

**EVALUACIÓN DEL USO DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO
DE MAIZ (FVHM) SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE DE
VACAS EN PASTOREO**

CARLOS EDUARDO MORA AGÜERO

Trabajo Final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía
para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2009

**EVALUACIÓN DEL USO DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO
DE MAIZ (FVHM) SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE DE
VACAS EN PASTOREO**

CARLOS EDUARDO MORA AGÜERO

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M.Sc.

Asesor

Ing. Agr. Milton Villarreal Castro, Ph.D

Jurado

Ing. Agr. Gilda Muñoz Gómez, Lic.

Jurado

Ing. Agr. Carlos Ramírez Vargas, Lic.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, M.AE.

Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

Director
Escuela de Agronomía

2009

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso

A mis padres

AGRADECIMIENTO

A mis padres, mi hermano y mis hermanas, por ser desde siempre un ejemplo de voluntad, esfuerzo y trabajo. Por darme la oportunidad de estudiar y por permitirme ser quien soy, respetándome y apoyándome siempre.

A toda la Sede Regional del ITCR, en especial a la Escuela de Agronomía, su personal docente y administrativo.

A mis profesores, pues de todos he recibido muy importantes lecciones no solo académicas, pero en especial a los Ingenieros: Arnoldo Gadea Rivas, Parménides Furcal Berigüete, Carlos Ramírez Vargas, Sergio Torres Portugués y Alberto Camero Rey, por ser verdaderos ejemplos a seguir como personas y profesionales agrónomos y docentes, por ayudarme tanto durante mi paso en la carrera y por permitirme colaborar con ellos, a éste ultimo además por tener tanta paciencia con mi persona y colaborar tanto en la realización de la parte práctica y el documento final de mi tesis.

Al personal de la lechería de la Escuela de Agronomía: Mario Solano, Sergio Alpízar, Efraín Artavia, Marvin Monge, por toda la ayuda brindada, paciencia y ganas de trabajar que demostraron.

A mis compañeros de residencia y contemporáneos: Gil de Diego Salas, Manrique Blanco, Natalia Mora, Johan Vázquez, Eduardo Murillo, Víctor Quesada, Carlos Moya, Gabriel González, Osvaldo Lizano, Merilyn Rodríguez, María Acuña, Marco Soto, Dinia Estela Carvajal, Melissa Campos, Víctor Zúñiga, Mauricio Rodríguez, Dani León, Henry Vargas, Sofía Monge, Keiner Araya, Alex Ramírez, Marylin Elizondo, Melvin Calderón, Alejandro Barquero, Jorge Álvarez, Ronny Barrantes, Didier Rodríguez, Carlos Rojas, Alberto Fallas, Roxana Villalobos, Paulina Quesada y con especial afecto a Andrea Carrillo Carvajal; a todos gracias por darme y enseñarme tanto.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
TABLA DE CONTENIDOS	iii
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
1. Introducción	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
2. Revisión bibliográfica.....	3
2.1 Las pasturas como base alimenticia en el trópico	3
2.2 Factores que determinan la calidad nutritiva de una fuente alimenticia.....	4
2.2.1 La materia seca y los componentes celulares.	4
2.2.2 Componentes de la pared celular	5
2.2.3 La energía	5
2.3 La suplementación como alternativa a las deficiencias de los forrajes.....	6
2.4 El forraje verde hidropónico	7
2.4.1 Ventajas del uso de FVH.....	7
2.4.2 Usos de FVH en alimentación animal.....	8
2.5 La leche: calidad y composición.	9
2.5.1 Factores que afectan la calidad de la leche.....	9
2.5.2 Factores que afectan la composición de la leche.	9
2.6 Factores que influyen en la producción de leche.....	10
2.6.1 Factores fisiológicos.	11
2.6.2 Factores ambientales y de manejo.	11
2.6.3 Factores alimenticios.	12
3. Materiales y métodos.....	13

3.1	Localización	13
3.2	Metodología para la producción de FVHM utilizada para el experimento	13
3.3	Tratamientos evaluados	14
3.4	Definición del diseño experimental	14
3.5	Modelo estadístico.....	15
3.6	Período experimental.....	15
3.6.1	Duración y distribución en el tiempo.....	15
3.6.2	Condiciones ambientales durante la fase experimental.....	16
3.7	Selección del grupo experimental.....	18
3.8	VARIABLES DE RESPUESTA EVALUADAS.....	18
3.8.1	Producción de leche	18
3.8.2	Composición química de la leche	19
3.9	Balance nutricional	19
3.9.1	Consumo de materia seca (CMS) por los animales.....	19
3.9.2	Requerimientos nutricionales de los animales bajo experimentación.....	20
3.9.3	Cantidad de energía neta (ENL) como aporte de la dieta experimental ..	20
3.10	Manejo de los animales	20
3.10.1	Alimentación	20
3.10.2	Manejo de los animales según los tratamientos.	21
3.10.3	Horario de alimentación.....	22
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1	Producción de leche y sus constituyentes.....	23
4.2	Valor nutricional de la dieta consumida durante la fase experimental.	26
4.3	Consumo diario promedio por vaca de materia seca (kg MS) en cada tratamiento durante la fase experimental.....	28
4.4	Balance nutricional estimado para producción de leche de las vacas en cada tratamiento durante el periodo experimental.....	30
5.	CONCLUSIONES.....	32
6.	RECOMENDACIONES.....	33
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	34
8.	ANEXOS.....	38

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Titulo	Página
1.	Descripción del contenido celular en una muestra de forraje.....	4
2.	Valor nutricional de FVH de maíz y otras fuentes forrajeras.....	7
3.	Composición promedio de la leche (%) por raza.	10
4.	Actividades diarias a realizar para los grupos experimentales de animales	22
5.	Resumen de los análisis de varianza, para la producción de leche y sus diferentes constituyentes.	23
6.	Promedios de los tratamientos para la producción de leche y sus constituyentes.....	24
7.	Composición bromatológica de los ingredientes alimenticios que conforman la dieta consumida por los animales.....	27
8.	Resumen del consumo de MS de pasto, FVHM, concentrado y total y consumo de ENL y PC totales.....	29
9.	Requerimientos, aporte y balance nutricional de los tratamientos aplicados a los animales bajo experimentación.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Fraccionamiento de la energía dietética.....	6
2.	Períodos, vacas y distribución esquemática de los tratamientos a evaluar.....	14
3.	Humedad relativa media de diciembre a abril desde el año 1983 hasta el 2007, ITCR Sede San Carlos.....	16
4.	Precipitación acumulada mensual durante el ensayo. ITCR Sede San Carlos, 2008,	17
5	Temperaturas máxima, mínima y media acumuladas durante el ensayo. ITCR Sede San Carlos, 2008.....	17
6	Pesaje de leche y muestras para análisis.....	19
7.	Suministro de FVH y pastoreo de las vacas.	22
8	Efecto de los tratamientos sobre la producción de leche	24
9.	Efecto de los tratamientos sobre los componentes de la leche	25

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el uso de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM), sobre la producción y la calidad de la leche en vacas en pastoreo, se realizó la siguiente investigación en la finca La Esmeralda del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Distrito Florencia, Cantón San Carlos, Provincia de Alajuela, Costa Rica; localizada a 10° 22´ Latitud Norte, 84° 31´ Longitud Oeste y a una altura de 160 m.s.n.m. La temperatura máxima es de 30,1 °C, una media mínima de 21,5 °C y una media general de 25,6 °C. La precipitación anual promedio es de 3300 mm. La humedad relativa promedio de 84% con una máxima y mínima de 95 y 60%, respectivamente. Se evaluaron tres tratamientos: A) tratamiento testigo (sin suplementación de FVH); B) suplementación con FVH a razón del 0,25% del peso vivo en MS de FVH y C) suplementación con FVH a razón del 0,50% del peso vivo en MS de FVH. Además, todos los animales, independientemente del tratamiento asignado, recibieron una cantidad de concentrado comercial en una relación 1:3 (1 kg de concentrado por cada 3 litros de leche producido). Se implementó un diseño de sobrecambio en arreglo de cuadrado latino 3 X 3 repetido dos veces. Se utilizaron 6 vacas distribuidas en grupos de tres para cada uno de los cuadrados. Bajo este diseño cada vaca recibió tres tratamientos. Bajo las condiciones en que se desarrolló la investigación, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para producción de leche ($Pr > 0,1099$), aunque se mostró una tendencia a aumentar la producción a medida que se incrementaba la suplementación (7 % mayor la producción de leche de las vacas con mayor suplementación contra la no suplementadas). No se encontró ningún efecto de la suplementación sobre el % de grasa, % de proteína, % de lactosa y % de sólidos totales ($Pr > 0,7631$, $Pr > 0,9810$, $Pr > 0,4119$ y $Pr > 0,7052$, respectivamente).

Palabras claves: Forraje verde hidropónico, producción de leche, consumo de materia seca, componentes de la leche

ABSTRACT

The objective of this experiment is to evaluate the use of hydroponic green forage of corn (FVHM) over production and quality of the milk in pasture. The investigation took place in the dairy farm La Esmeralda of the Instituto Tecnológico de Costa Rica, District Florencia, San Carlos, Province Alajuela, Costa Rica; located 10° 22' Latitude North, 84° 31' Longitude West and at an altitude of 160 masl. The maximum temperature was of 30,1 °C, a minimum mean of 21,5 °C and a general mean of 25,6 °C. The annual mean of precipitation was of 3300 mm. The mean of relative humidity was 84 % with a maximum and minimum of 95 and 60 %, respectively. Three treatments were evaluated: A) Control (no supplementation of FVHM), B) supplementation with FVHM at a rate of 0,25 % of life weight in dry matter of FVHM and C) supplementation with FVHM at a rate of 0,50 % of life weight in dry matter of FVHM. Besides, all the animals, independently of the assigned treatment, received a quantity of commercial concentrated supplementation with a ratio of 1:3 (1 kg of concentrated for every 3 liters of milk produced). The statistical design implemented was a Latin square 3 x 3 with two repetitions. The experiment consisted of 6 cows distributed in groups of three for each one of the squares. According to the conditions in which the investigation was developed, no significant differences were found among the treatments for production ($P > 0,1099$), although it appears a tendency of growth in production as the supplementation increments (7 % more milk production in cows with more supplementation as to the ones with no supplementation). There was no effect found from the supplementation over fat %, protein %, lactose %, and total solids % ($P > 0,7631$, $P > 0,9810$, $P > 0,4119$ and $P > 0,7052$, respectively).

Keywords: Hydroponic green forage, milk production, dry matter consumption, milk components.

1. INTRODUCCIÓN

Bajo las condiciones agroclimáticas tropicales resulta difícil la producción de forrajes de buena calidad para la adecuada nutrición animal. Por tal motivo, se debe recurrir a la suplementación para llenar las necesidades nutricionales no cubiertas por los pastos. El principal recurso usado como suplemento nutricional en nuestras explotaciones lecheras son los concentrados; sin embargo, actualmente, éstos tienen un elevado costo. Otras alternativas han sido utilizadas en nuestro país, como es el caso de ensilajes, residuos agrícolas y ganaderos (piña, yuca, banano, gallinaza, cerdaza, etc.) residuos agroindustriales (cebada de cervecerías, coquito de palma aceitera, etc.) y el corte y acarreo de forrajes de gramíneas, arbóreas y arbustivas. En todos los casos existen ventajas y desventajas, en algunos los costos son muy altos, existe competencia y poca disponibilidad y en otros se necesita de terreno adicional para su producción. Por lo tanto, se hace necesario buscar nuevas alternativas factibles para la suplementación, y una de ellas podría ser el uso de Forrajes Verdes Hidropónicos (FVH), que se obtienen del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, arroz, cebada, alfalfa) que se realiza durante un período de 10 a 15 días. A esta edad la plántula alcanza una altura promedio de 25 centímetros, la cual es consumida en su totalidad (tallo, hojas, restos de semilla y raíz) por los animales. Con base a estos antecedentes, se planteó el siguiente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar biológicamente el uso de FVH de maíz en vacas lecheras en pastoreo.

