

# **Efecto de enzimas fibrolíticas (Fibrozyme®) sobre la producción de leche de vacas alimentadas con ensilaje de maíz o de pasto guinea var. tobiatá.**

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

Presentado por:

**Laura Isabel Del Pino Caicedo**

**Deisy Margoth Verde Ramo Hollweg**

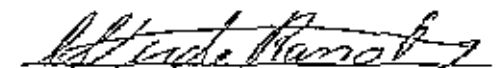
MICROFICHAS:	_____
FECHA:	_____
ENCARGADO:	_____

Zamorano, Honduras  
Diciembre, 1999

# 1013

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.

  
Laura Isabel Del Pino Caicedo.

  
Deisy Margoth Verde-Ramón Hollweg.

Zamorano, Honduras  
Diciembre, 1999

**DEDICATORIA**  
**L.D.P.C.**

A mis padres, Amparito Caicedo y Salomón Del Pino.

A mi hermano Alfredo Del Pino Caicedo.

No hubiera sido posible llegar a este punto sin su amor y apoyo, me dieron la oportunidad, son la guía en mi camino para ser lo que soy y para realizar en un futuro todo lo que me falta por hacer y todo lo que me proponga.

## AGRADECIMIENTOS L.D.P.C.

A Dios.

A mis padres por el cariño y el sacrificio de estos cuatro años.

A mi hermano por ser mi ejemplo y mostrarme la realidad.

Al Doctor Miguel Vélez por ser más que mi Asesor, mi amigo y como un padre, por todos sus consejos, regaños, enseñanzas y su confianza, quedarán en mi corazón por siempre.

A la Lic. Gladys de Flores, Dr. Isidro Matamoros y el Dr. Raúl Santillán por su ayuda.

A Susana Heredia por estos lindos cuatro años juntas, por esa hermosa amistad y tu paciencia interminable, gracias hermana.

A Martha Cáliz, José Valarezo, Max Chávez y Kiyoshi Eda por toda esa ayuda y esos consejos que los hacen inolvidables para mí.

A Margoth Verde Ramo, por la amistad que tenemos, por el trabajo duro juntas, estoy segura que lograrás todo lo que quieres.

A Zoila Almeida por acompañarme y ser mi amiga aún a la distancia.

A Verónica Vizcaíno por esa nueva amistad que quedará para siempre.

A Bertha Hernández, Wilma Tarifa, Dania Baca, Fernando Menacho, Rodolfo Soletto, José Marcucci, Alex López y Víctor Arias, por sembrar en mí la alegría, el querer ser una mejor persona cada día.

A toda la gente en Zootecnia: Albita Figueroa, Amado Benavides, Elvin Barrientos, Fernando Maradiaga, Armando Trujillo y Carlos Martínez, por todo el trabajo y por toda la experiencia que tienen y que me transmitieron.

A Fabiola Chávez y Elena Toro por soportar todas mis niñerías y mis penas y por lo más lindo: brindarme su amistad y cariño.

A Alejandro Bacaro por esa sinceridad, paciencia y dulzura que se lleva mi corazón a cualquier lugar donde este.

**AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES  
L.D.P.C.**

A la empresa Altech por patrocinar este estudio.

**DEDICATORIA**  
**M.V.R.H.**

A Dios por haberme dado las fuerzas para seguir un camino, un sueño.

A mi abuela Q.E.P.D. Ofelia por esperarme durante mis primeros años acá y haber sido una compañera.

A mi padre Marcelo , madre Deisy, a mi tío Eugenio y a mi familia por todo el apoyo y ayuda para realizar mi sueño. "Esto es por Ustedes".

A Fernando por estos años tan bonitos, por el amor y cariño, T.A.M.

## AGRADECIMIENTOS M.V.R.H.

Al Dr. Miguel Vélez, por toda su ayuda, amistad, paciencia, cariño y por la lección nueva cada día y a Dña. Mariana por esos pequeños detalles.

Al Dr. Isidro Matamoros y su familia por su ayuda y amistad.

A Laura por todos los bonitos y malos momentos, por la sonrisa en los momentos difíciles que supimos sobre llevar juntas. Gracias.

A la Lic. Gladys de Flores y al Dr Raúl Santillán por su ayuda en el desarrollo del estudio.

A Elvin, don Amado y Carlos por toda su ayuda en el transcurso del experimento y su compañerismo.

A Carmen por aguantar mis lejanías y ser una hermana para mí.

A Claudia por los momentos agradables.

A Fabiola por las atenciones y consejos.

A Flavia, Stefan, Susana, Roni, Rodolfo, Indiana, Alex Lopez por los bonitos momentos.

A las señoras de la biblioteca Bertha , Cleo y Lorena por su comprensión y amistad.

A los Ing. Robles y Castillo por sus enseñanzas y buen humor.

