

NOTA TÉCNICA

EFFECTO DEL CLIMA EN ANIMALES PASTOREANDO CAYMAN EN EL TRÓPICO MUY HÚMEDO DE COSTA RICA

Moisés Hernández-Chaves¹, Sergio Abarca-Monge¹, Roberto Soto-Blanco¹

RESUMEN

Efecto del clima en animales pastoreando Cayman en el trópico muy húmedo de Costa Rica. La respuesta animal al pastoreo se atribuye a la oferta y a la calidad de los forrajes ofrecidos durante la época seca y lluviosa. No obstante, el comportamiento animal ante las diferentes condiciones climáticas, durante su crecimiento como: temperatura, humedad, precipitación, viento, y sus interacciones, no se han tomado en cuenta. El objetivo principal fue el estudio de un sistema de manejo de pasturas denominado “Pastoreo Racional Voisin (PRV)” tomándose en cuenta las épocas de clima en relación al crecimiento de los forrajes y la respuesta animal. El PRV se ha convertido en una herramienta que comprenden bien los ganaderos costarricenses. Se utilizaron para las mediciones de las ganancias diarias de peso cinco grupos de machos de engorde entre octubre 2014 y diciembre 2018. El pasto Cayman (*Brachiaria* híbrido) mantuvo una buena cobertura, aunque de forma paulatina, algunas áreas en particular del sistema de producción, fueron invadidas por el pasto Ratana (*Ischaemum ciliare*) y otras arvenses de hoja ancha. La presencia de Cayman y Ratana fue diferente entre los apartos. En cuanto a los rendimientos de estos pastos en términos de Materia Seca (MS), incrementaron con los años y variaron significativamente entre las épocas con más lluvia y la de menor lluvia (época seca); no obstante, la oferta de forraje siempre fue alta. La ganancia diaria de peso (GDP) fue diferente según la época del año independientemente de la oferta de forraje, el índice de carga de calor promedio fue de 82,3 el cual se ubicó en el rango de caliente.

Palabras clave: Ganancia Diaria de Peso, Pasto Cayman, Pastoreo Racional Voisin, Brahman.

Keywords: Daily weight gain, Cayman Grass, Rational Voisin Grazing, Brahman.

INTRODUCCIÓN

Normalmente en condiciones tropicales la variación en el crecimiento de animales exclusivamente en pastoreo, se atribuye básicamente a la oferta y calidad de los forrajes que consumen en la época de menor y mayor precipitación del sitio. No obstante, el comportamiento animal ante las diferentes épocas del año, constituidas como tales

al conglomerar otras variables climáticas como temperatura, humedad relativa, precipitación y viento, no se han tomado en cuenta. Además, los ensayos de corta duración y pocos animales en condiciones controladas se distancian de la realidad vivida por los productores del trópico muy húmedo.

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. mhernandez@inta.go.cr, sabarca@inta.go.cr, rsoto@inta.go.cr

Por otra parte, en los meta-análisis de comparación entre el pastoreo continuo y el pastoreo rotacional (por apartos pequeños), no se observa evidencia que indique que uno es mejor que otro (Briske *et al.* 2008; Bailey y Brown 2011). Tampoco, que es posible que un sistema de *pastoreo holístico*² en zonas templadas genere un alto secuestro de Carbono (Briske *et al.* 2013). Sin embargo, los datos que prevalecen son de investigaciones realizadas fuera de la faja tropical, donde en algunos casos se pueden confundir las áreas áridas subtropicales con las tropicales secas. Mientras que otros autores consideran que el pastoreo holístico ordenado en parcelas puede ser una solución para una ganadería racional hasta en las regiones templadas de Estados Unidos (Carter *et al.* 2014).

No obstante, hay diferencias en los ecosistemas naturales de América (Cuadro 1) resumidas por Malhi *et al.* (1999) para los bosques de los

tres principales macro climas del continente, que sugieren que las coberturas vegetales de los pastizales también pueden ser diferentes. Las regiones tropicales están limitadas por los Trópicos de Cáncer y Capricornio, 23° 26" altitud Norte y Sur respectivamente. Costa Rica está en el trópico, pues se encuentra entre los paralelos 11° y 8° latitud norte, y aunque su vegetación original es boscosa (Holdridge 1978). Después de la colonización, las áreas dedicadas al pastoreo de las regiones húmedas, bajas y calientes (Veldkamp 1994) presentan características ecológicas similares al sur del Sahel africano, Los Llanos Orientales Colombianos y El cerrado de Brasil (Dixon *et al.* 2014). En estas regiones tropicales los pastos en su mayoría son de metabolismo fotosintéticos tipo C4, con tasas de asimilación del CO₂ y crecimiento, mayores que los tipos C3 (Gifford 1974). La degradación ruminal también es diferente debido al tipo de tejidos que componen sus estructuras anatómicas (Akin y Burdick 1975).

Cuadro 1. Diferencias entre bosques de tres latitudes de América.