Este trabajo se desarrolló en la finca La Esmeralda del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Distrito Florencia, Cantón San Carlos, Provincia de Alajuela, Costa Rica; localizada a 10° 22' latitud norte, 84° 31' longitud oeste y a una altura de 160 m.s.n.m. Las condiciones climatológicas presenta una temperatura máxima de 30,1 ° C, una media mínima de 21,5 ° C y una media general de 25,6 ° C; la precipitación anual promedio es de 3300 mm.; humedad relativa promedio de 84% con una máxima y mínima de 95 y 60%, respectivamente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la suplementación con FVH sobre la producción y calidad de la leche de vacas en pastoreo

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de dos niveles de suplementación con FVH en la producción de leche (kg/vaca/día) de vacas en pastoreo
- Evaluar el efecto de dos niveles de suplementación con FVH sobre los constituyentes de la leche (grasa, proteína y sólidos totales) de vacas en pastoreo

1.2 Hipótesis

- La suplementación con FVH en vacas en pastoreo, aumenta la producción de leche sin afectar la calidad de la misma.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Las pasturas como base alimenticia en el trópico

Las principales restricciones de orden nutricional en los sistemas de producción bovina en el trópico están asociadas con cuatro factores: 1) reducción drástica estacional en la disponibilidad de forraje; 2) bajo consumo voluntario de materia seca en épocas de mayor oferta de forraje; 3) baja eficiencia de utilización de la energía metabolizable y 4) baja retención de nitrógeno dietético (Peruchena 1999).

En el trópico, la base forrajera de los sistemas de producción de leche en bovinos, lo constituyen las gramíneas, generalmente con valores nutricionales bajos, por ello, los métodos de suplementación a utilizar deben estar dirigidos a ampliar las opciones de uso de ese recurso. La composición química de las gramíneas varía mucho entre especies, dependiendo principalmente del estado de madurez de la planta, de condiciones climáticas y del tipo de suelo donde se encuentre. El consumo voluntario de estas se ve afectado por su estado de crecimiento, su valor nutritivo y el manejo que se le brinde a la pastura, en cuanto sistema de pastoreo, carga animal, fertilización y control de malezas (Lobo y Díaz 2001).

A un mismo estado fisiológico, los pastos tropicales tienen menores contenidos de proteína, mayores concentraciones de fracciones fibrosas, menos digestibilidad y menor índice de consumo que los pastos provenientes de las zonas templadas. Las altas temperaturas presentes en el trópico influyen en el aceleramiento de los procesos de maduración de los forrajes así como factores genéticos propios de la especie forrajera (Castro 1999).

La estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) es la pastura dominante en los repastos consumidos por las vacas en muchas fincas del trópico. Dicha gramínea, es según Lobo y Díaz (2001) poco exigente con respecto a la humedad y por lo tanto tolera sequías, siempre que no sea por periodos mayores a los 4 meses. Esta especie se

adapta bien desde el nivel del mar hasta los 1300 m.s.n.m, además a condiciones de precipitación de 4500 mm.

2.2 Factores que determinan la calidad nutritiva de una fuente alimenticia

Toda materia utilizada como alimento se puede valorar nutritivamente mediante la estimación de sus componentes celulares (**Cuadro 1**) y por ende en los aportes o limitantes que ofrece a la dieta. En nutrición animal todos estos cálculos se hacen con base a la materia seca (MS), debido a que esta nos da una medida más exacta de lo ofrecido al animal en la ración.

Cuadro 1. Descripción del contenido celular en una muestra de forraje.

Muestra de Forraje			
Contenido Celular	Pared Celular		
Proteína, Ceniza, Lípidos, Hidratos de Carbono Solubles, Ácidos Orgánicos y Sustancias Nitrogenadas	F.N.D.		
	Hemicelulosa	F.A.D.	
		Celulosa	Lignina
			Minerales

Fuente: Bassi (2004) citado por Alpízar (2008)

2.2.1 La materia seca y los componentes celulares.

La MS de un forraje se obtiene después de someter una muestra a una temperatura de 60° C por 48 horas hasta que la muestra alcance un peso constante. El contenido de MS de una muestra de forraje esta inversamente relacionado con el contenido de humedad de la misma. Esta cantidad de agua afecta la concentración total de nutrientes y el consumo de los mismos por un animal.

2.2.2 Componentes de la pared celular

La fibra o pared celular se define en nutrición animal como la fracción de los alimentos o forrajes que es indigerible o de lenta digestibilidad, y que además ocupa espacio en el tracto gastrointestinal. Está constituida por la celulosa, la hemicelulosa, la lignina, el nitrógeno lignificado, la cutina y una fracción de minerales insolubles formada, especialmente por sílica (Sánchez y Soto 1998). La celulosa y la hemicelulosa solo son digeridas por los procesos de fermentación microbiana, donde la población de bacterias, protozoarios y hongos producen enzimas que son capaces de romper los carbohidratos complejos de la pared en moléculas más pequeñas, las cuales son disponibles para el animal, primero como glucosa y luego como ácidos grasos volátiles. Estos ácidos aportan la mayor parte de la energía que requiere un animal rumiante (Cruz y Sánchez 2000).

Los forrajes tropicales en promedio contienen entre un 65 y 72 por ciento de pared celular o fibra detergente neutro (FDN) y tan sólo de un 6 a 12 por ciento de carbohidratos no fibrosos (CNF) (Sánchez y Soto 1998).

2.2.3 La energía

La energía es el principal nutriente que necesitan las vacas lecheras, seguido por el consumo de MS en términos de importancia para la formulación de raciones. La deficiencia de energía es una de las principales razones para que sea bajo el rendimiento de los animales (Chamberlain *et al.* 2002).

Maynard *et al.* (1989) y Weiss, (1997) citados por Sánchez (2000) definen a la energía como la capacidad para realizar un trabajo. En la nutrición del ganado lechero, los alimentos son quienes tienen esa capacidad y el trabajo consiste en el mantenimiento de la vaca, la producción de leche y la reproducción.

Entre el 70 y 85 % de la MS que consume el animal es utilizada para generar energía. Los procesos digestivos y metabólicos a los que son sometidos los

carbohidratos, las proteínas y los lípidos contenidos en los alimentos liberan energía y la hacen disponible al animal. En la **Figura 1**, se observa cómo se fracciona el total de la energía consumida en la dieta (Sánchez y Soto 1998).

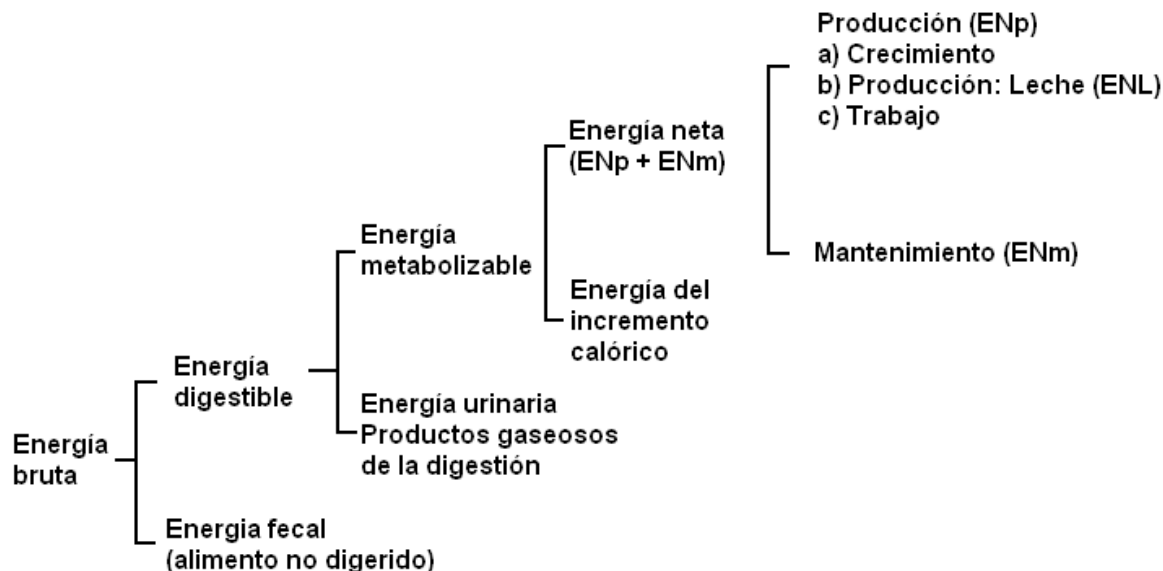


Figura 1. Fraccionamiento de la energía dietética.

2.3 La suplementación como alternativa a las deficiencias de los forrajes

En algunos casos el valor nutricional de la dieta básica en pastoreo es deficiente, de allí que el uso de la suplementación es una opción para satisfacer los requerimientos que necesitan los animales. La suplementación también es una herramienta para aumentar la capacidad de carga de los sistemas productivos, incrementando la eficiencia de utilización de las pasturas en sus picos de producción y aumentando el nivel de producción por unidad de superficie (kg/ha/año) (Leng 1983). Así, también permite la intensificación de los sistemas ganaderos regionales ya que permite corregir dietas desbalanceadas, aumentar la eficiencia de conversión de las pasturas, mejorar la ganancia de peso de los animales, aumentar la producción lechera y acortar los ciclos de crecimiento y engorde de los bovinos (Peruchena 1993).

2.4 El forraje verde hidropónico

El forraje verde hidropónico (FVH) es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, alfalfa) que se realiza durante un período de 10 a 12 días, captando energía del sol y asimilando los minerales de la solución nutritiva. Se trabaja con técnicas de hidroponía sin ningún sustrato. Una vez el grano ha germinado, la plántula alcanza una altura promedio de 25 centímetros; el animal consume absolutamente todo el resultado del proceso o sea, el tallo y las hojas verdes, los restos de semilla y la raíz (Sánchez 2000).

2.4.1 Ventajas del uso de FVH

- Valor nutritivo superior a otros forrajes. El FVH es un forraje de alta calidad, superior a otros forrajes (**Cuadro 2**), el cual se suministra al ganado en forma completa (hojas, tallos, semillas y raíces). Su aspecto, sabor, color y textura le confieren gran palatabilidad (Carballido 2005).

Cuadro 2. Valor nutricional de FVH de maíz y otras fuentes forrajeras

Atributo nutricional	FVH de maíz	Forraje de alfalfa	Forraje de maíz
Proteína %	19,4	18,4	8,8
Energía TND %	75	60	70
Grasa %	3,15	2,14	1,9
Digestibilidad %	90	65	60

Fuente: Carbadillo 2005,

- Se produce en reducido espacio. El sistema permite una siembra de alta densidad (5 kg de semilla/m²).
- Se requiere poca agua. En un sistema de producción de FVH el agua utilizada es recirculada, realizando riegos de sólo 3 minutos diarios.

- La inversión es hasta 10 veces menor, a comprar terreno agrícola para la producción de forrajes.
- Aumento en la producción, contenido de grasa y sólidos totales de la leche de vacas en pastoreo.
- Mejora la condición corporal del animal, reducción de los días vacíos, menor incidencia de mastitis y menor retención de placenta.