A Albita por sus detalles y su alegría.

•

**AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**  
M.V.R.H.

A la DSE y al Gobierno Alemán por la ayuda económica en el programa de Agrónomo.

A la empresa Alltech por la ayuda en este último año del programa de Ingeniería agronómica para el desarrollo del estudio.

A la empresa Verde Ramo.

•



## RESUMEN

Laura Del Pino Caicedo, Margoth Verde Ramo H. 1999. Efecto de enzimas fibrolíticas (Fibrozyme ®) sobre la producción de leche de vacas alimentadas con ensilaje de maíz o de pasto guinea var. tobiatá, 16 p.

Se estudió la adición de enzimas fibrolíticas (Fibrozyme ®) a ensilajes de maíz y guinea var. tobiatá. Se usaron 20 vacas en un diseño de sobrecambio en cuadrado latino; cada período de alimentación duró 21 días. El ensilaje se dio *ad libitum* y se suplementó con 1.7 kg/día de heno, 1.5 kg/día de harina de soya, 2 kg/día de melaza y concentrado según producción a razón de 1 kg por cada 2 kg de leche arriba de 8 kg. Los tratamientos fueron: ensilajes de maíz y de tobiatá con y sin Fibrozyme ®. Para los cuatro tratamientos y para los contrastes con enzima vs sin enzima y maíz vs tobiatá, respectivamente, el consumo total de MS/vaca/día fue de: 18.8, 18.7, 19.3, 19.2, 19.1, 19.0, 18.8 y 19.3 kg, el consumo de MS del ensilaje fue de: 6.4, 6.3, 6.7, 6.6, 6.6, 6.4, 6.3 y 6.7 kg, la producción de leche al 4% fue de: 20.4, 20.3, 19.7, 18.9, 20.0, 19.6, 20.4 y 19.3 kg/vaca/día. La digestibilidad *in vitro* del ensilaje de maíz fue de 66.8% y la del de tobiatá de 51.8%, y el contenido de PC de 8.6% y 5.7%, respectivamente; la suplementación elevó el contenido de PC de la dieta a un nivel que permitió un consumo y producción adecuadas en todos los casos. Ni el tipo de ensilaje ni la enzima afectaron la composición de la leche. La enzima produjo un ligero aumento en el peso y la condición corporal en ambos ensilajes. El uso de la enzima causó pérdidas en el caso del maíz y una ganancia de \$ 0.10 y \$ 0.15/vaca/día en el del tobiatá si se usa leche sin corregir o corregida, respectivamente.

**Palabras claves:** Producción de leche, ensilaje de maíz, ensilaje de tobiatá, enzimas.

## NOTA DE PRENSA

### MEJORE LA DIGESTIBILIDAD DE LOS ALIMENTOS DE SUS ANIMALES Y OBTENGA MEJORES RESULTADOS EN PRODUCCION Y GANANCIAS DE PESO

Los investigadores en Zamorano encontraron que para condiciones de la Escuela Agrícola Panamericana es rentable la suplementación del ganado lechero con la enzima Fibrozyme® cuando éste se alimenta con ensilaje de tobiatá pero no con ensilaje de maíz.

Entre el 13.03 y 25.06 de 1999, se probó el uso de Fibrozyme ® en vacas lecheras alimentadas con ensilajes de maíz y de pasto guinea variedad tobiatá y se encontró que ésta surtió mayor efecto con el ensilaje de tobiatá, que según los análisis de laboratorio era de baja calidad comparado con el ensilaje de maíz ya que tiene menos proteína y más fibra.

El peso de los animales aumentó con el uso de Fibrozyme ® con cualquiera de los ensilajes, lo que a mediano plazo repercute positivamente en la salud y fertilidad de las vacas.

El presente estudio confirma resultados anteriores de que se puede combinar el uso de ensilaje con el uso de enzima, para obtener una mayor producción de leche sin que varíe su composición, y de que el uso de ensilajes de pasto en lugar de los tradicionales de maíz o sorgo, es una alternativa para alimentar al ganado en la época seca y mantener la producción.

## CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Páginas de firmas.....	iii
	Dedicatoria L.D.P.C.....	iv
	Agradecimientos L.D.P.C.....	v
	Agradecimientos Patrocinadores L.D.P.C.....	vi
	Dedicatoria M.V.R.H.....	vii
	Agradecimientos M.V.R.H.....	viii
	Agradecimientos Patrocinadores M.V.R.H.....	ix
	Resumen.....	x
	Nota de prensa.....	xi
	Contenido.....	xii
	Índice de Cuadros.....	xiii
1.	<b>INTRODUCCION.....</b>	1
1.1	<b>OBJETIVOS.....</b>	2
1.1.1	Generales.....	2
1.1.2	Específicos.....	2
2.	<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	3
2.1	LOCALIZACION.....	3
2.2	ALIMENTACION.....	3
2.3	MANEJO DE LOS ANIMALES.....	4
2.4	DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	5
2.5	VARIABLES MEDIDAS.....	5
3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	6
3.1	CONSUMO.....	6
3.2	PRODUCCION.....	8
3.3	PESO Y CONDICION CORPORAL.....	11
3.4	RENTABILIDAD.....	12
4.	<b>CONCLUSIONES.....</b>	13
5.	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	14
6.	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	15

## INDICE CUADROS

Cuadro		
1.	Formulación y composición del concentrado.....	4
2.	Composición de los ensilajes y del heno (en %)......	6
3.	Consumo promedio de MS total, MS del ensilaje, MS del concentrado, PC y FND en kg/vaca/día.....	7
4.	Consumo promedio MS total, ensilaje, concentrado, PC y FND en kg/vaca/día, agrupados por adición de enzima y por tipo de ensilaje.....	8
5.	Promedios de producción de leche sin corregir (kg/vaca/día), contenido de grasa (%) y proteína(%)......	9
6.	Efecto de la enzima y del ensilaje sobre la producción de leche sin corregir (kg/vaca/día) y del contenido de grasa (%) y proteína (%)......	9
7.	Producción de leche al 4%, grasa y proteína en kg/vaca/día.....	10
8.	Efecto de la enzima y del ensilaje sobre la producción de leche al 4%, grasa y proteína en kg/vaca/día.....	11
9.	Cambio de peso (kg/vaca) y de condición corporal al final de cada tratamiento.....	11
10.	Efecto de la enzima y del ensilaje sobre el cambio de peso (kg/vaca) y de CC al final de cada tratamiento.....	12
11.	Rentabilidad del uso de la enzima (USS/vaca/día).....	12

## 1. INTRODUCCION

La población humana y con ello la demanda de alimentos es cada día mayor. Lo que no aumenta es la cantidad de tierra cultivable; en la mayor parte de la zona tropical, las reservas forestales son limitadas y deben conservarse ya que cumplen otras funciones, por lo que la solución está en mejorar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles, incluyendo los alimentos.

En la mayoría del trópico se presenta una época seca con escasez de forraje. Para asegurar la producción de los animales es necesario almacenar alimento, bien sea en forma de ensilaje o de heno. Tradicionalmente se ha usado el maíz o sorgo para producir ensilaje, pero sus costos de producción y demanda de agroquímicos son altos; como alternativa se ofrece su producción con gramíneas y leguminosas perennes, aunque tienen algunas limitantes por su menor digestibilidad. Esta se puede mejorar con el tratamiento con diversos aditivos como ácidos orgánicos, enzimas (Vélez, 1997).

En el caso de las enzimas se busca suplementar las enzimas que producen los organismos del rumen (Kung, 1999). Un ejemplo es el producto Fibrozyme® de Alltech, Inc., que es el extracto de los hongos *Trichoderma viride* y *Aspergillus niger* formulado para contener un mínimo de 100 U de Xilanasa activa por gramo (Tricarico y Dawson, 1997); Fibrozime® rompe las uniones de la lignina con la celulosa y la hemicelulosa (Lyons, 1997) y como consecuencia estimula el apetito y cambia la proporción de ácidos grasos volátiles en el rumen en favor de ácido propiónico, aumentando así la producción. La enzima está protegida de la degradación ruminal por un proceso de glicosilación o sea la adición de cadenas cortas de azúcares a restos aminoacídicos (Plou *et al.*, 1999) por lo que pueden resistir la digestión (proteólisis) y conservarse activas en el rumen por más de 12 horas (Harris, 1999).

La acción de la enzima depende de la ración que se da por lo que muestra resultados variables. Howes (1997) encontró un aumento en el consumo de materia seca y en la producción de leche así como en su contenido de grasa y proteína; mientras que McGilliard y Stallins (1998) encontraron un aumento en la producción de leche pero una disminución del contenido de grasa y proteína por lo que la producción corregida por grasa permaneció igual.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. General.

Evaluar el efecto del producto Fibrozyme® sobre la producción de vacas lecheras alimentadas con ensilajes de maíz o de pasto guinea var. tobiatá, en Zamorano.

### 1.1.2. Específicos.

- Medir el consumo de nutrientes.
- Evaluar la producción de leche.
- Evaluar la producción de grasa y de proteína.
- Medir el cambio de peso y de condición corporal de los animales.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. LOCALIZACION.

El experimento se llevó a cabo en la sección de ganado lechero de Zamorano, en el valle del Río Yeguaré, a 30 km al sureste de Tegucigalpa. Se encuentra a una altura de 800 msnm con una temperatura anual promedio de 24° C y una precipitación anual de 1,100 mm.

