

**Efecto de la adición del complejo enzimático  
Multi-zyme<sup>®</sup> a la dieta de vacas en pastoreo  
sobre la producción de leche**

**Marcela Alejandra Lemus  
Santa María Mendoza Benavides**

**ZAMORANO**  
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Noviembre, 2006

# **Efecto de la adición del complejo enzimático Multi-zyme<sup>®</sup> a la dieta de vacas en pastoreo sobre la producción de leche**

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

Presentado por:

**Marcela Alejandra Lemus  
Santa María Mendoza Benavides**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2006

Las autoras 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 autor.

---

Marcela Alejandra Lemus

---

Santa María Mendoza

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2006

## **Efecto de la adición del complejo enzimático Multi-zyme<sup>®</sup> a la dieta de vacas en pastoreo sobre la producción de leche**

Presentado por:

Marcela Alejandra Lemus

Santa María Mendoza

Aceptado por:

---

Miguel Vélez, Ph. D.  
Asesor Principal

---

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

---

Isidro A. Matamoros, Ph. D.  
Asesor

---

George Pilz, Ph. D.  
Decano Académico

---

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

---

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

## **DEDICATORIA M. L.**

A Dios, por haberme concedido el poder llegar a Zamorano y por haber estado conmigo en cada minuto durante estos cuatro años y hacer realidad mi sueño.

A mi madre y a mis hermanos por haberme apoyado siempre a pesar de la distancia, por haberme dado ánimos en los momentos más difíciles, por su sacrificio, su amor y por inspirarme a seguir luchando para alcanzar mis objetivos.

A don Antenor Romero, por todo el apoyo que me dio desde el inicio de mi carrera y por la amistad que me brindó todo este tiempo.

A mi papá, por los consejos que me dio cuando más los necesitaba.

A mis tíos: Alberto, Douglas, Mayra, Arely, Trancito y David por todo el apoyo y el amor que me han dado.

A los padres de familia de la Directiva de la clase '06 por ayudarme en todo momento y brindarme su amistad.

A los pastores Fabio, Avelar, Jacinto y Douglas por todos sus consejos y por guiarme siempre por el camino de nuestro Señor.

A la señora Ana Miriam de Latín, a Árida Marlene Guerra y familia, a Laura Hernández y a todos mis amigos que siempre estuvieron conmigo.

## **AGRADECIMIENTOS M. L.**

Al programa de Becas FANTEL para Educación Superior y al Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP) por el apoyo económico que me brindaron.

Al Dr. Miguel Vélez y al Dr. Isidro Matamoros por todo su apoyo, conocimiento, paciencia y dedicación para llevar a cabo este estudio.

A mi compañera de tesis Santa María Mendoza por su paciencia, su ayuda, su dedicación y sobretodo por la linda amistad que me brindó.

A todos mis amigos de la colonia salvadoreña por haber estado siempre unidos durante estos cuatro años.

A Jorge Estrada, Mario Lagos y Andrés Arroyo, que aunque ya no están en la escuela siempre los llevo en mi mente y en mi corazón por la linda amistad que marcaron en mi vida y por todos los lindos momentos que vivimos juntos.

A Alejandra Ramírez, Esperanza Galindo, Gabriela Andrade, Andrea Iñiguez, Judith Ortez, Leonel Mejía, Miguel Castillo, Diana Guevara, Olman Rivera, Sebastián Araya, Vidal Cerrato y a todos mis colegas por la paciencia, consejos, alegría y amistad que compartimos siempre.

## **DEDICATORIA S. M.**

A Dios Todo Poderoso por crear las posibilidades para cumplir mis metas y sueños, abrir la puerta de las oportunidades, poner en mi camino personas valiosas, por darme la fuerza y la paz necesaria para afrontar cada obstáculo vivido en Zamorano.

A Luis, Marcia, Inés, Melanie y Scarleth, por ser la mejor familia del mundo, que me dio los valores necesarios para sentirme segura y afrontar un mundo de retos.

A mis amigos más queridos, Ariana Torres, Danilo Cando, Julieta Castillo, Ana González y Leonel Mejía. Personas con quien compartí momentos duros y felices, por haberlos conocidos, aprender de ellos y hoy tener su valiosa amistad para toda mi vida.