Localización	Boreal	Templado	Tropical
Coordenadas	53°59' N, 105°7' W	35°57' N, 84°17' W	2°35' S, 50°06' W
Ciudad cercana	Prince Albert, Canadá	Oak Ridge, USA	Manaus, Brazil
Tipo de bosque	Coníferas siempre verdes	Hoja ancha caducifolia invierno	Hoja perenne
Principales especies	<i>Picea mariana</i> (Black spruce)	<i>Quercus alba</i> , <i>Quercus pinus</i> , >200 especies/hectárea	>200 especies/hectárea
Retención de carbono			
En vegetación (t ha ⁻¹)	64	57	121
En suelo (t ha ⁻¹)	343	96	123
Propiedades del bosque			
Max. índice de área foliar	3,3	4,9	5,6
Altura de copa (m)	9	26	30
Área basal (m ² ha ⁻¹)	31,5	20,1	30,0
Biomasa sobre el suelo (Mg ha ⁻¹)	50-60	155-170	330-370
Clima			
Temperatura prom. Verano (°C)	17	23	27 (estación seca)
Temperatura prom. Invierno (°C)	-20	5	24 (estación húmeda)
Precipitación (mm/año)	400	1400	2200
Días de crecimiento en el año	100	180	365
Periodo de captura de CO ₂	Mitad abril a principios de octubre	Mitad abril a mitad de octubre	Todo el año
Época seca	Sin periodo seco	Mitad junio a finales agosto	Mitad junio a finales octubre

Fuente: Malhi *et al.* (1999)

2 Manejo del ganado en periodos cortos de pastoreo, que se hace sobre un terreno para revertir los procesos de degradación y desertificación del suelo, a la vez que se genera una actividad económica. Savory 1983.

El Pastoreo Racional Voisin (PRV) además de ser uno de los métodos que más se ajusta a las condiciones tropicales, porque promueve el reciclaje de nutrientes y la acción biológica de procesos intensos para mantener una productividad primaria sostenible, mejora el aprovechamiento del forraje, utiliza periodos cortos de pastoreo, no permite una desmejora prolongada del forraje disponible, evita el consumo del rebrote tierno (Sánchez *et al.* 1997, Senra *et al.* 2005).

Técnicamente el periodo de descanso, rebrote o reposo, se define con el tiempo que se da a la pastura entre dos pastoreos consecutivos (Allen *et al.* 2011). De acuerdo con Blaser (1990) este periodo debe ser lo suficientemente prolongado para que las plantas recuperen la totalidad de sus reservas radicales y el follaje, a lo cual se le denomina, la primera ley del PRV. Incluye dos conceptos adicionales a las técnicas del pastoreo rotacional a tiempo fijo: 1.- puede variar con la época del año y otros factores ambientales y 2.- debe esperar la “llamarada de crecimiento” (Sorio 2012). En términos prácticos para el punto 1, aunque hay normalmente una dirección de giro (rotación), algunos apartos se pueden “brincar” por unos días y luego “retroceder” en el giro para pastorearlos cuando estén a punto de pastoreo (Sorio 2012). En otros casos, se pueden brincar del todo el giro, pero el forraje debe ser cosechado a mano o mecánicamente (Rúa 2014).

El periodo de pastoreo se define como el tiempo transcurrido desde que los animales ingresan al apto hasta que salen. En un esquema de PRV, este tiempo debe ser lo suficientemente corto para que el animal no pastoree una misma planta dos veces. De acuerdo con Sorio (2012), este tiempo no debe exceder un día de pastoreo, mientras que Rúa (2014) considera que puede extenderse hasta por tres días, lo cual se constituye en la segunda ley del PRV. De acuerdo con esta ley, este manejo causa el menor daño a las estructuras de reserva de la pastura, evita la reducción del consumo y deterioro de calidad del forraje. Esto impide que los animales consuman el rebrote que generalmente para las condiciones de Costa Rica sucede después del cuarto día en especies del género *Brachiaria*. (Orozco 2016). Esta condición permite optimizar y mantener la respuesta productiva del ganado, debido a un consumo y calidad estable del pasto.

De acuerdo con Allen *et al.* (2011) la asignación de forrajes, se define como la cantidad de biomasa comestible ofrecida en un apto, dividida entre las unidades animal por día que se introducirán para consumirla, esta normalmente se expresa en términos de Kg MS/UA/día. A esta medición en términos del PRV se le denomina *aforo* y se debe realizar en la finca por lo menos seis veces al año, con muestras tanto en la época lluviosa, como en la seca o menos lluviosa, de acuerdo con la zona de vida.

La tercera ley del PRV indica que hay que ayudar a los animales de exigencias alimenticias más elevadas para que consuman la mayor cantidad de forraje y de buena calidad, concordando con lo que indica Van Soest (1994), aspecto que se debe agregar al concepto agrostológico clásico de asignación de forraje.

Aunque el consumo a nivel práctico en finca es un concepto complejo, se puede indicar como la *proporción desaparecida* (consumida) del forraje ofrecido a los animales en un pastoreo (Mott 1960). Normalmente se mide mediante la diferencia entre la cantidad de forraje ofrecido antes del pastoreo y el remanente después del pastoreo (Allen *et al.* 2011). Bajo el enfoque PRV, se utilizan altas presiones de pastoreo (baja asignación de forraje). A estos pastoreos intensos se les denomina (en el lenguaje del PRV) pastoreos profundos (Rúa 2014). En el PRV la presión de pastoreo óptima (Mott 1960) más que la búsqueda de punto teórico donde se obtiene la mejor productividad por la relación carga animal y ganancia de peso, se basa en el manejo práctico observando las particularidades de cada finca, relacionando la oferta de forraje en un momento dado con un objetivo de producción o respuesta de los animales (Hodgson 1989). El periodo de ocupación o de estancia de los animales en un área definida de acuerdo con la definición de Allen *et al.* (2011) constituye la segunda ley del PRV. En el trópico húmedo de Costa Rica, en investigaciones pasadas de respuesta animal, se han notado incrementos de rendimientos con pastoreos cortos (Rocha 1978; Ibrahim 1994; Hernández *et al.* 1995; Hernández *et al.* 2014). El PRV basa su cuarta ley del PRV en los rendimientos regulares de acuerdo con Sorio (2012), en periodos muy cortos pero intensos de pastoreo, indicando que entre más días de pastoreo menor será la eficiencia de conversión