2.4.2 Usos de FVH en alimentación animal

El FVH ha sido utilizado en varias especies de animales (cabras, conejos, vacas, etc.), y su principal carencia, como dieta básica, estriba en su bajo contenido de MS, lo que puede solucionarse agregando rastrojo de diversos cultivos para completar la ración, componentes que no sólo son fáciles de encontrar, sino que también son baratos (Ñíguez 1988). En conejos, con la sustitución hasta de un 30% a 75% del concentrado utilizando FVH a partir de semillas de cebada se han alcanzado pesos promedios de alrededor de 2,1 a 2,3 kg en 72 días que es lo usual utilizando sólo alimento concentrado, bajando de esta manera considerablemente los costos de alimentación (Pérez 1987).

En bovinos de carne se han reportado incrementos mayores de 1,4 kg de peso diario con 7-8 kg de FVH y 7 kg de concentrados. Además se mejora la asimilación del concentrado, bajan costos y disminuye el tiempo de engorda. En el ganado lechero, además de bajar costos se ha incrementado la producción lechera en un 7,2% en vacas con una producción mayor de 28 litros leche/día, y en vacas de baja producción 14 litros leche/día, el incremento ha sido del 53% (Carballido 2005). Arano (1998) reporta incrementos en 10 % a 15 % de la producción de leche en vacas alimentadas con FVH de cebada con respecto a las vacas testigo.

Los resultados obtenidos con FVH respecto a la fertilidad son buenos; lo anterior lo confirma una experiencia concreta: sólo el 53% de las vacas de un lote testigo resultaron preñadas en el primer servicio, mientras que un 62% de las vacas que consumían 12 kg/día de FVH fueron preñadas en el primer servicio. En lo que

respecta a la incidencia de mastitis, en el lote testigo, fue de 13,3%, mientras que en el lote alimentado con 12 kg de FVH/ diariamente, de 4,4% (Carballido 2005).

2.5 La leche: calidad y composición.

La leche es el producto de la glándula mamaria de los mamíferos. La principal función de la leche es la de nutrir a los hijos hasta que son capaces de digerir otros alimentos. Además cumple las funciones de proteger el tracto gastrointestinal de las crías contra patógenos, toxinas e inflamación y contribuye a la salud metabólica regulando los procesos de obtención de energía, en especial el metabolismo de la glucosa y la insulina. La leche de los mamíferos domésticos forma parte de la alimentación humana corriente en la inmensa mayoría de las civilizaciones: de vaca, principalmente, pero también de oveja, cabra, yegua, camella, etc. (Wikipedia 2008)

Tradicionalmente en Costa Rica el precio de la leche está influenciado por dos factores principales: a) La calidad sanitaria lo que involucra pruebas químicas y microbiológicas como lo son el recuento bacterial y la cantidad de células somáticas y b) El porcentaje o los kilogramos de los componentes de la leche siendo la grasa y los sólidos, los principales (Campabadal 1999).

2.5.1 Factores que afectan la calidad de la leche.

La leche por su contenido de nutrientes se comporta como un medio idóneo para la reproducción de los microorganismos, durante todo el proceso desde su formación en la ubre, su extracción con el ordeño y su manipulación posterior a este, es decir en el transporte y la industrialización; éste producto se ve amenazado por contaminaciones de muy variada índole, desde las bacteriales, hasta las inducidas por la propia mano del hombre, voluntaria o involuntariamente.

2.5.2 Factores que afectan la composición de la leche.

Campabadal (1999) cita que los componentes de la leche están influenciados principalmente por el factor racial de los animales (**Cuadro 3**) y por el manejo de

éstos. Sin embargo afirma que estos pueden ser modificados a través del mejoramiento genético y el manejo de factores ambientales y nutricionales.

Cuadro 3. Composición promedio de la leche (%) por raza.

Raza	Grasa	Proteína	Lactosa	SNG	ST
Ayrshire	3,90	3,30	4,60	8,60	12,50
Pardo Suizo	4,00	3,50	4,80	9,00	13,00
Guernsey	4,60	3,60	4,80	9,20	13,80
Holstein	3,60	3,15	4,60	8,50	12,00
Jersey	4,80	3,80	4,80	9,40	14,20

SNG = Sólidos no grasos; ST = Sólidos totales

Linn (1989) citado por Campabadal (1999), indica que los factores ambientales o de manejo están compuestos por la edad de la vaca, la temperatura ambiental, manejo al ordeño, salud de la vaca y manejo alimenticio. De estos factores, el único que en forma práctica puede cambiar la cantidad de componentes de la leche, es el manejo alimenticio, los otros son factores que pueden influir cuando no están en una forma adecuada. El manejo alimenticio es una forma rápida de producir cambios, pero estos no son permanentes y con cualquier modificación se produce una variación en estos constituyentes.

Hess *et al.* (1999) indican que los principales factores que hacen variar la composición de la leche medida en grasa, proteína y lactosa son: 1) la fase de la lactancia y 2) la disponibilidad de biomasa. Además que la cantidad de proteína se ve afectada por el consumo de proteína soluble y la lactosa por la edad de la vaca.

2.6 Factores que influyen en la producción de leche.

Los principales factores que influyen en la producción de leche son de orden fisiológico, ambiental y nutricional.

2.6.1 Factores fisiológicos.

El estado de la lactancia influye directamente sobre la producción de leche, al principio de la lactancia (calostro), la leche es más rica en sólidos totales, minerales (calcio, fósforo, magnesio y cloro) y tiene un alto contenido de vitamina A y D. A partir del quinto día después del parto, estos componentes disminuyen a los niveles normales, seguido y hasta aproximadamente los 45 días post parto la vaca sube y alcanza su pico de producción, luego la cantidad de leche disminuye paulatinamente y desciende bruscamente después del quinto mes de gestación. El mantenimiento de la producción de leche se llama persistencia de producción y es una característica para seleccionar al ganado lechero. Esta característica depende de la clase del animal, la raza, de la frecuencia del ordeño, del estado de nutrición del animal, del estado de preñez y del manejo en general. Las vacas en gestación disminuyen gradualmente la producción de leche en un 3 % hasta el quinto mes de preñez, pero a partir de este periodo la disminución es más notable y puede llegar al 20%(Castro 2002).

Se conoce que la cantidad y la composición de la leche varían según la raza, la vaca Holstein es más productora que la Jersey, pero la Jersey produce una leche de mayor cantidad de grasa y sólidos totales. El tamaño y la conformación física (tipo) de los animales están relacionados con su producción. Las vacas grandes son generalmente más productoras que las pequeñas, pero la producción no aumentan en proporción al tamaño. La capacidad de la ubre, la capacidad abdominal y el buen tamaño corporal son características asociadas a una mayor capacidad de producir, pero no es una regla.

2.6.2 Factores ambientales y de manejo.

El período transcurrido entre partos debe ser de doce meses, diez de lactancia y dos meses seca. Este influye en la producción diaria y total, animales con períodos entre parto más grandes, producen menos leche en total que animales con periodos más cortos relacionado esto además con el número de lactancias.

El periodo seco debe ser entre 55 a 60 días como óptimo, este es importante para la reposición de reservas corporales, tejido secretor de leche y ganancia del estímulo hormonal para la próxima lactación. Si es menor este tiempo la producción futura se afecta negativamente.

El estado nutricional antes del parto observado a través de una adecuada condición corporal en el último tercio de la gestación está asociado con mejores lactaciones y menores problemas reproductivos y de salud durante la próxima lactancia.

El Intervalo entre ordeños y el número de ordeños diarios, está relacionado a la capacidad de la ubre, una ubre llena deja de producir hasta que se libere la presión sobre los tejidos secretores. Entre más rápido se ordeñe mejor será el inicio de la nueva secreción. Las vacas producen más entre más veces sean ordeñadas, pero por manejo lo que más se usa en el país son dos diarios, lo ideal para la producción es que estos estén espaciados por 12 horas. La falta de estímulo y un ordeño lento hacen que pase el tiempo del estímulo hormonal, factores de estrés generan también que la vaca no libere toda su producción de leche (Castro 2002).

2.6.3 Factores alimenticios.

El suministro y balance adecuado de nutrientes, influyen directamente sobre la producción de los animales. Las vacas necesitan ciertas cantidades de proteínas y elementos nutritivos digeribles para su mantenimiento, producción de leche, crecimiento y gestación. Si su dieta tiene pocos nutrientes la calidad y la cantidad de la leche disminuye (Castro 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

Este trabajo se desarrolló en la finca La Esmeralda del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Distrito Florencia, Cantón San Carlos, Provincia de Alajuela, Costa Rica; localizada a 10° 22´ latitud norte, 84° 31´ longitud oeste y a una altura de 160 m.s.n.m. La temperatura máxima es de 30,1 °C, una media mínima de 21,5 °C y una media general de 25,6 °C. La precipitación anual promedio es de 3300 mm. La humedad relativa promedio de 84% con una máxima y mínima de 95 y 60%, respectivamente.

3.2 Metodología para la producción de FVHM utilizada para el experimento

Para la producción de FVHM se utilizó la metodología diseñada por Vargas (2007). La misma se modificó ligeramente (suspensión de riego un día antes de cosecha) y densidad de siembra para adaptarla a la necesidad de producción de biomasa por día, la disponibilidad de espacio y el consumo de agua. El protocolo utilizado fue el siguiente:

- Lavado, desinfección e imbibición de la semilla: desinfección por 10 minutos con hipoclorito de sodio al 2% e imbibición en agua por 24 horas
- Pre germinado de la semilla en oscuridad durante 24 horas
- Siembra: 3 kg de semilla por metro cuadrado
- Riego con solución nutritiva a razón de 11 litros por metro cuadrado por día
- Suspensión del riego el día anterior a la cosecha
- Cosecha a los 12 días

3.3 Tratamientos evaluados

Se evaluaron tres tratamientos:

- A: Tratamiento testigo (sin suplementación de FVH). Pastoreo y concentrado a razón 1:3 (1 kg de concentrado : 3 kg de leche producida)
- B: Suplementación con FVH a razón del 0,25% del peso vivo, en MS de FVH. Pastoreo, concentrado a razón 1:3
- C: Suplementación con FVH a razón del 0,50% del peso vivo, en MS de FVH. Pastoreo, concentrado a razón 1:3

3.4 Definición del diseño experimental

Se implementó un diseño de sobrecambio en arreglo de cuadrado latino 3 X 3 repetido dos veces. Se utilizaron un total de 6 animales, distribuidos en 2 grupos para cada uno de los cuadrados. En cada cuadrado, cada una de las vacas recibió un tratamiento diferente a lo largo de los tres periodos (**Figura 2**).

	Vacas			Vacas		
Período	1	2	3	4	5	6
I	A	B	C	A	B	C
II	B	C	A	C	A	B
III	C	A	B	B	C	A
	Cuadrado 1			Cuadrado 2		

Figura 2. Períodos, vacas y distribución esquemática de los tratamientos a evaluar (las letras dentro de los cuadros corresponden a los tratamientos)

3.5 Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + P_j(C_i) + A_k(C_i) + T_l + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta

μ = Media general del experimento

C_i = Efecto del i-ésimo cuadrado

$P_j(C_i)$ = Efecto del j-ésimo período dentro del i-ésimo cuadrado

$A_k(C_i)$ = Efecto del k-ésimo animal dentro del i-ésimo cuadrado

T_l = Efecto del l-ésimo tratamiento

E_{ijkl} = Error experimental

Las variables de respuesta fueron analizadas utilizando el procedimiento PROC MIXED del programa SAS (SAS Institute, User's Guide Basic. Cary, North Carolina, USA), con "cuadrados" y "vaca (cuadrado)" como efectos aleatorios y "tratamientos" y "periodos" como efectos fijos en el modelo.