### 2.2. ALIMENTACION

La dieta se basó en ensilaje de maíz (*Zea mays*) o de pasto guinea (*Panicum maximum*) var. tobiatá *ad libitum*. El costo del ensilaje de maíz fue \$ 22/t de materia fresca (MF) y del de tobiatá de \$12/t MF. Esta dieta fue suplementada con 1,7 kg/día de heno de pasto transvala (*Digitaria eriantha*), 1,5 kg/día de torta de soya y 2,0 kg/día de melaza. Todos estos componentes se dieron dos veces al día. En la primera semana del experimento se utilizó un heno de baja calidad, que fue reemplazado a partir de la segunda semana.

El ensilaje de maíz se preparó en un silo de trinchera de 380 toneladas métricas de capacidad, el de tobiatá en un silo de montón. El maíz se ensiló sin aditivos, al tobiatá se le adicionaron 70 kg de melaza por tonelada de materia fresca.

Al momento del ordeño se dio concentrado con 16% de PC, a razón de 1 kg por cada 2 kg de leche a partir de una producción de 8 kg de leche. La cantidad se determinó cada tres semanas en base a la producción de la semana precedente. Los ingredientes y la composición del concentrado se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Formulación y composición del concentrado

INGREDIENTE	%
Sorgo	49,90
Semolina de arroz	20,00
Harina de camarón	5,00
Harina de soya	13,00
Carbonato de calcio	0,80
Melaza	10,00
Sal común	0,50
Urea	0,50
Vitaminas	0,30
Materia seca	90,00
Proteína	16,00
ED Mkal/kg	3,00
Ca	0,70
P total	0,50

### 2.3 MANEJO DE LOS ANIMALES

El ensayo se inició el 13 de Marzo con un grupo de 12 animales, el 31 de Marzo ingresó otro grupo de 8 animales, cada grupo permaneció en el ensayo por 84 días.

Las vacas se estabularon en un corral abierto con piso de cemento y con un área de descanso de tierra en el centro. Cada animal tuvo acceso las 24 horas a un comedero equipado con una puerta Calan®, Inc. USA. operada magnéticamente. Cuando se iniciaron las lluvias, a mediados del experimento, se removió diariamente una parte de la cama pero aun así se presentaron seis casos de mastitis y uno de pododermatitis atribuidos a la humedad. La enzima se proporcionó a razón de 7,5 g mezclada con el concentrado dos veces al día durante el ordeño

Las vacas fueron ordeñadas a máquina dos veces al día y la producción se midió una vez a la semana durante los dos ordeños.

El consumo de ensilaje se determinó diariamente, por diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado.



## 2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Se usó un diseño de sobrecambio en cuadrado latino (Lucas, 1974) con un total de 20 vacas en 5 cuadrados. De acuerdo al diseño, todas los animales pasaron por cada uno de los tratamientos durante 21 días. Los tratamientos fueron:

- T1: Ensilaje de maíz suplementado con Fibrozyme<sup>®</sup>.
- T2: Ensilaje de maíz sin Fibrozyme<sup>®</sup>.
- T3: Ensilaje de tobiatá suplementado con Fibrozyme<sup>®</sup>.
- T4: Ensilaje de tobiatá sin Fibrozyme<sup>®</sup>.

## 2.5. VARIABLES MEDIDAS

Las variables medidas fueron:

- Consumo diario de forraje, estimado por diferencia entre la oferta y el rechazo, que se determinó antes de la alimentación de la mañana.
- Producción de leche corregida al 4 % mediante la fórmula:  
Leche al 4% =  $0.4 \times \text{kg leche} + 15 \times \text{kg de grasa}$  (Gravert, 1983).
- Contenido de grasa (Babcock; Revilla, 1995) y de proteína (Kjeldhal; A.O.A.C., 1965) en la leche.
- Peso y condición corporal (CC) en una escala de 1 a 5, al inicio del experimento y al final de cada tratamiento.

De ambos ensilajes se analizaron dos muestras, una al inicio, a 0.50 m de la pared frontal y otra en medio del silo, en la novena semana del experimento. Del rechazo de cada animal, se tomó una muestra diaria la cual se guardó en refrigeración; al final de cada semana se tomó una muestra compuesta para su análisis (muestra/vaca/semana).

En los forrajes se determinó materia seca (MS), materia orgánica (MO), ceniza (CZ), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), lignina (lig) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO); en los rechazos se determinó: MS, PC y FND. Se usaron los métodos de la A.O.A.C. (1965) para CZ, PC, EE, humedad; el fraccionamiento de las paredes celulares de Van Soest y Wine, (1967) para FND, FAD y lignina y el de Menke *et al.* (1979) para DIVMO y ED.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

El ensilaje de maíz fue de mejor calidad que el de tobiatá por su mayor contenido de MO y una mayor digestibilidad. En el caso del tobiatá el contenido de PC fue muy bajo, lo que seguramente afectó la digestibilidad *in vitro* (Cuadro 2).