del alimento a producción (leche o carne), donde a mayores necesidades fisiológicas de los animales la eficiencia de pastoreo debe ser menor permitiendo eficiencias bajas de hasta un 40%. Sin embargo, Rúa (2014) considera que, en regiones tropicales de mesoamericanas, una alta eficiencia del pastoreo (de hasta 80%) es primordial para mantener contenidos bajos de lignina y materia seca muerta.

Por otra parte, el nivel de estrés calórico es una forma de medir el efecto en la producción animal producido por la variabilidad climática. En Costa Rica se ha observado que la producción de leche y el bienestar del ganado lechero son afectados cuando el animal sale de su zona de confort (Ruiz Jaramillo et al 2019). Una forma de cuantificar los niveles de estrés ha sido mediante el uso de índices bioclimáticos tales como el Índice de

Temperatura y Humedad (ITH) de Thom, (1959). Este índice se utiliza para indicar la falta de confort causada por los efectos combinados de la temperatura y la humedad del aire (Armstrong, 1994). No obstante, otro índice derivado del ITH, para ambientes calientes, pero no húmedos, denominado Índice de Carga de Calor (ICC) (Gaughan et al, 2008) considera además elementos como la temperatura de globo negro (variante que incluye la radiación) y la velocidad del viento, por lo que se considera una mejor opción para las regiones tropicales.

El estudio tuvo como objetivo evaluar un sistema de manejo de pasturas denominado "Pastoreo Racional Voisin (PRV)" tomándose en cuenta las épocas de clima en relación no solo con el crecimiento de los forrajes, sino con la respuesta animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se realizó en el área de ganadería de la Estación Experimental Los Diamantes (EELD), ubicada en Guápiles, cantón de Pococí, provincia de Limón. La zona de vida de acuerdo con la clasificación de Holdridge (1978) corresponde a Bosque Muy Húmedo Tropical con promedios históricos para la precipitación anual de 4332 mm y temperatura diaria promedio de 24,6 °C.

Determinación de épocas climatológicas

Con los registros de la Estación Experimental, se establecieron cuatro épocas o periodos de clima de acuerdo con la percepción de los ganaderos en relación con la nubosidad y forma de llover en la zona del Caribe Norte (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descripción de la percepción de épocas de lluvia y nubosidad en la zona Caribe Norte de Costa Rica. Guápiles, Costa Rica. Periodo (octubre 2014 - diciembre 2018).

Época	Nubosidad	Forma de lluvia
Seca	Poco nuboso	Poca lluvia
Lluviosa	Nuboso	Aguaceros fuertes
Poco Lluviosa	Menos nuboso	Lluvia moderada
Temporal	Muy nuboso	Lluvia persistente de baja intensidad

Con los valores de precipitación, evapotranspiración, temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento durante el periodo de la investigación, se realizó un análisis de varianza multivariado por medio del cual se determinó que efectivamente las épocas fueron diferentes para el periodo de estudio (Cuadro 3). Las épocas también de clasificaron de acuerdo al periodo ENOS que se presentó.

Cuadro 3. Variables utilizadas para determinar diferencias entre épocas de clima. Periodo 2014-2018. Guápiles, Costa Rica. Periodo (octubre 2014 - diciembre 2018).

Época	Periodo	Días		Precip.	Evpt	Temperatura Diaria (°C)			Humedad Relativa (%)			Radiación Solar	Velocidad Viento (Km/h)	
		Por Época	De Lluvia			mm/día	Max.	Min.	Promedio.	Max.	Min.		Promedio.	Max.
Lluviosa	15 may - 31 ago	108	62,5	18	4,2	31,1	22,8	25,9	100	72,9	93,8	1199	1,25	0,22
Poco lluviosa	1 ^{er} set-15 oct	45	18,3	8	4,2	32,1	22,4	26,1	100	67,6	91,7	1300	1,33	0,25
Temporal	16 oct - 14 feb	123	62,5	12	4,0	30,3	21,3	24,8	100	69,6	92,2	1169	1,32	0,22
Seca	15 feb-14 may	89	25,8	6	4,1	31,3	21,3	25,5	100	64,5	89,3	1495	1,41	0,31

Épocas son diferentes ($p > 0,05$). Prueba de Helling con nivel corregido por Bonferroni.

Pastura

El área seleccionada fue de 4,35 ha sembradas en el año 2012 con semilla certificada proveniente de México de *B. híbrido cv Caymán*[®] (Semillas Papalotla CR). La siembra se realizó al voleo, a razón de 7 a 8 kg/ha con una adecuada densidad para reducir pérdidas por lavado de semilla debido a las altas precipitaciones de la zona. En 2014, la pastura se dividió en 21 apartos (parcelas de pastoreo), de los cuales 14 tuvieron dos días de ocupación y los restantes siete apartos, tuvieron tres días de ocupación respectivamente; para un promedio ponderado por apartado de 2,4 días de pastoreo. El periodo máximo de reposo (rebrote) fue de 46 días. El pastoreo se realizó de la siguiente forma: durante la semana “lunes a jueves” se utilizaron los apartos de dos días, de viernes a domingo se utilizarán los apartos de tres días.