3.6 Período experimental.

3.6.1 Duración y distribución en el tiempo

La fase de campo se dividió en tres períodos, cada uno de 20 días, de los cuales los primeros 15 días fueron de adaptación a los tratamientos o dietas y los siguientes 5 días de recolección de datos. El experimento se realizó entre el 17 de enero y el 26 de marzo del año 2008,

3.6.2 Condiciones ambientales durante la fase experimental.

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la estación meteorológica de la Sede Regional del ITCR en Santa Clara. Los valores para la humedad relativa promedio durante el período experimental fue de 86 %, 64 % y 75 % para la humedad máxima, mínima y media, respectivamente.

Según el registro anual para humedad relativa mantenido desde 1983 al 2007 (**Figura 3**), la tendencia es que los primeros meses del año presenten humedades relativas bajas, factor que se relaciona directamente con el régimen de lluvias y que explica también el aumento entre las variaciones máximas y mínimas de la temperatura como luego se puede observar en la **Figura 5**.

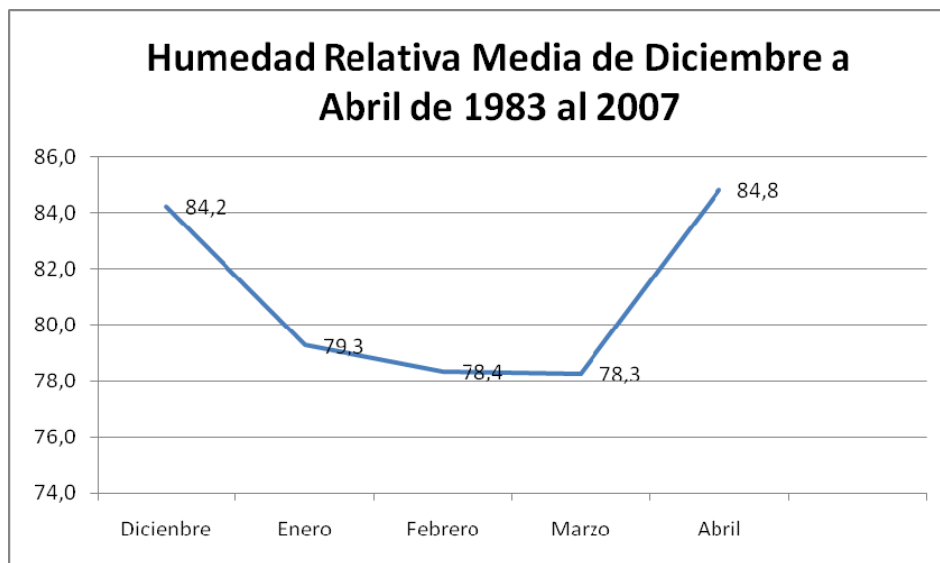


Figura 3. Humedad relativa media de diciembre a abril desde el año 1983 hasta el 2007, ITCR Sede San Carlos, 2008.

La precipitación durante los meses del ensayo disminuyó drásticamente a partir de enero (Figura 4).

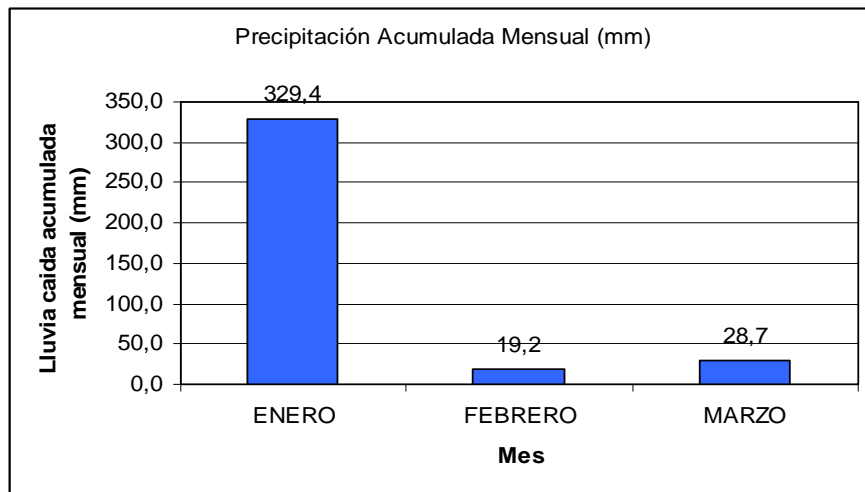


Figura 4. Precipitación acumulada mensual durante el ensayo. ITCR Sede San Carlos, 2008.

Para los datos de temperatura se observó un aumento en los valores para la temperatura máxima y media entre los meses de enero y marzo. Los valores promedios mensuales para temperatura mínima tendieron a descender desde el inicio hasta el final del experimento (**Figura 5**).

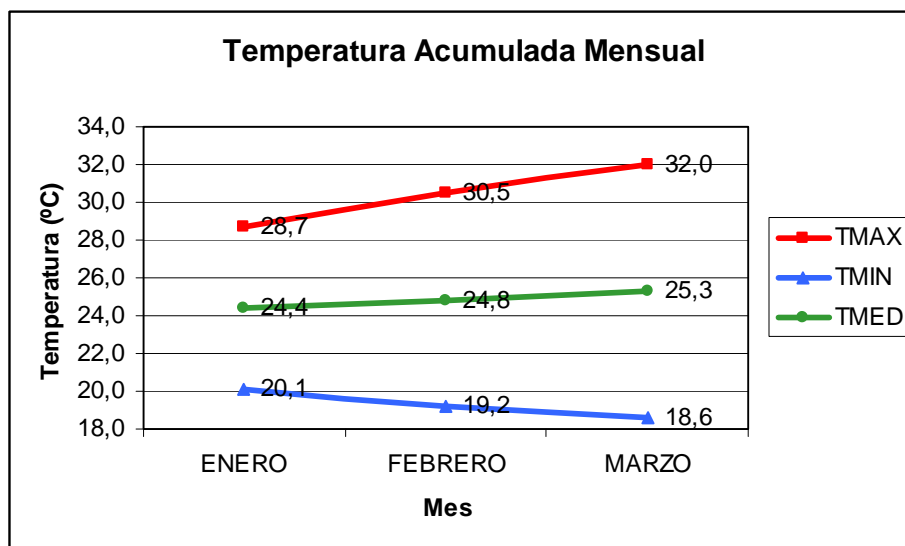


Figura 5. Temperatura máxima, mínima y media acumuladas durante el ensayo. ITCR Sede San Carlos, 2008

3.7 Selección del grupo experimental

Para efecto de valorar la respuesta a los diferentes niveles de suplementación de FVH se utilizaron 6 vacas en producción ubicadas en dos grupos (cuadrados) de tres vacas cada uno, seleccionadas de manera tal que presentaran la mayor homogeneidad posible dentro de los grupos. Se consideraron los siguientes aspectos para la escogencia de los animales:

- Edad de lactancia: Del hato total en producción, se seleccionaron vacas que estuvieran después del pico de lactación (más de 60 días) y hasta los 190 días después del parto.
- Glándula mamaria: Cada animal debía presentar una glándula mamaria normal y totalmente funcional. Se realizó una prueba de mastitis (prueba de California) para descartar posible infección.
- Raza: Para homogeneizar, se procuro mínimas diferencias entre grupos raciales.
- Peso: Se adecuaron los grupos para que estuvieran compuestos por animales de distintos pesos pero de modo tal que las diferencias entre grupos fueran mínimas.

3.8 Variables de respuesta evaluadas

3.8.1 Producción de leche

Los animales fueron sometidos a un período de adaptación de 15 días a cada dieta, para luego proceder a tomar los datos por un período de 5 días. En este período las mediciones de producción de leche se hicieron diariamente, considerando la producción obtenida en la mañana y tarde (**Figura 6**).

3.8.2 Composición química de la leche

Para los análisis de composición química de la leche, se tomaron 6 muestras (dos muestras diarias por vaca durante los tres últimos días de medición (**Figura 6**). Las muestras fueron refrigeradas a 4° centígrados y llevadas al laboratorio de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos para determinar porcentaje de grasa, sólidos totales, proteína y lactosa utilizando equipo Milko Scan ST 120.

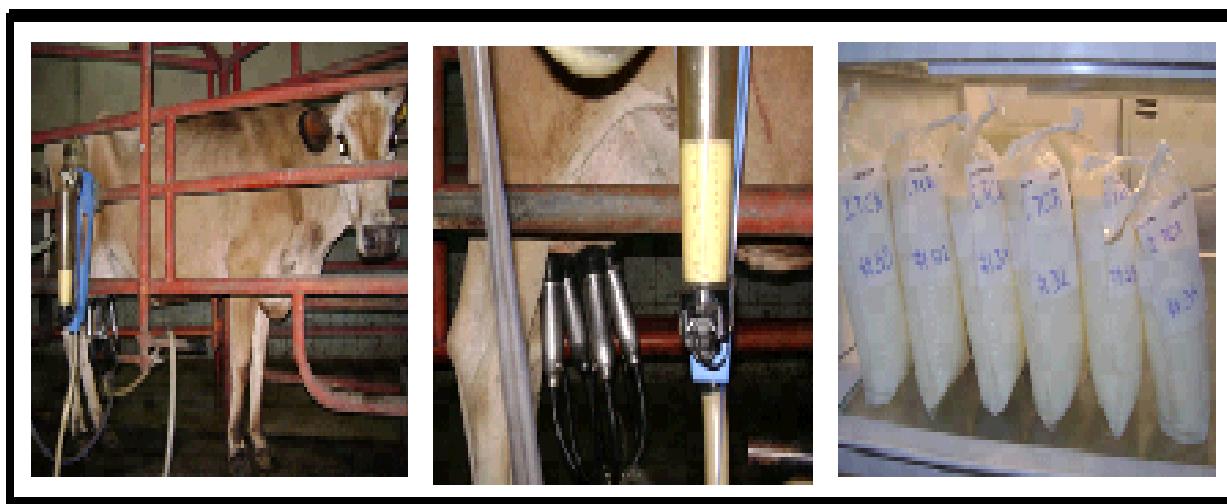


Figura 6. Pesaje de leche y muestras para análisis, ITCR Sede Regional 2008.

3.9 Balance nutricional

Para obtener una estimación del balance nutricional de los animales bajo experimentación se calcularon los siguientes parámetros:

3.9.1 Consumo de materia seca (CMS) por los animales.

Para calcular el consumo de MS se utilizó la fórmula descrita por Mertens (1987), donde:

$$\text{CMS} = 120 / \text{FDN}\%$$

El resultado de CMS es expresado como el total de forraje en base de materia seca que un animal puede consumir como porcentaje de su peso vivo.

