

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA  
CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO**

**Evaluación bioeconómica del impacto de la degradación de pasturas en fincas  
ganaderas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala.**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el  
Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y  
Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

*Magister Scientiae* en Agroforestería Tropical

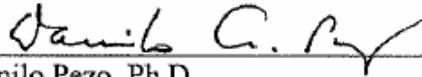
Por  
Herty Betancourt

Turrialba, Costa Rica, 2006

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE**

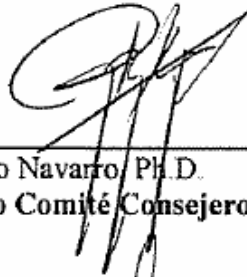
**FIRMANTES:**



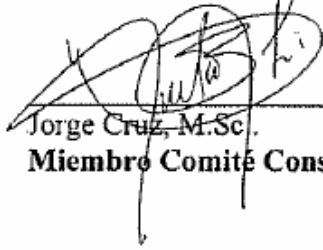
Danilo Pezo, Ph.D.  
**Consejero Principal**



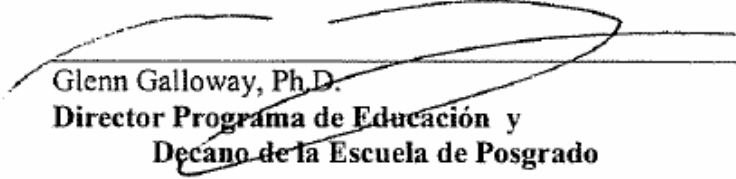
John Beer, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



Guillermo Navarro, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



Jorge Cruz, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



Glenn Galloway, Ph.D.  
**Director Programa de Educación y  
Decano de la Escuela de Posgrado**



Herty Betancourt.  
**Candidato**

## DEDICATORIA

A Dios por su misericordia y por darme las fuerzas para concluir esta fase de mi vida.

A mi padre Eusebio Betancourt Nieto *in memoriam*.

A mi esposa Alba por su amor y gran apoyo, a nuestros hijos Daniel y Santiago.

A mis hermanos, espero que sigan adelante.

A mi patria Nicaragua, por un mañana mejor.

## AGRADECIMIENTOS

A los investigadores de NITLAPAN-UCA: Ing. Rene Gómez, M.Sc. Alfredo Ruiz, M.Sc. Yuri Marin, M.Sc. Carlos Barrios, por la confianza depositada en el inicio de este proyecto.

Al Dr. Muhammad Ibrahim y a la Dra. Celia Harvey, por su apoyo y sugerencias durante la maestría.

Al pueblo de Noruega que a través del proyecto "CATIE/NORUEGA-Pasturas Degradadas", brindó los recursos para realizar esta investigación.

Al Dr. Danilo Pezo, profesor y amigo, gracias por todas las enseñanzas.

A los miembros del comité: Dr. Jonh Beer, Dr. Guillermo Navarro, M.Sc. Jorge Cruz, por su asesoría y contribuciones en la realización de este trabajo.

Al equipo de trabajo del proyecto "CATIE/NORUEGA-Pasturas Degradadas" en Flores, Petén, por facilitar la fase de campo de esta investigación.

A los Productores de El Chal: Bernardo Sandoval, Juan J. Ramírez, Leonardo Pérez, Mario Milian, Mauricio Guerra, Pablo Chopen, Wilfredo Sanabria, Rogelio Izaguirre y Berta Sandoval; quienes amablemente participaron en este trabajo.

A mi familia en Flores, Petén: Patricia Colon, Bente Anfiensen y Salvador Castillo.

A mis amigos y hermanos Nicaragüenses (Arlene Lopez, Luis Orozco y Marlon López), por su amistad y apoyo

A mis amigos Enrique Alvarado, Alexander León y Mario Mejía (los dioses del pana), por la amistad cultivada.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
TABLA DE CONTENIDO .....	v
INDICE DE CUADROS .....	vii
INDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
1 INTRODUCCIÓN .....	1
2 Objetivos del estudio .....	2
2.1.1 Objetivo General .....	2
2.1.2 Objetivos específicos .....	2
2.2 Hipótesis del estudio .....	2
2.3 MARCO CONCEPTUAL .....	3
2.3.1 Definición de pasturas degradadas .....	3
2.3.2 Disponibilidad de pastos .....	4
2.3.3 Factores que afectan la degradación de pasturas .....	4
2.3.4 Estudios relacionados con pasturas degradadas .....	7
2.3.5 Definición de cobertura arbórea .....	8
2.3.6 Métodos para estimar cobertura arbórea .....	9
2.3.7 Sistemas de doble propósito en Petén .....	10
2.3.8 El modelo LIFE SIM .....	10
3 MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
3.1 Tipo de investigación .....	11
3.2 Descripción del área de estudio .....	11
3.2.1 El suelo .....	12
3.2.2 El clima .....	13
3.3 Selección de fincas .....	13
3.4 Componentes y variables estudiadas .....	13
3.4.1 Componente Pasturas .....	13
3.4.1.1 Niveles de degradación de Pasturas .....	13
3.4.1.2 Niveles ponderados de degradación de pasturas por finca .....	17
3.4.1.3 Disponibilidad de pasto .....	17
3.4.1.4 Calidad de pastos .....	19
3.4.1.5 Rotación de potreros .....	19
3.4.2 Componente arbóreo .....	19
3.4.2.1 Cobertura arbórea en potreros .....	19
3.4.3 Componente animal .....	21
3.4.3.1 Cambio de inventario .....	21
3.4.3.2 Carga animal .....	21
3.4.3.3 Producción de leche por vaca por día .....	22
3.4.4 Análisis microeconómico .....	22
3.4.4.1 Indicadores microeconómicos .....	23
3.4.5 Análisis de sensibilidad para el Valor esperado de la Tierra .....	24

3.5	Procesamiento de los datos .....	25
3.5.1	Simulación con el Modelo LIFE SIM (versión 3.2) .....	25
3.5.2	Supuestos usados en la simulación .....	25
3.5.3	Estimación del impacto de pasturas degradadas.....	26
3.5.4	Estimación de IB según el nivel ponderado de degradación de pastos .....	26
4	RESULTADOS Y DISCUSION .....	27
4.1	Descripción de las fincas ganaderas de doble propósito de El Chal.....	27
4.1.1	Usos del suelo .....	27
4.1.2	Manejo de los potreros.....	29
4.1.3	Parámetros productivos ganaderos .....	30
4.2	Cuantificación de los niveles de degradación.....	32
4.2.1	Cambios mensuales en la disponibilidad de pastos por nivel de degradación 35	
4.3	Descripción de la Cobertura arbórea .....	36
4.3.1	Selección del método .....	36
4.3.2	Cobertura arbórea por finca .....	37
4.3.3	Relación entre disponibilidad de pastos y cobertura arbórea por potrero.....	38
4.4	Análisis microeconómicos .....	40
4.4.1	Análisis de costos.....	40
4.4.2	Análisis de ingresos .....	42
4.4.3	Indicadores microeconómicos .....	44
4.4.4	Análisis de sensibilidad para el VET .....	46
4.4.5	Relación entre el nivel ponderado de degradación de pastos y el INF .....	47
4.5	Productividad animal por nivel de degradación .....	48
4.5.1	Evaluación de impacto en la producción de leche.....	48
4.5.2	Evaluación de impacto en la producción de carne.....	50
4.5.3	Estimación del diferencial en IB por finca debido a la degradación de pasturas 52	
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	54
6	Referencias Bibliográficas.....	56
7	Anexos .....	75

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Escala propuesta por el proyecto CATIE/NORUEGA-PD para la estratificación de niveles de degradación .....	14
<b>Cuadro 2.</b> Niveles de degradación de pasturas en base al porcentaje de pastos palatables. 15	
<b>Cuadro 3.</b> Fincas y potreros seleccionados en cada comunidad, según los niveles de degradación identificados, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala. ....	16
<b>Cuadro 4.</b> Distribución de los usos del suelo (ha), en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	28
<b>Cuadro 5.</b> Parámetros productivos promedios encontrados en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	31
<b>Cuadro 6.</b> Cuantificación de los niveles de degradación de pasturas en los potreros de fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=33). ....	33
<b>Cuadro 7.</b> Disponibilidad promedio de pastos (kgMS/ha/mes), según el nivel de degradación y el mes de muestreo, en las fincas bajo seguimiento en El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	35
<b>Cuadro 8.</b> Valores de cobertura arbórea estimados con dos métodos, usados en la prueba T, en las Fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	37
<b>Cuadro 9.</b> Área promedio de potreros (ha) y cobertura arbórea (%), en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	38
<b>Cuadro 10.</b> Coeficientes de correlación de Pearson (“r”) y su significancia (“p”) entre la disponibilidad de pastos (kg <sub>Pa</sub> ), con diferentes variables de cobertura y disponibilidad de otros componentes medidos en los potreros (n=33). ....	39
<b>Cuadro 11.</b> Estructuras de costos (US\$/ha/año) de de los sistemas de doble propósito en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	41
<b>Cuadro 12.</b> Estructura de ingresos (US\$/ha/año) de de los sistemas de doble propósito en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	43
<b>Cuadro 13.</b> Indicadores microeconómicos (US\$/ha/año), en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	44
<b>Cuadro 14.</b> Valores del VET (US\$/ha/año), según los cambios en la tasa de interés, costos de producción, producción de leche y carne, y el precio de la leche y de la carne, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén Guatemala. ....	47
<b>Cuadro 15.</b> Nivel ponderado de degradación de pastos y el INF (US\$/ha/año), para el periodo evaluado en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala. ....	48
<b>Cuadro 17.</b> Estimados de producción y pérdidas promedio en leche (litros) e ingresos (US\$) por vaca por año, en función del nivel de degradación de las pasturas, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	49
<b>Cuadro 18.</b> Estimados de producción y pérdidas promedio en carne e ingresos por animal por año, en función del nivel de degradación de las pasturas, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	51
<b>Cuadro 19.</b> Estimados de pérdidas en IB actual con respecto al IB potencial (US\$/ha/año), en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	53

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del área de estudio.....	12
<b>Figura 2.</b> Ejemplo del proceso de digitalización de las copas de los árboles con Arcview, a) delimitación del potrero, b) digitalización de las copas de los árboles, c) estimación del área de las copas. ....	20
<b>Figura 3.</b> Distribución de los usos del suelo (%), en las fincas de El Chal, Petén, Guatemala (n=7). ....	28
<b>Figura 4.</b> Comportamiento de los costos con respecto a la extensión del área ganadera. Costos Variables (CV), Costos Fijos (CF), Costos de mano de Obra Familiar (C_MOF), en El Chal, Petén, Guatemala. ....	42
<b>Figura 5.</b> Comportamiento de los precios de la leche (US\$/lt) según el mes, en las fincas estudiadas de El Chal. ....	43
<b>Figura 6.</b> Comportamiento de los indicadores microeconómicos con respecto al área ganadera (A_G, ha) en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).....	45
<b>Figura 7.</b> Relación entre los estimados de producción de leche (L/V/año) y el nivel de degradación, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala.....	50
<b>Figura 8.</b> Relación entre los estimados de producción de carne por animal (kg/A/año) y el nivel de degradación de pastos, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala. ....	51



**Betancourt H. 2006.** Evaluación bioeconómica del impacto de la degradación de pasturas en fincas ganaderas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 91p

**Palabras claves:** degradación de pasturas, impacto de degradación, ingreso neto de finca, valor esperado de la tierra, sistemas de doble propósito, productividad animal, Petén.

## RESUMEN

Se evaluó el impacto de la degradación de pasturas sobre la productividad animal y los ingresos de fincas ganaderas con sistemas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala. Se cuantificó la disponibilidad de biomasa forrajera en pasturas representativas de cinco niveles de degradación (no degradación, leve, moderada, severa y muy severa), por medio del método de rendimiento comparativo (BOTANAL), luego de estratificar potreros con base en la estimación visual de cobertura de especies de pastos palatables. El muestreo se realizó en 33 potreros con diferente nivel de degradación, los cuales estaban distribuidos en siete fincas. El ingreso neto y valor esperado de la tierra se estimaron por medio de la metodología de presupuestos parciales de finca y monitoreos mensuales de los costos totales e ingresos totales en cada finca. El impacto de la degradación de las pasturas en la productividad se simuló a través del modelo LIFE SIM. Los niveles extremos de disponibilidad promedio de pastos para las condiciones de degradación muy severa y no degradación fueron de 506 y 4398 kgMS/ha, respectivamente. Los promedios de ingreso neto de finca y el valor esperado de la tierra fueron US\$ 91 y 728/ha/año, respectivamente. El ingreso neto promedio obtenido muestra que las fincas pagan los costos totales de producción, pero no lo suficiente para capitalizarse, según lo mostrado por el valor esperado de la tierra. La productividad animal tendió a declinar linealmente a medida se incrementó el nivel de degradación de la pastura ( $D_x$ ). Las ecuaciones que describen esta relación para producción de leche por vaca ( $Y_1$ ) y ganancia de peso ( $Y_2$ ) fueron:  $Y_1 = 1559,96 - 80,21 D_x$  ( $R^2=0,64$ ;  $p<0,0001$ ) y  $Y_2 = 358,74 - 34,57 D_x$  ( $R^2=0,90$ ;  $p<0,0001$ ), respectivamente. Estos cambios resultan en una disminución del ingreso neto de hasta el 34 y 43% cuando se considera la producción de leche y ganancia de peso en estadios muy severos de degradación de pasturas.

**Betancourt H. 2006.** Assessment of the bioeconomical impact of pasture degradation in dual purpose livestock farms in El Chal, Petén, Guatemala. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 91p

**Key words:** degraded pastures, impacts of pasture degradation, farm net income, land expected value, dual purpose systems, animal productivity, Peten.

### **ABSTRACT**

The impact of pasture degradation on animal productivity and income in dual purpose cattle systems was assessed in El Chal, Petén, Guatemala. The biomass availability for pastures representing five levels of degradation (non-degraded, slight, moderate, severe and very severe degradation) was quantified by using the comparative yield method of (BOTANAL), applied after stratification of pastures based on visual estimates of palatable species coverage. Thirty-three paddocks representing different levels of pasture degradation, distributed in seven farms were sampled. Farm net income and land expected value were estimated based on data collected using farm partial budgets technique. Costs, animal productivity and income were monitored every month in each of the seven farms sampled. The impact of pasture degradation on animal productivity was estimated using the LIFE SIM simulation model. Extremes in average pasture availability for non-degraded and very severely degraded pastures were 506 and 4398 kg DM/ha, respectively. The average net income and land expected value for the set of farms monitored were US\$ 91 and 728/ha/year, respectively. The average net income obtained indicates that monitored farms pay total costs of production, but income is not enough for farm capitalization, as indicated by the expected land value index. Animal productivity declined linearly as pasture degradation level ( $Dx$ ) increased. Equations that describe this relation for milk production per cow ( $Y_1$ ) and live-weight gain ( $Y_2$ ) were:  $Y_1 = 1559,96 - 80,21 Dx$  ( $R^2=0,64$ ;  $p<0,0001$ ); and  $Y_2 = 358,74 - 34,57 Dx$  ( $R^2=0,90$ ;  $p<0,0001$ ), respectively. Those changes results in a maximum decline in net income of 34 and 43%, when milk yield and live-weight gain for the very severely degraded pastures are considered.

## 1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años la actividad ganadera ha sido considerada como una de las principales causas de la degradación de los recursos naturales y la reducción de las áreas de bosques (Myers 1981; Morello 1984; Herrick 1993; Solano 1994; Steinfeld *et al* 1997). La región Centroamericana no escapa a este contexto, donde el 38% del área total (13,7 millones de ha) son tierras de pastoreo y los aumentos en producción animal se dan mayormente por el incremento en el número de cabezas y área, pues el manejo es mayormente bajo un sistema extensivo, lo cual conlleva progresivamente al deterioro ambiental (Steinfeld 2000; Szott *et al* 2000). Por otra parte, el manejo extensivo del ganado conduce en el corto plazo, a una reducción en la productividad de los pastos (Kaimowitz y Angelsen 2001), lo que a su vez se puede traducir en disminución de la producción ganadera por unidad de área.

En Guatemala, la ganadería extensiva es señalada como la segunda causa de deforestación, ubicada después de la agricultura migratoria (Maldonado *et al* 1999). En Petén, la ganadería es la actividad económica principal; el manejo se basa en el pastoreo extensivo, con el 33.5 % de los potreros con menos del 40% de gramíneas deseables y existe una inclinación hacia la producción de carne (CATIE / NORAD 2002).

En estudios realizados anteriormente en esta región (Hernández 2001; León 2006), se ha evaluado la degradación de pasturas desde el punto de vista de las percepciones de los productores, se ha cuantificado la producción de materia seca de las especies de pastos a nivel de finca y su relación con la fertilidad del suelo, pero hace falta conocer si existe un vínculo entre la degradación de las pasturas y los ingresos que percibe el productor ganadero a nivel de finca, bajo la premisa de que la producción del ganado depende de la productividad de los pastos.

## **2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### ***2.1.1 Objetivo General***

Evaluar biológica y económicamente, el impacto de diferentes niveles de degradación de pasturas, en sistemas de doble propósito de fincas ganaderas en El Chal, Petén, Guatemala.

### ***2.1.2 Objetivos específicos***

- Determinar la disponibilidad de materia seca de pastos en diferentes niveles de degradación.
- Evaluar el efecto de los diferentes niveles de degradación de pasturas en la productividad de sistemas de producción de doble propósito.
- Comparar los ingresos en sistemas de producción de doble propósito manejados en pasturas con diferentes niveles de degradación.

## **2.2 Hipótesis del estudio**

- La disponibilidad de pastos es menor a medida que se incrementa el nivel de degradación de las pasturas.
- La productividad animal y el ingreso bruto en fincas con sistemas de ganadería de doble propósito disminuyen a medida se incrementa el nivel de degradación de las pasturas.

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1 *Definición de pasturas degradadas*

Existe cierta tendencia a relacionar la degradación de pasturas con la disminución de la producción de materia seca de pastos y la invasión de malezas, con un efecto directo en la productividad animal. Spain y Gualdrón (1989), definen como pasturas degradadas aquellas que muestran una reducción en su productividad potencial bajo una condición edafoclimática y periodo de tiempo determinado; aunque no hacen distinción entre tipos de pasturas, se puede interpretar que la definición se refiere a la productividad de pasturas mejoradas. Este enfoque es secundado por diferentes investigadores (Blanco 1991; Prado 1993; Pezo *et al* 1999; De Oliveira 2001; Carvalho *et al* 2001; Müller *et al* 2004). En cambio, para pasturas naturales en proceso de degradación, se ha utilizado el término abandonada o erodada (Buschbacher *et al* 1988; Da Silva *et al* 1996; Loik y Holl 1999; Nichols *et al* 2001)

Szott *et al* (2000), mencionan que la degradación de las pasturas puede ser definida como una pérdida en su condición, producto de los cambios ecológicos y ambientales negativos, entendiéndose como condición de las pasturas, la sumatoria de parámetros tales como la composición botánica y la cobertura vegetal. Según Dias-Filho (2003), pastura degradada es un área con disminución acentuada de la productividad agrícola ideal, pudiendo o no haber perdido la capacidad de mantener su productividad biológica, considerando como productividad agrícola, la capacidad de soporte de la pastura. Una definición práctica, es proporcionada por Murgueito *et al* (2003), quienes consideran que toda pastura con menos del 50% de cobertura de forraje de pastos deseables (naturales y mejorados) está degradada. Para este trabajo se consideró que la producción de materia seca de las pasturas, la proporción de especies palatables<sup>1</sup> al ganado y de especies invasoras son indicadores del nivel de degradación de una pastura.

---

<sup>1</sup> Se incluyen tanto especies naturales como mejoradas.

### **2.3.2 Disponibilidad de pastos**

La disponibilidad de forraje puede ser medida en biomasa ofrecida antes del pastoreo y biomasa residual después del pastoreo (Giraldo 1991; González 1992; Ibrahim 1994). Para este estudio se consideró sólo la oferta antes del pastoreo de gramíneas palatables disponibles para el consumo del ganado, expresada en base de materia seca (kg MS/ha).

### **2.3.3 Factores que afectan la degradación de pasturas**

Entre los factores biofísicos que afectan la degradación tenemos:

#### **a) La fertilidad del suelo**

La pérdida de fertilidad del suelo es señalada como una de las causas de la degradación de pasturas, pero no se ha encontrado una relación directa entre los parámetros de fertilidad del suelo y los grados de degradación de pastos (De Oliveira *et al* 2004; Müller *et al* 2004). Sin embargo la fertilización del suelo puede ayudar a mejorar o mantener la producción de forraje del pasto (Sears 1950; Gutiérrez 1996; De Oliveira 2004).

#### **b) El clima**

La precipitación es el factor climático con el que más se ha relacionado la producción de forraje. Varios autores (Castillo *et al* 1983; Sánchez *et al* 1985; Giraldo *et al* 1995) han encontrado que la disponibilidad o producción de biomasa de pasto es mayor en la época lluviosa que en la época seca. La presencia de especies gramíneas y leguminosas puede aumentar cuando ocurren incrementos en la precipitación, influyendo de esa manera en la composición botánica y la productividad de las pasturas (Smoliak 1956; Hughes 1965; Heath *et al* 1973; Kemp y Dowling 1991; Graden *et al* 2001).

c) La carga animal y especie de pasto

La aplicación de una carga animal alta tiende a reducir la disponibilidad de pastos (Ramos 1987; Ibrahim 1994). El potencial de producción de especies naturales es menor que el de las especies introducidas (Echavarría 1973; Maldonado y Velásquez 1994), por lo tanto, la capacidad de soporte de estas pasturas siempre será menor que en las especies mejoradas (Cubillos y Salazar 1981; Reátegui *et al* 1990; Blanco 1991; Pereira y Batista 1991)

d) La sombra a la que puedan estar sometidas las especies de pastos

Belsky (1994), no encontró correlación entre los niveles de sombra y la producción de biomasa de pastos en sabanas tropicales; sin embargo, algunas especies forrajeras pueden disminuir su producción al aumentar el porcentaje de sombra (Burton *et al* 1959; Cameron *et al* 1991; Acciaresi *et al* 1994; Giraldo *et al* 1995; Penton 2000), por lo cual se deduce que algunas especies forrajeras difieren en su tolerancia a la sombra (Wong y Stur 1996; Sanderson *et al* 1997). Por otra parte, la sombra es un factor que puede contribuir a mejorar la calidad de los pastos, (Belsky 1992; Zelada 1996), aunque esto parece estar mediado por cambios anatómicos o morfológicos en las plantas (Pezo e Ibrahim 1999).

e) Las plagas y enfermedades

Se ha demostrado que ciertas plagas pueden reducir drásticamente la producción de materia seca de los pastos. Valérico y Nakano (1988), encontraron que el aumento de la población de *Notozulia entreriana* (Berg), puede reducir hasta en 50 % la producción de materia seca de *Brachiaria decumbens*, esto incide en una disminución de la productividad animal y pérdidas económicas (Holmann y Peck 2002, Rodríguez *et al* 2003).

f) Manejo de los potreros

Entre las prácticas de manejo que pueden acelerar la degradación de pasturas están: el sobrepastoreo, el uso del fuego y las prácticas culturales. El sobrepastoreo puede resultar en

disminución de la cobertura del suelo, incremento en la presencia de malezas, y aumento en el riesgo de compactación del suelo (Rincón 1999; Bellow 2001; Zhong *et al* 2004). Por otra parte, el sobrepastoreo está relacionado con la capacidad de carga de las especies de pastos y el manejo rotacional de los potreros (Rincón 1999; Jones y Jones 2003). El sobrepastoreo puede disminuir la disponibilidad de fósforo en el suelo (Muchagata y Brown 2003), pero también de otros nutrientes tales como: nitrógeno, potasio, calcio y magnesio (Buschbacher *et al* 1988). Esto a su vez puede resultar en una reducción de la productividad del pasto y de esta forma se acentúa el proceso de degradación de las pasturas. También hay que agregar que el sobrepastoreo no sólo disminuye la disponibilidad de las pasturas y aumenta el riesgo de erosión, sino que disminuye la productividad animal (Arzadun *et al* 2003)

El uso del fuego en los potreros, es una práctica frecuente para mantener la producción y la calidad del forraje (Sánchez 1981; Rincón 1999); sin embargo, el uso excesivo del fuego puede tener efectos negativos como la reducción de las poblaciones de microorganismos (Meiklejohn 1955), y de los macroinvertebrados del suelo (Callaham *et al* 2003). Las quemaduras, causan cambios en la composición botánica que pueden favorecer la germinación de especies de gramíneas no palatables al ganado (Hatch *et al* 1999; Sheuyange *et al* 2005). Las pasturas degradadas son susceptibles a las quemaduras, sobretodo en la época seca (Uhl y Kauffman 1990). El uso del fuego como práctica de manejo, conlleva a una disminución de la biomasa de pasto y material inerte que cubre el suelo, de esta forma aumenta el riesgo de erosión del suelo. Dado que la biomasa sobre el suelo y el sistema radicular de las especies están altamente relacionadas (Müller *et al* 2004), entonces la degradación de las pasturas se convierte en causa de erosión y reducción de la fertilidad del suelo (Wu y Tiessen 2002).