Manejo del pastoreo y los animales

Se pastorearon cinco grupos de animales todos machos, los primeros cuatro de la raza Brahman, el último un cruce entre Brahman x Simbrah. En el Cuadro 4 se presentan los datos para cada grupo.

Cuadro 4. Grupos de animales y sus características sometidos al PRV en pasto Cayman. Guápiles, Costa Rica. Periodo (octubre 2014 - diciembre 2018).

Grupo	Fecha de Ingreso	Fecha de Salida	Edad al ingreso	Cantidad	Evaluación	Peso inicial	Peso final
			(Meses)	(Animales)	(Días)	(kg PV)	
1	25 feb 2015	9 set 2015	19,5	12	299	300 (26)	508 (27)
2	14 oct 2015	15 dic 2016	17,5	10	428	432 (46)	575 (35)
3	16 mar 2017	18 oct 2017	22,5	15	216	376 (18)	475 (28)
4	18 oct 2017	5 ene 2018	26,2	12	79	334 (20)	460 (45)
5	5 mar 2018	21 ene 2109	20,7	12	322	358 (25)	452 (41)

() Desviación estándar

En los lapsos de tiempo entre la salida y el ingreso de los grupos de animales para medición, cuando los hubo, las pasturas fueron pastoreadas por vacas a una carga aproximada de 2,0 UA/ha mientras se asignaba el nuevo grupo de machos. Los animales de los grupos de medición se pesaron individualmente, aproximadamente cada 30 días para obtener el incremento de peso. De acuerdo al manejo de los lotes de animales de engorde en la zona; la carga animal se incrementó a medida que aumentó el peso de los animales, hasta alcanzar el peso de mercado (450 a 500 kg PV). El segundo grupo superó este peso, al estar en una evaluación de emisión de metano entérico (Soto y Abarca, 2018).

Disponibilidad forrajera y la composición botánica

Se estimó la disponibilidad de forrajes cada dos ciclos de pastoreo previo al ingreso de los animales, mediante el método de rango en peso seco propuesto por Haydock y Shaw (1975) es decir; seleccionando tres puntos representativos de la pastura a evaluar de 1 al 3, donde 1 representó el punto de menor y el 3 el de mayor disponibilidad de forraje. Los observadores calibraron su visión con estos puntos de referencia para realizar las muestras visuales. Para esto se utilizó un marco de 0.25 m² y se realizaron 30 visuales por apartado. Luego los puntos se cosecharon y se llevaron a peso seco constante, estimando la producción por punto para luego con los valores visuales se estimó la producción de forraje en base seca por regresión. La composición botánica se determinó cada cuatro ciclos de pastoreo, mediante el método del rango de peso seco propuesto por Mannelje y Haydock (1963). Para esto se utilizó un marco de 0.25 m² y se realizaron 30 visuales por parcela, utilizando los mismos puntos de muestreo para la estimación de disponibilidad forrajera. El observador estimó cuál de las especies ocupó el primer, segundo y tercer lugar en términos de peso seco.

Índice de carga de calor

A partir de los datos promedio diarios de temperatura y radiación se calculó la temperatura globo negro (T_{GN}) de acuerdo con Turco et al (2014).

$$TGN = (1,36 \times T_{aire}) - 2,358 \times (0,075 \times \ln(R)) - 0,562$$

Donde:

$$T_{GN} = \text{Temperatura globo negro } (^{\circ}\text{C})$$

$$T_{aire} = \text{Temperatura del aire a la sombra } (^{\circ}\text{C})$$

$$R = \text{Radiación solar (w/s)}$$

Posteriormente se realizó el cálculo del ICC de acuerdo con la ecuación de (Gaughan et al 2008) para temperaturas globo negro mayores a 25°C, mediante la siguiente fórmula:

$$ICC = 8,62 + (0,38 \times HR) + (1,55 \times T_{GN}) - (0,5 \times VV - 2) + (e^{2,4 - VV})$$

Donde:

$$ICC = \text{Índice de carga de calor}$$

$$HR = \text{Humedad Relativa}$$

$$T_{GN} = \text{Temperatura Globo Negro } ^{\circ}\text{C (Temp aire} * 0,942)$$

$$VV = \text{Velocidad del Viento}$$

Fases ENOS asociadas a grupos de pastoreo

Las fases del fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENOS por sus siglas en inglés) se dan en forma fortuita (IMN, 2019). Por lo tanto, aunque las fases se generan al azar, no presentan una frecuencia sistemática, tampoco presenta fechas definidas de ingreso y salida, además durante el ingreso y la salida de las fases se presentan lapsos de transición que no permiten indicar fechas de corte en forma clara. Así mismo, la severidad de las fases El Niño y La Niña varían entre años. No obstante, generan variaciones de clima que afectan la producción bovina en pastoreo (MIDEPLAN, 2019). Con las consideraciones anteriores y dado que hubo animales en las tres fases ENOS. Sin embargo, no todas las fases ENOS tuvieron todas las **épocas de clima con animales en evaluación (cuadro 5)**. Para la inferencia de épocas dentro de fases ENOS se utilizó la prueba de T de student basada en dos muestras. Mientras en forma independiente, las diferencias entre fases ENOS se realizaron a través de análisis de varianza y la diferencia de medias se detectó por la prueba de Tukey.