3.9.2 Requerimientos nutricionales de los animales bajo experimentación.

Para el cálculo de los requerimientos de energía neta para lactación (ENL) y proteína cruda (PC) para mantenimiento, gestación y producción de leche de las vacas utilizadas en el presente trabajo, se utilizaron las ecuaciones de predicción generadas por Elizondo (2002) a partir de las tablas de requerimientos nutricionales de la NRC, donde:

$$\text{ENL (Mcal) mantenimiento y gestación} = 2,9580 + 0,0161 * \text{Peso vivo}$$

$$\text{ENL (Mcal) para producción de leche} = 0,3569 + 0,0949 * \% \text{ de grasa} * \text{kg de leche}$$

$$\text{PC (g) para mantenimiento} = 152,11 + 0,4217 * \text{Peso vivo}$$

$$\text{PC (g) para producción} = 43,610 + 11,543 * \% \text{ grasa} * \text{kg de leche}$$

3.9.3 Cantidad de energía neta (ENL) como aporte de la dieta experimental

La estimación del contenido de ENL a partir de la dieta consumida por los animales, se realizó utilizando la ecuación propuesta por Mertens (1987), donde:

$$\text{ENL (Mcal/kg)} = 2,86 - 0,0262 (\% \text{ FDN})$$

3.10 Manejo de los animales

3.10.1 Alimentación

- Forraje en pastoreo: Las vacas pastorearon en potreros compuestos por las especies como estrella (*Cynodon nlenfluensis*), ratana (*Ischaemus indicum*),

gramalote (*Paspalum fasciculatum*). Estos potreros se manejaron bajo un sistema rotacional con 1 día de ocupación y 17 días de descanso (**Figura 7**).

- Concentrado: La cantidad de concentrado ofrecida a cada animal por día, estuvo en función de la producción de leche (relación 1:3, 1 kg de concentrado por cada 3 litros de leche). El mismo se ofreció en dos porciones, 50% en el ordeño de la mañana y 50% en el ordeño de la tarde. Las cantidades de concentrado fueron ajustadas para cada animal al inicio del período experimental.
- Suplemento de FVH utilizado: Se utilizó forraje verde hidropónico de maíz blanco de 12 días de edad producido bajo la metodología desarrollada por Vargas (2007).

Después del ordeño de la mañana, las vacas permanecieron un tiempo bajo techo donde se les asignó en comederos individuales la cantidad de FVHM correspondiente a cada tratamiento. Las cantidades de FVHM fueron asignadas según el peso vivo de cada animal que se tomó al inicio de cada período experimental. Diariamente se pesó la cantidad ofrecida y la rechazada por cada animal para medir el consumo real. Durante el período de medición (últimos 5 días de cada período) se tomaron muestras diarias de FVHM las cuales fueron pesadas y homogeneizadas, formándose una muestra compuesta para los análisis de materia seca (método 3-06-05-05-079 A.O.A.C. 2000 Met: 934,01), proteína cruda (método 3-06-05-05-034 A.O.A.C. 2000 Met: 990,03); fibra detergente ácida (método 3-06-05-05-069 A.O.A.C. 2000 Met: 934,05) y fibra detergente neutra (método 3-06-05-05-068 A.O.A.C. 2000 Met: 934,05).

3.10.2 Manejo de los animales según los tratamientos.

En cada período dos animales no consumieron FVH, por lo que permanecieron consumiendo sólo pasto más la cantidad de concentrado correspondiente o asignado a la producción de leche individual. Las restantes cuatro vacas permanecían después

del primer ordeño en cepos individuales donde se les suministró la cantidad asignada de FVHM correspondiente a cada tratamiento (**Figura 7**).

3.10.3 Horario de alimentación

El horario de alimentación se estableció después de varias pruebas en un período pre-experimental hasta llegar a determinar el mejor momento y forma de suministro del FVHM. Se consideró el manejo de los animales, el estrés calórico, facilidades de movilización desde los repastos, tiempo en sala de espera y ordeño. En el **Cuadro 4** se detallan las actividades diarias a realizar.

Cuadro 4. Actividades diarias a realizar para los grupos experimentales de animales

Hora	Actividad
4:00 a.m. a 5:00 a.m.	Ordeño y suministro de 50% del concentrado asignado
5:00 a.m. a 6:00 a.m.	Consumo de FVH asignado por cada tratamiento
6:00 a.m. a 1:00 p.m.	Pastoreo
1:00 p.m. a 2:00 p.m.	Ordeño y suministro de 50% del concentrado asignado.
2:00 p.m. a 4:00 a.m.	Pastoreo



Figura 7. Suministro de FVH y pastoreo de las vacas, ITCR Sede Regional, 2008.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Producción de leche y sus constituyentes.

En el **Cuadro 5** se presenta el resumen de análisis de varianza, para la producción de leche y sus constituyentes. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para producción de leche ($P > 0,1099$) ni para los constituyentes de % de grasa, % de proteína, % de lactosa y % de sólidos totales ($P > 0,7631$, $P > 0,9810$, $P > 0,4119$ y $P > 0,7052$, respectivamente). El efecto de periodo mostró diferencias significativas para producción de leche ($P > 0,0063$) y % de lactosa en la leche ($P > 0,0011$).

En primera instancia, los valores para el error estándar de las medias en producción de leche (**Cuadro 5**) tienen una gran incidencia en la significancia estadística de los resultados para esta variable. Esta variabilidad está dada a que no se dispuso de una mayor población de animales para lograr que los seleccionados fueran lo suficientemente homogéneos (edad, raza, número de partos, número de lactancia, días post parto)

Cuadro 5. Resumen de los análisis de varianza, para la producción de leche y sus diferentes constituyentes.

Variables	Valor de P		
	Tratamiento	Período	Error estándar de las medias
Leche 4% grasa (kg/vaca/día)	0,1099	0,0063	0,4773
Grasa de leche (%)	0,7631	0,0790	0,1744
Proteína en la leche (%)	0,9810	0,0626	0,1288
Lactosa en la leche (%)	0,4119	0,0011	0,0716
Sólidos totales en la leche (%)	0,7052	0,1768	0,3378

Cuando observamos los promedios de producción de leche para cada tratamiento (**Cuadro 6 y Figura 8**), encontramos una tendencia a aumentar la producción a medida que se incrementa el uso de FVHM como suplemento cerca de los límites de significancia ($P > 0,0515$), especialmente cuando comparamos el tratamiento que no se suplementó con el de mayor suplementación (10,33 y 11,02 kg/leche/vaca/día, respectivamente) siendo esta superioridad en un 7%. Los promedios de los constituyentes de la leche no mostraron ninguna tendencia (**Cuadro 6 y Figura 9**).

Cuadro 6. Promedios de los tratamientos para la producción de leche y sus constituyentes.

Tratamientos	Leche (kg/vaca/día)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Sólidos (%)
A Sin FVHM	10,33 ^a	4,22 ^a	3,38 ^a	4,53 ^a	12,55 ^a
B 0.25 FVHM	10,46 ^a	4,18 ^a	3,39 ^a	4,51 ^a	12,80 ^a
C 0.50 FVHM	11,02 ^a	4,13 ^a	3,39 ^a	4,49 ^a	12,73 ^a

Nota: Valores con letras iguales no difieren significativamente ($P \leq 0,05$)

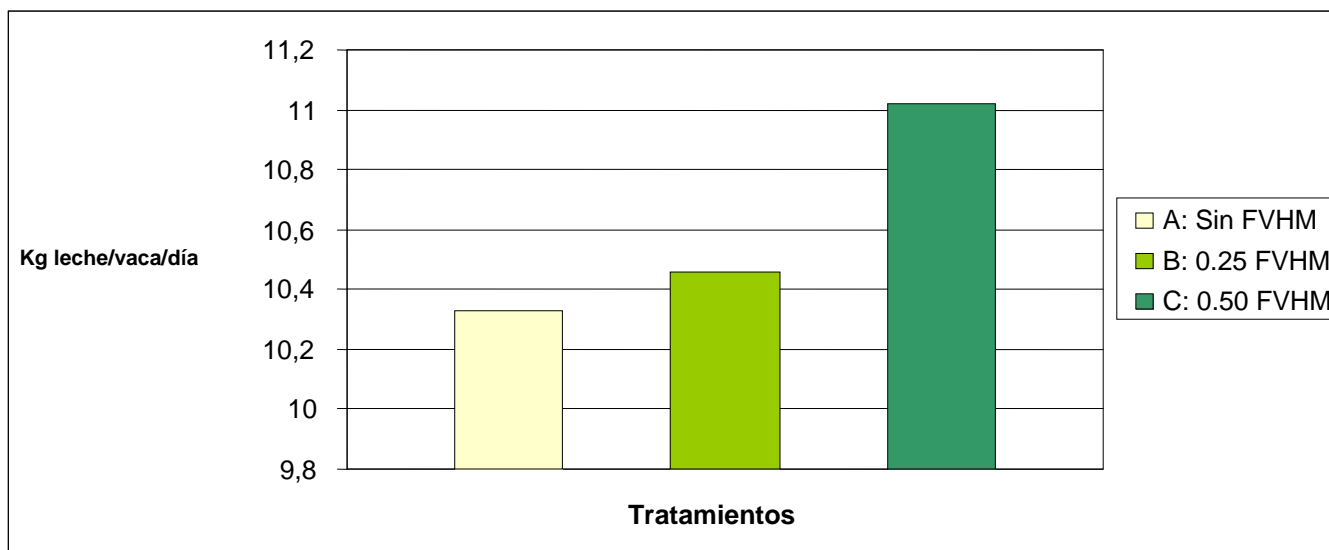


Figura 8. Efecto de los tratamientos sobre la producción de leche

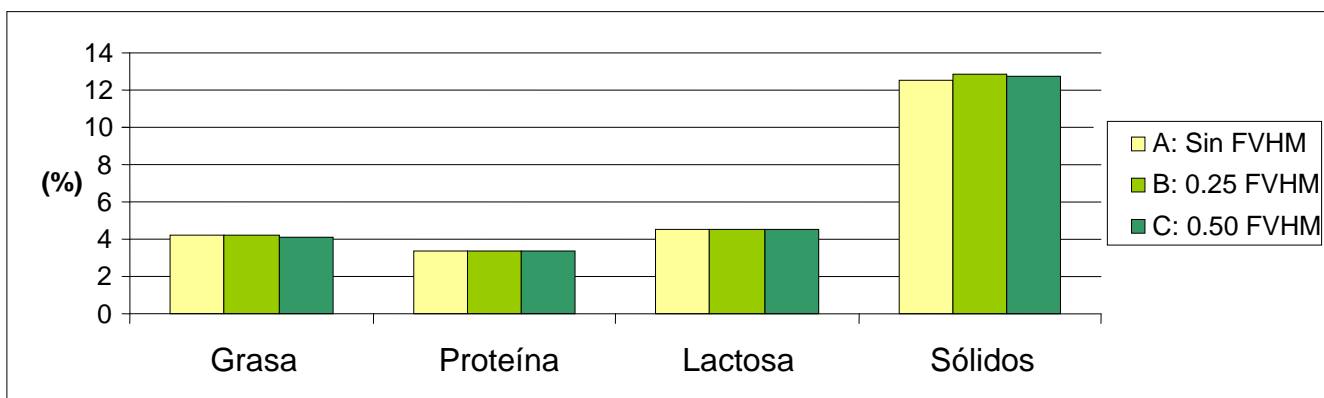


Figura 9. Efecto de los tratamientos sobre los componentes de la leche

La naturaleza y composición nutricional de los componentes utilizados en las dietas básicas de los animales, se reflejarán en los resultados de los procesos de la fermentación microbiana en el rumen. Según Huntage (1986) citado por Camero (1991) y Bergen y Yokohama (1987) los ácidos grasos volátiles son fuentes de energía metabolizable, que los rumiantes utilizan para llevar a cabo procesos fisiológicos, dentro de los cuales se encuentran la producción láctea y sus constituyentes.

Debido a que en este trabajo no se evaluó los resultados del proceso de fermentación ruminal, no se puede asegurar que los diversos productos de esta fermentación (ácidos grasos volátiles, amonio ruminal, aminoácidos, ácidos grasos de cadena ramificada y consecuentemente síntesis de células microbianas) fueran causantes de diferencias o no de la producción de leche y sus constituyentes. Sin embargo, muchos trabajos con vacas en pastoreo donde se utiliza suplementación, no evidencian diferencias significativas en cuanto a las concentraciones de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales.