Entre las prácticas culturales, el manejo de la fertilidad de suelos requiere especial atención, porque no es una práctica de uso común entre los productores ganaderos. Dias-Filho (2003), plantea que el manejo de la fertilidad del suelo debe ser basado en prácticas que minimicen las pérdidas y maximicen la entrada de nutrientes en el sistema. Otros investigadores, han encontrado que la aplicación de fertilizantes aumenta la producción de



biomasa de los pastos (Haynes y Williams 1993; Steudler *et al* 2002;), y que la introducción de árboles leguminosos al sistema, puede mejorar la productividad de los pastos, por su efecto positivo en la fertilidad del suelo y el consumo potencial del forraje arbóreo (Alpizar 1989; Carvalho 1997; Carvalho *et al* 2001; Burle *et al* 2003). Por otro lado, las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados cambian la composición botánica de los pastos (Jones y Jones 2003), y aplicaciones excesivas pueden ser tóxicas para el ganado (Gutiérrez 1996).

Existen diferentes métodos para controlar la invasión de malezas tanto gramíneas como de hoja ancha, entre ellos: la aplicación de herbicidas (Sánchez y Baeza 1995), y las chapias. La presencia de las malezas en los potreros disminuye la disponibilidad de pastos por la competencia por luz y nutrientes que ejercen las primeras; además, la presencia de malezas resulta en una disminución en la productividad del ganado, ya que la mayoría no son palatables.

#### **2.3.4 Estudios relacionados con pasturas degradadas**

La mayoría de los estudios en pasturas degradadas han sido orientados hacia las estrategias de recuperación, pero pocos han estado dirigidos a la evaluación del impacto de la degradación de pasturas. Entre los estudios que evalúan el proceso de degradación está uno desarrollado por Holmann *et al* (2004) en Honduras, quienes hacen una valoración de la degradación de pasturas en base a cuatro niveles, tomando en cuenta los puntos de vista de los productores ganaderos y técnicos extensionistas. Por otro lado, Hernández (2001) cuantificó los parámetros de pasturas degradadas en diferentes estados de degradación, según el conocimiento local de productores de La Calzada Mopán, Dolores, Petén, Guatemala.

Entre los estudios dirigidos a la recuperación de pasturas degradadas estos incluyen: evaluación agronómica de variedades de gramíneas y leguminosas para la renovación de pastos degradados (Arangino y Brotzu 1978); integración de los métodos de preparación del suelo y el manejo del ganado, como estrategias de recuperación y renovación de

pasturas (Macedo 2000); recuperación de praderas degradadas por medio de clausuras temporales (Farfán *et al* 2000); respuesta de pasturas degradadas de *B. decumbens* y *B. ruziziensis* a la fertilización química de nitrógeno, fósforo, potasio y Calcio (De Oliveira *et al* 2001; Da Silva *et al* 2004); manejo del pastoreo para la recuperación de pasturas degradadas (McIvor 2001); métodos de introducción de leguminosa *Desmodium ovalifolium* para rehabilitar pasturas degradadas de *Brachiaria brizantha* (De Costa *et al* 2003); efecto del laboreo del suelo y la fertilización fosfórica y nitrogenada en la recuperación de pasturas degradadas de *B. brizantha* (Bomfim *et al* 2003).

Otros estudios disponibles en la literatura con relación a pasturas degradadas incluyen: el establecimiento de cercas vivas de guayaba y recuperación de pasturas degradadas (Somarriba 1995); la adaptabilidad de especies forestales a las condiciones de pasturas degradadas de tierras bajas (Butterfield y González 1996); la cuantificación de las características físicas y químicas de un suelo bajo pasturas degradadas (De Costa *et al* 1999, Townsend *et al* 2003).

### **2.3.5 Definición de cobertura arbórea**

La cobertura arbórea es una variable que puede ser medida en términos del índice de sombra (porcentaje de luz que permite pasar la copa de los árboles) y por medio de mediciones del diámetro de copa de los árboles (Restrepo 2002), expresado en (m<sup>2</sup>/ha) o en porcentaje con respecto al área de un potrero. En investigaciones recientes se ha relacionado la cobertura arbórea con la producción del ganado bovino (Restrepo 2002), el nivel de intensificación de fincas ganaderas (Villacís 2003) y con la conectividad en paisajes fragmentados (Chacón 2003). Para este estudio se considera que la cobertura arbórea es una variable producto del manejo histórico de fincas ganaderas, que se interrelaciona con las pasturas y el ganado, medida en términos del área que representan las copas de los árboles, con respecto al tamaño de un potrero o finca.

### 2.3.6 Métodos para estimar cobertura arbórea

Los métodos para determinar la cobertura arbórea pueden dividirse en métodos de campo (directos) e Indirectos tales como aquellos basados en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los métodos de campo a su vez pueden subdividirse en los que miden la copa de los árboles por medio de inventarios (Morales *et al* 2002; López *et al* 2004), y los que miden sombra, expresada como porcentajes de la cantidad de radiación que se recibe a pleno sol. Estos últimos pueden clasificarse en dos grupos:

- los que miden directamente la radiación incidente a una altura determinada. Estas mediciones son expresadas en unidades radiométricas ( $\text{Wm}^{-2}$ ,  $\text{J m}^{-2}$ , lux) y en términos relativos;
- los que miden la apertura del dosel de sombra. Estos incluyen métodos que miden la oclusión, la apertura del dosel de sombra o la intercepción de la radiación, se estima con base en la oclusión, diámetro de copa y la densidad poblacional de las plantas del dosel de sombra por medio de fotografías hemisféricas y densito metros ópticos (Somarriba 2002).

En cuanto a los métodos basados en Sistemas de Información Geográfica (SIG): los primeros esfuerzos se hicieron usando fotografías aéreas (Gardner y Sydnor 1987; Bai *et al* 2005), mientras que actualmente se hacen estimaciones en base a imágenes satelitales Landsat (Hayes *et al* 2002; Chen *et al* 2004; Stibig *et al* 2004) e imágenes satelitales de alta resolución (Defries *et al* 2000; Goetz *et al* 2003; Chen *et al* 2004; Schwarz y Zimmermann 2005; Radford 2005). La precisión de estos métodos depende de los registros disponibles de los cambios de la cobertura arbórea (Radford 2005), y de la resolución de las imágenes usadas, sea Landsat o IKONOS (Chen *et al* 2004); pero pueden ser usadas con mayor precisión en áreas a nivel de paisaje (Stibig *et al* 2004).

### **2.3.7 *Sistemas de doble propósito en Petén***

Los sistemas de doble propósito son una opción de producción animal que tiene por objeto la obtención de leche y carne –con frecuencia sólo animales destetados-, constituye el sistema bovino más frecuentemente practicado en América Latina, y contribuye con más de la mitad de la leche producida en la región . (Wadsworth 1992). En Guatemala, los sistemas de doble propósito han sido adoptados por pequeños y medianos productores con fincas de tamaño menor a 45 ha (Alburez *et al* 1997). Según Hernández (2001), en Petén los sistemas de doble propósito son manejados de forma extensiva tanto en pastos cultivados como naturales (*B. brizantha*, *B. ruziziensis* y *Paspalum sp*). Aunque en El Chal, los productores que practican sistemas de doble propósito representan el 7 % (CATIE / NORAD 2002), la mayoría de ellos son pequeños productores con fincas menores a 60 ha, por este motivo se implementó la investigación en estos sistemas de producción.

### **2.3.8 *El modelo LIFE SIM***

El modelo LIFE SIM (Livestock Feeding Strategies Simulation Model), es un modelo de simulación que permite predecir los cambios en producción animal a lo largo del año, en función de las variaciones en las estrategias de alimentación aplicadas. Los componentes considerados por este modelo son: a) requerimientos alimenticios para mantenimiento, producción, reproducción y actividad física; b) nivel de consumo de alimentos; c) nivel de oferta y calidad del pasto y de otros alimentos complementarios; d) costos de alimentos individuales y peso relativo de estos en los costos de producción, precios de la leche y carne (León Velarde *et al.* 2006). La simulación permite analizar escenarios resultantes de cambios en características de los animales, o de los alimentos utilizados (en cantidad y calidad), a lo largo de un ciclo productivo que tiene el límite de un año (Pezo *et al* 2003).

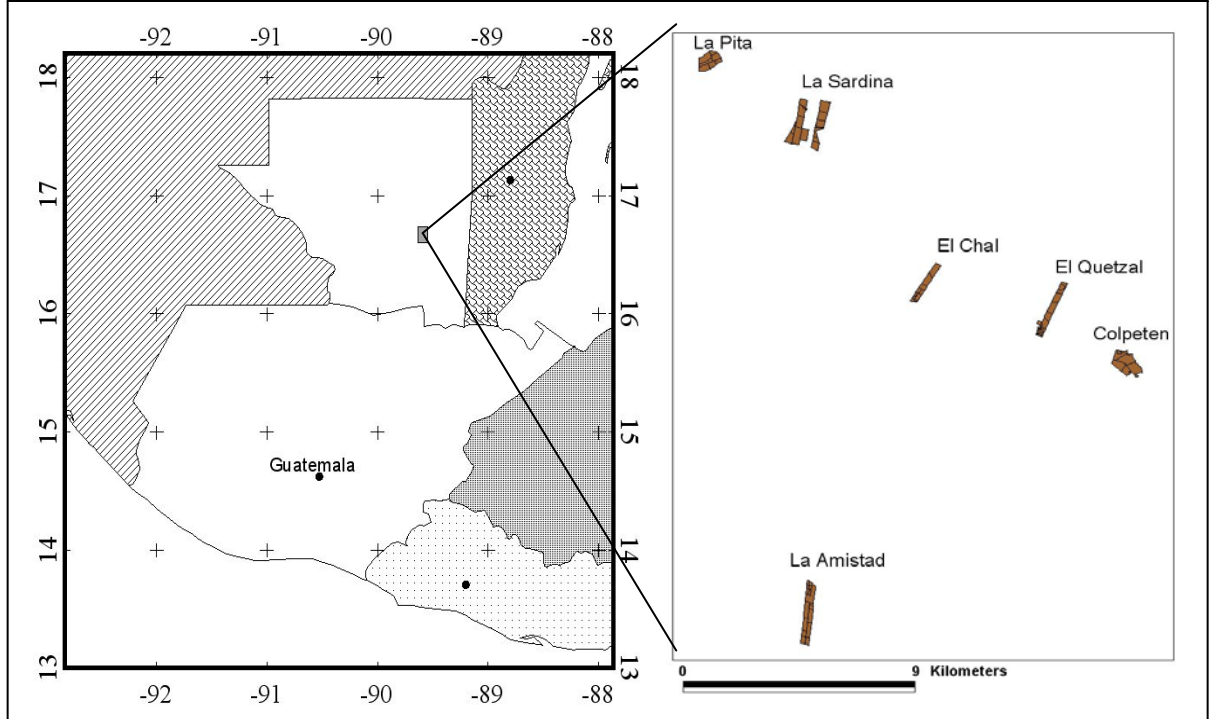
### **3 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El presente trabajo es un estudio exploratorio, descriptivo y correlacional, en el que se evaluó el impacto de la degradación de pasturas sobre la productividad animal y el ingreso neto de fincas ganaderas con sistemas de doble propósito. Se estudiaron cinco niveles de degradación de pasturas, en diferentes rangos de cobertura arbórea durante seis meses, esto con el objetivo de observar tendencias en la producción de materia seca de los pastos durante seis meses, tres meses secos (febrero, marzo, abril) y tres meses del período de lluvias (mayo, junio, julio). Este estudio forma parte de las actividades de investigación del Proyecto “Desarrollo Participativo de Alternativas de Uso de la Tierra en Áreas de Pasturas Degradadas en América Central” (CATIE/NORUEGA-PD).

#### **3.2 Descripción del área de estudio**

El estudio se realizó en el área de influencia del proyecto CATIE/NORUEGA-PD, en tres comunidades (Colpetén, La Amistad, El Quetzal), del municipio de Dolores y tres comunidades (La Pita, La Sardina, El Chal) del municipio de Santa Ana, departamento de Petén, Guatemala. El área de influencia del proyecto está localizada en la parte norte de Guatemala, entre los paralelos 16° 35' - 16° 46' de latitud norte, y los 89° 30' - 89° 45' de longitud oeste (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio.

### 3.2.1 *El suelo*

Los suelos del área de estudio están clasificados en su mayoría como Ultisoles y Alfisoles, con pH ligeramente alcalino, bajo contenido de fósforo y potasio extraíble, lo cual hace que se consideren como suelos de baja fertilidad (Bach, 2005). Esta zona fue la frontera agrícola de Petén hace aproximadamente 40 años, cuando llegaron las primeras colonias de productores de hules en la década de los 60's, procedentes de regiones del sur y este de Guatemala (Hayes *et al* 2002; Carr 2004). Los cambios de uso de suelo han sido de bosque a cultivos agrícolas a través del proceso de roza-tumba-quema (Sundberg 1998; Ferguson y Griffith 2004). Posterior a los cultivos agrícolas en sus fincas se han establecido los potreros (Carr 2004).

### **3.2.2 *El clima***

La altitud del área de estudio varía entre 170 y 286 (en la zona piloto la altitud va de 140 a 490) msnm, la temperatura media anual varía entre 24 y 28 °C, y la precipitación anual oscila entre 1500 y 1700 mm, con un período seco más o menos bien definido entre mediados de febrero y fines de mayo (CATIE / NORAD 2002). Según la Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, los ecosistemas que predominan en esta región son: el Bosque Húmedo subtropical Cálido y el Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido.

### **3.3 Selección de fincas**

Para la selección de fincas, se tomó como insumo dos bases de datos del proyecto CATIE/NORUEGA-PD: la base de datos socioeconómicos que incluye información de 79 fincas y la base de datos sobre uso de la tierra, que incluye información obtenida a través del mapeo participativo de 49 fincas

Los criterios para la selección de las fincas a ser analizadas como caso de estudio fueron: a) tamaño del hato 1 – 200 cabezas, b) ordeñan durante todo el año, c) accesibles durante todo el año, y d) presencia de pasturas con diferentes niveles de degradación. Con base en esos criterios se preseleccionaron nueve fincas y 64 potreros.

### **3.4 Componentes y variables estudiadas**

#### **3.4.1 *Componente Pasturas***

##### **3.4.1.1 Niveles de degradación de Pasturas**

En las fincas preseleccionadas se hizo un recorrido para confirmar la información colectada y hacer una selección, buscando que en la muestra a evaluar hubiera una buena representatividad de los diferentes niveles de degradación preestablecidos usando la escala propuesta por el Proyecto CATIE/NORUEGA-PD (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Escala propuesta por el proyecto CATIE/NORUEGA-PD para la estratificación de niveles de degradación

Degradación de pastura	Disponibilidad	Cobertura (%)			Erosión
		Spp. Mejoradas	Malezas	Suelo desnudo	
Ninguna	Muy alta	> 80	< 5	No hay	No hay
Leve	Alta	50-80	5-15	Espacios pequeños	No hay
Moderada	Media	20-50	15-40	Manchas aisladas	No hay
Severa	Pobre	< 20	40-60	Manchas aisladas	Laminar
Muy severa	Muy pobre	< 20	>60	Manchas con distribución uniforme	Surcos o cárcavas

Debido a las características observadas en recorridos preliminares en la zona, tales como: presencia de materia inerte, suelo desnudo y pedregosidad, se decidió incluir estos parámetros como componentes para la descripción de niveles de degradación (Cuadro 2). Sin embargo, dada la alta variabilidad, el tamaño y la cantidad de potreros, se usó el porcentaje de cobertura de pastos palatables como el parámetro principal para la clasificación *a priori*. La escala supone que el nivel cinco es el de mayor degradación y que en el nivel uno, no hay degradación.



**Cuadro 2.** Niveles de degradación de pasturas en base al porcentaje de pastos palatables

N <sup>1</sup>	Degradación de Pastura	Disponibilidad SPP <sup>2</sup>	Cobertura (%)						
			SPP <sup>2</sup>	Leg <sup>3</sup>	M_Gr <sup>4</sup>	M_HA <sup>5</sup>	SD <sup>6</sup>	SN <sup>7</sup>	P <sup>8</sup>
1	Ninguna	Muy alta	>80						
2	Leve	Alta	50-80						
3	Moderada	Media	30-50						
4	Severa	Pobre	20-30						
5	Muy severa	Muy pobre	< 20						

Adaptado del Proyecto CATIE/NORUEGA-PD (2004). <sup>1</sup>Nivel de Degradación, <sup>2</sup>Especies de Pastos Palatables, <sup>3</sup>Leguminosas, <sup>4</sup>Malezas Gramíneas, <sup>5</sup>Malezas de Hoja Ancha, <sup>6</sup>Suelo Desnudo, <sup>7</sup>Senescencia, <sup>8</sup>Piedras.

Definidos los parámetros de clasificación y descripción, se procedió a la selección definitiva de fincas y potreros para el muestreo de los pastos. Quedaron un total de siete (7) fincas y treinta y tres (33) potreros para la evaluación periódica. Como en ninguna de las fincas seleccionadas se encontró el Nivel 1 de la clasificación (Pastura No Degradada), se recurrió a una finca vecina que tuviera al menos un potrero con las características de este nivel degradación. En la mayoría de ellos la especie sembrada de referencia fue *B. brizantha*, que es la especie más común entre las de reciente introducción. Los potreros seleccionados tuvieron en promedio 6.41 ha y una desviación estándar de 5,30 ha, y en promedio se identificaron tres niveles de degradación en cada finca (Cuadro 3).

De esta forma, las unidades muestreadas según el nivel de degradación de pasturas serían: para el nivel 5, seis unidades, para el nivel 4, dieciocho unidades, para el nivel 3, doce unidades, en el nivel 2, cuatro unidades y en el nivel 1, una unidad. En total las unidades muestreadas fueron: 41, no fue proporcional al número de potreros, debido a que en algunos potreros se encontraron más de un nivel de degradación de pasturas (Anexo 1). Tampoco se identificaron todos los niveles de degradación de pasturas en todas las fincas,

pero sumando como unidades independientes los niveles encontrados fueron: 28 unidades (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Fincas y potreros seleccionados en cada comunidad, según los niveles de degradación identificados, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala.

Finca	Comunidad	Número del potrero seleccionado	Niveles de degradación				
			5	4	3	2	1
1	La Sardina	1		x			
		2		x			
		5	x	x			
		6	x		x		
		7			x		
		8	x				
		9				x	
2	El Quetzal	2		x			
		4	x				
		6		x	x		
		7			x		
3	La Amistad	5			x		
		7		x			
		10		x			
		11		x			
		12			x		
		13				x	
		15				x	
4	Colpetén	3		x	x		
		4	x	x			
5	El Chal	2		x			
		3	x				
		4		x			
		5		x			
		6		x			
		7			x		
6	La Sardina	1			x	x	
		2		x	x		
		5		x			
		6		x	x		
7	La Pita	1			x		
		3		x			
SN <sup>1</sup>	San Juan	1					x
Total Seleccionados		33	6	18	12	4	1

<sup>1</sup>Sin Número

### **3.4.1.2 Niveles ponderados de degradación de pasturas por finca**

Con el objetivo de conocer la relación entre los niveles de degradación de pasturas con el ingreso neto de finca, fue necesario realizar una ponderación de los niveles de degradación a nivel de finca; esta fue hecha por medio de la fórmula:

$$D_{xp} = \Sigma(ND_x * AD_x)/AG$$

Donde:  $D_{xp}$  es el nivel ponderado de degradación de pasturas según la escala propuesta (1-5);  $ND_x$  es el nivel de degradación de pasturas (x);  $AD_x$  es el área que representa cada nivel de degradación medida en hectáreas; y  $AG$  es el área ganadera de la finca medida en hectáreas.

### **3.4.1.3 Disponibilidad de pasto**

La estimación de la disponibilidad de pasto (kg MS/ha) fue realizada en fechas determinadas con base en el esquema de rotación de potreros aplicado en cada finca. El muestreo se hizo en promedio tres días antes de iniciar el pastoreo.

Para las estimaciones de disponibilidad y composición botánica de las pasturas se utilizaron los métodos que forman parte del paquete BOTANAL. La estimación de la disponibilidad forrajera se hizo por medio del método de rendimiento comparativo (Haydock y Shaw 1975) y la composición botánica de los potreros por el método de rango de peso seco (Mannetje y Haydock 1963; Jones y Hargreaves 1979). El área de muestreo dentro de un potrero fue de 1.0 ha seleccionada al azar (Anexo1); y en ellas se hicieron 60 observaciones visuales siguiendo un transecto en zigzag; para estimar la cobertura media de los diferentes componentes de la pastura<sup>2</sup> y el rendimiento usando la escala visual (1-5) (Anexo 2). Para las mediciones se utilizó un marco metálico de 0.5 x 0.5 m.

---

<sup>2</sup> Se consideró cobertura de pastos, la proporción (%) del marco cubierta por hojas verdes de pastos.