En el caso del heno, en la primera semana se usó un heno amoniado, lo que explica su alto contenido de PC y digestibilidad aceptable a pesar del elevado contenido de lignina. A partir de la segunda semana se usó un heno con menor contenido de PC pero mayor DIVMO.

Cuadro 2. Composición de los ensilajes y del heno (en %)

FORRAJE	MS	MO	CZ	PC	EE	FND	FAD	LIG	DIVMO
E. Maíz (1)	17.9	93.5	6.5	8.5	2.6	70.9	43.7	6.2	65.8
E. Maíz (2)	21.2	93.4	6.6	8.9	2.9	64.7	40.5	6.9	67.9
E. Tobiatá (1)	21.7	87.7	12.3	6.0	2.0	70.6	47.4	7.4	51.7
E. Tobiatá (2)	24.5	84.8	15.1	5.4	2.5	68.3	49.8	7.1	51.1
H. Transvala (a)	92.5	92.7	7.3	13.7	1.4	80.6	48.2	9.2	57.8
H. Transvala (b)	92.3	88.9	11.0	8.7	2.7	67.4	37.7	5.0	62.3

(1) Muestreo de ensilajes la primera semana del ensayo

(2) Muestreo de ensilajes la novena semana del ensayo

(a) Heno amoniado utilizado la primera semana del ensayo

(b) Heno utilizado a partir de la segunda semana del ensayo

#### 3.1. CONSUMO.

El tratamiento con enzima no afectó el consumo de MS total, MS del ensilaje y MS del concentrado (Cuadro 3). El consumo fue mayor con los ensilajes de tobiatá que con los de maíz, pero sólo en el caso del tobiatá con enzima, esta diferencia alcanzó niveles significativos ( $P < 0.05$ ).

El consumo de MS de concentrado fue mayor ( $P<0.05$ ) en los tratamientos con tobiatá aunque su producción fue menor. Esto se puede deber a que la asignación del concentrado se hizo en base a la producción del período anterior y en el caso del tobiatá, 2 de los 3 tratamientos que lo precedían fueron con maíz, los que tenían una mayor producción y por lo mismo recibieron más concentrado.

El tratamiento con enzima no afectó el consumo de PC al comparar los ensilajes de maíz o de tobiatá entre sí. El consumo fue mayor ( $P<0.05$ ) en los tratamientos con maíz debido al mayor contenido de PC en este ensilaje, mientras que el de FND fue mayor en los tratamientos con tobiatá, debido al mayor contenido de FND de éste.

En el rechazo se encontró una mayor cantidad de proteína que en los ensilajes debido a que la harina de soya no fue consumida totalmente y fue imposible separar los restos de harina del ensilaje.

Cuadro 3. Consumo promedio de MS total, MS del ensilaje, MS del concentrado, PC y FND en kg/vaca/día.

Tratamientos	MS			PC	FND
	Total	Ensilaje	Concentrado		
Maíz con Fibrozyme	18.8 a	6.4 a	7.9 a	2.65 a	6.35 a
Maíz sin Fibrozyme	18.7 a	6.3 a	7.9 a	2.66 a	6.30 a
Tobiatá con Fibrozyme	19.3 b	6.7 b	8.2 ab	2.52 b	6.71 b
Tobiatá sin Fibrozyme	19.2 ab	6.6 ab	8.4 b	2.56 b	6.45 b
DE	0.07	0.04	0.07	0.009	0.03

Promedios con letras diferentes en la misma columna, difieren ( $P<0.05$ )

DE Desviación estandar

Al agrupar los tratamientos con y sin Fibrozyme (Cuadro 4) no se encontraron diferencias en el consumo de PC y FND; aunque el consumo de MS total y MS del ensilaje mostró una ligera tendencia a ser mayor (0.5%) con Fibrozyme. Este aumento es mucho menor que el encontrado por Stokes y Zheng (1995) en vacas en producción de 12%, en vacas alimentadas con una dieta con 50% heno, 5% de heno de alfalfa y 45% de concentrado.

Cuadro 4. Consumo promedio de MS total, del ensilaje, y del concentrado, PC, FND en kg/vaca/día, agrupados por adición de enzima y por tipo de ensilaje.