A mi novio Cristhian Castro por tenderme su mano cuando más lo necesite, por sus valiosos consejos y su amor.

## **AGRADECIMIENTOS S. M.**

A mi compañera de tesis Marcelita Lemus, por su paciencia, sus conocimientos y su sincera amistad, por su apoyo y palabras de aliento, por compartir juntas el trabajo y esfuerzo que hoy se ve reflejado en terminar con éxito una faceta importante de nuestras vidas.

A Miguel Vélez, Isidro Matamoros y Edwin Westreicher, por darme la orientación y los conocimientos necesarios para llevar a cabo el estudio.

A todo el personal de trabajo de la sección de ganado lechero de Zamorano por su valioso trabajo.

A Leonel Mejía, mi querido amigo, quien con su esfuerzo nos dio el apoyo en la parte logística del experimento.

## RESUMEN

Lemus, M., Mendoza, S. 2006. Efecto de la adición del complejo enzimático Multi-zyme<sup>®</sup> a la dieta de vacas en pastoreo sobre la producción de leche. Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria, E.A.P., El Zamorano, Honduras. 20 p.

La producción de las vacas en el trópico está limitada por la baja digestibilidad de los forrajes. El estudio tiene como objetivo medir el efecto de la adición de Multi-zyme<sup>®</sup> sobre la producción de leche y la condición corporal de vacas de alta y media producción en Zamorano. Multi-zyme<sup>®</sup> es un complejo enzimático compuesto por  $\alpha$ -amilasa, celulasa, lipasa,  $\beta$ -glucanasa, pectinasa, xilanasas y lactasa, estas enzimas ayudan a desdoblar los componentes de los alimentos. Se usaron 40 vacas, 20 de alta producción (promedio de 24.2 kg/d) y 20 de mediana producción (promedio de 16.4 kg/d), las cuales fueron asignadas a dos tratamientos (con y sin enzima) en un diseño de Sobre Cambio en Cuadrado Latino con dos períodos de 28 días. La producción de leche se midió diariamente con el programa ALPRO. El contenido de grasa en la leche se determinó al final de cada período y la condición corporal al inicio, mitad y al final del experimento. Se dieron 10 g/vaca/d de la enzima con el concentrado que se proporcionó después de cada ordeño. En el lote de alta, la producción fue mayor ( $P < 0.05$ ) en 1.4 kg/d, en las vacas que recibieron la enzima. El contenido de grasa fue similar en ambos tratamientos y grupos de vacas. Se determinó la rentabilidad marginal del uso de la enzima asumiendo que todos los demás gastos permanecen iguales y se encontró una utilidad adicional de \$ 0.37/vaca/d en vacas de alta producción. Multi-zyme<sup>®</sup> no tuvo efecto sobre la condición corporal ( $P > 0.05$ ) en ninguno de los grupos.

Palabras clave: Condición corporal, contenido de grasa, enzimas.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Páginas de firma .....	iii
Dedicatoria M. L. ....	iv
Agradecimientos M. L.....	v
Dedicatoria S. M.....	vi
Agradecimientos S. M.....	vii
Resumen .....	viii
Contenido .....	ix
Índice de cuadros.....	x
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>2</b>
2.1 Ubicación.....	2
2.2 Animales.....	2
2.3 Alimentación .....	2
2.4 Manejo y variables a determinar .....	3
2.5 Diseño experimental.....	3
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>4</b>
3.1 Producción de leche sin corregir y contenido de grasa .....	4
3.2 Producción de leche corregida.....	4
3.3 Condición corporal .....	5
3.4 Análisis de rentabilidad .....	5
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>6</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>7</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>8</b>

## ÍNDICE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición de Multi-zyme <sup>®</sup> utilizado en el experimento.....	2
2. Composición del concentrado utilizado en el experimento.....	3
3. Efecto de la adición de Multi-zyme <sup>®</sup> sobre la producción de leche sin corregir y contenido de grasa en los lotes de alta y media producción.....	4
4. Efecto de la adición de Multi-zyme <sup>®</sup> sobre la producción de leche corregida al 4% en vacas de alta y media producción.....	5
5. Cambio en condición corporal por tratamiento.....	5
6. Rentabilidad marginal del uso de Multi-zyme <sup>®</sup> en vacas de alta producción.....	5

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de rumiantes en el trópico está limitada por la baja calidad de los pastos debido a su alto contenido de fibra y dependen en su mayoría de los forrajes para su alimentación, los cuales varían en su composición, dependiendo del clima y suelos en donde crecen, así como del manejo que se les dé (Vélez *et al.* 2002).