Para las estimaciones de disponibilidad se tomaron muestras reales por cada nivel de degradación de pasturas, efectuando cortes a nivel del suelo, las mismas que fueron pesadas en fresco usando una balanza con aproximación de gramos. Para estimar el contenido de MS del pasto, se tomó una muestra compuesta de 200 g para secar en el horno a 65 °C. La disponibilidad de pasto para cada nivel de degradación fue estimada por medio de la formula siguiente:

$$DP = PMS + \beta(Mv-Mr) * 40 * (CP/100)$$

Donde: DP es la disponibilidad de pasto (kg MS/ha), PMS es el peso promedio (en base seca) de las muestras reales (1-5),  $\beta$  es el coeficiente de regresión que expresa el aumento de materia seca por cada unidad en la escala real, Mv es el promedio de las muestras visuales (usando la escala 1 a 5), y Mr es tres, que resulta como promedio de los niveles en la escala real (1-5). Cuarenta (40) es el factor de conversión de g/0.25m<sup>2</sup> a kg/ha y CP es la cobertura de pasto expresada en por ciento.

Debido a la poca variabilidad de los potreros en la época seca, se uso un método de coberturas y cortes promedios de pasto, en las parcelas temporales de una hectárea, se estimó la cobertura promedio de pastos con 30 observaciones en transectos en forma de zigzag con una longitud de hasta 300m (Anexo 2). El área de cada muestra fue definida usando un marco metálico de 0.5 x 0.5 m. Las muestras fueron cortadas con un intervalo de 50 m, para un total de de cinco cortes a nivel del suelo por transecto. Las determinaciones de la biomasa fresca y el contenido de materia seca se hicieron usando el procedimiento descrito anteriormente. La estimación de la disponibilidad de pasto por hectárea y para cada nivel de degradación se hizo por medio de la formula siguiente:

$$DP = MSTSP * 40 * (CP/100)$$

Donde: DP es la disponibilidad de pasto (kg MS ha<sup>-1</sup>), MSTSP es la materia seca total de especies, 40 es el factor de conversión de g/0.25m<sup>2</sup> a kg/ha, CP es la cobertura de pasto.

La frecuencia de muestreo dependió de la rotación de potreros, por la variabilidad y el manejo dinámico de las fincas, pero para propósito de los análisis de simulación se hicieron estimados de disponibilidad para cada mes, por cada nivel de degradación.

#### **3.4.1.4 Calidad de pastos**

Se determinaron la digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) y el contenido de proteína cruda (PC) en muestras compuestas, representativas del período seco y de lluvias, colectadas en potreros que representaban los diferentes niveles de degradación presentes en cada finca. De las muestras obtenidas para determinar disponibilidad, se tomó una submuestra de 50 g para llevar al Laboratorio de Nutrición Animal del CATIE, donde se determinó por el método de Micro-Kjeldahl (Bateman 1970) para la PC, y el de Tilley y Terry (1963) la DIVMS.

#### **3.4.1.5 Rotación de potreros**

Se registraron los días de ocupación (DO) y días de descanso (DD) de los potreros, a través de calendarios de pastoreo (Anexo 3), esto con el objeto de planificar con el productor las fechas de muestreo de los potreros.

### **3.4.2 Componente arbóreo**

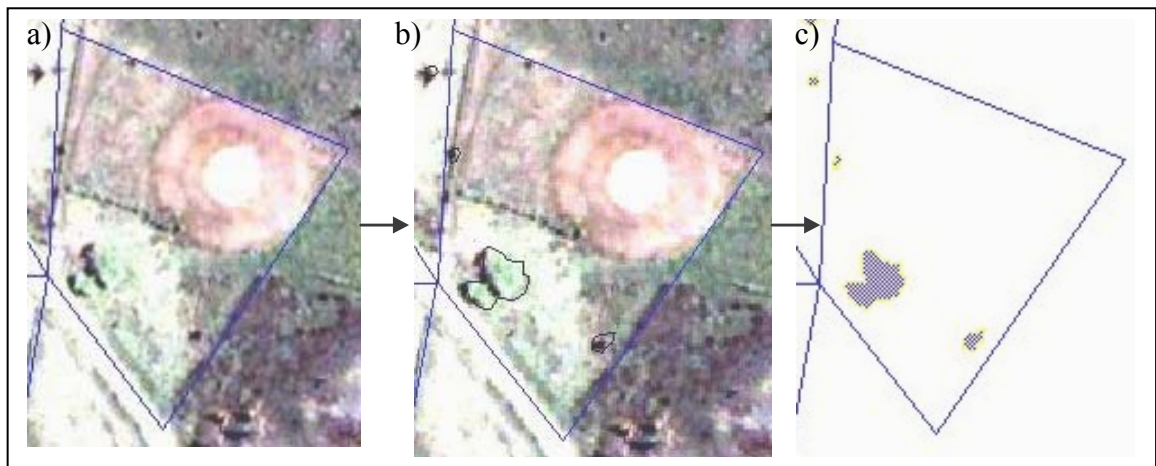
#### **3.4.2.1 Cobertura arbórea en potreros**

El porcentaje de cobertura arbórea en cada potrero se estimó por medio de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), usando una imagen satelital Quickbird de alta resolución (píxel de 0.36 m<sup>2</sup>, Datum NAD 27, Zona 16), tomada en el año 2003 (junio y diciembre). Las copas de los árboles se digitalizaron con el programa Arcview 3.3 a una escala de 1:2500, utilizando la extensión “Digitizer stream mode”. Por otro lado, el área de

los potreros se estimó con la extensión Xtools de Arcview 3.3 (Figura 2)<sup>3</sup>. El porcentaje de cobertura arbórea se calculó a través de la formula:

$$CAB = (\sum ACp / Ap) * 100$$

Donde: CAB es la cobertura arbórea en porcentaje, la misma que se estima como la sumatoria de las áreas de copa (ACp) de todos los árboles en (ha), Ap es el área de potrero en (ha), 100 es el factor para convertir a porcentaje.



**Figura 2.** Ejemplo del proceso de digitalización de las copas de los árboles con Arcview, a) delimitación del potrero, b) digitalización de las copas de los árboles, c) estimación del área de las copas.

Para verificar el error de estimación de cobertura arbórea con herramientas SIG, se inventariaron los árboles dispersos y cercas vivas de nueve potreros seleccionados al azar de las fincas vinculadas al estudio (método de campo). La metodología de inventario de árboles dispersos en potreros ha sido usada por otros investigadores (Morales *et al* 2002; Restrepo 2002; Lopez *et al* 2004; Ruiz *et al* 2005). En este caso, se midió en el campo con cinta métrica, dos diámetros de copas a cada árbol (Anexo 4), el porcentaje de cobertura esta dado por:

<sup>3</sup> Mike DeLaune, Oregon Department of Forestry.

$$CAB = (\Sigma ACpc_1 / Ap) * 100 \quad ACpc_1 = \pi * (D1 + D2)^2 / 4$$

Donde: CAB es la cobertura arbórea en porcentaje,  $\Sigma ACpc_1$  es la sumatoria del área de copa en (ha), Ap es el área de potrero en (ha), 100 es el factor para convertir a porcentaje.  $ACpc_1$  es área de copas calculada con los datos de campo, D1 es el diámetro de copa uno, D2 es el diámetro de copa dos.

### **3.4.3 *Componente animal***

#### **3.4.3.1 Cambio de inventario**

Se determinó la estructura inicial del hato ganadero y los cambios por categoría animal en cada finca por medio de monitoreo mensual. Para este propósito se usó el formato recomendado por (Ávila 1980; Marín 1983; Wadsworth 1997), con algunas modificaciones (Anexo 5). La estructura inicial de referencia del hato ganadero fue la del mes de agosto de 2004, de esta fecha hasta enero de 2005, solo se registraron los cambios en hato por ventas en pie.

#### **3.4.3.2 Carga animal**

Se estimó la carga animal en unidades animal por hectárea (UA/ha), por medio de la relación entre las UA y el área de potreros de cada finca. La transformación del inventario a carga animal se hizo usando las equivalencias para cada categoría animal (Anexo 5) que han sido propuestas por Upton (1993).

### **3.4.3.3 Producción de leche por vaca por día**

La producción de leche en litros por vaca por día (L/V/día), fue estimada con base en información provista por el productor respecto a la cantidad total de leche producida por el hato en un día determinado, y esta se dividió entre el número de vacas en ordeño.

### **3.4.4 Análisis microeconómico**

El análisis microeconómico se basó en la metodología de presupuestos parciales de finca (Ávila 1980). Se elaboró la estructura de costos y de ingresos de sistemas de doble propósito de las fincas ganaderas estudiadas, para lo cual se implementaron dos formas de recolección de datos: a) Por medio de registros mensuales de febrero a julio del año 2005, y b) Por entrevistas con el productor para el periodo: agosto 2004-enero 2005, en ambos casos se uso igual formato (Anexo 6).

La estructura de costos se dividida en: a) costos variables, representados por los costos de manejo de pastos potreros (p.e. control de malezas, fertilización) y de manejo del ganado potreros (p.e. vitaminas, desparasitantes, sales minerales); b) costos fijos, entre estos: impuesto sobre la tierra, mano de obra permanente y mantenimiento de infraestructura (pilas, corrales, etc.); c) costos no efectivos (p.e. mano de obra familiar). Los ingresos se estructuraron en tres componentes: a) ventas de origen animal: leche, ganado en pie, cambio de inventario y queso; b) Ventas de origen arbóreo: postes, madera y leña; c) ingresos no efectivos: autoconsumo de leche, crema y otros.

Todas las variables se registraron en Quetzales (Q), la moneda local. Para convertir a Dólares de Estadounidenses, se usó el promedio de la tasa de compra oficial del Banco Central de Guatemala, que para el período de estudio fue de 1US\$ = Q 7,75.



### **3.4.4.1 Indicadores microeconómicos**

La estimación de los indicadores macroeconómicos, se basó en las estructuras de costos y de ingresos de las fincas, estos fueron:

#### **a) Producción Bruta (PB)**

Es una medida preliminar del ingreso que evalúa el comportamiento de un rubro de producción puramente en términos de los beneficios que proporciona. Se calcula multiplicando el volumen de productos comerciables (p.e. leche, animales) por su precio medio al nivel de finca, más el valor de la producción para autoconsumo, más el valor monetario del cambio de inventario, menos el valor de las compras de animales (Brown 1981; Gobbi 2004).

#### **b) Margen Bruto (MB)**

Refleja la magnitud de la producción y el nivel de operación del sistema, se obtiene sustrayendo los costos variables de la producción bruta (Brown 1981; Wadsworth 1997).

#### **c) Ingreso Neto (INF)**

Es un indicador de eficiencia económica que estima el beneficio percibido por la actividad productiva después de pagar todos los costos de operación, sean éstos efectivos o no efectivos (Ávila 1980; Wadsworth 1997).

#### **d) Ingreso por Manejo y Administración (IMA)**

Representa la ganancia generada por la actividad productiva en forma conjunta, por el esfuerzo gerencial y el capital total invertido; muestra cuánto está ganando el finquero por administrar su finca (Wadsworth 1997). Se calcula por medio de la diferencia del INF

menos el valor de mano de obra familiar, valorada al costo de oportunidad del jornal en la zona (Brown 1981).

#### f) Valor Esperado de la Tierra (VET)

La valoración de la tierra se fundamenta en su costo económico verdadero o en el valor neto de la producción a la que se renuncia, ese valor sería el precio de mercado (Brown 1981). Una de las premisas del VET considera que la tierra es un bien que puede ser vendido, comprado, rentado en un mercado perfecto; sin embargo, el mercado no está en equilibrio para el momento del análisis por eso su precio y su valor son diferentes. El valor de la tierra para un periodo corto se obtiene de la diferencia del ingreso bruto menos los costos totales, dividido por la tasa de interés para el periodo en estudio (Navarro 2003; Navarro 2004).

El VET es un indicador financiero usado para evaluar inversiones forestales y agroforestales; pero en esta investigación se usó para evaluar si los sistemas de doble propósito ya establecidos pagaban el costo de oportunidad de la tierra, cuando el precio de la tierra es de US\$ 1150/ha, este es el precio promedio de la tierra libre de actividad productiva en la zona. La tasa de interés usada es de 13%, es la tasa activa que pagarían los finqueros al solicitar un préstamo en Quetzales para invertir en la actividad agropecuaria en Guatemala, entre agosto de 2004 y julio de 2005.

#### ***3.4.5 Análisis de sensibilidad para el Valor esperado de la Tierra***

Se realizó el análisis de sensibilidad *ceteris paribus*, en todas las fincas con cuatro parámetros: a) tasa de descuento actual ( $\pm 7\%$ ), b) costos de producción actuales ( $\pm 60\%$ ), c) producción de leche y carne actual ( $\pm 65\%$ ), y d) el precio actual de la leche y de la carne ( $\pm 65\%$ ).

### **3.5 Procesamiento de los datos**

Para analizar la información se preparó una base de datos en el programa Excel de Microsoft para cada componente (Pastos, arbóreo, Animal y socioeconómico). Para la estimación de las medidas estadísticas de resumen (media, rango y desviación Estándar), correlación entre variables y regresión lineal simple, se usó el programa INFOSTAT (versión 2005p.1).

#### **3.5.1 Simulación con el Modelo LIFE SIM (versión 3.2)**

Con el objetivo de conocer el impacto en la producción que sufren las fincas con sistemas ganaderos de doble propósito, se usaron las opciones de lechería y producción de especializada el modelo LIFE SIM -versión 3.2- (Pezo *et al* 2003; León Velarde *et al* 2006), pues no está disponible aún una versión para el sistema de doble propósito. Para estimar el impacto de la degradación se corrió el modelo usando los datos colectados en cada finca respecto a la disponibilidad de pastos y calidad nutritiva, asumiendo que las pasturas no están degradadas y cuando las mismas se encuentran en los diferentes estadios de degradación considerados en el estudio (leve, moderada, severa y muy severa).

#### **3.5.2 Supuestos usados en la simulación**

En la simulación del impacto en la producción de leche se consideraron los siguientes supuestos: una curva de lactancia en la cual el potencial genético del animal no fuera una limitante para la estimación de la producción potencial, incluso cuando la pastura no está degradada (Anexo 7), animal de cuatro años con un peso de 400 kg, periodo de lactación de 10 meses, el ternero nace con un peso de 25 kg, la pérdida de peso del animal en los primeros tres meses de lactación es de no más del 5 % del peso vivo, los costos energéticos por pastoreo son el 20 % de los requerimientos de mantenimiento, el consumo potencial es de 3 kg por cada 100 kg de peso, variación diaria en el consumo es del 7,5%. El contenido de grasa y proteína en la leche son de 3,5 % y 3,1 %, respectivamente.

Para la simulación del impacto en la producción de carne se tomó como referencia que: el animal tenía un peso inicial de 250 kg, el factor de ajuste por pastoreo era el 20 % de los requerimientos de mantenimiento, el contenido de proteína por kilo de ganancia de peso es del 17 %, el consumo potencial 3.0 kg de materia seca por cada 100 kg de peso vivo, con una variación en el consumo diario de 7,5 %.

### **3.5.3 Estimación del impacto de pasturas degradadas**

La evaluación de impacto se realizó en términos de las pérdidas de productividad animal, en la producción de leche y carne durante un año en cada nivel de degradación y finca. Esta se estimó como la diferencia en producción entre la pastura no degradada (P\_D1) *versus* los otros niveles de degradación (leve, moderada, severa y muy severa). Para la estimación de las pérdidas en términos monetarios, se usó en el caso del rubro leche el precio promedio por finca durante el periodo de estudio (US\$ 0,14-0,22 por litro); mientras que para carne se usó el precio promedio de la zona (US\$ 1,03 /kg de peso vivo).

### **3.5.4 Estimación de IB según el nivel ponderado de degradación de pastos**

Se estimaron los Ingresos Brutos (IB), según la producción de leche y carne de las ecuaciones de regresión determinados por medio del modelo de simulación LIFE SIM, tanto para leche como para carne, los niveles de degradación usados fueron los niveles ponderados a nivel de finca. La ecuación usada para dicha estimación fue la siguiente:

$$IB = Y_1(Dxp) [(Y_1 (Dxp)* CA * P_1 * Pr_1)] + [(Y_2(Dxp)* CA * P_2 * Pr_2)]$$

Donde: IB es el ingreso bruto,  $Y_1 (Dxp)$  es la producción de leche en el nivel ponderado de degradación de toda la finca,  $P_1$  es el precio de la leche en la finca (US\$/litro),  $Pr_1$  es la proporción que representa en el IB la venta de leche expresado en (%).  $Y_2(Dxp)$  es la producción de carne en nivel ponderado de degradación de toda la finca,  $P_2$  es el precio de la carne de ganado en pie en la finca (US\$/kg),  $Pr_2$  es la proporción que representa en el IB. CA es la carga animal (UA/ha).

Las pérdidas en IB a nivel de fincas, se determinaron a través de la diferencia entre el IB a nivel de finca en el P\_D1 con la fórmula descrita en esta sección, menos los IB actuales de cada finca.

## **4 RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1 Descripción de las fincas ganaderas de doble propósito de El Chal**

#### **4.1.1 Usos del suelo**

En las fincas ganaderas existen diferentes usos de suelo, desde cultivos agrícolas hasta bosques primarios (Murgueitio *et al* 2003; Villanueva *et al* 2003; Villacís 2003). En este sentido, las siete fincas vinculadas al estudio suman 456 ha de extensión, el tamaño promedio por finca fue 65 ha, con una desviación estándar de ( $\pm 16$  ha). En estas fincas, el área dedicada a pastos fue la de mayor cobertura, representando el 77% del área total. Los usos de suelo identificados fueron 10, a saber: Bosque secundario (B\_S), Cultivos anuales y perennes (Cult), Fuentes de agua (F\_A), Guamil<sup>4</sup> o área en descanso (GUA), Infraestructura (Inf), Pasto de Corte (P\_C) y Potreros. En esta última categoría se hicieron divisiones según el nivel de degradación, de esta forma se identificaron los siguientes sub-categorías: Pasto con degradación muy severa (P\_D5), Pasto con degradación severa (P\_D4), Pasto con degradación moderada (P\_D3), Pasto con degradación leve -P\_D2- (Cuadro 4). En las fincas estudiadas no se encontraron potreros con pasturas no degradadas (P\_D1), por lo que se tuvo que buscar esta condición en otra finca, utilizándose un potrero que tenía una extensión de 6.5 ha.

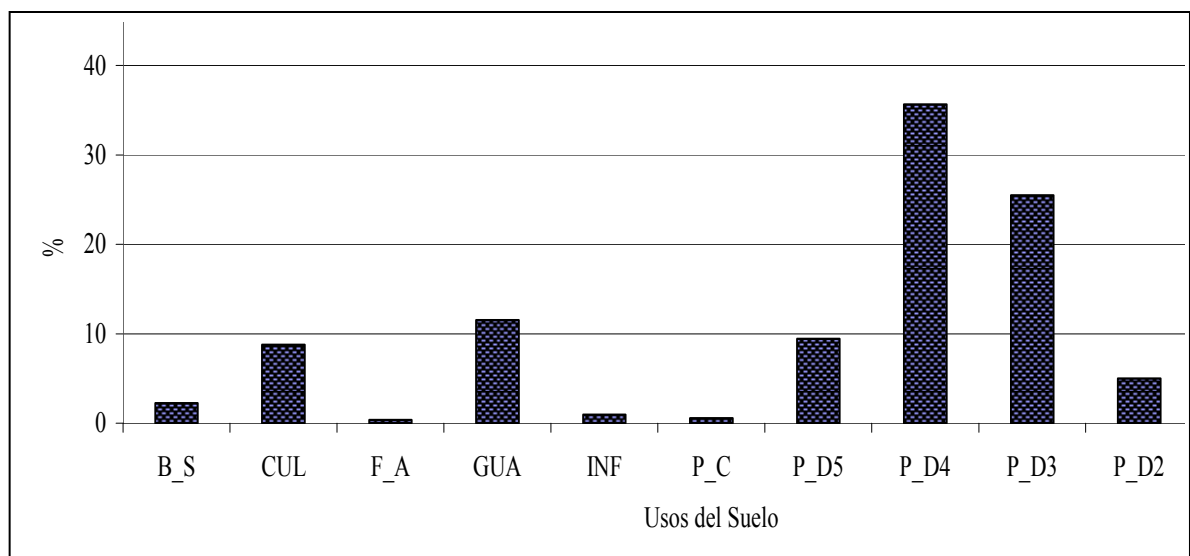
Dentro del uso de suelo potreros, se encontró que la sub-categoría de mayor presencia en las fincas fueron las pasturas con nivel de degradación severa (P\_D4), estas representan en promedio 36 % en cada finca, seguido por las pasturas con nivel de degradación moderada (P\_D3) (Figura 5).

---

<sup>4</sup> Conocida como área en barbecho, tacotal o charral. En este uso de suelo no se realizó evaluación de degradación de pasturas.

**Cuadro 4.** Distribución de los usos del suelo (ha), en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

Usos del Suelo	Fincas							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Bosque secundario	0,00	5,77	2,58	2,65	0,00	0,00	0,00	11,00
Cultivo	0,00	16,69	3,80	0,00	12,53	0,62	0,00	33,64
Fuentes de agua	0,59	0,10	0,17	0,39	0,14	0,24	0,09	1,72
Guamil	0,00	0,00	14,25	13,58	0,00	0,00	24,08	51,91
Infraestructura	0,38	0,31	0,89	0,30	0,70	1,48	0,00	4,06
Pasto de corte	0,00	0,61	0,00	0,00	1,33	0,00	0,00	1,93
P_D5	13,66	8,69	0,00	11,27	4,75	0,00	4,90	43,27
P_D4	40,78	13,70	35,91	25,18	13,34	24,42	14,03	167,35
P_D3	17,17	15,02	16,00	30,52	11,37	19,98	7,67	117,73
P_D2	3,42	0,00	10,04	0,00	0,00	10,57	0,00	24,03
Total	76,01	60,88	83,63	83,87	44,15	57,32	50,77	456,64



**Figura 3.** Distribución de los usos del suelo (%), en las fincas de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

Esto sugiere que la muestra seleccionada es representativa de las fincas predominantes en la zona, pues esa fue la apreciación de la condición de pasturas en el estudio línea de base del proyecto CATIE/NORUEGA (2002). En tercer lugar de importancia se ubican los guamiles con 12 %, lo que sugiere que existe algún manejo en la rotación de usos del suelo para recuperar la fertilidad del suelo (Mazzarino *et al* 1988; Ferguson y Griffith 2004). En la zona, el esquema de rotación supone que los guamiles estarán sucedidos por cultivos anuales, luego por pasturas sembradas y cuando estas pasturas se degradan, se abandonan para convertirlas nuevamente en Guamiles. En unos pocos casos los guamiles son dejados sin uso ganadero para la regeneración natural a bosque secundario, El uso de suelo de menor representatividad fueron las fuentes de agua artificiales (“aguadas”), las que cubren en promedio un 0,36 % del área, pero su importancia está en que constituye una inversión que han realizado los productores en los últimos años, en su preocupación por garantizar el suministro de agua para el ganado en la época seca.

#### **4.1.2 Manejo de los potreros**

En la mayoría de las fincas se pastorea el ganado de forma rotacional, las vacas lactantes pastorean junto con los terneros inmediatamente después del ordeño, y permanecen juntos generalmente hasta las 2:00 PM en que se apartan los terneros. El ganado horro (vacas secas y novillas) constituyen un grupo aparte para el pastoreo, y lo mismo sucede con machos en crecimiento, en el caso que los productores tengan desarrollo y engorde. El número de potreros promedio por finca es de ocho, y el periodo de descanso de los potreros es mayor en la época lluviosa, que en la época seca (9 y 13 días en promedio, respectivamente). Esto refleja la percepción de los productores en el aumento de la disponibilidad de pastos en la época lluviosa, lo que hace que los periodos de rotación se alarguen (Anexo 8).