Tratamientos	MS			PC	FND
	Total	Ensilaje	Concentrado		
<b>Enzima</b>					
Con Fibrozyme	19.1 a	6.6 a	8.0 a	2.58 a	6.53 a
Sin Fibrozyme	19.0 a	6.4 a	8.1 a	2.60 a	6.38 a
<b>Ensilaje</b>					
Maíz	18.8 a	6.3 a	7.9 a	2.65 a	6.33 a
Tobiatá	19.3 b	6.7 b	8.3 b	2.54 b	6.58 b
DE	0.07	0.04	0.07	0.009	0.03

Promedios en la misma columna con letras diferentes, difieren ( $P < 0.05$ )

DE Desviación estándar

Al comparar los tipos de ensilaje (Cuadro 4), se observó un mayor consumo de MS total (2.7%;  $P < 0.05$ ) y de MS del ensilaje con el tobiatá (6.3%;  $P < 0.05$ ). El mayor consumo del ensilaje de tobiatá no concuerda con la baja digestibilidad *in vitro* del mismo; esto se atribuye a que para la prueba de digestibilidad *in vitro* no se le suplementa con PC y su contenido era tan bajo (5.6 %) que afectó la digestibilidad, mientras en el ensayo sí se suplementó.

La ingestión de PC fue mayor ( $P < 0.05$ ) con los ensilajes de maíz debido al mayor contenido de PC en este ensilaje; aunque en realidad la diferencia fue muy pequeña debido a la PC aportada por el concentrado, con 4.3% en el mayor de los casos (Cuadro 4). En forma similar, la ingestión de FND fue mayor (3.9%;  $P < 0.05$ ) en el caso de ensilaje de tobiatá debido al mayor contenido de FND de éste, asociado con su mayor consumo.

### 3.2. PRODUCCION.

La producción y composición de la leche se indican en el Cuadro 5 y la producción corregida al 4% en el Cuadro 7. La enzima no afectó la producción de leche sin corregir ni el contenido de grasa en ninguno de los ensilajes, aunque en el caso del tobiatá si hubo un ligero aumento de 3.0 y 2.6%, respectivamente (Cuadro 5).

El % de proteína se encontró un menor contenido de ésta ( $P < 0.05$ ) para los tratamientos con tobiatá.

Cuadro 5. Promedios de producción de leche sin corregir (kg/día/vaca), contenido de grasa (%) y proteína (%).

Tratamiento	Leche	Grasa	Proteína
Maíz con Fibrozyme	25.0 a	2.78	2.80 a
Maíz sin Fibrozyme	25.2 a	2.73 b	2.85 a
Tobiatá con Fibrozyme	24.0 ab	2.80 c	2.74 b
Tobiatá sin Fibrozyme	23.4 b	2.72 b	2.72 b
DE	0.16	0.009	0.0004

Promedios con letras diferentes en la misma columna, difieren ( $P < 0.05$ )

DE Desviación estandar

Al agrupar los resultados por uso o no de enzima se encontró un efecto ( $P < 0.05$ ) de ésta sobre la producción, el contenido de grasa y proteína, que es el reflejo del resultado en el tobiatá. Al agrupar la producción por ensilajes se encontró una mayor producción en los tratamientos con maíz (1.6%;  $P < 0.05$ ; Cuadro 6), al igual que un 3% más en el contenido de proteína para el maíz

Cuadro 6 Efecto de la enzima y del ensilaje sobre la producción de leche sin corregir (kg/vaca/día), contenido de grasa (%) y proteína (%).

Tratamiento	Leche	Grasa	Proteína
<b>Enzima</b>			
Con Fibrozyme	24.5 a	2.79 a	2.77 a
Sin Fibrozyme	24.3 b	2.72 b	2.78 a
<b>Ensilaje</b>			
Maíz	25.1 a	2.75 a	2.82 a
Tobiatá	23.7 b	2.76 a	2.73 b
DE	0.16	0.009	0.0004

Promedios con letras diferentes en la misma columna, difieren ( $P < 0.05$ )

DE Desviación estandar

En el caso de la producción corregida (Cuadro 7) y al igual que en el caso de la leche sin corregir, con el ensilaje de maíz no se encontró efecto de la enzima, el que sí se encontró ( $P < 0.05$ ) con el ensilaje de tobiatá, en el que la producción aumentó en 4.2%. La producción de grasa fue similar en los dos tratamientos con ensilaje de maíz y en el ensilaje de tobiatá con enzima; pero fue menor en el tratamiento de tobiatá sin enzima ( $P < 0.05$ ), como consecuencia de la menor producción de leche y el menor contenido de grasa en éste último. La producción de proteína fue mayor ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos

con maíz, al comparar los tratamientos con tobiatá la enzima indujo una mayor ( $P < 0.05$ ) producción.