Cuadro 5. Relación entre épocas del año y fases ENOS para los Grupos de animales en PRV con pasto Cayman. Guápiles, Costa Rica. Periodo (octubre 2014 - diciembre 2018).

ENOS	El Niño		La Niña		Neutro	
Época	n	Grupos	n	Grupos	n	Grupos
Temporal	54	1 y 2	58	2, 4 y 5	24	1 y 4
Seco	32	1 y 2	10	5	49	1, 3 y 5
Lluviosa	24	1	0	0	120	2, 3 y 5
P. Lluviosa	24	1	10	2	36	2, 3 y 5

n=cantidad de datos individuales de ganancia diaria de peso (GDP)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición botánica y rendimiento

No se observaron efectos significativos para la interacción año*época para ninguna de las variables agronómicas. Los diferentes tipos de plantas que compusieron las pasturas tampoco presentaron diferencias con respecto a la época del año. Se observaron diferencias entre años para la presencia de pastos Cayman, Ratana y otras hojas anchas diferentes a leguminosas. El rendimiento presentó diferencias entre años y entre épocas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Composición botánica y rendimiento del híbrido Cayman en PRV en el trópico muy húmedo de Costa Rica. Guápiles, Costa Rica. Periodo (octubre 2015 - diciembre 2018).

Años	2015	2016	2017	2018
Composición Botánica	%			
Cayman	90,1a	90,8a	86,9ab	78,3b
Ratana	4,2a	5,3a	7,7a	15,9b
Otras Gramíneas	0,8a	0,2a	0,3a	0,7a
Leguminosas	1,5a	3,1a	3,3a	3,2a
Otras Hojas anchas	0,2a	0,1a	0,4a	1,1b
Ciperáceas	2,7a	1,2a	1,4a	0,84a
Año	Kg /ha/ciclo de pastoreo			
Materia Seca a 42 días	3814,4a	5814b	6715,9b	6500,9b
Época	Lluviosa	Poco lluviosa	Temporal	Seca
Materia Seca a 42 días	6613,9a	5913,3 ab	5707,7ab	4181,1b

Medias con una letra común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El pasto Cayman mantuvo una buena cobertura, aunque paulatinamente, algunas áreas específicas de las pasturas fueron invadidas por el pasto Ratana y otras hojas anchas. La presencia de Cayman y Ratana fue diferente entre apartos pequeños y grandes (Cuadro 7), lo que sugiere que el Cayman perdió presencia más por un aspecto de manejo propiamente, que por competencia inter-específica. Posiblemente, en forma proporcional en los apartos pequeños, las áreas de abrevadero, saladeros y sitios de sesteo de los animales sufrieron más pisoteo, encharcamiento y volcamiento.

Cuadro 7. Presencia Cayman y Ratana en dos diferentes tamaños de apartos con PRV en el trópico muy húmedo de Costa Rica. Guápiles, Costa Rica. Periodo (octubre 2014 - diciembre 2018).

Especie	Aparto	Presencia (%)
Cayman	Pequeño	83,0 a
	Grande	91,0 b
Ratana	Pequeño	10,7 a
	Grande	5,0 b

Medias con una letra común en la misma especie no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

No obstante, a lo anterior, no se observaron diferencias estadísticas en el rendimiento de la pastura en relación con el tamaño del apartado, aunque hubo una leve tendencia de 3,7% en favor de la parcela grande. En términos generales, los

rendimientos de MS se incrementaron paulatinamente con los años y aunque estos variaron significativamente entre las épocas lluviosas y secas, la oferta de forraje siempre fue suficientemente alta durante todo el año, en comparación con los datos de otras investigaciones realizadas en años anteriores en Guápiles con *Brachiaria brizantha* (Ibrahim 1994, Hernández *et al.* 1995).

Consumo y valor nutritivo

La estimación del consumo voluntario de materia seca arrojó un valor de $2,43 \pm 0,45$ % PV. La digestibilidad *in situ* en octubre de 2016 (periodo de temporal) presentó un promedio de $60,7 \pm 3,7$ % mientras en abril de 2017 (periodo seco) fue de $61,8 \pm 4,1$ % ambos valores a las 48 horas y considerados adecuados.

Cuadro 8. Calidad nutritiva de pasto del híbrido Cayman en PRV en el trópico muy húmedo de Costa Rica. Guápiles, Costa Rica. Periodo (octubre 2014 - diciembre 2018).

Época	PC	FDN	FDA	Lignina	Cenizas
	%				
Lluviosa	6,3 a	64,0 a	31,3 a	2,8 bc	10,6 b
Poco Lluviosa	7,4 a	63,1 a	41,8 b	5,3 a	12,6 a
Seca	7,3 a	62,4 a	38,0 ab	2,5 c	11,6 ab
Temporal	6,5 a	66,8 a	37,3 ab	4,4 ab	10,3 b

Medias con una letra común en la misma especie no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

De acuerdo con el cuadro 8, no se observaron diferencias estadísticas para PC y FDN. En cuanto al contenido de FDA presentó diferencias estadísticas, el valor más alto se obtuvo para la época poco lluviosa (1^{er} set-15 oct) aunque no difiere de las épocas seca y temporal. Así mismo, en forma coincidente, la lignina y las cenizas también fueron más altas para la época poco lluviosa, aunque la primera no fue diferente del temporal y la segunda de la época seca. Las épocas lluviosa y seca presentaron los valores más bajos de lignina. Esto se puede deber a varios factores, entre los que podrían estar en forma asociada, una mayor cantidad de biomasa remanente de pastoreo recién pasados, que incrementa la cantidad de biomasa senescente y proporción mayor de tallos producto de un pastoreo más alto (menos eficiente) posiblemente por un menor consumo

de pasto durante el periodo de lluvias intermitente (poca lluvia) y temporal (lluvia continua de baja intensidad) de los animales.