En el 75% de los potreros estudiados, hay dominancia de especies de pastos mejorados, entre los que destacan: Brizanta (*Brachiaria brizantha*) y Ruso (*Brachiaria ruziziensis*), seguidos por las especies de pastos naturales (mayormente del genero *Paspalum*); sin

embargo, en los potreros existen combinaciones de especies, sean estas mejoradas o mejoradas con especies naturales (Anexo 9). No se registraron aplicaciones de fertilizantes a los potreros, excepto en una finca. El control de malezas en los potreros es realizado manualmente, por medio de chapeas con una frecuencia promedio de dos veces por año.

#### ***4.1.3 Parámetros productivos ganaderos***

Los sistemas ganaderos de doble propósito son biológicamente más eficientes que los sistemas especializados de cría de ganado de carne (Pearson 1986). En México estos sistemas se manejan de forma extensiva, mayormente con cruces de Cebu y Pardo Suizo (Alvarez 1986). En El Chal, Petén, el hato ganadero está constituido mayormente por cruces de razas lecheras (Pardo Suizo y Holstein) con ganado Cebú (mayormente Brahman, y en menor proporción Indubrasil). El monitoreo mensual de los cambios del hato ganadero de las fincas (Anexo 10), muestra que el promedio de cabezas de ganado en la época lluviosa es mayor en 13 unidades con respecto a la época de verano, mientras que en el caso de las vacas en ordeño es de sólo dos unidades. Los cambios en inventario durante la época de lluvias pueden reflejar el aumento en el número promedio de animales menores de un año, pero también venta de animales en el período seco.

Prácticamente no se detectaron diferencias debidas a épocas en cuanto a la producción diaria de leche por vaca (2.8 y 3.0 l/v/día en épocas seca y lluvias, respectivamente), pero la variabilidad fue mayor en la época seca; esto se debe en parte a que en algunas fincas se aplican estrategias de alimentación para contrarrestar el déficit de alimentos del período seco, tales como la suplementación con pastos de corte, sales minerales y vitaminas. Otro factor que puede haber incidido en disminuir las diferencias es que hay una tendencia a que se incremente la tasa de parición en ese período. Por otro lado, la producción de leche por finca fue mayor en la época lluviosa, como producto del mayor número de vacas en ordeño y las diferencias en producción de leche. Además, la variabilidad en producción de leche por finca fue de más del 40%, lo cual es entendible dadas las diferencias en tamaño entre las fincas bajo seguimiento (Cuadro 5).



**Cuadro 5.** Parámetros productivos promedios encontrados en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

Parámetro	Época			
	Seca		Lluviosa	
	Promedio	DE <sup>1</sup>	Promedio	DE <sup>1</sup>
Producción de leche por finca (L/D) <sup>2</sup>	59,3	40,6	69,7	44,0
Producción de leche por vaca (L/V/D) <sup>3</sup>	2,8	1,2	3,0	0,3
No. <sup>4</sup> Vacas en ordeño por finca	24	18	26	18
No. <sup>4</sup> Animales por finca (cabezas)	79	42	87	44
Carga animal (UA/ha) <sup>5</sup> por finca	1,3	0,3	1,4	0,5

<sup>1</sup> Desviación Estándar, <sup>2</sup>Litros por día, <sup>3</sup>Litros por vaca por día, <sup>4</sup>Número, <sup>5</sup>Unidades animales por hectárea,

Los valores de producción promedio por vaca, son similares a los valores reportados para el área de estudio en el Cuarto Censo Nacional Agropecuario de Guatemala (INE 2005), pues el censo indicó una producción de 3,14 l/vaca/día, y el promedio anual encontrado en esta investigación es de 2,9 l/vaca/día, la diferencia es de apenas 8 %. Ahora bien, al comparar con la producción de sistemas de doble propósito de otras zonas con condiciones similares, es inferior a los 5,8 l/vaca/día reportados por Franco (1997) para San Miguel de Barranca, Costa Rica, pero similar a los 3,1 l/vaca/día encontrado por Casasola (2000) para Moropotente, Nicaragua. En el parámetro número de cabezas por finca, la media encontrada en este estudio es superior en 16 cabezas, con respecto al reportado para la zona en el último censo (INE 2005).

## 4.2 Cuantificación de los niveles de degradación

Se cuantificaron los valores de disponibilidad de pastos de los niveles de degradación de los potreros seleccionados (Anexo 11), y los parámetros descriptivos de los cinco niveles de degradación propuestos en el Cuadro 2, expresados en términos de la media y desviación estándar. Los datos presentados en el (Cuadro 6) muestran que en los niveles de mayor degradación (Severa y Muy severa) los valores de disponibilidad son menores, con respecto a los niveles de menos degradación (Leve o Ninguna). En el nivel de degradación severa (P\_D4) hay una alta variabilidad en la disponibilidad de forraje, ya que es mayor que la media (Cuadro 6), esta variabilidad esta secundada por la alta presencia de piedras que incluso es mayor al observado en potreros con degradación muy severa (P\_D5).

El efecto de la disponibilidad de pastos sobre la productividad animal ha sido demostrado en varios estudios (Cubillos *et al* 1974; Ugarte y Domínguez 1980), por lo que el aumento o disminución en la producción de los pastos es de interés tanto de investigadores como de productores (Hernández 2001; Muñoz 2004). El interés en evaluar los estados de degradación de las pastura esta dirigido a determinar cuándo renovar o rehabilitar una pastura, con miras a recuperar el potencial productivo de la misma. Barcellos (1986), propuso una escala de cuatro niveles (estados) para evaluar la degradación de pasturas, basada en criterios de calidad, altura y volumen de la pastura.

**Cuadro 6.** Cuantificación de los niveles de degradación de pasturas en las fincas bajo seguimiento en El Chal, Petén, Guatemala (n=33).

Nº	Degradación de pastura	Disponibilidad	Parámetros	Disponibilidad kgMS/ha		Coberturas (%)						
				SPP <sup>2</sup>	kgMS/ha	SPP <sup>2</sup>	Leg <sup>4</sup>	M_Gr <sup>5</sup>	M_HA <sup>6</sup>	SD <sup>7</sup>	SN <sup>8</sup>	P <sup>9</sup>
P_D1	Ninguna	Muy alta	Media	4398	66	1	0	5	7	19	2	
			DE <sup>3</sup>	3315	15	1	1	3	5	13	2	
P_D2	Leve	Alta	Media	1509	50	4	1	9	16	18	2	
			DE <sup>3</sup>	345	14	4	1	5	10	14	1	
P_D3	Moderada	Media	Media	1373	36	4	3	10	22	23	2	
			DE <sup>3</sup>	1061	6	4	6	6	14	10	4	
P_D4	Severa	Pobre	Media	879	30	5	3	11	21	27	3	
			DE <sup>3</sup>	1128	10	3	4	6	12	11	6	
P_D5	Muy Severa	Muy Pobre	Media	506	28	3	4	14	25	23	3	
			DE <sup>3</sup>	313	10	3	4	7	15	12	3	

<sup>1</sup>Nivel de Degradación, <sup>2</sup>Especies de Pastos Palatables, <sup>3</sup>Desviación Estándar, <sup>4</sup>Leguminosas, <sup>5</sup>Malezas Gramíneas, <sup>6</sup>Malezas de Hoja Ancha, <sup>7</sup>Suelo Desnudo, <sup>8</sup>Senescencia, <sup>9</sup>Piedras.

La cobertura de los diferentes componentes de la pastura (Cuadro 6) muestra una alta variabilidad que puede estar influenciada por tres factores:

a) las especies de pasto presentes, pues se ha demostrado que las mejoradas son superiores a las naturales en potencial de producción de biomasa (Echavarría 1973; Maldonado y Velásquez 1994), pero además hay diferencias en disponibilidad y hábito de crecimiento entre las especies mejoradas;

b) las condiciones de sitio tales como la fertilidad natural del suelo, la pendiente el drenaje, y otros factores relacionados con la capacidad de uso del suelo (INAB 2000), que influyen sobre la disponibilidad de pastos (Sears 1950; Gutiérrez 1996; De Oliveira 2001), las mismas que varían entre potreros y entre fincas; y

c) el manejo de los potreros, pues se conoce que cuando se aplican ciclos más cortos de rotación de potreros y alta carga animal se reduce la disponibilidad de pastos (Ovalle y Avendaño 1981; Ramos 1987; Ibrahim 1994).

La combinación de varios de los parámetros usados en este estudio para definir la escala de degradación de pasturas resultan en la disponibilidad de pastos palatables, que es indicativa de; la capacidad de carga de la pastura, que ha sido propuesta por Dias-Filho (2003) como parámetro para la evaluación de la degradación de las pasturas.

Al relacionar el nivel de degradación usando la escala propuesta en este estudio con la disponibilidad se obtuvo una correlación baja y no significativa ( $r=0.30$ ,  $p=0.02$ ), aunque es posible que el valor puede incrementarse si se aumentara el tamaño de la muestra, el resultado obtenido confirma que la degradación de pasturas debe ser definida por más de una variable. En un estudio similar realizado por Hernández (2001), aunque usando una escala basada en la propuesta por Barcellos (1986) tampoco se encontró relación entre la disponibilidad de pastos y los niveles de degradación de pastura.

#### 4.2.1 Cambios mensuales en la disponibilidad de pastos por nivel de degradación

Al estimar la disponibilidad promedio de pastos tomando en cuenta los valores registrados mensualmente para cada nivel de degradación de pasto (Anexo 11) se encontró cierta discrepancia en los promedios presentados en el Cuadro 7, pero esto es debido a que como los sistemas de rotación utilizados por los productores en varios casos superaban intervalos de un mes, fue necesario estimar los valores faltantes de disponibilidad para cada mes en cada finca (Cuadro 11), usando como referencia la disponibilidad relativa de forraje y los datos de precipitación mensual. Esto se hizo considerando que para correr el modelo LIFE-SIM 2004 se requerían datos mensuales de disponibilidad, y otros investigadores habían encontrado relación entre la precipitación y la disponibilidad (Smoliak 1956; Hughes 1965; Heath *et al* 1973; Kemp and Dowling 1991). Los valores de correlación entre disponibilidad y precipitación obtenidos en este estudio fueron bajos ( $r = 0,39$ ,  $p = 0,38$ ), pero puede deberse al tamaño de la muestra y la longitud del período de observación.

**Cuadro 7.** Disponibilidad promedio de pastos (kgMS/ha/mes), según el nivel de degradación y el mes de muestreo, en las fincas bajo seguimiento en El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

Nivel de degradación	Meses de muestreo						promedio
	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	
P_D1	1046	2117	2777	6633	6701	7797	4512
P_D2	2165	1776	1373	3353	2471	2336	2246
P_D3	978	892	689	1473	1221	2141	1232
P_D4	682	703	440	1120	1176	2238	1060
P_D5	424	477	368	900	622	751	590

En términos generales, las medias mensuales de disponibilidad de pastos (Cuadro 7) siguieron la tendencia esperada, es decir menores valores a medida que se incrementa el nivel de degradación; así mismo los valores más bajos correspondieron a los meses secos y

tendieron a incrementarse en los meses de junio y julio, cuando la precipitación aumentó (Anexo 12).

### **4.3 Descripción de la Cobertura arbórea**

#### **4.3.1 Selección del método**

El promedio de las mediciones realizadas en el campo usando los diámetros de copa medidos fue ligeramente superior a la media obtenida con el método SIG (Cuadro 8), pero no detectaron diferencias significativas ( $P = 0,881$ ) entre ellas (Anexo 13). Esto puede ser debido a que en las mediciones en campo se asume que todos los árboles tienen una copa de forma elíptica, y por esa razón se sugiere tomar dos diámetros de copa (Somarriba 2002), sin embargo el supuesto no es necesariamente cierto pues la forma de copa depende de las especies presentes, y por eso este método tiende a sobrestimar los valores de área de copa. En cambio el método SIG permite visualizar la forma de la copa y hacer una estimación con mayor precisión. Claro está que la alta resolución de las imágenes satelitales que se disponían permitieron lograr este resultado, en cambios en otros estudios la resolución de las imágenes ha sido señalada como limitante para la estimación de cobertura usando métodos SIG (Stibig *et al* 2004; Bai *et al* 2005).

Con base en estos resultados se decidió que para el resto de potreros las estimaciones se harían usando herramientas SIG (Arcview 3.3), ya que es un método de costo bajo, de determinación rápida y que ha sido ampliamente usado en otras regiones del mundo (Defries *et al* 2000; Goetz *et al* 2003; Schwarz y Zimmermann 2005; Radford 2005).

**Cuadro 8.** Valores de cobertura arbórea estimados con dos métodos, usados en la prueba T, en las Fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

<b>Potreros</b>	<b>Método de campo (%)</b>	<b>Método SIG(%)</b>
1	6,04	9,53
2	4,76	3,84
3	12,73	13,06
4	16,90	13,79
5	40,15	33,44
6	23,09	32,53
7	28,45	27,67
8	32,74	26,07
9	11,15	8,50
Promedio	26,95	21,03
DE <sup>1</sup>	26,10	12,87

<sup>1</sup>Desviacion Estándar.

#### **4.3.2 Cobertura arbórea por finca**

El tamaño promedio de los potreros y la cobertura arbórea en estos fueron muy variables entre fincas y dentro de fincas. El área promedio de potreros por finca varió entre 3,72 y 9,78 ha, mientras que la cobertura arbórea varió entre un rango de 3,0 y 27,5 % (Cuadro 9). Se encontró una correlación negativa ( $r = -0,81$ ,  $p=0,03$ ) entre el área de potreros y la cobertura arbórea, en otras palabras la cobertura arbórea es menor en potreros grandes. Esto puede ser debido a que las fincas grandes generalmente tienen potreros de mayor tamaño bajo manejo más extensivo, con chapias indiscriminadas, lo que conlleva a una reducción de la cobertura arbórea. Resultados similares fueron encontrados por Restrepo (2002) en Cañas, Costa Rica ( $r= - 0,63$ ,  $p<0,05$ ).

**Cuadro 9.** Área promedio de potreros (ha) y cobertura arbórea (%), en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

Finca	Área de potrero (ha)	DE <sup>1</sup>	Cobertura arbórea (%)	DE <sup>1</sup>
1	8,39	5,98	7,54	4,72
2	3,72	4,18	20,76	1,20
3	4,84	4,64	17,46	7,08
4	9,78	8,02	14,69	12,98
5	4,22	3,46	27,46	8,92
6	9,29	4,16	5,29	4,13
7	8,88	3,37	2,99	1,03

<sup>1</sup>DE: Desviación estándar.

#### 4.3.3 Relación entre disponibilidad de pastos y cobertura arbórea por potrero

En el Cuadro 10 se presenta la matriz de correlación de Pearson para los diferentes atributos medidos en la pastura y la cobertura arbórea. No se detectó una relación significativa entre la disponibilidad de biomasa total del pasto y la cobertura arbórea ( $r = -0,07$ ,  $p=0,56$ ), lo cual contrasta con resultados encontrados en otros estudios, que han mostrado una relación inversa entre ambas variables. Por ejemplo, Kellas *et al* (1995) mostraron que la producción del pasto disminuye al incrementar la densidad de árboles de pino (*Pinus radiata*); Jackson y Ash (1998) encontraron mayor rendimiento del pasto en áreas a pleno sol que en las establecidas bajo árboles de eucalipto; Plevich *et al* (2002) observaron que aumentó la producción de pasto al hacer raleos más intensos en plantaciones de pino (*Pinus elliottii*). Sin embargo, la respuesta en la producción del pasto y su disponibilidad para el ganado a la presencia de árboles, esta en dependencia del clima; así en zonas áridas Grouzis y Akpo (1997) y Díaz (2003) encontraron efectos benéficos de los árboles sobre la producción de forraje. Por otra parte, hay una respuesta diferencial de las especies de pasto a la sombra (Bolívar 1998; Gallo 1998). Por lo tanto, el hecho que no se haya encontrado relación entre la disponibilidad de pasto y la cobertura arbórea, puede estar relacionado a que en el 75 % de los potreros las especies de pastos son mejoradas y posiblemente no son afectadas por el grado de cobertura arbórea a la que están sometidas.



**Cuadro 10.** Coeficientes de correlación de Pearson (“r”) y su significancia (“p”) entre la disponibilidad de pastos (kg\_Pa), con diferentes variables de cobertura y disponibilidad de otros componentes medidos en los potreros (n=33).

Variables	Parámetros	
	r	p
SD <sup>1</sup>	-0,1	0,41
SN <sup>2</sup>	-0,15	0,24
P <sup>3</sup>	-0,11	0,39
kg_Leg <sup>4</sup>	0,50	<0,05
kg_MGr <sup>5</sup>	0,48	<0,05
kg_MHA <sup>6</sup>	0,71	<0,05
C_AB <sup>7</sup>	-0,07	0,56
DO <sup>8</sup>	-0,02	0,88
CAR <sup>9</sup>	0,24	0,06

<sup>1</sup>Suelo desnudo, <sup>2</sup>Senescencia, <sup>3</sup>Piedras, <sup>4</sup>kg MS/ha de leguminosas, <sup>5</sup>kg MS/ha de malezas gramíneas, <sup>6</sup>kg MS/ha de malezas hoja ancha, <sup>7</sup>Cobertura arbórea, <sup>8</sup>Días de Ocupación del potrero, <sup>9</sup>Carga animal.

Las variables que mostraron una correlación significativa ( $p < 0.05$ ) con la disponibilidad de pastos fueron: cantidad de biomasa de leguminosas (Kg\_Leg), biomasa de malezas gramíneas (kg\_MGr) y biomasa de malezas de hoja ancha (kg\_MHA), que son variables relacionadas al manejo de potreros y son denso-dependientes (es decir, la presencia de una limita la existencia de la otra); en el caso de este estudio se puede decir que la presencia de malezas de hoja ancha fue la variable que más influyó sobre sobre la disponibilidad de pastos ( $r=0,71$ ,  $p<0,05$ ).

## **4.4 Análisis microeconómicos**

### **4.4.1 Análisis de costos**

En los costos totales del sistema de doble propósito, los costos variables en promedio tienen un mayor peso (47 %) con respecto a los costos fijos (29 %) y el costo de la MOF (24%), excepto en la finca 5, donde los costos fijos representan el 57 % de los costos totales, esto se debe a la alta inversión en mano de obra permanente y a los gastos de mantenimiento de la infraestructura de la finca. En términos generales, la aplicación de herbicidas para el establecimiento de nuevas pasturas ocupa el segundo lugar en importancia en el costo de manejo de pastos, ubicada después la mano de obra contratada temporal (Cuadro 11).

Los costos variables muestran el grado de inversión y de intensificación en el manejo de la salud y nutrición del ganado. En promedio los costos variables son de US\$28/ha/año, de estos la finca que más invierte este valor es de US\$47/ha/año, influenciado por los costos en mano de obra temporal. La mano de obra familiar fue valorada considerando el costo de oportunidad reflejado en el precio del jornal de la zona (US\$ 5,16/día de trabajo). En términos generales la mano de obra familiar representa el 24 % de los costos totales, sin embargo hay fincas donde es cercana al 50 %, lo cual refleja que estas familias son altamente dependientes de la actividad ganadera (Cuadro 11).

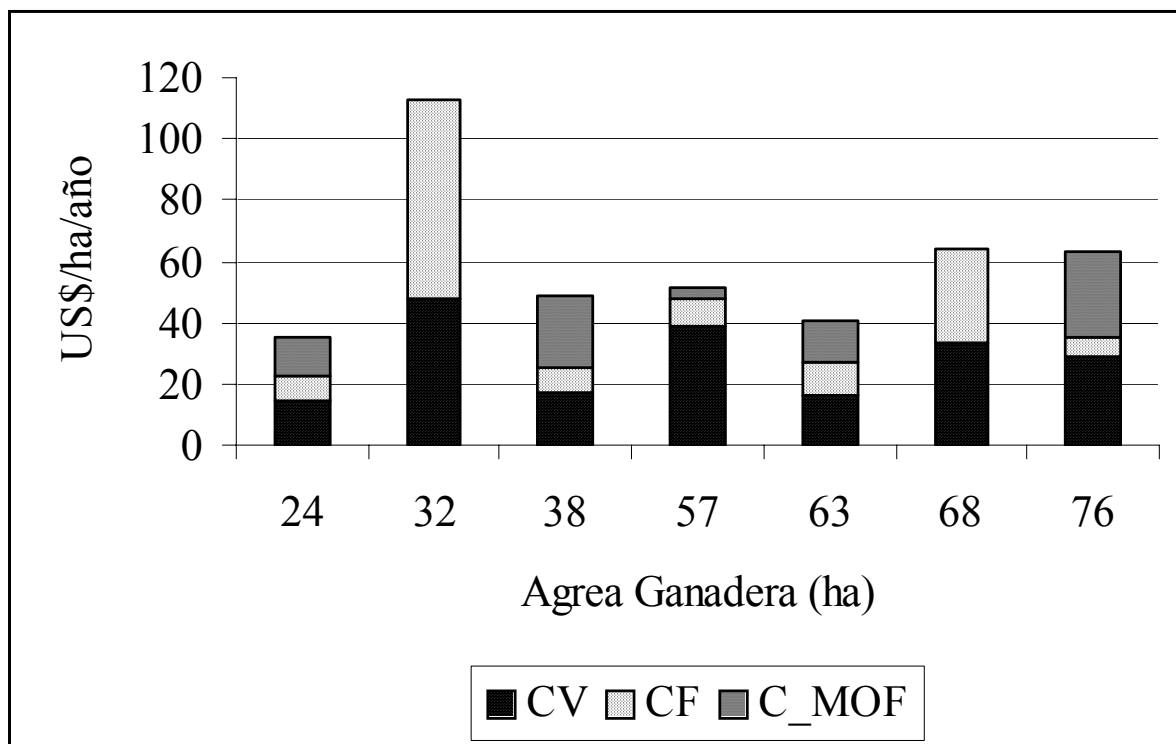
No se registraron costos de manejo del componente arbóreo, y tampoco se registró que en las fincas estudiadas hubiera suministro de forraje arbóreo al ganado. La mayoría de las fincas usan leña como fuente de energía, pero la extracción la realizan fuera de la finca. En cuanto al aprovechamiento de madera, es probable que no se haya registrado ninguna extracción de madera por que el período de investigación fue relativamente corto.