El efecto de la enzima sobre la producción fue similar al encontrado por Zi-Lin y Jian-Hua (1998, citado por Dawson y Tricarico, 1998) de un aumento de 0.8 kg/vaca/día en vacas alimentadas con ensilaje de maíz, pasto guinea y concentrado; pero menor al encontrado por Stokes & Zheng (1995) de 14.8 % en vacas alimentadas con una dieta con 50% henilaje, 5% de heno de alfalfa y 45% de concentrado. Howes (1997) por su parte en vacas alimentadas con ensilaje de maíz, encontró, además de un incremento en la producción de leche de 7%, uno en el contenido de grasa y de proteína, que tampoco se encontró en el presente estudio, en el cual los niveles de ambos componentes estuvieron bajos en todos los casos.

Cuadro 7. Producción de leche al 4%, grasa y proteína en kg/vaca/día.

Tratamiento	Leche	Grasa	Proteína
Maíz con Fibrozyme	20.4 a	0.69 a	0.68 a
Maíz sin Fibrozyme	20.3 a	0.68 a	0.70 a
Tobiatá con Fibrozyme	19.7 b	0.66 a	0.65 b
Tobiatá sin Fibrozyme	18.9 c	0.63 b	0.63 c
DE	0.07	0.003	0.001

Promedios con letras diferentes en la misma columna, difieren ( $P < 0.05$ )

DE Desviación estandar

Al combinar los ensilajes, no se encontró efecto de la enzima sobre la producción de leche corregida ni tampoco en la producción total de grasa y proteína, (Cuadro 8).

Al comparar los ensilajes, independientemente de la enzima (Cuadro 8), se encontró que la producción de leche corregida así como la de proteína fue superior en los animales alimentados con ensilaje de maíz. El aumento en la producción de 5.7% con el ensilaje de maíz es mucho menor de lo que cabe esperar de la diferencia en digestibilidad de ambos ensilajes, lo que indica que la suplementación con soya surtió el efecto esperado de balancear la dieta con lo que mejoró la digestibilidad del ensilaje de tobiatá.

Cuadro 8. Efecto de la enzima y del ensilaje sobre la producción de leche al 4%, grasa y proteína en kg/vaca/día.

Tratamiento	Leche	Grasa	Proteína
Enzima			
Con Fibrozyme	20.0 a	0.68 a	0.67 a
Sin Fibrozyme	19.6 a	0.65 a	0.66 a
Ensilaje			
Maíz	20.4 a	0.69 a	0.69 a
Tobiatá	19.3 b	0.65 b	0.64 b
DE	0.07	0.003	0.001

Promedios con letras diferentes en la misma columna, difieren ( $P < 0.05$ )

DE Desviación estandar

### 3.3. PESO Y CONDICION CORPORAL

En todos los casos se encontró un aumento en el peso (Cuadro 9), el cual fue mayor en los tratamientos con enzima, aunque sólo en la comparación de tobiatá con enzima vs. tobiatá sin enzima alcanzó niveles significativos ( $P < 0.05$ ).

El cambio en la condición corporal (CC) fue mínimo en el caso del tobiatá con enzima y no hubo cambio en los tratamientos con maíz o tobiatá sin enzima; en el caso del maíz con Fibrozyme® el cambio fue significativo ( $P < 0.05$ ). El efecto fue bajo en comparación con el encontrado por Stokes y Zheng (1995) en cuyo ensayo las vacas que recibieron la enzima tuvieron una CC de 3.26 y las que no, una CC de 2.64.

Cuadro 9. Cambio de peso (kg/vaca) y de condición corporal (CC) al final de cada tratamiento.

Tratamientos	Cambios de	
	Peso	CC
Maíz con Fibrozyme	10.2 a	0.10 a
Maíz sin Fibrozyme	5.3 a	0.00 b
Tobiatá con Fibrozyme	13.4 ab	0.01 b
Tobiatá sin Fibrozyme	2.0 ac	0.0 b
DE	0.058	0.0003

Promedios en la misma columna con letras diferentes, difieren ( $P < 0.05$ )

DE Desviación estandar

Al combinar los ensilajes se encontró, como era de esperar, un efecto de la enzima sobre el peso y la condición corporal (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto de la enzima y del ensilaje sobre el cambio de peso (kg/vaca) y de CC al final de cada tratamiento.

Tratamientos	Cambio de	
	Peso	CC
Enzima		
Con Fibrozyme	11.8 a	0.05 a
Sin Fibrozyme	3.7 b	0.00 b
Ensilaje		
Maíz	7.8 a	0.05 a
Tobiatá	7.7 a	0.6 a
DE	0.05	0.0003

Promedios en la misma columna con letras diferentes, difieren ( $P < 0.05$ )

DE Desviación estandar

El tipo de ensilaje (maíz o tobiatá) no afectó el peso o la condición corporal porque probablemente se confunden los efectos del tipo de ensilaje y de la enzima (Cuadro 10).

### 3.4. RENTABILIDAD

Para estimar la rentabilidad del uso del Fibrozyme © se usó el valor de la leche sin corregir. En el caso del ensilaje de maíz el uso de la enzima no es rentable, pero sí lo es en el del tobiatá.