No se encontró diferencias significativas entre constituyentes de la leche cuando se usó poró (*Erythrina poeppigiana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) y urea como suplementos proteicos (Camero 1991); morera (*Morus sp.*) (Mora 2006); caña de

azúcar (*Sacharum officinarum*) y poró (Alagón 1990); melaza, poró y pasto estrella (Abarca 1989); semolina de trigo, melaza y poró (Romero *et al.* 1993).

Partiendo del hecho de que no hubo respuesta significativa, en el aumento de la producción de leche al suplemento de FVH, hay que suponer que factores asociados a la dieta básica, estén aportando elementos para que esta respuesta no se diera.

Este supuesto podría estar en que la sumatoria de los aportes nutritivos de la dieta no estén llenando los requisitos mínimos necesarios para lograr diferencias entre tratamientos probados (especialmente a lo referente a la ENL). Para tratar de demostrar estos supuestos, fue necesario realizar valoraciones nutricionales de los materiales que conformaron las dietas, los requerimientos nutricionales de cada vaca bajo estudio y un balance nutricional total para cada animal en cada tratamiento.

Por otro lado, es de suponer que por tener el FVHM una alta concentración de agua, el mismo esté escapando rápidamente del rumen y pasando al tracto digestivo posterior donde su aprovechamiento se reduce, reflejándose esto en la producción de leche al comparar con animales que estaban en sólo pastoreo sin suplementación de FVHM.

4.2 Valor nutricional de la dieta consumida durante la fase experimental.

Mediante el análisis bromatológico realizado a los distintos componentes de la dieta (**Cuadro 7**), se encontró que el FVHM tuvo una materia seca muy baja (12,32%) en comparación con el 20 % reportado por Castro (2006) en un ensayo hecho en Costa Rica. La proteína cruda fue también inferior en comparación a los 19,4% reportados por Carbadillo (2005).

Cuadro 7. Composición bromatológica de los ingredientes alimenticios que conforman la dieta consumida por los animales (pasto estrella, el FVH y el concentrado comercial).

Atributo nutricional	Estrella	FVH	Concentrado
% Materia seca	26,00	12,32	87,00
% Proteína cruda	12,20	16,53	14,00
% Fibra detergente ácida	28,90	21,10	
%Fibra detergente neutra	70,50	43,16	
% Fibra cruda			12,00
% Cenizas	7,30	6,40	
% Extracto etéreo	2,40	3,70	4,00
% Lignina	5,20	2,50	
% Proteína cruda ligada a la fibra detergente ácida	0,60	0,50	
% Proteína cruda ligada a la fibra detergente neutra	4,40	4,10	
ENL (Mcal/kg)	1,02	1,73	1,70

Según Cruz y Sánchez (1999) los valores de FDA están inversamente relacionados con la digestibilidad de los alimentos y por ende con su aporte de energía, por lo tanto sería de suponer que el FVHM es más digestible que el pasto estrella con 28,90 % de FDA y que por tanto es fuente mayor de energía digestible. Sin embargo, estos mismos autores indican que la FDN ofrece una estimación más precisa del total de fibra o pared celular en los alimentos y que además es la fracción que mide mejor la capacidad de los alimentos de ocupar un volumen dentro del tracto digestivo, lo cual la asocia con el llenado físico y su capacidad de consumo de materia seca.

Los valores de FDN encontrados para la estrella con 70,50% no difieren a los reportados por Sánchez (1996) para la época semiseca del trópico húmedo con 70,30%.

El relativamente bajo contenido de FDN podría ser un factor a favor del FVHM comparado con el pasto estrella, siempre y cuando no exista restricción en el consumo. Sin embargo en este trabajo, la cantidad de FVHM suministrada fue limitada a una cantidad establecida. Además, el alto contenido de humedad sugiere velocidades de pasaje altas con potencial efecto negativo sobre el aprovechamiento del contenido nutricional a nivel ruminal.

4.3 Consumo diario promedio por vaca de materia seca (kg MS) en cada tratamiento durante la fase experimental.

El consumo estimado de materia seca del pasto está basado en el % de FDN, sin embargo no se está considerando el efecto que podría estar causando el aporte del FVHM. En este caso es razonable pensar que los animales que consumen de FVHM puede estar sustituyendo parte del posible consumo de pasto en el potrero.

Por otro lado, también es razonable considerar que debido a la poca disponibilidad y valor nutricional de forraje en la época durante la cual se desarrolló la investigación, pudiera estar limitando un mayor consumo del mismo. Sin duda alguna los valores nutricionales reportados para el FVHM comparados con el pasto estrella son mejores, por lo tanto el nivel asignado y el bajo contenido de materia seca de FVHM podría estar impidiendo que el nivel nutricional de los animales mejore con la suplementación.

Los datos del **Cuadro 8** muestran los valores calculados para consumo de materia seca obtenidos de las fórmulas anteriormente descritas.

Cuadro 8. Resumen del consumo de MS de pasto, FVHM, concentrado y total y consumo de ENL y PC totales.

Tratamiento	Consumo MS Pasto (1)	Consumo MS FVH (2)	Consumo MS concentrado (3)	Consumo MS total	Consumo ENL Mcal	Consumo PC (g)
1	5,74	0,00	3,48	9,22	11,78	1145
2	5,81	0,90	3,48	10,19	13,40	1301
3	5,82	1,80	3,48	11,10	14,97	1452

(1) Consumo de materia seca real con base a % de FDN

(2) Consumo de materia seca real con base a la cantidad de FVHM ofrecido

(3) Consumo de materia seca estimado con base al concentrado ofrecido

Asumiendo una digestibilidad mayor para el FVHM dada las características de material vegetativo recién germinado y succulento, sin embargo es importante tomar en cuenta la tasa de pasaje, siendo esta desconocida, ya que puede afectar en gran manera la digestibilidad.

Maynard *et al.* (1989) explicaron que la digestibilidad puede ser limitada por falta de tiempo para realizar la acción digestiva completa en sustancias que son de lenta digestión, o bien, por falta de absorción completa; tal efecto aumenta por el rápido tránsito de alimentos a través del tracto digestivo, en especial si tienen alto contenido de humedad.

La alta humedad del FVHM suplementado en este trabajo (88%) concuerda con los resultados obtenidos por Herrera *et al.* (2007) de un 85% de humedad. Este autor encontró que esta alta humedad pudo haber acelerado el paso de FVHM por el tracto digestivo, limitando su absorción y deprimiendo las ganancias de peso cuando trabajó con borregos.

Para nuestro caso, pudiera estar ocurriendo lo mismo, limitando el aprovechamiento del valor nutricional del FVHM y con ello impidiendo una mayor producción de leche de las vacas suplementadas con este forraje.

4.4 Balance nutricional estimado para producción de leche de las vacas en cada tratamiento durante el periodo experimental

En el **Cuadro 9** se observan los valores de los requerimientos de los animales y los aportes de la dieta en cada tratamiento

Cuadro 9. Requerimientos, aporte y balance nutricional de los tratamientos aplicados a los animales bajo experimentación.

Tratamientos	Requerimiento ENL (Mcal)	Aporte dieta ENL (Mcal)	Balance ENL (Mcal)	Requerimiento PC (g)	Aporte dieta PC (g)	Balance PC (g)
A	16,14	11,78	-4,36	1247	1145	-102
B	16,34	13,40	-2,94	1257	1301	-44
C	16,71	14,98	-1,73	1302	1452	+150

Nota: Los aportes de ENL y PC son el resultado del consumo total de pasto, concentrado y FVHM

Realizado el balance de los aportes de la dieta se encontró que ninguno de los tratamientos llenó dichos requerimientos de energía y sólo el tratamiento C da positivo para proteína cruda y comprueba el supuesto planteado al no encontrar diferencias entre los tratamientos.

Tomando en cuenta la composición bromatológica de los componentes de las raciones recibidas por tratamiento y el consumo calculado de materia seca, se observa que el balance nutricional para la ENL es negativo en los tres tratamientos, aunque varía con el tratamiento al ir aumentando el aporte de las dietas que

recibieron FVHM. En los sistemas tropicales de producción de leche se ha encontrado que es la energía frecuentemente el nutrimento más limitante para la producción y no tanto la proteína cruda, siendo la energía el más utilizado para el balanceo de las raciones (Castro 2002).

Como consideraciones finales, es evidente que el FVHM presenta un mejor perfil nutricional que el pasto estrella (forraje Basal) en términos de PC, ENL y digestibilidad, este último, dada las características de material vegetativo recién germinado y succulento. Sin embargo, no se tiene evidencias de mejora en el aprovechamiento ruminal.

Por otra parte, si asumimos una sustitución 1:1, pareciera que el FVHM debería ser suministrado en mayor cantidad y mejorar el contenido de materia seca del mismo.

También es importante tomar en cuenta la tasa de pasaje (que se supone alta) del rumen al tracto digestivo posterior, puede estar afectando en gran manera la digestibilidad y aprovechamiento de los nutrientes del FVHM para su uso en producción de leche.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo, los resultados obtenidos permiten concluir lo siguiente:

1. La suplementación con FVH no mostró diferencias estadísticamente significativas para producción de leche en ninguno de los tratamientos evaluados.
2. A medida que se aumentó el nivel de suplementación de FVHM se observó una tendencia a aumentar la producción de leche hasta en un 7% en las vacas con mayor suplementación al compararlas con las no suplementadas.
3. No se encontró efecto de los tratamientos para los componentes % de grasa, % de proteína, % lactosa y % sólidos totales.
4. El aporte nutricional de la dieta básica no llenó en ninguno de los casos los requerimientos de las vacas para las producciones obtenidas.
5. Las condiciones climatológicas atípicas, especialmente la precipitación, afectaron la producción de forraje, lo cual pudo haber influenciado la calidad y consumo del mismo.

6. RECOMENDACIONES

1. Probar niveles más altos de suplementación de FVH.
2. Realizar balance nutricional de la dieta básica y el suplemento con base a los requerimientos mínimos de los animales para lograr producciones esperadas.
3. Realizar valoraciones de condición corporal a los animales en cada tratamiento.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Abarca, S. 1989. Efecto de la suplementación con poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre la producción de leche de vacas pastoreando pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mg. Sc. Turrialba C.R. CATIE, 68 p.
- Alagón, G. H. 1990. Comparación del poró (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento a vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 145p.
- Alpízar, J.F. 2008. Fibra Neutro Detergente (FND): Un fraccionamiento de la fibra bruta, que puede utilizarse como indicador de la calidad de los alimentos para el ganado. ECAG Informa. 10 (45): 56-58
- Arano, C. 1998. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivos sin Tierra. Editado por el propio autor. Prov. de Buenos Aires, Argentina.
- Bergen, W.C.; Yokohama, M.T. 1987. Productive limits to rumen fermentation. Journal of Animal Sci (EEUU) 45:573.
- Camero, A. 1991. Evaluación del poró (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplementos proteicos a vacas alimentadas con pasto jaragua (*Hyparrhemia rufa*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R.CATIE. 92 p.
- Campabadal, C. 1999. Factores que afectan el Contenido de Sólidos en la Leche. Nutrición Animal Tropical. 5(1) 67-92
- Carballido, C.D. 2005. Forraje verde hidropónico. Artículos silvoagropecuarios. www.usuarios.lycos.es/forrajehidroponico. 24/04/06
- Castro, A. 1999. Producción Bovina. Tercera reimpresión de la Primera Edición. EUNED. San José, Costa Rica. 428 p.