**Cuadro 11.** Estructuras de costos (US\$/ha/año) de de los sistemas de doble propósito en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

Rubros	Fincas							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
<b>Costos Variables (CV)</b>								
<b>Manejo Pastos (MP)</b>								
MO <sup>1</sup> Temporal	19,62	7,05	6,37	23,88	11,51	16,02	2,57	12,43
Semillas	0,40	0,00	0,00	4,35	2,04	0,00	0,00	0,97
Herbicidas	2,03	0,71	2,18	1,59	0,00	1,37	0,00	1,12
Fertilizantes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,08
Sub-total MP	<b>22,05</b>	<b>7,76</b>	<b>8,55</b>	<b>29,82</b>	<b>14,12</b>	<b>17,39</b>	<b>2,57</b>	<b>14,61</b>
<b>Manejo ganado (MG)</b>								
MO <sup>1</sup> Temporal	0,03	3,63	0,08	0,04	0,00	16,11	0,00	2,84
Vitaminas	1,68	1,01	2,25	0,36	3,88	1,59	0,00	1,54
Desp <sup>2</sup> internos	1,59	0,69	2,01	0,00	3,35	1,27	0,00	1,27
Desp <sup>2</sup> externos	0,17	0,20	0,18	0,00	2,02	0,27	0,00	0,41
Sales minerales	0,87	0,60	0,72	1,86	4,34	1,14	0,00	1,36
Sal comun	2,24	0,72	1,97	1,37	4,67	0,81	0,43	1,74
Concentrados	0,00	0,00	0,00	0,00	7,34	0,00	0,00	1,05
Melaza	0,00	0,00	0,00	0,00	7,15	0,00	0,00	1,02
Vacunas	0,25	0,00	0,31	0,00	0,59	0,00	0,00	0,16
Otros:	0,08	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	11,44	1,97
Sub-total MG	6,91	9,13	7,52	3,63	33,35	21,20	11,87	13,37
Total de CV	<b>28,96</b>	<b>16,89</b>	<b>16,06</b>	<b>33,45</b>	<b>47,47</b>	<b>38,58</b>	<b>14,44</b>	<b>27,98</b>
Proporción (%) de CT	46	34	40	52	42	76	41	47
<b>Costos fijos</b>								
MO <sup>1</sup> permanente	0,00	0,00	0,00	18,31	48,97	0,00	0,00	9,61
Impuestos	1,93	3,06	2,56	3,00	2,69	1,95	2,00	2,46
Mantenimiento	4,01	5,36	8,33	9,98	13,29	7,33	4,19	7,50
Sub-total	<b>5,94</b>	<b>8,42</b>	<b>10,89</b>	<b>30,68</b>	<b>64,95</b>	<b>9,28</b>	<b>8,26</b>	<b>19,77</b>
Proporción (%)	10	17	27	48	57	18	23	29
<b>Costos no efectivos</b>								
Costos MO <sup>1</sup> familiar	<b>27,86</b>	<b>23,78</b>	<b>13,22</b>	<b>0,05</b>	<b>0,71</b>	<b>3,21</b>	<b>12,70</b>	<b>11,65</b>
Proporción (%)	44	49	33	0	1	6	36	24
<b>Costos totales (CT)</b>	<b>62,75</b>	<b>49,09</b>	<b>40,17</b>	<b>64,18</b>	<b>113,13</b>	<b>51,07</b>	<b>35,40</b>	<b>59,40</b>

<sup>1</sup>Mano de Obra, <sup>2</sup>Desparasitantes. Tasa de cambio: 1 US\$ = 7.75 Quetzales.

Al relacionar la proporción de los costos de producción totales (US\$/ha/año) con respecto al área ganadera<sup>5</sup>, No se encontró relación entre estas variables ( $r= 0,02$ ,  $p= 0,0945$ ), por ejemplo, la finca con 32 ha de área ganadera, no es la mas grande, pero si la que presenta la mayor proporción de costos totales (Figura 4).



**Figura 4.** Comportamiento de los costos con respecto a la extensión del área ganadera. Costos Variables (CV), Costos Fijos (CF), Costos de mano de Obra Familiar (C\_MOF), en El Chal, Petén, Guatemala.

#### 4.4.2 *Análisis de ingresos*

En las fincas estudiadas, el aporte de las ventas de leche a los ingresos es mayor que el de las ventas de carne, ya que representan el 53,49 y 46,51 %, respectivamente (Cuadro 12). El comportamiento estacional de los ingresos por venta de leche, estuvo determinado

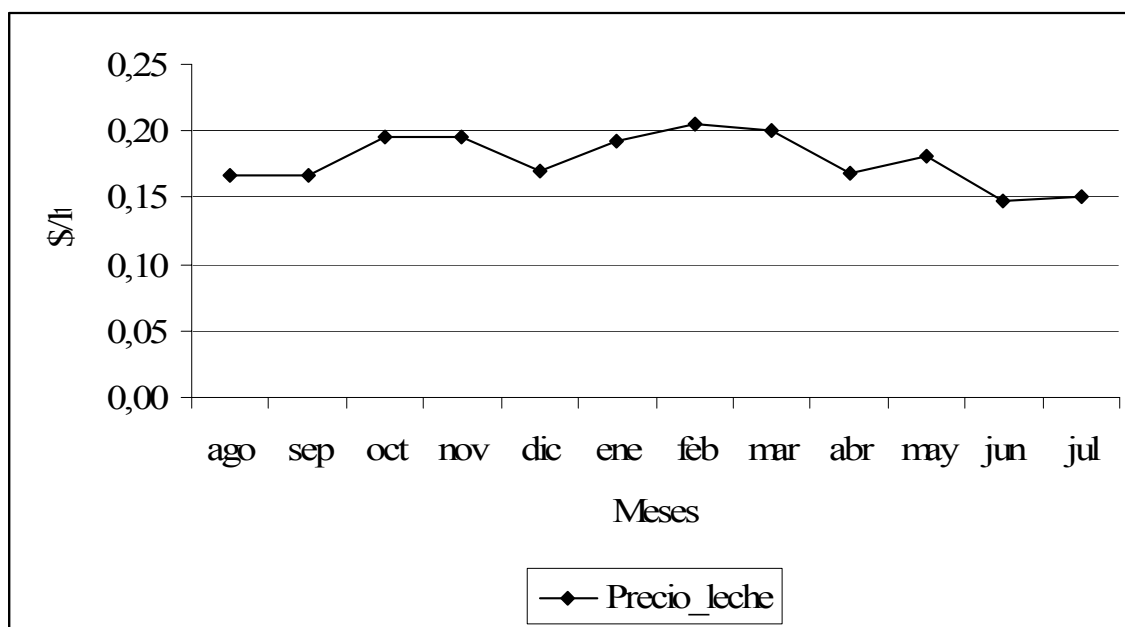
<sup>5</sup> Es la sumatoria del área de los potreros.

mayormente por las variaciones en precios (Figura 5) y el número de vacas en ordeño, pues la producción por vaca varió muy poco (Cuadro 3).

**Cuadro 12.** Estructura de ingresos (US\$/ha/año) de de los sistemas de doble propósito en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

Rubros	Fincas							promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
Leche	103,34	68,41	45,31	48,36	140,81	60,91	17,30	69,21
Cambio de inventario	14,91	21,45	75,21	-28,93	61,89	-18,17	25,66	21,72
Ganado en pie	111,19	36,94	59,81	64,10	38,89	10,24	102,35	60,50
Ingresos no efectivos	2,05	0,62	0,95	0,05	0,39	2,39	12,05	2,64
Producción bruta	231,49	107,27	148,71	46,37	241,98	55,38	145,04	139,46
Ingresos Brutos	231,49	127,42	181,28	83,57	241,98	55,38	157,37	154,07
Proporción Leche (%)	46	54	26	58	58	86	19	53

Tasa de cambio: 1 US\$ = 7.75 Quetzales.



**Figura 5.** Comportamiento de los precios de la leche (US\$/lt) según el mes, en las fincas estudiadas de El Chal.

En cambio los ingresos por carne estuvieron directamente influenciado por la producción (kg de peso vivo), ya que el precio de la carne se mantuvo constante (1,03 US\$/kg de peso vivo) durante el periodo de la investigación. Esto puede explicarse por que existen pocos intermediarios de ganado en pie en la zona, además que los precios de carne en el mercado interno son fuertemente dependientes de las variaciones de precio en el mercado internacional, y este varió muy poco en el período que se efectuó el estudio.

En estos sistemas, la producción de carne funciona como una cuenta de ahorro, que puede ser medida a través del cambio de inventario del ganado, en algunos casos pueden ser negativos, lo cual no significan perdidas, en este caso esos cambios se muestran en las ventas de ganado en pie.

#### 4.4.3 Indicadores microeconómicos

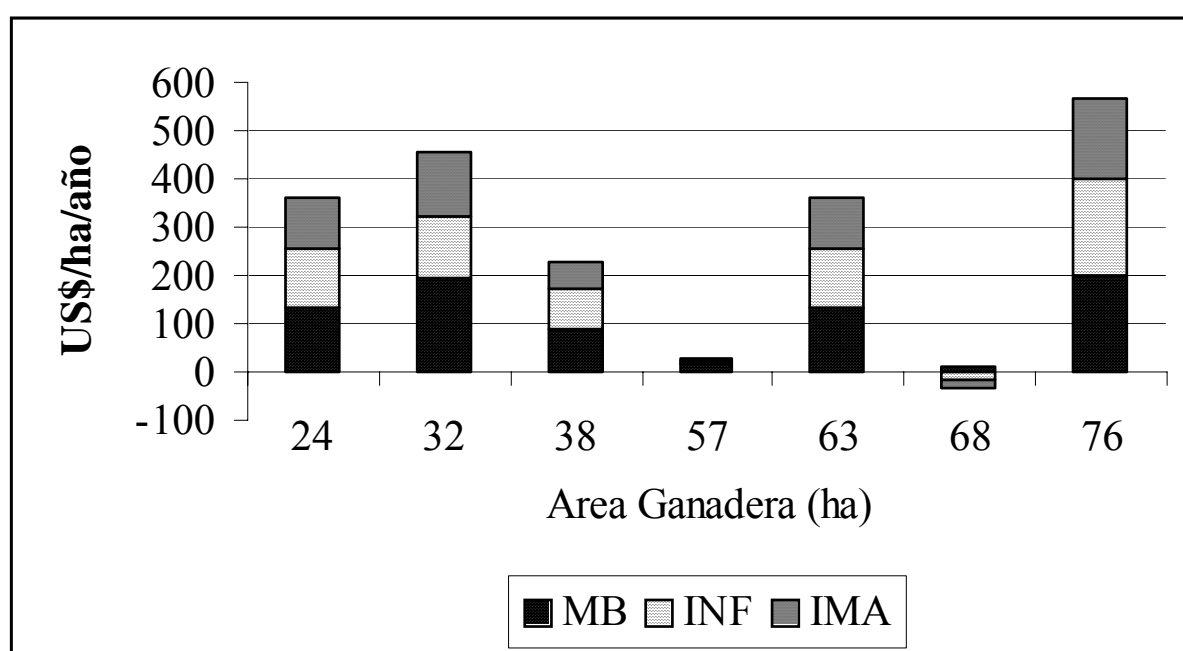
Se estimaron cuatro indicadores microeconómicos: Margen Bruto (MB), Ingreso Neto de Finca (INF), el Ingreso por Manejo y Administración de la finca (IMA), y el Valor Esperado de la Tierra (VET) (Cuadro 13). El MB muestra que con la producción y ventas de leche y carne actuales, todas las fincas están cubriendo sus costos variables, incluso algunas holgadamente (fincas 2, 4 y 6).

**Cuadro 13.** Indicadores microeconómicos (US\$/ha/año), en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

Indicador	Fincas							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
MB	202,53	90,38	132,65	12,92	194,51	16,80	130,60	111,48
INF	196,59	81,96	121,75	-17,76	129,56	7,52	122,34	91,71
IMA	168,73	58,19	108,54	-17,81	128,85	4,31	109,64	80,06
VET	1297,96	602,59	1085,41	149,15	991,15	33,16	938,20	728,23

Tasa de cambio: 1 US\$ = 7.75 Quetzales.

El INF, indicador que refleja si la actividad productiva cubre los costos totales, es en promedio US\$ 91/ha/año. De las siete fincas bajo seguimiento, todas con excepción de la finca 4 muestran resultados positivos. Aquella finca con INF negativo es debido a que tiene una alta dependencia de la mano de obra permanente, pues el aporte de la mano de obra familiar es prácticamente cero (Cuadro 13). Dado que esas fincas hacen bajo uso de insumos externos, se considera que el factor más determinante de la rentabilidad es el uso de mano de obra (contratada temporal, contratada permanente y familiar). Por otro lado se vio que estos indicadores no guardan relación con el tamaño del área ganadera (Figura 6).



**Figura 6.** Comportamiento de los indicadores microeconómicos con respecto al área ganadera (A\_G, ha) en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

Por su parte el IMA, muestra que la finca con mayor retribución por inversión de mano de obra familiar, es la finca 1 con 169 (US\$/ha/año); en cambio, en las fincas 4 y 6, el INF no cubre los costo de oportunidad de la mano de obra familiar. Esto sugiere que sería mejor que al menos algunos de los miembros de la familia trabajaran fuera de la finca.

El precio de la tierra en la zona es de (1150 US\$/ha), este precio se uso para conocer si los sistemas de doble propósito manejados en las condiciones actuales, pagan el costo de oportunidad, al comparar el valor VET (Cuadro 13), se encontró que solo una finca esta pagando el costo de oportunidad de la tierra con el sistema productivo actual. Si esos productores aplicaran un razonamiento estrictamente económico probablemente deberían cambiar de actividad productiva o arrendar la tierra; sin embargo en muchos casos el tener potreros es más una forma de demostrar propiedad sobre la tierra, evitar pérdidas por invasiones, y mantener un capital circulante en los semovientes.

#### ***4.4.4 Análisis de sensibilidad para el VET***

La mayoría de las fincas necesitan aumentar su producción de leche y de carne en 65% para pagar el costo de oportunidad de la tierra, esto significa que el INF promedio debe pasar de US\$ 728 a 1183/ha/año (Cuadro 14). Con el ingreso y los costos de producción promedio actual, el sistema de doble propósito para la mayoría de las fincas soporta una tasa de interés de 7%, por lo que un mejoramiento de la eficiencia de costos de 60% reduce la descapitalización del sistema actual, esto se lograría con la implementación de tecnologías que reduzcan la dependencia de insumos externos. El precio de la leche y de la carne, puede contribuir a la estabilidad del sistema actual, sólo si los aumentos son superiores al 65% del precio actual, lo cual expresa la magnitud de los cambios externos que deben ocurrir para tener impactos en la capitalización de estas fincas.



**Cuadro 14.** Valores del VET (US\$/ha/año), según los cambios en la tasa de interés, costos de producción, producción de leche y carne, y el precio de la leche y de la carne, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén Guatemala.

Criterio	Valor	Fincas							Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	
Tasa de interés	-7%	2410	1119	2016	277	1841	62	1742	1352
	13%	1298	603	1085	149	991	33	938	728
	20%	844	392	706	97	644	22	610	473
Costos de producción	-60%	1432	712	1189	365	1298	282	1032	901
	Actual	1298	603	1085	149	991	33	938	728
	+60%	1164	525	1011	-5	772.1	-145	872	599
Nivel de producción	-65%	707	153	483	-237	-22	-362	723	206.3
	Actual	1298	603	1085	149	991	33	938	728
	+65%	1889	1052	1688	246	2005	247	1153	1183
Precio	-65%	1368	609.4	817.8	520	1002	384	907.4	801.3
	Actual	1298	603	1085	149	991	33	938	728
	+65%	1889	1052	1688	246	2005	247	1153	1183

#### 4.4.5 Relación entre el nivel ponderado de degradación de pastos y el INF

Luego de la ponderación de los niveles de degradación de pasturas obtenidos para los diferentes potreros en cada una de las siete fincas bajo seguimiento, los niveles de degradación promedio por finca estuvieron entre moderado (P\_D3) y severo (P\_D4).. Los niveles ponderados de degradación, se compararon con el INF (Cuadro 15). No se detectó una tendencia en la relación entre los niveles de degradación promedio, con los promedios de INF por finca, lo cual era de esperar porque ambos dependen de factores muy variables incluso a nivel de cada finca. El INF depende no sólo del nivel de productividad alcanzado por las vacas como resultado de la disponibilidad y calidad de las pasturas, así como por factores de tipo socioeconómico, como puede ser el uso y costo de la mano de obra.

**Cuadro 15.** Nivel ponderado de degradación de pastos y el INF (US\$/ha/año), para el periodo evaluado en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala.

<b>Finca</b>	<b>Nivel ponderado de degradación de pasturas</b>	<b>INF</b>
1	4,24	196,59
2	3,62	81,96
3	3,35	121,75
4	4,00	-17,76
5	4,00	129,56
6	3,44	7,52
7	4,00	122,34

#### **4.5 Productividad animal por nivel de degradación**

Se evaluó el comportamiento de la producción de leche y carne con el modelo de simulación LIFE SIM, usando como referencia las variaciones en disponibilidad de pastos (Anexo 11), y su calidad (Anexo 14) para cada nivel de degradación.

##### **4.5.1 Evaluación de impacto en la producción de leche**

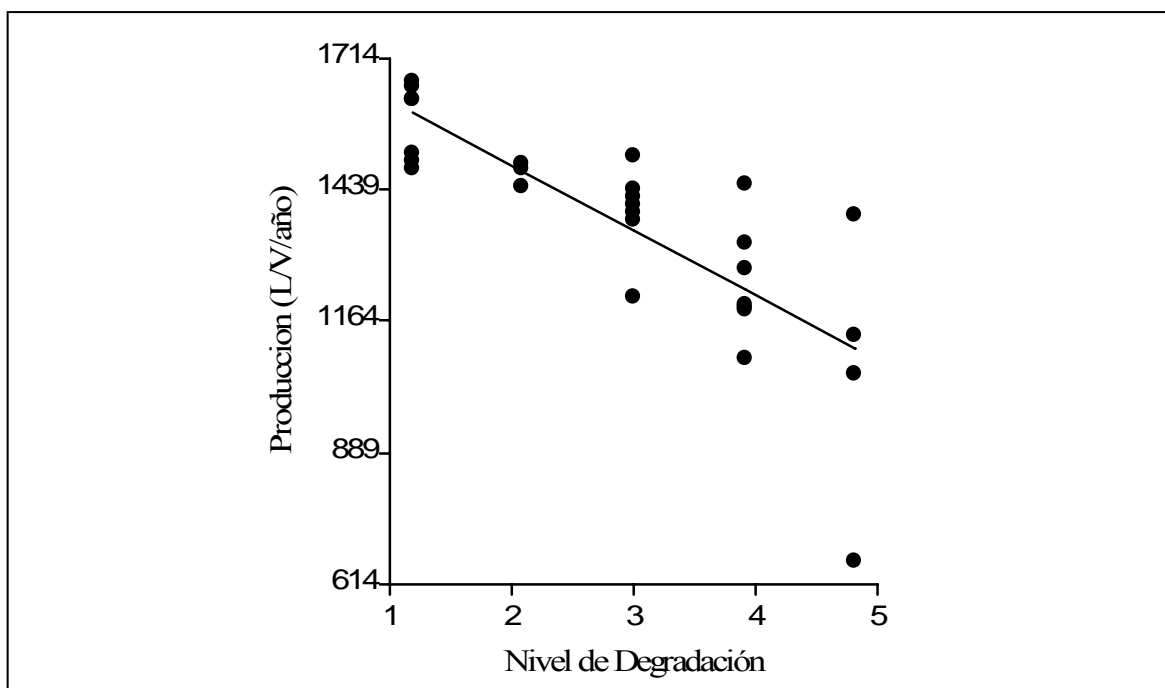
Se estimó la producción actual de leche por animal, en cada nivel de degradación encontrado en cada finca (Cuadro 2), las pérdidas se cuantificaron en términos biofísicos, porcentuales y de ingresos (Anexo 15). En promedio las pérdidas en producción de leche comparadas con el rendimiento en pasturas no degradadas fue del 7, 12, 21 y 34% cuando se pasa a condición de de degradación leve (P\_D2), moderada (P\_D3), severa (P\_D4) y muy severa (P\_D5), respectivamente (Cuadro 17). Los valores correspondientes en términos monetarios son en promedio de US \$ 42, 71, 131 y 158 por vaca/año, respectivamente (Cuadro 17).

**Cuadro 17.** Estimados de producción y pérdidas promedio en leche (litros) e ingresos (US\$) por vaca por año, en función del nivel de degradación de las pasturas, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

<b>Nivel de Degradación</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Producción (L/V/año)<sup>2</sup></b>	<b>Pérdidas (L/V/año)<sup>2</sup></b>	<b>Pérdidas (%/V/año)</b>	<b>Pérdidas (US\$/V/año)</b>
P_D1	Promedio	1581,57	-	-	-
	DE <sup>1</sup>	78,18	-	-	-
P_D2	Promedio	1474	114,67	7	42
	DE <sup>1</sup>	26,91	64,86	3	26
P_D3	Promedio	1395,14	186,43	12	70,57
	DE <sup>1</sup>	90,12	128,72	8	58,03
P_D4	Promedio	1245,29	336,29	21	131
	DE <sup>1</sup>	118,08	130,29	8	117,85
P_D5	Promedio	1060,25	545	34	157,75
	DE <sup>1</sup>	299,94	333,39	19	83,69

<sup>1</sup>Desviación Estándar, <sup>2</sup>litros por vaca por año. Tasa de cambio: 1 US\$ = 7.75 Quetzales.

Con los resultados obtenidos de la simulación aplicando el modelo LIFE SIM a los diferentes escenarios de degradación de pastura en cada finca, se estimó que la producción de leche por vaca-año disminuía en 80 kg por cada unidad de pérdida en la condición de la pastura (valores de degradación de 1 a 5). El modelo ajustado a los datos ( $R^2=0,64$ ;  $p<0,0001$ ) fue  $Y_1 = 1559,96 - 80,21 (Dx)$ , donde:  $Y_1$  es la producción de leche,  $Dx$  es el nivel de degradación (Figura 7).



**Figura 7.** Relación entre los estimados de producción de leche (L/V/año) y el nivel de degradación, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala.

#### 4.5.2 Evaluación de impacto en la producción de carne

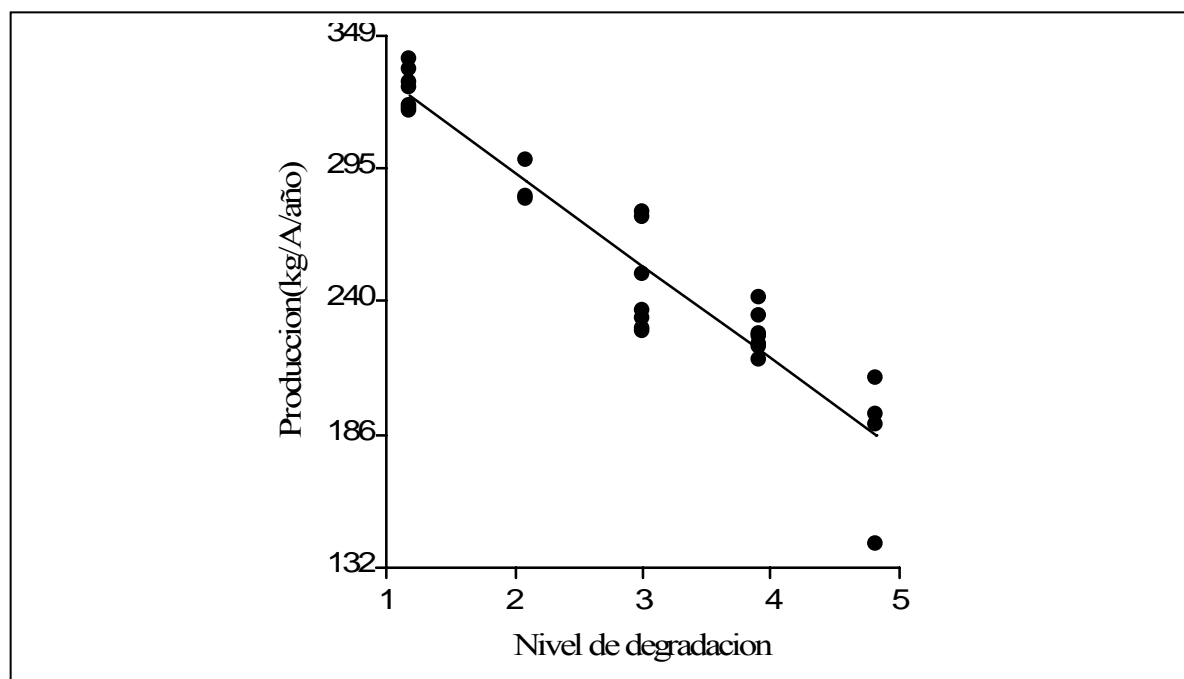
Se estimó la producción actual de carne por animal, por finca y nivel de degradación de pasturas, las pérdidas se cuantificaron en términos biofísicos y de ingresos (Anexo 16). En promedio los productores pierden al menos un 13% con degradación leve (P\_D2) de pasturas y hasta un 43% si la degradación es muy severa (P\_D5). Las pérdidas correspondientes en términos monetarios son de US\$ 46 por animal por año para el nivel de degradación leve y puede incrementarse hasta US\$ 144 por animal por año con degradación muy severa (Cuadro 18).