Cuadro 11. Rentabilidad del uso de la enzima (en US\$/ vaca/día)

	Leche sin corregir	
	Maíz	Tobiatá
Ingreso por leche*		
Con enzima	8.00	7.71
Sin enzima	8.06	7.50
Diferencia en ingreso	-0.06	0.21
Costo de la enzima	0.11	0.11
Utilidad neta	-0.17	0.10

\* Precio de leche S 0.32



#### 4. CONCLUSIONES

- 1.- El consumo de MS en los tratamientos con ensilaje de tobiatá fue mayor que con el ensilaje de maíz. La suplementación con soya y concentrado elevó el contenido de PC de todas las dietas a un nivel tal que permitió una digestibilidad y un consumo adecuados.
- 2.- La producción de leche fue mayor en los tratamientos con ensilaje de maíz.
- 3.- La enzima aumentó el consumo de MS.
- 4.- La enzima aumentó la producción de leche en las dietas con ensilaje de tobiatá, pero no en las dietas con ensilaje de maíz.
- 5.- El tipo de ensilaje y la enzima no afectaron la composición de la leche.
- 6.- En ambos ensilajes la enzima produjo un incremento en la condición corporal y en la ganancia de peso.
- 7.- El uso de la enzima causó pérdidas económicas con el ensilaje de maíz y ganancias con el de tobiatá.

## 5. RECOMENDACIONES

- 1.- Comparar económicamente el uso de ensilaje de maíz y de tobiatá.
- 2.- Probar la enzima en pastoreo.
- 3.- Estudiar la adición de la enzima al momento de preparar el ensilaje.
- 4.- Ofrecer cantidades fijas de los suplementos.
- 5.- No mezclar la soya con el ensilaje.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- A.O.A.C. 1965. Official methods of analysis of the Association of Official Chemists, 10<sup>th</sup> ed. Washington DC.
- GRAVERT, H.O. 1983. Die Milch, Ulmer Verlag, Stuttgart, 383 p.
- HARRIS, B. 1999. The emerging role of enzymes in ruminant diets: At long last a breakthrough. Udder Information, Dr. Harris' Guide to Maximizing Dairy Performance, 4:1-3.
- HOWES, D. 1997. Using biotechnology to improve forage and cereal utilization by lactating cows. Alltech Inc., Nicholasville, Kentucky. 8p.
- KUNG, L. 1999. Direct - fed microbials and enzymes feed additives. *In*: 1998 - 1999 Direct - fed Microbial, Enzyme & Forage Additive Compendium. Miller Publishing Co. Minnesota.
- LUCAS, H.L. 1974. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. Institute of Statistics, Mimeo series # 18. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina. Cap 16, 1- 51.
- LYONS, T.P. 1997. Una nueva era en la producción animal: La llegada de alternativas naturales demostradas científicamente. *In*: Séptima ronda Latinoamericana y del Caribe de Alltech, ed T.P. Lyons. Publicación técnica de Alltech. Nicholasville, Kentucky. 1 - 7.
- MCGILLIARD, M.L. y STALLINGS, C.C. 1998. Increase in milk yield of commercial dairy herds fed a microbial and enzymic supplement. *Journal of Dairy Science* 81:1353-1357.
- MENKE K.M., RAAB, L., SALEWSKI, A., STEINGASS, H., FRITZ, D. and SCHENEIDER, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolize energy content of ruminant feed stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *Journal of Agricultural Science* 92: 499 - 503.

- PLOU, F.J., ALCALDE, M. y BALLESTEROS, A. 1999. Estabilidad de los biocatalizadores. Los catalizadores biológicos -enzimas, ribozimas y anticuerpos catalíticos- son estructuras lábiles. Su estabilización resulta fundamental en aplicaciones industriales, médicas y analíticas. *Investigación y Ciencia*, 6:46 - 55.
- REVILLA A. 1995. Industrias lácteas: Curso práctico. Segunda ed. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras, 70p.
- STOKES, M.R. y ZHENG, S. 1995. The use of carbohydrates enzymes as feed additives for early lactations cows. 23th conference on rumen function. Chicago, IL. 35p
- TRICARICO, J.M. y DAWSON, K. 1997. The use of exogenous fibrolytic enzymes to enhance microbial activities in the rumen and the performance of ruminant animals *In Biotechnology in the Feed Industry Proceedings of Alltech's 15 th Annual Symposium*. Edited by T.P. Lyons and K.A. Jacques. 303 - 319p.
- VAN SOEST, P.J. and WINE R.H. 1967. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. *Journal Assoc. of Anal. Chem.* 50:50.
- VELEZ, M. 1997. Producción de ganado lechero en el trópico. Segunda edición. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras, 189 p.