Carga Animal

La carga animal promedio fue de 2,4 (0,43) UA/ha (Figura 1), la misma se considera alta para la zona. Las variaciones se debieron a la disponibilidad de semovientes, el peso inicial y el crecimiento de los animales y no al soporte del pasto Cayman, el cual mantuvo un buen comportamiento en las cargas más altas. No fue posible establecer una relación razonable entre las épocas del año y los periodos ENOS en relación con esta variable; posiblemente debido a la forma de manejo de los grupos de animales.

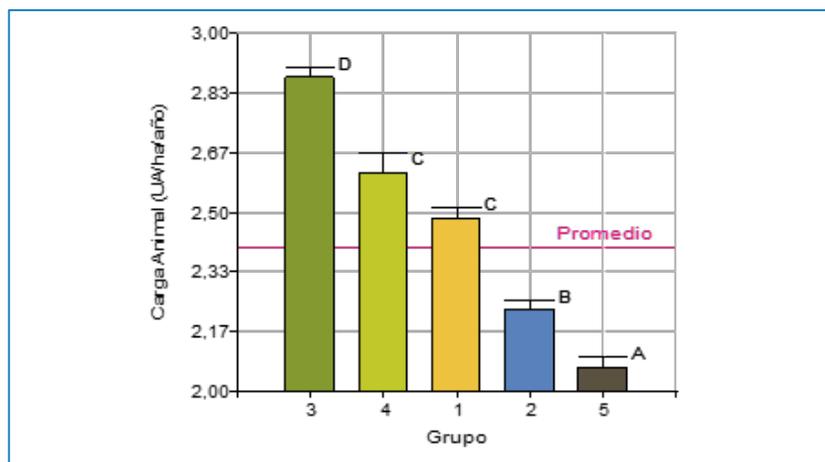


Figura 1. Carga animal durante el período en estudio. Guápiles, Costa Rica. Año 2014 - 2018

Ganancia diaria de peso (GDP)

La figura 2 se presentan las GDP por épocas y fases ENOS, la época con mejor GDP fue la seca. Las épocas poco lluviosa, lluviosa y temporal no presentaron diferencias, aunque se observó una tendencia a la reducción donde el menor valor fue para el temporal. Mientras que para las tres fases ENOS se presentaron diferencias.

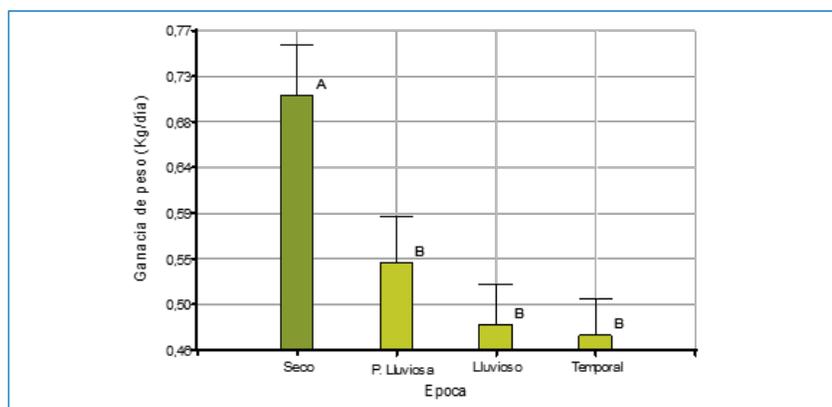


Figura 2. Ganancia diaria de peso por época y fase ENOS. Guápiles, Costa Rica. Año 2014 - 2018

El cuadro 7 presenta los promedios y sus desviaciones de comparaciones entre pares para las épocas dentro de fenómeno ENOS y para las épocas en que hubo animales en medición. Se observa que la época seca en las tres fases presentó la mejor GDP. La época de temporal de La Niña presentó diferencias con respecto a las fases EL Niño y Neutral donde se observaron las GDP menores. En la época lluviosa la fase neutra mostró un GDP baja similar a las de temporal de esta misma fase y EL Niño. En la época lluviosa de El Niño se obtuvo la mayor GDP, 34% más alto con respecto La Niña para la misma época, aunque no mostraron diferencias significativas entre ambas fases, si como entre La niña y la fase Neutral.

Cuadro 9. GDP por épocas y fases ENOS para los Grupos de animales en PRV con pasto Cayman. Guápiles, Costa Rica. Periodo (octubre 2014 - diciembre 2018).

Fase	El Niño	La Niña	Neutral
Época	(s)	(s)	(s)
Temporal	0,33 (0,25) a	0,64 (0,30) b	0,29 (0,16) a
Seca	0,72 (0,25) a	0,82 (0,20) a	0,72 (0,37) a
Lluviosa	0,55 (0,41) a	SD	0,36 (0,36) b
P. Lluviosa	0,86 (0,46) a	0,57 (0,19) ab	0,42 (0,43) b

̄: Promedio; (s): Desviación estándar; n: número de animales con GDP; SD: Sin Dato

Medias en la fila con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La fase ENOS con menor GDP fue la neutra, coincidiendo con lo que indican los ganaderos. Sin embargo, con respecto a la fase ENOS las emergencias en la región Caribe se han decretado al final de la época de temporal de la fase La Niña (MIDEPLAN, 2019).