El impacto de la degradación de pasturas sobre la producción de carne por animal, puede ser explicada por el modelo  $Y_2 = 358,74 - 34,57 (Dx)$ , donde  $Y_2$  es la producción de carne,  $Dx$  es el nivel de degradación ( $R^2=0,90$ ;  $p<0,0001$ ) (Figura 8).

**Cuadro 18.** Estimados de producción y pérdidas promedio en carne e ingresos por animal por año, en función del nivel de degradación de las pasturas, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

Nivel de degradación	Parámetros	Producción (kg/A/año) <sup>2</sup>	Pérdidas (kg/A/año) <sup>2</sup>	Pérdidas (%/A/año)	Pérdidas (US\$/A/año)
P_D1	Promedio	326,98	-	-	-
	DE <sup>1</sup>	8,05	-	-	-
P_D2	Promedio	287,64	44,58	13	45,92
	DE <sup>1</sup>	8,74	11,96	3	12,32
P_D3	Promedio	247,19	79,8	24	82,19
	DE <sup>1</sup>	20,99	24,27	7	25
P_D4	Promedio	227,47	99,51	30	102,5
	DE <sup>1</sup>	8,48	13,58	4	13,99
P_D5	Promedio	183,97	140,17	43	144,38
	DE <sup>1</sup>	29,19	28,8	9	29,66

<sup>1</sup>Desviación Estándar, <sup>2</sup>kg de peso vivo por animal por año. Tasa de cambio: 1 US\$ = 7.75 Quetzales.



**Figura 8.** Relación entre los estimados de producción de carne por animal (kg/A/año) y el nivel de degradación de pastos, en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala.

La categorización de los potreros en función de los niveles de degradación puede constituirse en una herramienta importante para la toma de decisiones en cuanto a, en qué nivel de degradación recuperar o renovar una pastura, pues se en este estudio se ha visto que la degradación no sólo resulta en pérdidas en la disponibilidad de forraje y en la producción por animal, si no también en el impacto en términos monetarios. Ahora bien, las estimaciones efectuadas no consideran la disminución que debe ocurrir en la capacidad de carga de las pasturas (expresada como número de animales que pueden mantenerse por hectárea) como consecuencia de la degradación, lo cual va a tener un impacto aún mayor en los ingresos por hectárea.

#### ***4.5.3 Estimación del diferencial en IB por finca debido a la degradación de pasturas***

Las pérdidas estimadas en IB actual con respecto al IB potencial (IB en P\_D1), en promedio fueron del 60% (Cuadro 19), la finca 4, presentó las mayores pérdidas 489 (US\$/ha/año), aunque el nivel ponderado de degradación es similar al presentado en otras fincas, presenta el segundo menor IB actual del grupo de fincas estudiadas. El promedio del diferencial (%) en ingreso bruto para la condición de no degradación y la condición actual de degradación de pasturas, es cercano al aumento en producción de leche y carne arrojado por el análisis de sensibilidad del VET de 65%, esto significa, que las fincas podrían capitalizarse si se implementan cambios para pasar de los estados de degradación actuales a el nivel deseado de no degradación (P\_D1).

**Cuadro 19.** Estimados de pérdidas en IB actual con respecto al IB potencial (US\$/ha/año), en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala (n=7).

<b>Fincas</b>	<b>Nivel ponderado de degradación de pasturas</b>	<b>IB<sup>2</sup> actual (US\$/ha/año)</b>	<b>IB potencial (US\$/ha/año)</b>	<b>Diferencial (US\$/ha/año)</b>	<b>Diferencial (%)</b>
1	4,24	231,49	497,03	265,54	53
2	3,62	127,42	296,18	168,76	57
3	3,35	181,28	557,66	376,38	67
4	4,00	83,57	572,60	489,04	85
5	4,00	241,98	275,65	33,67	12
6	3,44	55,38	323,23	267,85	83
7	4,00	157,37	427,80	270,43	63
Promedio	3,81	154,07	421,45	267,38	60
DE <sup>1</sup>	0,33	70,58	125,00	144,55	24

<sup>1</sup>Desviación Estándar, <sup>2</sup>Ingresos brutos.

En términos monetarios, las fincas están dejando de percibir en promedio 267 (US\$/ha/año), lo que comparado con el costo de recuperación de un nivel de degradación severa de pasturas a un nivel de no degradación (161 US\$/ha), determinados por Holmann *et al* (2004) en Honduras; equivale al costo de recuperación de 1.5 ha, por el método de pastoreo intensivo más pase de rastra por un periodo de cuatro meses.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La disponibilidad de materia seca, acompañada de la estimación visual de la cobertura de especies de pastos y malezas expresadas en términos porcentuales, pueden ser usadas para valorar el nivel de nivel de degradación de las pasturas.
- Bajo las condiciones en que se desarrolló el estudio no se detectó relación entre la cobertura arbórea y la disponibilidad de materia seca de pastos; en cambio, la presencia de malezas de hoja ancha fue la variable que tuvo mayor influencia sobre la disponibilidad de materia seca de pastos.
- Cuando se dispone de imágenes de satélite de alta resolución (p.e. Quickbird), el uso de herramientas sistemas de información geográfica facilita la estimación de la cobertura arbórea y éstas no difieren estadísticamente de las realizadas en campo por medio de mediciones de los diámetros de copa.
- La reducción en la disponibilidad de pastos durante el período seco ocurre, independientemente del nivel de degradación. El efecto de la época del año, afectó de manera proporcional la disponibilidad promedio en cada nivel de degradación de pastos, teniendo un comportamiento ascendente en cada nivel de degradación, conforme a la entrada de la época lluviosa.
- En los sistemas de doble propósito estudiados, los costos de manejo del ganado, son los más importantes en la estructura de costos, los productores invierten en promedio US\$ 28 ha/año en este componente. La producción de leche representa el 53% de los ingresos brutos. Según el indicador microeconómico margen bruto, todas las fincas cubren sus costos variables, pero no lo suficiente para capitalizarse, debido a que no pagan el costo de oportunidad de la tierra estimado con el valor esperado de la tierra.



- En la mayoría de los casos, el ingreso neto de finca cubre el costo de oportunidad de la mano de obra familiar, por lo cual es probable que los productores no abandonen la actividad productiva actual.
- La degradación de las pasturas resulta en una reducción hasta del 33% de la producción de leche y de 43% la producción de carne, esto equivale a una disminución en el ingreso bruto por animal por año de US\$ 158 y 144 por leche y carne, respectivamente.

## **RECOMENDACIONES**

- La metodología utilizada combinando mediciones directas en campo y uso del modelo de simulación LIFE-SIM parece ser adecuada para la estimación del impacto de la degradación de pasturas sobre la producción y el ingreso en fincas ganaderas, pero es necesario ampliar el estudio considerando datos de al menos un año completo, con un mayor número de fincas y bajo otras condiciones de sitio.
- El método SIG utilizado en esta investigación, puede ser usado para estimaciones de cobertura arbórea, siempre y cuando se cuente con imágenes satelitales de un nivel de resolución similar.
- Realizar estudios relacionados a los costos de recuperación y renovación de pasturas, dependiendo del estado de degradación que se encuentren.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez F. F. 1986. Sistemas de producción bovina de doble propósito en el trópico Mexicano. *In* Arango N. L. ; Charry A. ; Vera R. R. Eds. Panorama de la ganadería de doble propósito en la América Tropical. Memorias del seminario sobre ganadería de doble propósito. Bogota, Colombia, ICA. P. 46-57
- Aciaresi H. ; Ansín E. O; Marlats R. M. 1994. Sistemas Silvopastoriles: efectos de la densidad arbórea en la penetración solar y producción de forraje en rodales de álamo (*Populus deltoides* Marsh). *Agroforestería en las Américas*. 1(4): 6-9
- Alburez C. A. ; Saavedra V. C. ; Peñarte M. H. ; Haeussler C. C. 1997. Caracterización del sistema de producción bovina de doble propósito con dos ordeños en la aldea Los Cerritos, Chiquimula departamento de Santa Rosa. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 5(1): 656-658
- Alpizar L. 1989. Resultados del "experimento central" del CATIE: asociaciones de pastos y árboles de sombra. *In* Beer J. ; Fassbender H. W. ; Heuveldop J. Eds. Avances en la Investigación Agroforestal. Turrialba, Costa Rica. (Informe Técnico no. 147). P 237-252
- Arangino R. ; Brotzu V. 1978. Evaluación agronómica de variedades de gramíneas y leguminosas forrajeras para la reconstitución de pastos degradados en Cerdena. *Boletín Técnico del Centro de Extremadura*. 2: 7-22
- Arzadun M. J. ; Arroquy J. I. ; Laborde H. E. ; Brevedad R. E. 2003. Grazing pressure on beef and grain production of dual-purpose wheat in Argentina. *Agronomy Journal*. 95: 1157

- Ávila M. 1980. Administración de empresas ganaderas: conceptos y algunas aplicaciones. Primer Seminario Nacional sobre Ganadería de Carne. Santo Domingo, República Dominicana. CATIE. 27p
- Bach F. K. 2005. Determination of relationships between soil characteristics, pasture management and pasture degradation in the Petén area, Guatemala. Thesis Mg. Sc. Frederiksberg, Denmark. The Royal Veterinary and Agricultural University (KVL). 70p
- Bai Y. ; Walsworth N. ; Roddan B. ; Hill D. ; Broersma K. Thopson D. 2005. Quantifying tree cover in the forest-grassland ecotone of British Columbia using crown delineation and pattern detection. *Forest Ecology and Management*. 212: 92-100
- Barcellos A. de O. 1986. Recuperação de pastagens degradadas. Planaltina. EMBRAPA-CPAC. 38p
- Bateman J. 1970. Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos. México, México D.F. 468p
- Bellow B. 2001. Nutrient cycling in pastures: livestock systems guide. Fayetteville, Arkansas, USA. ATTRA. 64p
- Belsky A. J. 1992. Effects of trees on nutritional quality of understorey gramineous forage in tropical savannas. *Tropical Grasslands*. 26(1): 12-20
- \_\_\_\_\_. 1994. Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecology*. 75(4): 922-932
- Blanco F. 1991. La persistencia y el deterioro de los pastizales. *Pastos y Forrajes*. 14(2): 87-105

- Bomfim E. R. ; Pinto J. C. ; Salvador N. ; De Morais A. R. ; De Andrade I. F. ; De Almeida O. C. 2003. Efeito do tratamento físico associado a adubação em pastagem degradada de braquiaria, nos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. *Ciencia e Agrotecnologia*. 27(4): 912-920
- Brown M. L. 1981. Presupuestos de finca: del análisis de la finca al análisis de proyectos agrícolas. Editorial TECNOS. Madrid, España. 142p
- Burle S. T. ; Shelton H. M. ; Dalzell S. A. 2003. Nitrogen cycling in degraded *Leucaena leucocephala-Brachiaria decumbens* pastures on an acid infertile soil in south-east Queensland, Australia. *Tropical Grassland*. 37(2): 119-128
- Burton G. W. , Jackson J. E. ; Knox F. E. 1959. The influence of light reduction upon the production, persistence and chemical composition of Coastal Bermudagrass (*Cynodon dactylon*). *Agronomy Journal*. 51(4): 537-542
- Buschbacher R. ; Uhl C. ; Serrao E. A. S. 1988. Abandoned pastures in Eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology*. 76: 682-699
- Butterfield R. ; Gonzalez E. 1996. Adaptabilidad de diferentes especies forestales en pastizales degradados en las tierras bajas del Atlantico de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. 5(16): 9-15
- Callaham M. A. ; Blair J. M. ; Todd T. D. ; Kitchen D. J. ; Whiles M. R. 2003. Macroinvertebrates in North American tallgrass prairie soils: effects of fire, mowing, and fertilization on density and biomass. *Soil Biology & Biochemistry*. 35: 1079-1093
- Camargo G. J. 1999. Efecto de los factores ecológicos y socioeconómicos sobre la regeneración natural de laurel (*Cordia alliodora*, Ruiz y Pavon), en potreros del trópico húmedo y sub-húmedo de Costa Rica. 127p

- Cameron D. ; Rance S. ; Edwards D. Ch. ; Jones D. 1991. Trees and pasture: a study on the effects of spacing. *Agroforestry Today*. 3(1): 8-9
- Carvalho M. M. 1997. Asociaciones de pasturas con árboles en la región centro sur del Brasil. *Agroforestería en las Américas*. 4(15): 5-8
- \_\_\_\_\_ ; Alvim J. M. , Xavier F. D. 2001. Use of tree legumes for the recovery of degraded pastures in the Atlantic forest region of Brazil. . *In* Ibrahim M. Ed. Silvopastoral system for restoration of degraded tropical pasture ecosystems. International Symposium on Silvopastoral Systems. II Congress on Agroforestry and Livestock Production in Latin America. San José Costa Rica. P. 12-18
- Carr D. L. 2004. Ladino and Q'eqchí Maya land use and land clearing in the Sierra de Lacandón National Park, Petén, Guatemala. *Agriculture and Human Values*. 21: 171-179
- Casasola C. F. 2000. Productividad de los sistemas Silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 95p
- Castillo E. ; Coward J. ; Sánchez J. M. ; Jiménez C. ; López C. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre productividad, composición química y digestibilidad *in vitro* del pasto Kikuyo bajo pastoreo en el canton de Coronado. *Agronomía Costarricense*. 7(1/2): 9-15
- CATIE / NORAD (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza / Agencia Noruega para la Cooperación al Desarrollo). 2002. Multi-stakeholder participatory development of sustainable land use alternatives for degraded pasture lands in Central América. Turrialba, Costa Rica. CATIE. (Proposal from CATIE to NORAD). 50p
- Chacón M. L. 2003. Cobertura arbórea y cercas vivas en un paisaje fragmentado, Río Frío, Costa Rica. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 101p

- Chen X. ; Vierling L. ; Rowell E. ; DeFelice T. 2004. Using lidar and effective LAI data to evaluate IKONOS and Landsat 7 ETM+ vegetation cover estimates in a ponderosa pine forest. *Remote Sensing of Environment*. 91: 14-26
- Cubillos G. ; Salazar M. 1981. La investigación en el manejo de pastos en zonas de ladera de trópico húmedo. *In* Novoa A. R. ; Posner J. L. Eds. 1981. Seminario Internacional sobre Producción Agropecuaria y Forestal en Zonas de Ladera de América Tropical. Turrialba, Costa Rica. P. 325-340
- Cubillos O. G. ; Fernando F. A. ; Brito F. ; Becker M. F. 1974. Productividad de cinco praderas de secano en producción de carne bovina. *Memoria ALPA*. 9: 160-161
- Defries R. S. ; Hansen M. C. ; Townshend J. R. ; Janetos A. C. ; Lovelands T. R. 2000. A new global 1-km dataset of percentage tree cover derived from remote sensing. *Global Change Biology*. 6: 247-254
- Da Silva J. C. ; Uhl C. ; Murray G. 1996. Plant succession, landscape management, and ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Conservation Biology*. 10(2): 491-503
- Da Silva C. M. ; Dos Santos M. V. ; Dubeux J. C. ; Lira M. A. ; Santana D. F. ; Farias I. ; Dos Santos V. F. 2004. Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no Agreste de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33(6): 1999-2006
- Defries R. S. ; Hansen M. C. ; Townsend R. G. ; Janetos A. C. ; Lovelands T. R. 2000. A new global 1-km dataset of percentage tree cover derived from remote sensing. *Global Change Biology*. 6: 247-254
- De Costa N. L. ; Thung M. ; Townsend C. R. ; Moreira P. ; Leonidas F. C. 1999. Quantificação das características físico-químicas do solo sob pastagens degradadas. *Pasturas Tropicales*. 21(2): 74-77

- \_\_\_\_\_ ; Townsend C. R. ; Magalhaes J. A. 2003. Métodos de introdução de leguminosas em pastagens degradadas de (*Brachiaria brizantha*) cv. Marandu. Pasturas Tropicales. 25(3): 39-41
- De Oliveira O. C. ; De Oliveira I. P. ; Fereira E. ; Alves B. J. ; Miranda C. H. ; Vilela L. ; Urquia S. ; Boddey R. M. 2001. Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilization. Pasturas Tropicales. 23(1): 14-18
- \_\_\_\_\_ ; De Oliveira I. P. ; Alves B. J. ; Urquiaga S. ; Boddey R. M. 2004. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. Agriculture, Ecosystems and Environment. 103: 289-300
- Dias-Filho M. B. 2003. Degradación de pastagens: processos, causas e estrategias de recuperacão. Segunda Edicion. EMBRAPA, Amazonia Oriental. Belem, Brasil. 173p
- Díaz R.O. 2003. Effects of different levels of tree cover on the accumulated production, digestibility and botanic composition of the Arid Chaco natural grassland (Argentina). AgriScientia. 20:61-68
- Di Rienzo J. A. ; Balzarini M. G. ; Casanoves F. ; González L. A. ; Tablada E. M. ; Diaz M. P. ; Robledo C. W. 2001. Estadística para las ciencias agropecuarias. Cuarta edición. Córdoba, Argentina. 322p
- Echavarría M. S. 1973. Evaluación del comportamiento de 10 especies de zacates nativos e introducidos, sembrados de temporal en la región central de Chihuahua. Pastizales. 4(2): 2-8
- Farfán L. R. ; San Martín H. F. ; Durant O. A. 2000. Recuperación de praderas degradadas por medio de clausuras temporales. Investigaciones Veterinarias del Perú. 11(1): 77-81

- Ferguson B. G. ; Griffith D. M. 2004. Tecnología agrícola y conservación biológica en el Petén, Guatemala. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. 72: 72-85
- Franco V. M. 1997. Evaluación de la calidad nutricional de *Cratylia argentea* como suplemento en el sistema de producción de doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica. . Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 75p
- Gallo C. L. 1998. Crecimiento de *Panicum maximum* bajo *Pinus caribaea*: relaciones dosel-pradera. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 82p
- Gardner T. J. ; Sydnor T. D. 1987. Preliminary studies in photographic determination of tree shade capacities. HortScience. 22(1): 145-148
- Garden D. L ; Dowling P. M. ; Eddy D. A. ; Nicol H. I. 2001. The influence of climate, soil, and management on the composition of native grass pastures on the central, southern, and Monaro tablelands os New South Wales. Australian Journal of Agricultural Research. 52: 925-936
- Giraldo L. V. 1991. Evaluación bajo pastoreo de la gramínea *Brachiaria brizantha* CIAT 6780 establecida sola o en asocio con *Arachis pintoii* CIAT 17434, manejadas bajo dos cargas animales en el trópico húmedo de Costa Rica. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 144p
- \_\_\_\_\_ ; Botero J. ; Saldarriaga J. ; David P. 1995. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural, en la región Atlántica de Colombia. Agroforestería en las Américas. 8(4): 14-19
- Gobbi J. 2004. Apuntes de curso: análisis socioeconómico de sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 15p



- Goetz S. J. ; Wright R. K. ; Smith A. J. ; Zinecker E. Schaub E. 2003. IKONOS imagery for resource management: Tree cover, impervious surfaces, and riparian buffer analyses in the mid-Atlantic Region. *Remote Sensing of Environment*. 88: 195-208
- González M. S. 1992. Selectividad y producción de leche en pasturas de Estrella (*Cynodon nlenfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoii* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE.142p
- Grouzis M. ; Akpo L. 1997. Influence of tree cover on herbaceous above- and below-ground phytomass in the Sahelian zone of Senegal. *Journal of Arid Environments*. 35: 285-296
- Gutiérrez M. A. 1996. Pastos y forrajes en Guatemala, su manejo y utilización, base de la producción animal. Primera Edición. Editorial E y G. Ciudad Guatemala, Guatemala. 318p
- Hatch D. A. ; Bartolome J. W. ; Fehmi J. S. ; Hillyard D. S. 1999. Effects of burning and grazing on a coastal California grassland. *Restoration Ecology*. 7(4): 376-381
- Haydock K. P. ; Shaw N. H. 1963. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15: 169-171
- Haynes R. J. ; Williams P. H. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*. 49: 119-199
- Hayes D. J. ; Sader S. A. ; Schwartz N. B. 2002. Analyzing a forest conversion history database to explore the spatial and temporal characteristics of land cover change in Guatemala's Maya Biosphere Reserve. *Landscape Ecology*. 17: 299-314

- Heath M. E. ; Metacalf D. S. ; Barnes R. F. 1973. Forages: the science of grassland agriculture. Third Edition. The Iowa State University Press. Iowa, United States. 755p
- Hernández K. J. 2001. Cuantificación y calificación de pasturas degradadas incorporando conocimiento local de ganaderos de la Calzada Mopán, Dolores, Petén, Guatemala. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 134p
- Herrick J. E. 1993. Restoration of tropical pasture and the role of cattle dung patches. Thesis PhD. Ohio, United States of America. The Ohio State University. 204p
- Holmann F. ; Peck D. C. 2002. Economic damage caused by Spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in Colombia: a first approximation of impact on animal production in *Brachiaria decumbens* pastures. Neotropical Entomology. 31(2): 1-10
- \_\_\_\_\_ ; Argel P. ; Rivas L. ; White D. ; Estrada R. D. ; Burgos C. ; Perez E. ; Ramirez G. Medina A. 2004. ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas?. Una evaluación de los beneficios y costos desde la perspectiva de los productores y extensionistas pecuarios en Honduras. CIAT, DICTA, ILRI. Cali, Colombia. (Documento de Trabajo no. 196). 34p
- Hughes R. 1965. Climatic factors in relation to growth and survival of pasture plants. Journal of the British Grassland Society 20(4): 263-272
- Ibrahim M. A. 1990. Response of dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) to different frequencies and intensities of grazing in the humid zone or Guapiles, Costa Rica. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 122p
- \_\_\_\_\_. 1994. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic Zone of Costa Rica. Thesis PhD. Wageningen Agricultural University. Wageningen, The Netherlands. 129p

