYERA y el CNCPS (Mcal/kg)

Grupo	Requerimiento					
	EM en alimento		Mantenimiento		Producción de leche	
	FYERA	CNCPS	FYERA	CNCPS	FYERA	CNCPS
Alta	35.1	33.9	11.9	14.10	18.6	18.6
Media	33.4	32.4	13.4	14.31	13.8	13.8
Baja	27.9	27.7	13.9	14.26	8.9	8.9

3.2.1 Requerimiento de Energía Neta para mantenimiento (ENm)

Ambos programas consideran:

- La energía requerida para producción de leche.

Pero se diferencian en que:

- El FYERA no toma en cuenta el ajuste por estrés de frío (ENmef).
- El efecto de compensación por el nivel previo de nutrición.
- El ajuste de mantenimiento por efecto de la temperatura previa.

3.2.2 Cálculo de requerimiento de energía neta para mantenimiento usada por CNCPS

$$ENm = ((PVE^{0.75} \times ((a1 \times COMP) + a2)) + ACT + ENmef) \times ENmec$$

ENm= Energía neta de mantenimiento.

PVE= Peso vivo encogido ($PV \times 0.95$).

PV= Peso vivo.

a1= Zona termo neutral de requerimiento por un metabolismo rápido, Mcal/día/kg.

COMP= Efecto de compensación previo al plan de nutrición. $(0.8 + (CC - 1) \times 0.05)$.

CC= Condición corporal. $(CC-1)^2+1$.

a2= Ajuste de mantenimiento por un efecto de temperatura previa., $Mcal/día/kg SBW^{0.75} \cdot ((88.426 - (0.785 \times TP) + (0.0116 \times TP^2)) - 77)/1000$.

ACT= (tiempo de pie horas+ cambio de posición + distancia plana en metros+ distancia en cuesta en metros)/1000, (Mcal/día).

ENmef= Energía neta requerida para estrés por frío, (Mcal/día). $km \times MEcs$.

ENmec= ENm ajustada por estrés calórico, %.

SBW= Peso vivo encogido.

TP= Temperatura promedio.

Mcal= Mega calorías.

MEcs= Energía metabolizable por estrés por frío.

3.2.3 Cálculo de requerimiento de energía neta para mantenimiento usada por FYERA

$$ENm = ((PVE^{0.75} \times a1) + ACT) \times ENmec.$$

PVE= peso vivo encogido

ACT= (tiempo de pie + cambio de posición + distancia plana + distancia en cuesta)/1000, (Mcal/día).

a1= Zona termo neutral de requerimiento por un metabolismo rápido, Mcal/día/kg

ENmec= ajuste por estrés calórico.

CETI= $27.88 - (0.456 \times TP) + (0.010754 \times (TP^2)) - (0.4905 \times HRP) + (0.00088 \times (HRP^2)) + (1.1507 \times \text{velocidad del viento}) - (0.126447 \times (\text{velocidad del viento}^2)) + (0.019876 \times TP \times HRP) - (0.046313 \times TP \times \text{velocidad del viento}) + (0.4167 \times \text{Horas de luz})$.

HRP= Humedad relativa promedio.

TP= Temperatura promedio.

Mcal= Mega calorías.

3.3 PRODUCCIÓN DE LECHE

La producción de leche predicha por el CNCPS se acerca más a la realidad que la predicha por el FYERA (Cuadro 7). El cálculo del requerimiento de EM para producción de leche es igual en ambos programas pero el FYERA estima una mayor disponibilidad de EM en la dieta (Cuadro 6) ya que no considera la energía requerida para la metabolización de la proteína en la dieta (energía consumida por los microorganismos y energía requerida para eliminar el exceso de nitrógeno transformándolo en urea).

Cuadro 7. Comparación de la producción de leche real y predicha por el FYERA Y CNCPS

Grupo	Predicha FYERA			Predicha CNCPS		
	Real kg	kg	sobreestimación %	kg	sobreestimación	subestimación %
Alta	16.7	17.7	6.0	16.2	-	3.0
Media	12.4	16.4	32.3	14.7	18.5	-
Baja	8.0	8.2	2.5	7.9	-	1.3

3.4 CONDICIÓN CORPORAL Y PESO

El peso inicial estimado fue de 425 kg y la ganancia estimada fue de 7 kg = 1.6% la cual coincide con la ganancia de CC (Cuadro 8). La dieta tenía un exceso de energía y una deficiencia de proteína para la producción de leche. Una deficiencia de proteína reduce la cantidad de leche y el contenido de sólidos no grasos, mientras que el animal engorda (Vélez *et al.* 2000).

Cuadro 8. Datos de condición corporal (CC) al inicio y final del ensayo

Grupos	Inicio	Final	Diferencia
Alta producción	2.40	2.53	0.13
Media producción	2.60	2.87	0.27
Baja producción	2.70	2.82	0.12

4. CONCLUSIONES

La estimación de consumo de materia seca por el FYERA es más cercana a la realidad que la del CNCPS.

La predicción de producción de leche del CNCPS es más precisa.

El FYERA subestima la EM en el alimento más que el CNCPS.

5. RECOMENDACIONES

Desarrollar un manual para el FYERA.

Incluir en el FYERA fórmulas para calcular el aporte de los ingredientes proteicos y el costo de metabolización del nitrógeno.

6. LITERATURA CITADA

AOAC. 1984. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. USA: Arlington. 1141 p.

Aguilar, C y Cañas, R. 1992. Simulación de sistemas: Aplicaciones en producción animal. In: Ruíz. M (ed.). RISPAL, San José, Costa Rica.185-284 p.

Ainslie, SJ; Fox, DG; Perry, TC Ketchen, DJ y Barry MC 1993. Predicting AminoAcid Adequacy of Diets Fed to Holstein Steers. Journal of Animal Sciences 71:1312-1319.

Giraldo, LM; Lizcano, LJ; Gijnsman, AJ; Rivera, B. Franco, LH 1998. Adaptación del Modelo DSSAT para simular la producción de *Brachiaria decumbens*. Pasturas tropicales 20(2):2-10.

National Research Council. 2001. Nutrient Requeriment of Dairy Cattle. Acribia SA Zaragoza, España. 3-26 p.

Quiroz, R., Velarde, CL; Arce, B; Genin, D. 1996. Resultados de ensayos en ganadería con modelos de simulación. In: Rivera, B. and R. Aubad (eds.).113-123 p.

Russell, JB; Oconnor, J. D.; Fox, DG; Van Soest, PJ; Sniffen, CJ 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant Fermentation. Journal of Animal Sciences 70:3551-3561.

Stone WC 1995. Application of the Cornell Net Carbohydrate and Protein Model for cattle consuming forages. Journal of Animal Sciences 73:267-277.

Vélez M.; Hincapié, JJ; y Matamoros, I.; Santillán, R. 2002. Producción de ganado lechero en el trópico. 4 ed. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. Nutrición del ganado vacuno- Alimentación de vaca lechera. 55-125 p.