Eun y Beauchemin (2005) encontraron que vacas alimentadas con dietas altas y bajas en forraje con la adición de enzimas proteolíticas la producción y el consumo disminuye. También encontraron que dietas bajas en forraje incrementan la digestibilidad de Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), nitrógeno (N), Fibra Ácido Detergente (FAD) y Fibra Neutro Detergente (FND) y aumentaban la relación kg leche/kg de materia seca, el contenido de grasa y lactosa en la leche, a diferencia de vacas alimentadas con dietas altas en forraje que sólo aumentaron el contenido de lactosa.

Morgavi *et al.* (2000) sugieren que las enzimas afectan los alimentos antes de que sean ingeridos, aunque la información disponible indica que la acción principal de las enzimas exógenas ocurre en el retículo-rumen y aumenta el número de microorganismos del rumen que digieren fibra *in vitro* e *in vivo*. Las enzimas también tienen el potencial de afectar directamente la hidrólisis del alimento en el rumen, aunque la magnitud de este efecto no ha sido cuantificada.

Al parecer las enzimas exógenas con actividad de tipo xilanolítica tienen mayor efecto en la fibra de los suplementos alimenticios que en la de los forrajes y mientras más temprana sea la lactancia de la vaca, y mayor sea la producción y demanda de energía, mayores son los efectos positivos en la producción de leche (Pinos-Rodríguez *et al.* 2005).

En muchos casos los efectos positivos de las enzimas sobre la digestibilidad no han estado acompañados de mejoras en el desempeño de las vacas. Esto se debe a la variación en la composición de la dieta, a la preparación de la enzima, a la cantidad provista, a la estabilidad de la enzima y al método de aplicación (Yang *et al.* 1999).

Multi-zyme<sup>®</sup> es un complejo de enzimas que contiene  $\alpha$ -amilasa, celulasa, lipasa,  $\beta$ -glucanasa, pectinasa, xilanasas y lactasa. El presente estudio tiene como objetivo medir el efecto de la adición de Multi-zyme<sup>®</sup> sobre la producción de leche y la condición corporal de vacas de alta y mediana producción de la Unidad de Ganado Lechero en Zamorano.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Ubicación

El estudio se llevó a cabo en la unidad de Ganado Lechero de Zamorano, situada a 32 km al sudeste de Tegucigalpa, Honduras. Zamorano está a 800 m.s.n.m., tiene una temperatura promedio de 24°C y una precipitación anual promedio de 1100 mm entre los meses de Junio y Noviembre.

### 2.2 Animales

Se utilizaron 40 vacas, 20 de alta producción (promedio de 24.2 kg/d y menos de 85 días de lactancia al inicio del estudio) y 20 de mediana producción (promedio de 16.4 kg/d y menos de 165 días de lactancia al inicio del estudio).

### 2.3 Alimentación

El ensayo tuvo una duración de 56 días. Las vacas estuvieron en potreros de Transvala (*Digitaria eriantha*) y Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) manejados en rotación de 21 días. La enzima se ofreció a razón de 10 g/vaca/d (Cuadro 1). El concentrado se dio a razón de 0.41 kg por kilogramo de leche y la formulación del mismo se presenta en el Cuadro 2, además todas recibieron levadura a razón de 10 g/d agregada al concentrado y sal mineral *ad libitum*.

Cuadro 1. Composición de Multi-zyme<sup>®</sup> utilizado en el experimento.

Ingrediente	Cantidad
Proteína cruda mínimo, %	20.50
Grasa cruda mínimo, %	1.30
Fibra cruda máximo, %	9.50
Amilasa, unidades	10500000
Celulasa, unidades	1080000
Lipasa, unidades	280000
β-glucanasa, unidades	100000
Pectinasa, unidades	164000
Xilanasa, unidades	150000
Lactasa, unidades	192000

Cuadro 2. Composición del concentrado utilizado en el experimento.