- INAB (Instituto Nacional de Bosques). 2000. Clasificación de tierras por capacidad de uso: aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala. Guatemala, Guatemala. (Manual no. 1). 96p
- INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2005. IV censo nacional agropecuario. Número de fincas censales, existencia animal, producción pecuaria y características complementarias de la finca censal y del productor (a) agropecuario. Guatemala, Guatemala. (Tomo IV). 345p
- Jackson J. ; Ash A. J. 1998. Tree-grass relationships in open eucalypt woodlands of northeast Australia: influence of trees on pasture productivity, forage quality and species distribution. *Agroforestry Systems* 40: 176-198
- Jones R. M. ; Hargeaves N. G. 1973. Improvements to the dry-weight-rank method for botanical composition. *Grass and Forage Science* 34 (3): 181-189
- \_\_\_\_\_ ; Jones R. J. 2003. Effect of stocking rates on animal gain, pasture yield and composition, and soil properties from setaria-nitrogen and setaria-legume pastures in coastal south-east Queensland. *Tropical Grassland*. 37(2): 65-83
- Kaimowitz D. ; Angelsen A. 2001. Will livestock intensification help save Latin America's tropical forests?. *In* Ibrahim M. Ed. Silvopastoral system for restoration of degraded tropical pasture ecosystems. International Symposium on Silvopastoral Systems. II Congress on Agroforestry and Livestock Production in Latin America. San José Costa Rica. P. 475-478
- Kellas J. D. ; Bird P.R. ; Cumming K. N. ; Kearney G. A. ; Ashton A. K. 1995. Pasture production under a series of *Pinus radiata*-pasture agroforestry systems in South-West Victoria, Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*. 46(6): 1285-1297

- Kemp D. R. ; Dowling P. M. 1991. Species distribution within improved pastures over central N. S. W. in relation to rainfall and altitude. Australian journal of Agricultural Research. 42 (4): 647-659
- León A. J. 2006. Aplicación de conocimiento local para toma de decisiones sobre el razonamiento agroecológico de pasturas degradadas en Petén, Guatemala. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 90p
- León Velarde C. ; Quiroz R. A. ; Cañas R. ; Osorio J. ; Guerrero J. ; Pezo, D. 2006. LIFE SIM: Livestock feeding strategies simulation models. Natural Resources Management Division. CIP (International Potato Center), Lima, Peru. (Working Paper no. 2006-1). 37p
- Loik M. E. ; Holl K. D. 1999. Photosynthetic responses to light for rainforest seedlings planted in abandoned pasture, Costa Rica. Restoration Ecology. 7(4): 382-391
- López M. ; Gómez R. ; Harvey H. ; Villanueva C. 2004. Caracterización del componente arbóreo en sistemas ganaderos de Rivas, Nicaragua. Encuentro 36(68): 114-133
- Macedo M. C. 2000. A integração lavoura e pecuária como alternativa de recuperação de pastagens degradadas. EMBRAPA Agropecuária del Oeste. (Documentos EMBRAPA no. 26). P. 90-104
- Maldonado G. ; Velásquez J. E. 1994. Determinación de la capacidad de carga y la ganancia de peso de bovinos en pastoreo de gramíneas nativas en el pie de monte Amazónico de Colombia. Pasturas Tropicales. 16(2): 2-8
- Maldonado O. ; Tavico O. ; Navas O. 1999. Las áreas protegidas de Guatemala, ¿Tienen amenazas? Estrategia nacional para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Guatemala. Proyecto GUA/97/G31. 59p

- Mannetje L. 't. ; Haydock K. P. 1963. The dry weight rank method for the botanical analysis of pasture. *Journal of the British Grassland Society* 18(4): 268-275
- Marín A. E. 1983. Registros para la evaluación económica de una explotación bovina. *In* Novoa B. ; Andrés R. Eds. Salud animal, manejo y administración en sistemas de producción de leche: compilación de documentos presentados en actividades de capacitación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. P. 71-102
- Mazzarino M. ; Ewel J. ; Berish C. ; Brown B. 1988. Efectos de una sucesión de cultivos en la fertilidad de suelos volcánicos respecto a la sucesión natural. *Turrialba*. 38(4): 345-351
- McIvor J. G. 2001. Pasture management in semi-arid tropical woodlands: regeneration of degraded pastures protected from grazing. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41(4): 487-496
- Meiklejohn J. 1955. The effect of bush burning on the microflora of a Kenia upland soil. *Journal of Soil Science of America* 6(1): 111-118
- Morales D. ; Klein C. ; Kunth S. 2002. Manual para el censo de árboles en potreros. UNIVERSITÄT GÖTTINGEN – CATIE. proyecto FRAGMENT. 26p
- Morello J. 1984. El Gran Chaco: el proceso de expansión de la frontera agrícola desde el punto de vista ecológico – ambiental. *In* CIFCA (Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales). Expansión de la frontera agropecuaria y medio ambiente en América Latina. Madrid, España. P. 341-396
- Muchagata M. ; Brown K. 2003. Cows, colonist and trees: rethinking cattle and environmental degradation in the Brazilian Amazonia. *Agricultural Systems*. 76: 797-816

- Müller M. M. ; Guimarães M. F. ; Desjardins T. ; Mitja D. 2004. The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian Amazon: a case study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 103: 279-288
- Muñoz G. D. 2004. Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 158p
- Myers N. 1981. The hamburger connection: how Central America's forests become north America's Hamburgers. *Ambio* 10 (1): 3-8
- Murgueitio E. ; Ibrahim M. ; Ramírez E. ; Zapata A. ; Mejía C. ; Casasola F. 2003. Usos de la tierra en fincas ganaderas: guía para el pago de servicios ambientales en el proyecto Enfoque Silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Primera Edición. Editorial Apotema Ltda., Medellín, Colombia. Cali, Colombia. 97p
- Navarro G. A. 2003. Re-examining the theories supporting the so-called Faustmann Formula. *In* Helles F. ; Strange N. ; Wichmann L. Eds. Recent accomplishments in applied Forest Economics Research. P. 19-38
- \_\_\_\_\_. 2004. Diseño y análisis microeconómico de los mecanismos monetarios de fomento a las plantaciones forestales en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente*. 43: 36-48
- Nichols J. D. ; Rosemeyer M. E. ; Carpenter F. L. ; Kettler J. 2001. Intercropping legume trees with native timber trees rapidly restores cover to eroded tropical pasture without fertilization. *Forest Ecology and Management*. 152: 195-209
- Ovalle M. C. ; Avendaño R. J. 1981. Determinación del valor pastoral en praderas naturales de la zona mediterránea subhúmeda y su relación con la carga animal. *Agricultura Técnica*. 41(4): 221=231

- Pearson V. L. 1986. Sistemas de producción bovina predominantes en el trópico Latinoamericano. *In* Arango N. L. ; Charry A. ; Vera R. R. (Eds). Panorama de la ganadería de doble propósito en la América Tropical. Memorias del seminario sobre ganadería de doble propósito. Bogota, Colombia, ICA. P. 29-43
- Penton G. 2000. Tolerancia del *Panicum maximum* cv Likoni a la sombra en condiciones controladas. *Pastos y Forrajes*. 23 (1): 79-86
- Pereira E. ; Batista J. 1991. Estudio de la carga y la especie de pasto sobre el comportamiento de toros en pastoreo. *Pastos y Forrajes*. 14(3): 243-251
- Pezo D. A. ; Escobar J. S. ; León-Velarde, C. U. 2003. LIFE-SIM-The dairy option: a simulation model to assess the impact of changes in year-round feeding strategies. *In* DTRI/NDA Workshop held in Quezon City, Philippines. 15 p.
- \_\_\_\_\_ ; Holmann F. , Arze J. 1999. Evaluación bioeconómica de un sistema de producción de leche basado en el uso intensivo de gramíneas fertilizadas, en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 23(19): 105-117
- \_\_\_\_\_ ; Ibrahim M. A. 1999. Sistemas Silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 275 p. (Materiales de Enseñanza no. 44).
- Plevich J. ; Nuñez C. ; Cantero J. Demaestri M. ; Viale S. 2002. Biomasa del pastizal bajo diferentes densidades de pino (*Pinus elliottii*). *Agroforestría en las Américas*. 9(33-34): 19-23
- Prado V. M. 1993. *Agrostología*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 133 p

- Radford J. Q. 2005. Variation in tree cover estimates derived from geographic information systems. *Ecological Management & Restoration*. 6(2): 139-142
- Ramos R. J. 1987. Efecto de la carga animal y la introducción de leguminosas sobre el comportamiento de praderas degradadas de estrella africana (*Cynodon nlefuensis*). Problema Especial. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 39p
- Reátegui K. ; Ruiz R. ; Cantera G. ; Lascano C. 1990. Persistencia de pasturas asociadas con diferentes manejos de pastoreo en un Ultisol arcilloso de Puerto Bermúdez, Perú. *Pasturas Tropicales*. 12(1): 16-24
- Restrepo C. 2002 Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco, Cañas, Costa Rica. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 102p
- Rincón C. A. 1999. Degradación y recuperación de praderas en los llanos orientales de Colombia. Villavicencio, Colombia. CORPOICA Regional 8. (Boletín Técnico no. 19). 48p
- Rodríguez C. J. ; Castro V. U. ; Morales R. A. ; Peck D. C. 2003. Biología del salivazo *Prosapia simulans* (Homoptera: Cercopidae), nueva plaga de gramíneas cultivadas en Colombia. *Revista Colombia de Eentomología*. 29(2): 149-155
- Ruiz A. F. ; Gómez F. R. ; Harvey C. A. 2005. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de Matiguás, Nicaragua. Managua, Nicaragua. TROPITECNICA-NITLAPAN-UCA. 40p
- Sánchez P. A. 1981. Suelos del trópico: características y manejo. San José, Costa Rica. IICA. (Libros y Materiales Educativos no. 48). 634p



- Sánchez J. M. ; Coward J.; Jiménez C. ; Sosa R. ; López C. 1985. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época seca sobre producción y valor nutritivo del pasto Kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. *Agronomía Costarricense*. 9(2): 219-227
- Sánchez A. A. ; Baeza W. A. 1995. Control químico de maleza para el establecimiento de dos pastos mejorados en praderas degradadas y suelos no mecanizables del norte de Yucatán. *Agricultura Técnica en México*. 21(2): 159-170
- Sanderson M. A. ; Stair D. W. ; Hussey M. A. 1997. Physiological responses of perennial forages to stress. *Advances in Agronomy*. 59: 172-224
- Sears P. D. 1950. Soil fertility and pasture growth. *Journal of the British Grassland Society* 5(4): 267-280
- Schwarz M. ; Zimmermann N. E. 2005. A new GLM-based method for mapping tree cover continuous fields using regional MODIS reflectance data. *Remote Sensing of Environment*. 95: 428-443
- Sheuyange A. ; Oba G. ; Weladji R. B. 2005. Effects of anthropogenic fire history on savanna vegetation in northeastern Namibia. *Journal of Environmental Management*. 75: 189-198
- Smoliak S. 1956. Influence of climatic conditions on forage production of shortgrass rangeland. *Journal of Range Management*. 9: 89-91
- Solano A. R. 1994. La ganadería: ¿actividad destructora del medio ambiente?. *Agroforestería en las Américas* 1 (3): 4-5

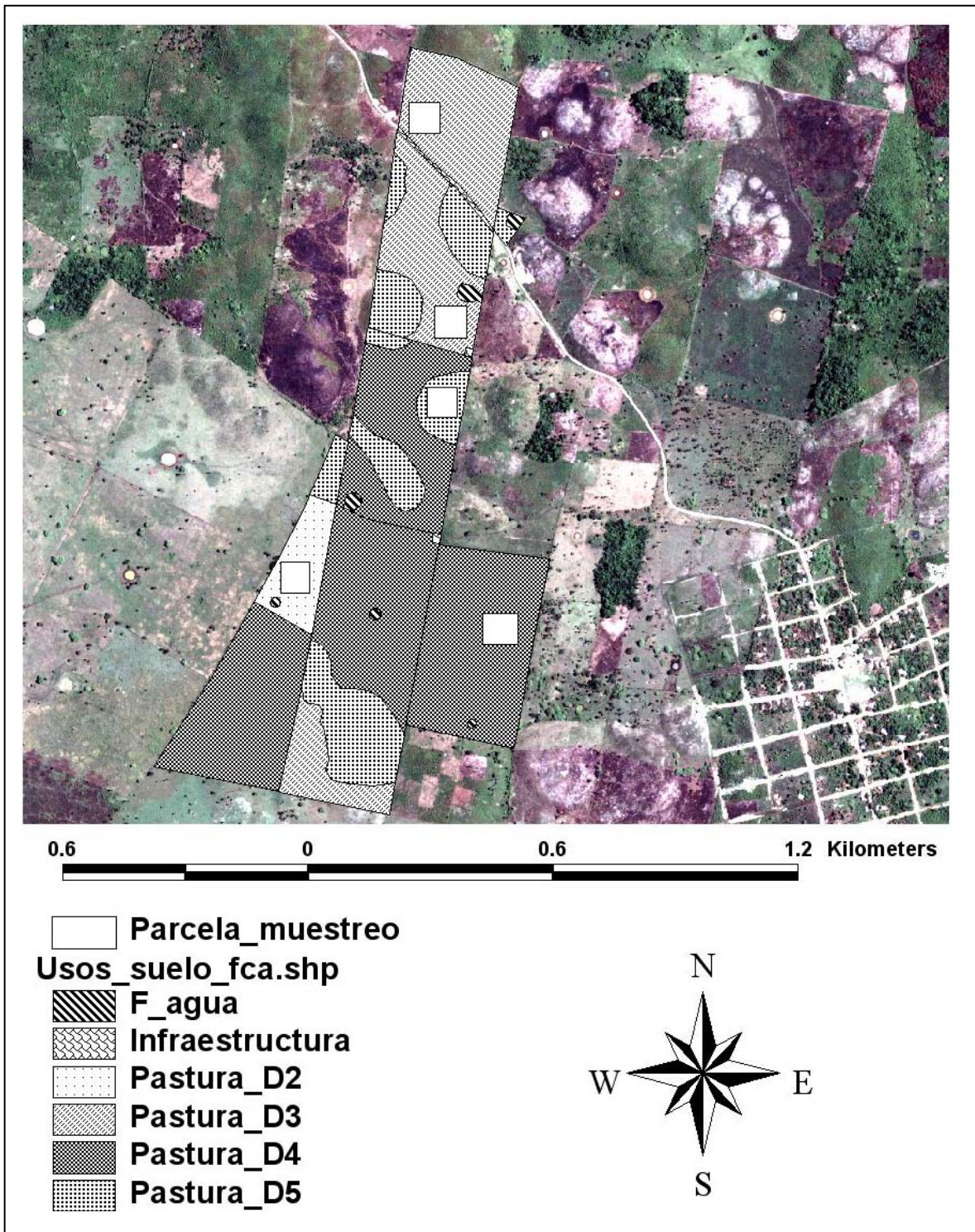
- Somarriba E. 1995. Guayaba en potreros: establecimiento de cercas vivas y recuperación de pasturas degradadas. *Agroforestería en las Américas*. 2(6): 27-29
- \_\_\_\_\_. 2002. Estimación visual de la sombra en cacaotales y cafetales. *Agroforestería en las Américas*. 9(35-36): 86-94
- Spain J. M. ; Gualdrón R. 1988. Degradación y rehabilitación de pasturas. *In* Lascano C. E. ; Spain J. M. Eds. Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoque de la investigación. VI Reunión del Comité de Evaluación de Pastos Tropicales. Veracruz, México. (Memorias RIEPT-CIAT). P.268-283
- Steel R. G. ; Torrie J. H. 1996. Bioestadística: principios y procedimientos. Primera Edición. Editorial McGraw-Hill / Interamericana de México. México D. F., México. 622p
- Steinfeld H. ; De Haan C. ; Blackburn H. 1997. Livestock and the environment: Issues and options. United Kingdom. FAO. 56p
- \_\_\_\_\_. 2000. Producción animal y el medio ambiente en Centroamérica. *In* Pomareda C. ; Steinfeld H. Eds. Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales. San José, Costa Rica. P. 17-32
- Stuedler P. A. ; García M. D. ; Piccolo M. C. ; Nelly C. ; Melillo J. M. Feigl B. J. ; Cerri C. C. 2002. Trace gas responses of tropical forest and pasture soils to N and P fertilization. *Global Biogeochemical Cycles*. 16(2): 7-13
- Stibig H. J. ; Achard F. ; Fritz S. 2004. A new forest cover map of continental Southeast Asia derived SPOT-VEGETATION satellite imagery. *Applied Vegetation Science*. 7: 153-162
- Sundberg J. 1998. NGO landscape in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. *Geographical Review*. 88(3): 388-412

- Szott L. ; Ibrahim M. ; Beer J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 71 p. (Serie técnica /Informe Técnico no. 313). 133 p
- Tilley J. ; Terry R. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society. 18: 104-11
- Toro M. N. Productividad animal en pasturas de *Brachiaria humidicola* (CIAT 679) solo y en asociación con *Desmodium ovalifolium* (CIAT 13089) bajo un sistema de manejo flexible del pastoreo. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 111p
- Townsend C. R. ; De Costa N. L. ; Magalhaes J. A. Pereira R. G. ; Mendes A. M. ; Resende L. A. 2003. Chemical characteristics of soil in degraded pastures of *Brchiaria brizantha* cv. Marandú treated with different rates and frequency of acidity regulator and fertilizer. Pasturas Tropicales. 25(3): 18-23
- Ugarte J. ; Domínguez G. H. 1980. Efecto de la disponibilidad del pasto sobre el consumo de ensilaje y la producción de leche. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 14(1): 13-19
- Uhl C. ; Kauffman J. B. 1990. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the Eastern Amazon. Ecology. 71(2): 437-449
- Upton M. 1993. Livestock productivity assessment and modeling. Agricultural Systems 43(4): 459-472
- Valérico J. R. ; Nakano O. 1989. Danos causados pelo adulto da *Zulia entreriana* na producao e qualidade de *Brachiaria decumbens*. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 23(5): 447-453

- Villacís J. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. Thesis Mg. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 128p
- Villanueva C. ; Ibrahim M. ; Harvey C. Esquivel H. 2003. Topologías de fincas con ganadería bovina y cobertura arbórea en pasturas en el trópico seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10(39-40): 9-16
- Wadsworth J. 1992. Dual purpose cattle production: a systems overview. *In* Anderson S. ; Wadsworth J. Eds. *Dual purpose cattle production research*. Mérida, México. Universidad Autónoma de Yucatán. P. 2-27
- \_\_\_\_\_. 1997. Análisis de sistemas de producción animal: las herramientas básicas. Roma, Italia. FAO. (Tomo II). 108p
- Wong C. C. ; Stur W. W. 1996. Persistence of tropical forage grasses in shaded environments. *Journal of Agricultural Science*. 126: 151-159
- Wu R. ; Tiessen H. 2002. Effect of land use on soil degradation in Alpine grassland soil, China. *Soil Science Society of America*. 66: 1648-1655
- Zelada S. E. 1996. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la zona atlántica de Costa Rica. Thesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 88p
- Zhong S. Y. ; Lin L. Y. ; Yuan C. J. ; Zhi Z: W. 2004. Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China. *Catena*. 59: 267-278

## **7 ANEXOS**

**Anexo 1.** Ejemplo de la ubicación de las parcelas de muestreo en las fincas seleccionadas



**Anexo 2.** Formato de muestreo para la metodología Botanal

**Datos de referencia**

Nombre del productor:	Fecha:
Código de potrero:	Pendiente de potrero:
Coordenadas de potrero:	Uso anterior:
Edad de la pastura principal:	
Peso de la muestra escala (1):	
Peso de la muestra escala (2):	
Peso de la muestra escala (3):	
Peso de la muestra escala (4):	
Peso de la muestra escala (5):	

**Datos del muestreo**

No	V <sup>1</sup>	Cobertura de Sp <sup>2</sup> palatables (%)				Cobertura no deseable (%)							
		Pasto (s)		Otras Sp: Gram <sup>3</sup> /HA <sup>4</sup>	Malezas				Otras cob				
					Gram		HA		SD <sup>5</sup>	SN <sup>6</sup>	P <sup>7</sup>		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
60													

<sup>1</sup>Escala visual, <sup>2</sup>Especies, <sup>3</sup>Gramineas, <sup>4</sup> Hoja ancha, <sup>5</sup>Suelo Desnudo, <sup>6</sup>Senescencia, <sup>7</sup>Piedras

**Anexo 3.** Ejemplo de calendario de pastoreo y rotación de potreros en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala.

CALENDARIO DE PASTOREO

Nombre del Productor: \_\_\_\_\_ Fecha: 20-04-05

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
<b>Mayo</b>						
2	Paridas y terneros, P1_D4 y D3	4	5	6	Vacas forras y el toro P5_D5	8
9	Paridas y terneros, P4_D4 y D3	11	12	13	14	15
16	17	Paridas y terneros, P3_D5 y D3	19	Vacas forras y el toro P6_D5 y D4	21	22
Paridas y terneros, P1_D2 y D3	24	25	26	27	Vacas forras y el toro P5_D1	29
30	Paridas y terneros, P4_D2 y D3	1	2	3	4	5
<b>Junio</b>						
6	Paridas y terneros, P3_D5 y D3	8	9	Vacas forras y el toro P6_D5 y D4	11	12
13	Paridas y terneros, P1_D2 y D3	15	16	17	18	19
20	Vacas forras y el toro P5_D5	22	23	24	Paridas y terneros, P4_D4 y D3	26
27	28	29	30	1	Paridas y terneros, P3_D5 y D3	3



**Anexo 4.** Formato para el inventario de árboles en porteros

**Datos de referencia**

Nombre del productor:

Código de potrero:

Fecha:

Realizado por:

**Datos del muestreo para árboles en potrero**

No. árbol	Nombre común	Dcop 1 <sup>a</sup> m	Dcop 2 <sup>b</sup> m
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

<sup>a</sup>Diámetro de copa uno; <sup>b</sup>Diámetro de copa dos.

**Anexo 5.** Formato de registro del cambio de inventario del hato ganadero.

Nombre del Productor:

Fecha:

Mes de monitoreo:

Categoría animal	No. <sup>1</sup> de Cabezas	Valor Unitario <sup>2</sup>	Valor Total
Terneros ≤ 1			
Terneras ≤ 1			
Vaquillas 12-24 Meses			
Vaquillas 24-36 Meses			
Novillos 8-24 Meses			
Novillos 24-36 Meses			
Toros			
Vacas Horras			
Vacas Paridas			
<b>TOTAL CABEZAS</b>			
Bestias Caballares			
<b>TOTAL de unidades animales</b>			
<b>MUERTES</b>			
Terneros ≤ 1			
Terneras ≤ 1			
Vaquillas 8-24 Meses			
Vaquillas 24-36 Meses			
Novillos 8-24 Meses			
Novillos 24-36 Meses			
Toros			
Vacas Horras			
Vacas Paridas			
<b>TOTAL</b>			
<b>COMPRAS</b>			
Terneros ≤ 1			
Terneras ≤ 1			
Vaquillas 8-24 Meses			
Vaquillas 24-36 Meses			
Novillos 8-24 Meses			
Novillos 24-36 Meses			
Toros			
Vacas Horras			
Vacas Paridas			
<b>Total</b>			

<sup>1</sup>Número, <sup>2</sup>Valor en la finca según el productor.