- Castro, A. 2002. Ganadería de leche, enfoque empresarial: Producción bovina Tomo 1. Primera Edición, EUNED. San José, Costa Rica. 289 p.
- Castro, A. 2006. Forraje hidropónico para alimentar cabras (en línea). MAG. Costa RICA. Consultado 04 de mayo 2008. Disponible en www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/animal/cabra.hidro.html
- Chamberlain, A. T.; Wilkinson, J.M. 2002. Alimentación de la vaca lechera. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 318 p.
- Cruz, M.; Sánchez J.M. 2000. La Fibra en la Alimentación del Ganado Lechero. *Nutrición Animal Tropical*. 6 (1): 39-74.
- Elizondo, J. 2002. Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del NRC para Ganado de Leche. *Agronomía Mesoamericana*. 13(1):41-44
- Herrera, A.; Depablos, L.; Lopez, R. 2007. Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje Hidropónico de Maiz (*Zea miz*). Respuesta animal en trminos de consumo y ganancia de peso. *Rev. Cient. (Maracaibo)*. [online]. Ago. 2007, vol.17, no.4. disponible en la Word Wide Web: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s079822592007000400009&lng=es&nrm=iso
- Hess, H.D.; Florez, H.; Lascano, C.E.; Barquero, L.A.; Becerra, A.; Ramos, J.1999. Fuentes de Variación en la Composición de la Leche y Niveles de Urea en Sangre y Leche de Vacas en Sistemas de Doble Propósito en el Trópico Bajo de Colombia. *Pasturas Tropicales*. 21(1): 33-42
- Leng, R.A. 1983. "Supplementation of tropical and subtropical pastures for ruminant production". *Herbivore nutrition in the subtropics and tropics*. Pretoria. South Africa. The siences press. Pág. 129-144.

- Lobo, M.V.; Díaz, O. 2001. Agrostología. Primera Edición. EUNED. San José, Costa Rica. 147p.
- Maynard; I.; Loosli, J.; Hintz, H.; Warner, R. 1989. Procesos digestivos en diferentes especies animales. Nutrición Animal. Mc Graw-Hill. 4ª Ed. Mexico. 34 p.
- Mertens, DR. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. (en línea) Journal of Animal Science. 64: 1548- 1558. consultado el 25 de febrero 2009. Disponible en: http://jas.fass.org/cgi/reprint/64/5/1548?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&author1=mertens%2C+dr&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resource_type=HWCIT
- Mora, N. 2006. Efecto de la utilización de morera (*Morus alba*) como sustituto parcial del concentrado en la producción de leche del hato de la finca La Esmeralda del ITCR, en Santa Clara, San Carlos. Tesis Ing. Agr. San Carlos, C.R. ITCR. 51 p.
- Ñíguez, M.E. 1988. Producción de forrajes en condiciones de hidroponía II. Selección de especies y evaluación de la cebada y trigo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán, Chile.
- Pérez, N. 1987. Efecto de la sustitución del concentrado por forraje obtenido en condiciones de hidroponía en una crianza artificial de terneros. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán, Chile.
- Peruchena, C.O. 1993. "Utilización de subproductos agroindustriales para la alimentación del ganado en la región subtropical de Argentina". Anais do simposio Internacional IICA-EMBRAPA, 16-20 de noviembre de 1992. Sao Carlos, SP. Brasil. 351 pág.

- Peruchena. C. O. 1999. Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales. Aspectos nutricionales, productivos y económicos. Conferencia. XXXVI Congreso Anual de la Sociedad Brasileira de Zootecnia, Porto Alegre, Brasil.
- Romero, F.; Abarca, S.; Corado, L.; Tobón, J.; Kass, M. Y Pezp, D. 1993. Producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Costa Rica. In: S.B. Westley y M.H. Power (eds) *Erythrina in the New and Old Worlds*. NFTA. Paia. Hawaii, U.S.A.
- Sánchez, M. 2000. Una experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay. Boletín informativo de la Red de Hidroponía No. 7. Lima. Perú.
- Sánchez, J.M. 2000. Nutrición Energética del Ganado Lechero. *Nutrición Animal Tropical*. 6(1): 97-127
- , J.M. Soto, H. 1998. Estimación de la Calidad Nutricional de los Forrajes del Cantón de San Carlos. II. Componentes de la Pared Celular. *Nutrición Animal Tropical*. 4(1): 3-23
- , J.M. Soto, H. 1999. Estimación de la Calidad Nutricional de los Forrajes del Cantón de San Carlos. III. Energía para la Producción de leche. *Nutrición Animal Tropical*. 5(1) 31- 49
- Vargas. E. 2007. Efecto de diferentes edades de cosecha sobre la producción y valor nutricional del forraje hidropónico (FVH) del maíz blanco, maíz amarillo y arroz bajo condiciones de invernadero en la zona norte de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. ITCR. C.R. 78 p.
- Wikipedia Org. 2009. Leche, s.n.t. (en línea). Consultado (08 ene 2008). Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Leche>

8. ANEXOS.

Anexo 1. Etiqueta de concentrado comercial consumido por los animales durante la fase experimental



PESO NETO 46 kg Lic. RCA-MAG: 596-031
Alimento balanceado para vacas lecheras de alta producción

ANÁLISIS GARANTIZADO

Humedad	(máx)	13.00 %
Proteína Cruda	(mín)	14.00 %
Extracto Etéreo	(mín)	4.00 %
Fibra Cruda	(máx)	12.00 %
Energía Digestible	(mín)	3 300 kcal/kg
Calcio	(mín)	0.80 %
Calcio	(máx)	0.90 %
Fósforo	(mín)	0.45 %
Sal (NaCl)	(mín)	0.60 %
Sal (NaCl)	(máx)	0.75 %

INGREDIENTES

Maíz amarillo, salvadillo de trigo, acemite de trigo, semolina de arroz, melaza de caña, cascarilla de soya, harina de coquito de palma africana, cascarilla de cacao, harina de soya, granos secos de destilería con solubles (DDGS), pulpa de cítricos, carbonato de calcio, cloruro de sodio, fosfato monocálcico, sales de calcio de ácidos grasos de cadena larga (grasa sobrepasante), acetato de vitamina K, colecalciferol (vit.D3), DL-alfa-tocoferol acetato (vitamina E), óxido de manganeso, óxido de zinc, carbonato de hierro, óxido de cobre, carbonato de cobalto, selenito de sodio, óxido de magnesio, yodato de calcio, butil hidroxi tolueno (B.H.T.) (antioxidante), hidroxianálogo de metionina, ácido propiónico (inhibidor de hongos), extracto de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).

INDICACIONES

Ración balanceada para suministrar a vacas de alta producción (sobre 15 kg de leche por día). Como complemento del forraje, suminístrese 1 kg de esta ración por cada 3 kg de leche producida.

PRECAUCIÓN

Manténgase en un lugar fresco y seco, libre de contaminantes. No almacenar por más de 15 días para asegurarse el mantenimiento óptimo de calidad. Para mayor información, consulte a nuestro Departamento Técnico

Fecha Ex: 20.02.08
Lote N° M
Fecha Ve: 20.03.08

Anexo 2. Análisis bromatológicos de los forrajes

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

30 de abril del 2008
Informe # 359-08

SOLICITANTE: Socio: ITCR
Procedencia: San Carlos
Solicita: Ing. Gilda Muñoz

muestra	Identificación	% Materia Seca	% Proteína Cruda	% Fibra ácido D.	% Fibra Neutro D	% Cenizas	% extracto etéreo	% lignina	% prot FAD	% prot FND
11526	Estrella #1	---	12.2	28.9	70.5	7.3	2.4	5.2	0.6	4.4
11527	Forraje verde Hidro- maiz #2	---	16.6	21.0	43.6	6.4	3.7	2.6	0.4	4.5
11528	Forraje verde Hidro maiz #3	---	16.7	20.7	43.4	6.4	3.7	2.5	0.6	4.1
11529	Forraje verde Hidro maiz # 4	---	16.3	21.2	42.5	6.5	3.7	2.5	0.5	3.8

--- ÚLTIMA LINEA ---

NOTAS:

Muestras entraron: 12-04-08

Las muestras se reportan tal como se recibieron.

- Se usaron los siguientes métodos: **Materia seca** 3-06-05-05-079(A.O.A.C. 2000. Met: 934.01)
Proteína 3-06-05-05-034(A.O.A.C. 2000. Met: 990.03)
Cenizas 3-06-05-05-076(A.O.A.C. 2000. Met: 942.05)
Fibra acida: 3-06-05-05-069
Fibra Neutra: 3-06-05-05-068

Las muestras analizadas fueron traídas al laboratorio por el interesado, por lo tanto los resultados reportados son válidos únicamente para la muestra analizada.

Favor anotar en la identificación de la muestra el # de asociado, esto porque en la base de datos que estamos realizando así lo requiere ...gracias.

Atentamente,



B.Q. Sandra Quirós Rojas
Encargada de Laboratorio

COOPERATIVA DE PRODUCTORES DE LECHE DOS PINOS R.L. Apartado 179-4008 Alajuela, Costa Rica







El presente informe de resultados no debe ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación de la Gerencia de Aseguramiento de la Calidad de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L.

Anexo 3. Distribución en el tiempo del experimento y sus distintos periodos.

Mes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
ENERO	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27
	28	29	30	31	1	2	3
FEBRERO	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17
	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	1	2
	3	4	5	6	7	8	9
MARZO	10	11	12	13	14	15	16
	17	18	19	20	21	22	23
	24	25	26	27	28	29	30

Periodo I
Periodo II
Periodo III

Anexo 4. Identificación de los animales y pesos según los periodos y tratamientos.

Animal Identificación	Vaca	Periodo		
		1	2	3
1 (37)		Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
		321 kg PV	333 kg PV	341 kg PV
2 (15)		Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 1
		361 kg PV	367 kg PV	366 kg PV
3 (32)		Tratamiento 3	Tratamiento 1	Tratamiento 2
		305 kg PV	308 kg PV	312 kg PV
4 (35)		Tratamiento 1	Tratamiento 3	Tratamiento 2
		365 kg PV	382 kg PV	387 kg PV
5 (01)		Tratamiento 2	Tratamiento 1	Tratamiento 3
		318 kg PV	320 kg PV	330 kg PV
6 (34)		Tratamiento 3	Tratamiento 2	Tratamiento 1
		330 kg PV	341 kg PV	346 kg PV

Anexo 5. Calculo del FVHM a suministrar (en materia fresca) según el peso vivo de los animales al inicio de cada periodo.