Ingrediente	Cantidad, %
Maíz	13.20
Distillers Dry Grain (DDG)	22.00
Harina de soya	23.10
Melaza	5.50
Semolina de arroz	31.80
Megalac <sup>®</sup>	4.40
Total	100.00

#### 2.4 Manejo y Variables a Determinar

La enzima se dio en dos fracciones de 5 g cada una agregadas al concentrado que se proporcionó después de cada ordeño. La producción de leche se midió diariamente con el programa ALPRO. El contenido de grasa en la leche se determinó al final de cada período por el método de Babcock (A.O.A.C. 1965) y la condición corporal al inicio, mitad y al final del experimento. La producción de leche fue corregida por contenido de grasa, con la fórmula desarrollada por la universidad de Illinois en 1923 (Gravert 1987).

Leche ajustada (kg) =  $(0.4 \times \text{kg de leche}) + (15 \times \text{kg de grasa producidos})$

#### 2.5 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de Sobre Cambio en Cuadrado Latino (Lucas 1974) con dos tratamientos en dos períodos de 28 días cada uno. Los resultados se analizaron con el programa estadístico SAS<sup>®</sup> (2006).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Producción de leche sin corregir y contenido de grasa

En el lote de alta producción el volumen de leche fue mayor ( $P < 0.05$ ) en 1.4 kg/d, en las vacas que recibieron la enzima en comparación con las que no la recibieron. El contenido de grasa fue similar en ambos tratamientos en vacas de alta y de media producción (Cuadro 3). Estos resultados concuerdan con los encontrados por Lewis *et al.* (1999) en vacas Holstein alimentadas con raciones totalmente mezcladas basadas en heno y ensilaje de alfalfa, en este caso las vacas que recibieron la enzima y las vacas alimentadas con la dieta control produjeron 27.2 y 25.9 kg/d, respectivamente.

Cuadro 3. Efecto de la adición de Multi-zyme<sup>®</sup> sobre la producción de leche sin corregir y contenido de grasa en los lotes de alta y media producción.

Tratamiento	Producción, kg/d		Grasa, %	
	Media <sup>α</sup>	Alta <sup>β</sup>	Media <sup>α</sup>	Alta <sup>β</sup>
Con enzima	14.61 <sup>a</sup> ± 0.74	23.06 <sup>a</sup> ± 0.83	3.90 <sup>a</sup> ± 0.23	3.88 <sup>a</sup> ± 0.15
Sin enzima	14.29 <sup>a</sup> ± 0.74	21.66 <sup>b</sup> ± 0.83	3.93 <sup>a</sup> ± 0.23	3.90 <sup>a</sup> ± 0.15

<sup>α</sup> Promedio del lote al inicio del ensayo 16.4 kg/d.

<sup>β</sup> Promedio del lote al inicio del ensayo 24.2 kg/d.

<sup>ab</sup> Promedio en la misma columna con letras distintas difieren entre sí ( $P < 0.05$ )

#### 3.2 Producción de leche corregida

El uso de Multi-zyme<sup>®</sup> aumentó ( $P < 0.05$ ) la producción de leche corregida al 4% en 1.18 kg/d en el grupo de alta, mientras que no tuvo efecto ( $P > 0.05$ ) en el grupo de media (Cuadro 4). Este resultado se puede atribuir al hecho de que las vacas de alta recibieron más concentrado y la mayor proporción de las enzimas son amilolíticas que causan un mejor aprovechamiento del almidón.

Cuadro 4. Efecto de la adición de Multi-zyme<sup>®</sup> sobre la producción de leche corregida 4% en vacas de alta y media producción

Tratamiento	Producción, kg/d	
	Media <sup>α</sup>	Alta <sup>β</sup>
Con enzima	14.26 <sup>a</sup> ± 0.91	22.59 <sup>a</sup> ± 0.78
Sin enzima	14.17 <sup>a</sup> ± 0.91	21.41 <sup>b</sup> ± 0.77

<sup>α</sup> Promedio del lote al inicio del ensayo 16.4 kg/d.

<sup>β</sup> Promedio del lote al inicio del ensayo 24.2 kg/d.