**Anexo 6.** Registro de variables socioeconómicas (costos e ingresos brutos)

**Datos de referencia**

Nombre del productor:

Fecha:

Mes de monitoreo:

**Costos**

Actividades	Mano de obra			Insumos			
	Costo DH <sup>1</sup> : Q <sup>2</sup>	Cant <sup>3</sup>	Contratada	MOF <sup>4</sup>	Descripción	Cant <sup>3</sup>	Precio _U <sup>5</sup>
<b>Manejo de Pasto</b>							
chapea inicial							
Siembra							
Chapia de manejo							
Fertilización							
Herbicida							
Cercas: MO <sup>6</sup>							
Postes1 (de relleno)							
Postes2 (Maestros)							
Alambre							
Rondas							
Otros: (árboles)							
Otros							
Otros							
<b>Manejo de Animales</b>							
Sales Minerales							
Concentrados							
Vitaminas							
Vacunas 1							
Vacunas 2							
Desparasitantes internos							
Desparasitantes externos							
Ordeño							
Sal común							
Otros							
<b>Componente arbóreo</b>							
Corte y acarreo de postes							
Leña							
Extracción de Madera							
Aserrio							
Otros							

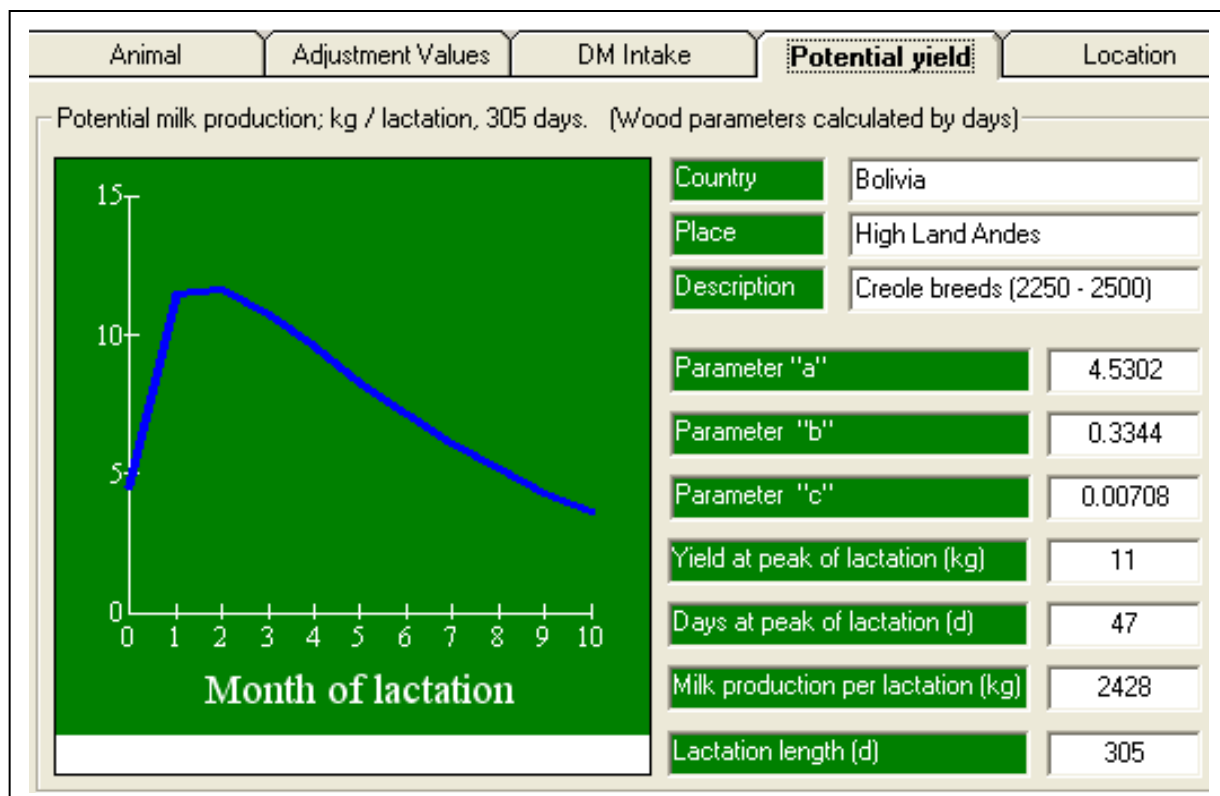
<sup>1</sup>Día Hombre, <sup>2</sup>Quetzales, <sup>3</sup>Cantidad, <sup>4</sup>Mano de obra familiar, <sup>5</sup>Unitario, <sup>6</sup>Mano de obra.

<b>Infraestructura</b>						
Aguadas						
Corrales: MO						
Alambre						
Postes						
Otros						
Herramientas:						
Machetes						
Palas						
Picos						
Azadón						
Otros: bomba						
Otros						

**Ingresos**

<b>Ventas</b>	<b>cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>precio</b>	<b>Auto Consumo (%)</b>	<b>Vendido (%)</b>
<b>De origen animal</b>					
Leche (media / día)		litros			
Crema		litros			
Queso		lb			
Animales (Categoría)		cabezas			
Terneros (as) ≤1					
Novillos		cabezas			
Novillas		cabezas			
Vacas		cabezas			
Toros		cabezas			
Otros (Suero)		litros			
<b>Del componente arbóreo</b>					
Postes1 (de relleno)		m <sup>3</sup> (Unidad)			
Postes2 Maestros		m <sup>3</sup> (Unidad)			
Madera		m <sup>3</sup>			
Leña		m <sup>3</sup>			
Forraje (hojas y frutos)		kg			
Otros					

**Anexo 7.** Curva de lactancia usada para la estimación de la producción de leche.



**Anexo 8.** Rotación de potreros en las fincas de El Chal vinculadas a esta investigación.

Finca	No. potreros	Días de Ocupación Verano	Días de Descanso Verano	Días de Ocupación Invierno	Días de Descanso Invierno
1	9	4	15	6	18
2	8	4	8	4	8
3	14	20	11	20	11
4	6	6	5	8	19
5	7	3	9	7	21
6	6	5	13	4	17
7	3	30	0	30	0
Media	8	10	9	11	13
DE*	3	11	5	10	8

\*DE: Desviación Estándar.

**Anexo 9.** Especies de pastos palatables presentes en los potreros muestreados.

Finca	Comunidad	Número de Potrero	Nivel de Degradación	Tipo SPP <sup>2</sup>	Especie de Pasto 1	Especie de Pasto 2	Especie de Pasto 3
1	La Sardina	1	4	1	Ruso	Angleston	Gramma
		2	4	1	Brizantha	Angleston	Gramma
		5	5	1	Angleston	Gramma	Ruso
		6	4	1	Brizantha	Ruso	Gramma
		7	4	1	Brizantha	-	-
		8	5	1	Ruso	-	-
		9	2	1	Victoria	Angleston	-
2	El Quetzal	2	4	2	Gramma	-	-
		4	5	2	Gramma	-	-
		6	3	2	Gramma	-	-
		7	3	2	Gramma	-	-
3	La Amistad	5	3	1	Mombasa	-	-
		7	4	2	Gramma	-	-
		10	4	2	Gramma	Brizantha	-
		11	4	1	Brizantha	Gramma	-
		12	3	1	Brizantha	Decumbens	Estrella
		13	2	1	Brizantha	Estrella	Gramma
		15	2	1	Brizantha	Gramma	-
4	ColPetén	3	4	1	Brizantha	Jaragua	Gramma
		4	5	2	Gramma	-	-
5	El Chal	2	4	1	Brizantha	-	-
		3	5	1	Brizantha	Decumbens	-
		4	4	1	Toledo	-	-
		5	4	1	Toledo	Decumbens	-
		6	4	1	Toledo	-	-
		7	3	1	Brizantha	Tanzania	-
6	La Sardina	1	2	1	Brizantha	-	-
		2	3	1	Brizantha	Estrella	Ruso
		5	4	2	Gramma	Angleston	-
		6	4	1	Brizantha	Angleston	-
7	La Pita	1	5	1	Brizantha	Ruso	-
		3	4	1	Ruso	Brizantha	-
SN <sup>1</sup>	San Juan	1	1	1	Brizantha	-	-

<sup>1</sup>Sin Número, el potrero descrito fue muestreado en una finca adicional a este estudio, <sup>2</sup>Especies de Pastos Palatables, (1) especies mejoradas, (2) especies naturales (Gramma).

**Anexo 10.** Estructura del hato ganadero, según la finca y el mes.

Fincas	Categoría Animal	Mes de monitoreo					
		febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio
1	Terneros ≤ 1 año	37	37	37	38	38	38
	Terneras ≤ 1 año	24	24	26	26	26	26
	Vaquillas 1 -2 años	8	8	8	8	8	8
	Vaquillas 2 - 3 años	10	10	9	8	8	8
	Novillos 1 -2 años	1	1	1	2	2	2
	Novillos 2 - 3 años	0	0	0	0	0	0
	Toros	1	1	1	1	1	1
	Vacas horras	5	5	4	4	4	4
	Vacas paridas	61	61	63	64	64	64
	Bestias caballares	6	6	6	6	6	6
	<b>Total</b>	<b>153</b>	<b>153</b>	<b>155</b>	<b>157</b>	<b>157</b>	<b>157</b>
	Unidades animales	<b>123,75</b>	<b>123,75</b>	<b>125</b>	<b>126,5</b>	<b>126,5</b>	<b>126,5</b>
2	Terneros ≤ 1 año	8	9	9	9	10	10
	Terneras ≤ 1 año	9	12	12	12	9	9
	Vaquillas 1 -2 años	0	0	0	0	0	3
	Vaquillas 2 - 3 años	0	0	0	0	0	0
	Novillos 1 -2 años	0	0	0	1	1	1
	Novillos 2 - 3 años	0	0	0	0	0	0
	Toros	1	1	1	1	1	1
	Vacas horras	5	1	1	1	1	1
	Vacas paridas	17	21	21	21	19	19
	Bestias caballares	2	2	2	2	2	2
	<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>43</b>	<b>46</b>
	Unidades animales	<b>35,5</b>	<b>37,5</b>	<b>37,5</b>	<b>38,25</b>	<b>35,25</b>	<b>37,5</b>
3	Terneros ≤ 1 año	14	18	15	13	13	14
	Terneras ≤ 1 año	11	15	15	13	13	13
	Vaquillas 1 -2 años	7	7	7	9	9	9
	Vaquillas 2 - 3 años	15	15	15	10	10	10
	Novillos 1 -2 años	1	6	11	13	23	22
	Novillos 2 - 3 años	0	0	0	0	0	0
	Toros	3	3	3	3	3	3
	Vacas horras	18	11	12	16	15	13
	Vacas paridas	25	33	30	26	26	27
	Bestias caballares	10	10	10	10	10	10
	<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>118</b>	<b>118</b>	<b>113</b>	<b>122</b>	<b>121</b>
	Unidades animales	<b>95,75</b>	<b>104,75</b>	<b>104,75</b>	<b>102,5</b>	<b>108,5</b>	<b>107,25</b>

Fincas	Categoría Animal	Mes de monitoreo					
		febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio
4	Terneros ≤ 1 año	5	5	5	3	4	4
	Terneras ≤ 1 año	10	10	13	15	14	12
	Vaquillas 1 -2 años	20	20	20	20	20	20
	Vaquillas 2 - 3 años	10	10	5	5	3	3
	Novillos 1 -2 años	0	0	0	0	0	0
	Novillos 2 - 3 años	0	0	0	0	0	0
	Toros	1	1	2	2	2	2
	Vacas horras	9	9	6	6	7	8
	Vacas paridas	15	15	18	18	18	16
	Bestias caballares	2	2	2	2	1	1
	<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>69</b>	<b>66</b>
	<b>Unidades animales</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>57,75</b>	<b>57,75</b>	<b>55,25</b>	<b>53,25</b>
5	Terneros ≤ 1 año	8	9	9	12	15	15
	Terneras ≤ 1 año	10	11	11	14	18	19
	Vaquillas 1 -2 años	3	3	0	0	0	0
	Vaquillas 2 - 3 años	0	0	0	0	0	0
	Novillos 1 -2 años	0	0	0	0	0	0
	Novillos 2 - 3 años	0	0	0	1	0	1
	Toros	1	1	1	1	1	1
	Vacas horras	23	23	25	17	13	8
	Vacas paridas	18	20	20	26	33	34
	Bestias caballares	2	2	3	3	3	3
	<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>69</b>	<b>69</b>	<b>74</b>	<b>83</b>	<b>81</b>
	<b>Unidades animales</b>	<b>57,25</b>	<b>60,25</b>	<b>62</b>	<b>63,75</b>	<b>69,5</b>	<b>66,75</b>
6	Terneros ≤ 1 año	10	10	0	1	3	4
	Terneras ≤ 1 año	10	10	12	12	12	12
	Vaquillas 1 -2 años	15	15	15	15	15	15
	Vaquillas 2 - 3 años	16	8	8	8	8	8
	Novillos 1 -2 años	8	8	18	18	18	18
	Novillos 2 - 3 años	0	0	0	0	0	0
	Toros	1	1	1	1	1	1
	Vacas horras	8	8	14	13	11	10
	Vacas paridas	20	20	12	13	15	16
	Bestias caballares	1	1	1	1	1	1
	<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>81</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>84</b>	<b>85</b>
	<b>Unidades animales</b>	<b>70,25</b>	<b>64,25</b>	<b>65,75</b>	<b>66,25</b>	<b>67,25</b>	<b>67,75</b>
7	Terneros ≤ 1 año	0	0	0	1	1	1
	Terneras ≤ 1 año	6	6	6	8	8	7
	Vaquillas 1 -2 años	6	6	6	6	6	5
	Vaquillas 2 - 3 años	10	10	10	9	9	9
	Novillos 1 -2 años	1	1	1	1	1	1
	Novillos 2 - 3 años	0	0	0	0	0	0
	Toros	1	1	1	1	1	1
	Vacas horras	3	3	2	1	0	1
	Vacas paridas	6	6	6	9	9	8
	Bestias caballares	3	3	3	3	5	5
	<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>38</b>
	<b>Unidades animales</b>	<b>31,75</b>	<b>31,75</b>	<b>30,75</b>	<b>33,5</b>	<b>36,5</b>	<b>35,25</b>

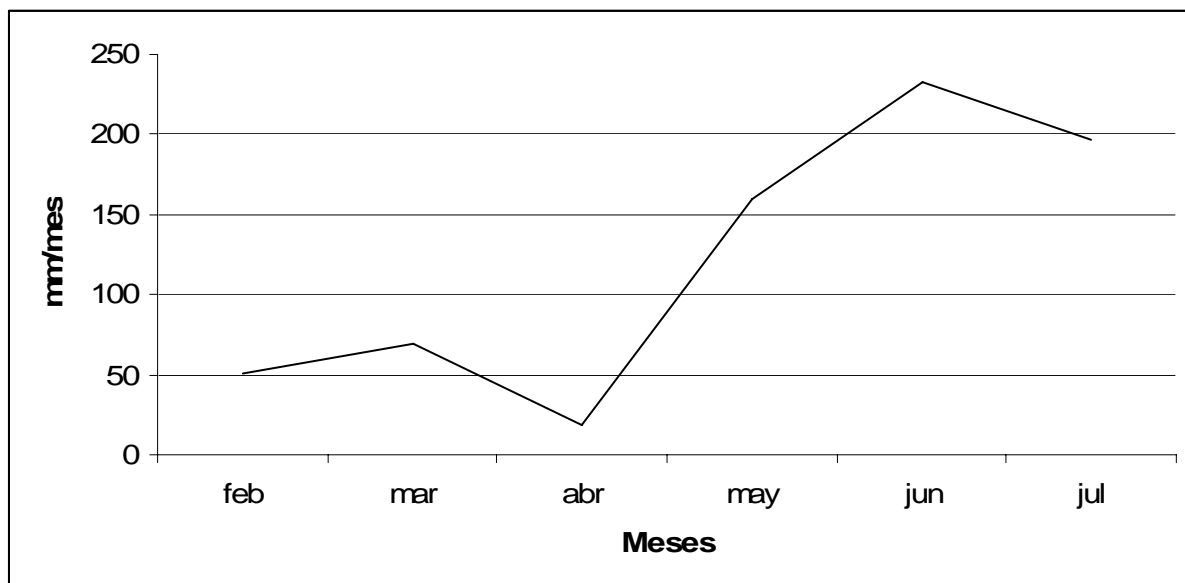


**Anexo 11.** Disponibilidad de pastos (kgMS/ha/mes), según el nivel de degradación en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala.

<b>Finca</b>	<b>Nivel de degradación</b>	<b>febrero</b>	<b>marzo</b>	<b>abril</b>	<b>mayo</b>	<b>junio</b>	<b>julio</b>
1	P_D5	311	673	520	1271	692	873
	P_D4	295	616	569	975	2643	4327
	P_D3	2082	862	602	1470	1286	3061
	P_D2	2168	2057	1590	3883	2813	3550
2	P_D5	425	404	312	762	552	697
	P_D4	419	397	302	331	414	522
	P_D3	657	1120	866	2115	1532	1933
3	P_D4	857	813	379	861	682	966
	P_D3	1372	1301	1006	1893	1189	2246
	P_D2	1625	1290	997	2435	1634	2226
4	P_D5	578	548	424	1036	821	947
	P_D4	961	1356	705	2560	2029	2341
	P_D3	1079	1023	791	1711	1356	1766
5	P_D5	383	281	217	531	421	485
	P_D4	634	601	465	959	760	2095
	P_D3	503	651	503	1229	974	1123
6	P_D4	627	421	460	795	630	727
	P_D3	688	846	717	1064	1614	4104
	P_D2	2701	1981	1532	3741	2965	1232
7	P_D4	982	720	197	1360	1077	685
	P_D3	462	438	339	827	599	756
SN <sup>1</sup>	P_D1	1046	2117	2777	6633	6701	7797

<sup>1</sup>Sin Número.

**Anexo 12.** Curva de precipitación (mm/mes), de las estaciones meteorológicas: Tikal y Flores, cercanas al área de estudio.



Fuente: INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología) de Guatemala. Datos sin publicar del año 2005.

**Anexo 13.** Resultados de la prueba T basada en dos muestras (dos métodos de estimación de cobertura arbórea).

Clasificación	Variable	Grupo (1)	Grupo (2)	n(1)	n(2)
Método	% Cob	{arcview}	{campo}	9	9

Media (1)	Media (2)	p(Var.Hom.)	T	p	prueba
18.71	19.56	0.7979	-0.15	0.8814	Bilateral

**Anexo 14.** Valores promedios por época de PC Y DIVMS (%), en las fincas bajo seguimiento de El Chal, Petén, Guatemala.

Finca	Nivel de degradación	Época seca		Época lluviosa	
		DIVMS	PC	DIVMS	PC
1	P_D2	47	8	65	11
	P_D3	35	6	62	10
	P_D4	40	10	73	17
	P_D5	38	7	66	13
2	P_D3	20	9	35	10
	P_D4	40	9	44	13
	P_D5	64	14	60	11
3	P_D2	38	8	62	12
	P_D3	44	9	48	7
	P_D4	54	13	57	9
4	P_D3	30	9	42	13
	P_D4	54	9	60	13
	P_D5	37	7	40	9
5	P_D3	32	8	44	6
	P_D4	35	9	49	16
	P_D5	50	14	55	15
6	P_D2	37	3	65	11
	P_D3	45	6	59	8
	P_D4	46	7	63	10
7	P_D3	44	5	65	12
	P_D4	56	7	71	11
SN <sup>1</sup>	P_D1	51	7	65	13

<sup>1</sup>Sin Numero

**Anexo 15.** Producción y pérdidas de leche por animal, estimadas con el modelo LIFE SIM para un periodo de un año, en las fincas bajo seguimiento en El Chal, Petén, Guatemala.

Finca	Nivel de degradación	Parámetros estimados			
		Producción (L/V/año) <sup>1</sup>	Pérdidas (L/V/año) <sup>1</sup>	Pérdidas (%)	Pérdidas (US\$)
1	P D1	1481,7	-	-	-
	P D2	1452	29,7	2	5,35
	P D3	1355,7	126	9	22,68
	P D4	1032,3	449,4	30	80,89
	P D5	1028,1	453,6	31	81,65
2	P D1	1410,9	-	-	-
	P D3	1395,9	15	1	2,85
	P D4	1303,8	107,1	8	20,35
	P D5	1239,6	171,3	12	32,55
3	P D1	1422,9	-	-	-
	P D2	1408,8	14,1	1	2,54
	P D3	1378,2	44,7	3	8,05
	P D4	1298,7	124,2	9	22,36
4	P D1	1495,8	-	-	-
	P D3	1464,9	30,9	3	6,18
	P D4	1381,5	114,3	16	22,86
	P D5	1309,5	186,3	12	37,26
5	P D1	1463,1	-	-	-
	P D3	1290	173,1	12	38,08
	P D4	1120,2	342,9	23	75,44
	P D5	705,9	757,2	52	166,58
6	P D1	1450,8	-	-	-
	P D2	1400,7	50,1	3	9,02
	P D3	1399,2	51,6	4	9,29
	P D4	1365	85,8	6	15,44
7	P D1	1400,1	-	-	-
	P D3	1174,2	225,9	16	31,63
	P D4	1151,4	248,7	18	34,82

<sup>1</sup>Litros por vaca por año. Tasa de cambio: 1 US\$ = 7.75 Quetzales.

**Anexo 16.** Producción y pérdidas de carne por animal, estimadas con el modelo LIFE SIM para un periodo de un año, en las fincas bajo seguimiento en El Chal, Petén, Guatemala.

Finca	Nivel de Degradación	parámetros estimados			
		Producción (kg/A <sup>1</sup> /año)	Pérdidas (kg/A <sup>1</sup> /año)	Pérdidas (%)	Pérdidas (US\$)
1	P_D1	338,85	-	-	-
	P_D2	282,99	55,86	16	57,54
	P_D3	233,4	105,45	31	108,61
	P_D4	223,23	115,62	34	119,09
	P_D5	190,29	148,56	44	153,02
2	P_D1	319,26	-	-	-
	P_D3	274,65	44,61	14	45,95
	P_D4	242,07	77,19	24	79,51
	P_D5	209,37	109,89	34	113,19
3	P_D1	328,05	-	-	-
	P_D2	282,21	45,84	14	47,22
	P_D3	228,93	99,12	30	102,09
	P_D4	226,47	101,58	31	104,63
4	P_D1	320,25	-	-	-
	P_D3	251,37	68,88	22	70,95
	P_D4	234,93	85,32	27	87,88
	P_D5	194,25	126	39	129,78
5	P_D1	318,18	-	-	-
	P_D3	228,21	89,97	28	92,67
	P_D4	217,11	101,07	32	104,10
	P_D5	141,96	176,22	55	181,51
6	P_D1	329,76	-	-	-
	P_D2	297,72	32,04	10	33,00
	P_D3	276,87	52,89	16	54,48
	P_D4	221,43	108,33	33	111,58
7	P_D1	334,53	-	-	-
	P_D3	236,88	97,65	29	100,58
	P_D4	227,04	107,49	32	110,71

<sup>1</sup>Animal. Tasa de cambio: 1 US\$ = 7.75 Quetzales.