Índice de carga de calor

Los coeficientes de estimación lineal de las diferentes variables climáticas que se asociaron a la ganancia de peso se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 8. Variables climáticas con coeficientes de estimación lineal significativos en relación con la GDP de animales en PRV con pasto Cayman. Guápiles, Costa Rica. Periodo (octubre 2014 - diciembre 2018).

Variable	Estimado (b)	Unidades	Constante (m)
Temp. Mín Diaria	-7,0E-02	°C	2,07
Dif. Térmico Max-Min	1,3E-01	°C	-0,68
Precipitación	-2,0E-02	mm	0,66
Días con Lluvia	-1,0E-02	Días	0,68
Escurrimiento	-2,0E-02	%	0,62
Humedad Relativa	-8,0E-01	%	7,9
Radiación Solar	7,0E-04	W/m ²	-0,42
Velocidad viento	6,0E-02	m/s	1,59

Todos los valores (b m) con $p < 0,0001$

En relación con la temperatura del aire, no se obtuvo correlaciones significativas con respecto a temperatura promedio y máxima diarias sobre la GDP. No obstante, se observaron dos relaciones desde el punto de vista estadístico beneficiosas; la primera una correlación negativa entre la ganancia de peso y la temperatura mínima diaria y la segunda positiva sobre el diferencial térmico del día. Es posible que los animales en una proporción importante del día estuvieran cerca del límite máximo del umbral de resistencia al calor. Por lo tanto, entre mayor fue la reducción de temperatura, se incrementó el confort, notándose un mejoramiento de la GDP en la medida que se redujo la temperatura mínima y se incrementó el diferencial térmico, que normalmente en el trópico húmedo se da más por la caída de la temperatura mínima, que por el incremento de la máxima.

En relación con la lluvia, la cual es abundante en la zona tropical muy húmeda (Holdridge 1978), se observó que influyó en la reducción de la GDP en la medida que los días de lluvia y la precipitación acumulada se incrementaron. Una relación similar se presentó sobre la ganancia de peso y el escurrimiento en porcentaje estimado como la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial diarias. Esta última variable podría estar asociada al nivel y lapso de saturación de humedad del suelo, que produce el llamado “encharcamiento” de los suelos pastoreados en los días con alta precipitación, baja evapotranspiración o ambas a la vez, posiblemente produjeron incomodidad a los animales para descansar y pastorear en apartos pequeños del PRV, diseñados para proveer forraje, sin tomar en cuenta el “confort” de los animales en las épocas críticas en esta zona de vida muy lluviosa. En la misma línea se observó una reducción de la GDP en función del incremento de la humedad relativa promedio, la cual siempre fue alta, sucediendo que la reducción fue lo que se dio y favoreció la GDP, dado que la máxima siempre fue del 100%. Dos variables que correlacionaron positivamente con la GDP fueron el viento y la radiación solar incidente, lo cual es de suma importancia en la selección de índices de medición de “stress térmico” en bovinos en pastoreo en las condiciones cercanas al extremo superior de confort, donde la acción del viento y de la energía solar podrían producir efectos refrescantes o “estresantes” de acuerdo con sus variaciones, dado el estrecho margen de variación de la temperatura y humedad en esta zona ecológica y que son las únicas variables a tomar en cuenta en otros índices de “stress térmico” en bovinos.

La figura 3 muestra que el mejor ICC se obtuvo durante la época de temporal, donde las GDP en general fueron bajas (0,46 kg/d) seguido de la época seca donde se presentaron las mejores GDP (0,73 kg/d). Esta contraposición se puede explicar al observar en la misma figura 3, el gráfico de días con exceso de humedad, donde la época de temporal fue la más crítica, especialmente durante El Niño y la fase Neutra del ENOS (cuadro7). Lo anterior sugiere que bajo las condiciones tropicales muy húmedas como en las que se llevó a cabo esta investigación es necesario observar, además de la humedad relativa, la cantidad de agua en el ambiente en función de la saturación de suelo, encharcamiento, forma en que cae la lluvia y los lapsos de tiempo durante

el día, así como la nubosidad que en este caso se explica con una baja radiación solar para esta época.

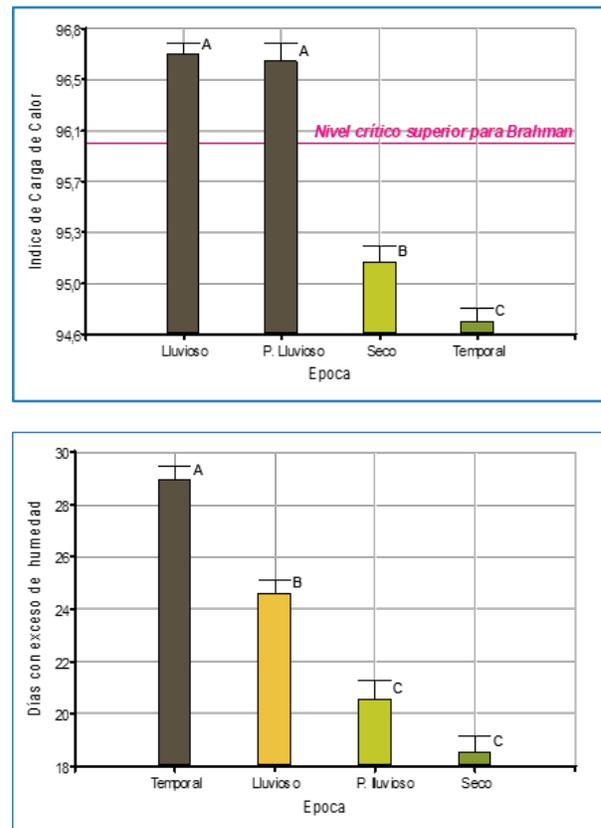


Figura 3. Índice de carga de calor por época para los días de pastoreo de animales en PRV de Cayman. Guápiles, Costa Rica. Año 2014 - 2018