<sup>ab</sup> Promedio en la misma columna con letras distintas difieren entre sí (P<0.05)

### 3.3 Condición corporal

Multi-zyme<sup>®</sup> no tuvo efecto sobre la condición corporal (P>0.05). La cual se muestra constante en todos los grupos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cambio en condición corporal por tratamiento.

Tratamiento	Media	Alta
Con enzima	0.087	0.076
Sin enzima	-0.059	0.055

### 3.4 Análisis de rentabilidad

Se determinó la rentabilidad marginal del uso de la enzima asumiendo que todos los demás gastos permanecieron iguales y se encontró una utilidad adicional de \$ 0.37/vaca/d en las vacas de alta producción (Cuadro 6).

Cuadro 6. Rentabilidad marginal del uso de Multi-zyme<sup>®</sup> en vacas de alta producción.

Incremento en leche/vaca/d, kg	1.40
Precio de leche, \$/kg	0.32
Mayor ingreso/vaca/d, \$	0.45
Costo de enzima/vaca/d, \$	0.08
Utilidad/vaca/d, \$	0.37

## **4. CONCLUSIONES**

En vacas de alta producción Multi-zyme<sup>®</sup> aumentó la producción de leche sin corregir y corregida al 4% de grasa en 1.4 y 1.18 kg, respectivamente, y que su uso fue rentable en este nivel de producción.

Multi-zyme<sup>®</sup> no tuvo efecto sobre la producción de vacas de media.

Multi-zyme<sup>®</sup> no tuvo efecto sobre la condición corporal en ninguno de los dos grupos.

## **5. RECOMENDACIONES**

Usar la enzima para vacas de alta producción.

Probar un complejo enzimático que tenga mayor contenido de celulasa, ya que la calidad del pasto en el trópico es menor que en clima templado.

## 6. LITERATURA CITADA

A.O.A.C. 1965. Official methods of analysis of the Association of Official Chemists. 16<sup>th</sup> ed. Washintong D.C. 16 p.

Eun, J.S.; Beauchemin, K.A. 2005. Effects of a Proteolytic Feed Enzyme on Intake, Digestion, Ruminant Fermentation, and Milk Production. *Journal of Dairy Science* 82:2140-2141.

Gravert, H. O. 1987. *Dairy Cattle Production*. Amsterdam, Elsevier. 280 p.

Lewis, G.E.; Sánchez, W.K.; Hunt, C.W.; Guy, M.A.; Pritchard, G.T.; Swanson, B.I.; Treacher, R.J. 1999. Effect of Direct-Fed Fibrolytic Enzymes on the Lactational Performance of Dairy Cows. University of Idaho. *Journal of Dairy Science* 82:611-617.

Lucas, H. L. 1974. *Design and Analysis of Feeding Experiments with Milking Dairy Cattle*. Mimeo Series #18. North Carolina State University.

Morgavi D.P. ; Beauchemin K.A.; Nsereko, V.L.; Rode, L.M.; Iwaasa, A.D.; Yang, W.Z.; McAllister, T.A.; Wang, Y. 2000. Synergy Between Ruminant Fibrolytic Enzymes and Enzymes from *Trichoderma Longibrachiatum*. *Journal of Dairy Science* 83:1310-1321.

Pinos-Rodríguez. J.M.; González. S.; Mendoza, G.; García, J.C.; Miranda, L.; De la Cruz, G. A.; De Lerma, V. 2005. Efecto de enzimas fibrolíticas exógenas en la degradación de ingredientes alimenticios, y en la producción de leche de vacas holstein. *INCI*. Vol.30 no.12. ISSN 0378-1844.

SAS<sup>®</sup>. 2006. *User's Guide*. Statistical Anlysis Institute Inc. Carey N.C.

Vélez, M.; Hincapié, J.; Matamoros, I.; Santillán, R. 2002. *Producción de Ganado Lechero en el trópico*. Nutrición de Ganado Vacuno. Honduras, Centro América. Editorial Punto Grafico. Cuarta Edición. 320 p.

Yang, W. Z.; Beauchemin, K.A.; Rode, L.M. 1999. Effects of an Enzyme Feed Additive on Extent of Digestion and Milk Production of Lactanting Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 82:2-36