Periodo	Vaca	Tratamiento	PV	Kg MS	5% adicional	kg MS FVH	Total FVH	kg de MS / periodo	kg FVH/ periodo
1	1 (37)	1 (0,00% PV)	321	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
1	2 (15)	2 (0,25% PV)	361	0,90	0,045	0,95	7,90	18,95	157,94
1	3 (32)	3 (0,50% PV)	305	1,53	0,076	1,60	13,34	32,03	266,88
1	4 (35)	1 (0,00% PV)	365	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
1	5 (01)	2 (0,25% PV)	318	0,80	0,040	0,83	6,96	16,70	139,13
1	6 (34)	3 (0,50% PV)	330	1,65	0,083	1,73	14,44	34,65	288,75
Periodo	Vaca	Tratamiento	PV	Kg MS	5% adicional	kg MS FVH	Total FVH	kg de MS / periodo	kg FVH/ periodo
2	1 (37)	2 (0,25% PV)	333	0,83	0,042	0,87	7,28	16,61	138,40
2	2 (15)	3 (0,50% PV)	367	1,84	0,092	1,93	16,06	36,61	305,07
2	3 (32)	1 (0,00% PV)	308	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
2	4 (35)	3 (0,50% PV)	382	1,91	0,096	2,01	16,71	38,10	317,54
2	5 (01)	1 (0,00% PV)	320	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
2	6 (34)	2 (0,25% PV)	341	0,85	0,043	0,90	7,46	17,01	141,73
Periodo	Vaca	Tratamiento	PV	Kg MS	5% adicional	kg MS FVH	Total FVH	kg de MS / periodo	kg FVH/ periodo
3	1 (37)	3 (0,50% PV)	341	1,71	0,09	1,79	14,92	35,81	298,38
3	2 (15)	1 (0,00% PV)	366	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3 (32)	2 (0,25% PV)	312	0,78	0,04	0,82	6,83	16,38	136,50
3	4 (35)	2 (0,25% PV)	387	0,97	0,05	1,02	8,47	20,32	169,31
3	5 (01)	3 (0,50% PV)	330	1,65	0,08	1,73	14,44	34,65	288,75
3	6 (34)	1 (0,00% PV)	346	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 6. Datos de producción y componentes de la leche

Cuadrado	Periodo	Vaca	Trata.	Leche	Grasa	Kg grasa	Leche 4%	Proteína	Lactosa	Sólidos
1	1	1	1	11,32	3,54	0,40	10,53	3,25	4,67	10,39
1	2	1	2	11,84	3,44	0,41	10,85	3,38	4,54	12,09
1	3	1	3	10,00	3,93	0,39	9,90	3,44	4,38	12,60
1	3	2	1	10,56	4,43	0,47	11,24	3,68	4,31	13,14
1	1	2	2	10,24	4,49	0,46	10,99	3,44	4,60	13,12
1	2	2	3	12,40	3,99	0,49	12,38	3,55	4,54	12,72
1	2	3	1	10,72	3,92	0,42	10,60	3,54	4,48	12,63
1	3	3	2	8,16	4,56	0,37	8,85	3,80	4,20	13,46
1	1	3	3	10,44	3,85	0,40	10,20	3,58	4,37	12,52
2	1	4	1	11,52	4,26	0,49	11,96	3,00	4,74	12,60
2	3	4	2	11,52	4,00	0,46	11,52	2,94	4,60	12,27
2	2	4	3	13,44	4,03	0,54	13,50	2,99	4,72	12,38
2	2	5	1	9,35	4,12	0,38	9,51	3,22	4,34	12,46
2	1	5	2	10,28	3,84	0,39	10,04	3,24	4,38	12,19
2	3	5	3	9,24	4,25	0,39	9,59	3,28	4,19	12,59
2	3	6	1	7,04	5,04	0,35	8,14	3,64	4,68	14,11
2	2	6	2	9,48	4,74	0,45	10,53	3,54	4,73	13,72
2	1	6	3	9,60	4,68	0,45	10,57	3,54	4,73	13,57

Anexo 7. Datos Análisis de Varianza

```
proc mixed data=Hidroponico;
  class CUADRADO PERIODO VACA TRATA;
  model LECHE= TRATA PERIODO;
  random CUADRADO VACA(CUADRADO);
  lsmeans Trata / PDIFF;
RUN;
```

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Alberto Camero - Carlos Mora

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.HIDROPONICO
Dependent Variable	Leche
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information

Class	Levels	Values
Cuadrado	2	1 2
Periodo	3	1 2 3
Vaca	6	1 2 3 4 5 6
Trata	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	3
Columns in X	7
Columns in Z	8
Subjects	1
Max Obs Per Subject	19
Observations Used	18
Observations Not Used	1
Total Observations	19

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	54.47711970	
1	3	46.89490933	0.00074236
2	1	46.88577967	0.00000957
3	1	46.88566864	0.00000000

Convergence criteria met.

Instituto Tecnológico de Costa Rica
 Alberto Camero - Carlos Mora
 Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Covariance Parameter
 Estimates

Cov Parm	Estimate
Cuadrado	0
Vaca(Cuadrado)	1.4009
Residual	0.4964

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	46.9
AIC (smaller is better)	50.9
AICC (smaller is better)	52.1
BIC (smaller is better)	48.3

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Trata	2	8	1.97	0.2013
Periodo	2	8	9.89	0.0069

Least Squares Means

Effect	Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	10.0850	0.5623	8	17.93	<.0001
Trata	2	10.2533	0.5623	8	18.23	<.0001
Trata	3	10.8533	0.5623	8	19.30	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	Trata	_Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	2	-0.1683	0.4068	8	-0.41	0.6899
Trata	1	3	-0.7683	0.4068	8	-1.89	0.0956
Trata	2	3	-0.6000	0.4068	8	-1.48	0.1784

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Alberto Camero - Carlos Mora

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.HIDROPONICO
Dependent Variable	Leche_4_
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information

Class	Levels	Values
Cuadrado	2	1 2
Periodo	3	1 2 3
Vaca	6	1 2 3 4 5 6
Trata	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	3
Columns in X	7
Columns in Z	8
Subjects	1
Max Obs Per Subject	19
Observations Used	18
Observations Not Used	1
Total Observations	19

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	50.32321405	
1	3	40.80493936	0.00286370
2	1	40.77814600	0.00009649
3	1	40.77731204	0.00000013
4	1	40.77731095	0.00000000

Convergence criteria met.

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Covariance Parameter
 Estimates

Cov Parm	Estimate
Cuadrado	0
Vaca(Cuadrado)	1.0914
Residual	0.2756

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	40.8
AIC (smaller is better)	44.8
AICC (smaller is better)	46.0
BIC (smaller is better)	42.2

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Trata	2	8	2.95	0.1099
Periodo	2	8	10.19	0.0063

Least Squares Means

Effect	Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	10.3300	0.4773	8	21.64	<.0001
Trata	2	10.4633	0.4773	8	21.92	<.0001
Trata	3	11.0233	0.4773	8	23.09	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	Trata	_Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	2	-0.1333	0.3031	8	-0.44	0.6717
Trata	1	3	-0.6933	0.3031	8	-2.29	0.0515
Trata	2	3	-0.5600	0.3031	8	-1.85	0.1019

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Alberto Camero - Carlos Mora

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.HIDROPONICO
Dependent Variable	Grasa
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information

Class	Levels	Values
Cuadrado	2	1 2
Periodo	3	1 2 3
Vaca	6	1 2 3 4 5 6
Trata	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	3
Columns in X	7
Columns in Z	8
Subjects	1
Max Obs Per Subject	19
Observations Used	18
Observations Not Used	1
Total Observations	19

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	24.00753591	
1	2	16.84734974	0.00000000

Convergence criteria met.

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Covariance Parameter
 Estimates

Cov Parm	Estimate
Cuadrado	0
Vaca(Cuadrado)	0.1319
Residual	0.05060

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	16.8
AIC (smaller is better)	20.8
AICC (smaller is better)	22.0
BIC (smaller is better)	18.2

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Trata	2	8	0.28	0.7631
Periodo	2	8	3.55	0.0790

Least Squares Means

Effect	Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	4.2183	0.1744	8	24.19	<.0001
Trata	2	4.1783	0.1744	8	23.96	<.0001
Trata	3	4.1217	0.1744	8	23.64	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	Trata	_Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	2	0.04000	0.1299	8	0.31	0.7660
Trata	1	3	0.09667	0.1299	8	0.74	0.4780
Trata	2	3	0.05667	0.1299	8	0.44	0.6741

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Alberto Camero - Carlos Mora

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.HIDROPONICO
Dependent Variable	Proteina
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information

Class	Levels	Values
Cuadrado	2	1 2
Periodo	3	1 2 3
Vaca	6	1 2 3 4 5 6
Trata	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	3
Columns in X	7
Columns in Z	8
Subjects	1
Max Obs Per Subject	19
Observations Used	18
Observations Not Used	1
Total Observations	19

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	11.37939662	
1	1	-4.50588228	0.00000000

Convergence criteria met.

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Covariance Parameter
 Estimates

Cov Parm	Estimate
Cuadrado	0.01340
Vaca(Cuadrado)	0.05321
Residual	0.006083

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	-4.5
AIC (smaller is better)	1.5
AICC (smaller is better)	4.2
BIC (smaller is better)	-2.4

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Trata	2	8	0.02	0.9810
Periodo	2	8	4.00	0.0626

Least Squares Means

Effect	Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	3.3883	0.1288	8	26.31	<.0001
Trata	2	3.3900	0.1288	8	26.33	<.0001
Trata	3	3.3967	0.1288	8	26.38	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	Trata	_Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	2	-0.00167	0.04503	8	-0.04	0.9714
Trata	1	3	-0.00833	0.04503	8	-0.19	0.8578
Trata	2	3	-0.00667	0.04503	8	-0.15	0.8860

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Alberto Camero - Carlos Mora

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.HIDROPONICO
Dependent Variable	Solidos
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information

Class	Levels	Values
Cuadrado	2	1 2
Periodo	3	1 2 3
Vaca	6	1 2 3 4 5 6
Trata	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	3
Columns in X	7
Columns in Z	8
Subjects	1
Max Obs Per Subject	19
Observations Used	18
Observations Not Used	1
Total Observations	19

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	40.96546382	
1	3	36.50146576	0.00046133
2	1	36.49843249	0.00000213
3	1	36.49841904	0.00000000

Convergence criteria met.

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Covariance Parameter
 Estimates

Cov Parm	Estimate
Cuadrado	0
Vaca(Cuadrado)	0.4080
Residual	0.2765

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	36.5
AIC (smaller is better)	40.5
AICC (smaller is better)	41.7
BIC (smaller is better)	37.9

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Trata	2	8	0.36	0.7052
Periodo	2	8	2.17	0.1768

Least Squares Means

Effect	Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	12.5550	0.3378	8	37.17	<.0001
Trata	2	12.8083	0.3378	8	37.92	<.0001
Trata	3	12.7300	0.3378	8	37.69	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	Trata	_Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	2	-0.2533	0.3036	8	-0.83	0.4283
Trata	1	3	-0.1750	0.3036	8	-0.58	0.5802
Trata	2	3	0.07833	0.3036	8	0.26	0.8029

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Alberto Camero - Carlos Mora

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.HIDROPONICO
Dependent Variable	Lactosa
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information

Class	Levels	Values
Cuadrado	2	1 2
Periodo	3	1 2 3
Vaca	6	1 2 3 4 5 6
Trata	3	1 2 3

Dimensions

Covariance Parameters	3
Columns in X	7
Columns in Z	8
Subjects	1
Max Obs Per Subject	19
Observations Used	18
Observations Not Used	1
Total Observations	19

Iteration History

Iteration	Evaluations	-2 Res Log Like	Criterion
0	1	1.15477467	
1	2	-12.65725689	0.00001040
2	1	-12.65744922	0.00000000

Convergence criteria met.

Colaborador estadística: Carlos Arce

The Mixed Procedure

Covariance Parameter
 Estimates

Cov Parm	Estimate
Cuadrado	0
Vaca(Cuadrado)	0.02720
Residual	0.003564

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	-12.7
AIC (smaller is better)	-8.7
AICC (smaller is better)	-7.5
BIC (smaller is better)	-11.3

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Trata	2	8	0.99	0.4119
Periodo	2	8	17.74	0.0011

Least Squares Means

Effect	Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	4.5367	0.07161	8	63.35	<.0001
Trata	2	4.5083	0.07161	8	62.96	<.0001
Trata	3	4.4883	0.07161	8	62.68	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	Trata	_Trata	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > t
Trata	1	2	0.02833	0.03447	8	0.82	0.4349
Trata	1	3	0.04833	0.03447	8	1.40	0.1984
Trata	2	3	0.02000	0.03447	8	0.58	0.5777