En conclusión, el pasto Cayman en PRV presentó para todas las épocas del año suficiente biomasa forrajera, así mismo mantuvo su calidad nutritiva y una adecuada cobertura especialmente en los apartos de mayor tamaño, posiblemente ante una proporción menor de áreas de sesteo y pisoteo con encharcamiento cerca de los bebederos, con respecto a los apartos pequeños. La carga animal siempre se mantuvo sobre 2,0 UA/ha, llegando hasta 2,8 por periodos de tres a cuatro meses.

El promedio general de GDP se situó en 0,51 kg/día con un rango entre -1,1 y 1,94 para la máxima y mínima GDP obtenida. De acuerdo con los datos presentados anteriormente, este amplio rango de variación se atribuyó a una alta proporción al efecto del clima sobre los animales en las diferentes épocas del año. No obstante, el ICC

fue de fácil implementación, no midió en forma precisa el efecto del “stress” en los animales, al no incluir variables con efectos importantes para la respuesta animal en condiciones muy húmedas, como son la precipitación y saturación del suelo con bajos niveles de Evapotranspiración como sucede en la época de temporal en la región.

Con base en los resultados del presente estudio, es necesario mejorar las GDP durante las épocas críticas (temporal y lluviosa), mediante ajustes en los modelos de producción, especialmente bajo la realidad de los productores de la zona de vida muy húmeda, con una base realista sobre las dimensiones de finca de la región Huetar

Caribe de Costa Rica. Debido a que las especies de pasto Cayman manejadas bajo un PRV como el estudiado en este trabajo, soportaron cargas animales del doble de carga al observado en la región (INEC 2015), supliendo cantidades y calidades adecuadas de forraje para sostener GDP altas como las observadas para la época seca en este estudio. Es necesario replantear en los sistemas de producción bovinos del trópico húmedo, aspectos como la ubicación de bebederos, sistemas de caminos y senderos de acceso a las pasturas “sistemas viarios de acuerdo al lenguaje PRV”, lugares de albergue voluntario y suplementación estratégica, con el fin de mejorar la ganancia de peso.

LITERATURA CITADA

Akin, D; Burdick, D. 1975. Percentage of tissue types in tropical and temperate grass Leaf blades and degradation of tissues by rumen microorganisms (en línea). *Crop Science* 15:661-668. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/15/5/CS0150050661>

Allen, C; Batello, EJ; Berretta, J; Hodgson, M; Kothmann, XLi; McIvor, J; J. Milne, J; Morris, C; Peters, A; Sanderson, M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals (en línea). *Grass and Forage Science* 66:2-28. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>

Armstrong, D. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. DairySci.* 77: 2044-2050. Consultado 30 mar 2020. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030294771496>

Bailey, W; Brown, J. 2011. Rotational grazing systems and livestock grazing behavior in shrub-dominated semi-arid and arid (en línea). *Rangeland Ecology & Management* 64(1):1-9. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1550742411500089>

Blaser, R. 1990. Manejo do complexo pastagem – animal para a avaliação de plantas e desenvolvimento de sistemas de produção de forragens. (2 ed.). FEALQ (Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz), Piracicaba, Brasil. 205 p.

Briske, D; Bestelmeyer, B; Brown; Fuhlendorf, S; Polley, W. 2013. The savory method cannot green deserts or reverse climate change. *Rangelands* 35(5):72-74.

Briske, D; Derner, J; Brown, S; Fuhlendorf, S; Teague, W; Havstad, K; Gillen, R; Ash, A; Willms, W. 2008. Reconciliation of perception and experimental evidence (en línea). *Rangelands Rangeland Ecology & Management* 61(1):3-17. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1550742408500078#>

Carter, J; Jones, A; O'Brien, M; Ratner, J; Wuerthner, G. 2014. Holistic management: misinformation on the science of grazed ecosystems (en línea). *International Journal of Biodiversity*. Article ID 163431:1-10 pages. Consultado 16 jun. 2019. Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/ijbd/2014/163431/abs/>

Dixon, A; Faber-Langendoen, D; Josse, C; Morrison; Loucks, C. 2014. Distribution mapping of world grassland types. *Journal of Biogeography*.

- 41, 2003-2019. Consultado 16 jun. 2019. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jbi.12381>
- Gaughan, J. B.; Mader, Terry L.; Holt, S. M.; and Lisle, A. 2008. A New Heat Load Index for Feedlot Cattle. Faculty Papers and Publications in Animal Science. 613. Consultado 16 jun. 2019. Disponible en <https://digitalcommons.unl.edu/animalscifacpub/613>
- Gifford, R. 1974. A comparison of potential photosynthesis productivity and yield of plant species with different photosynthetic metabolism. *Australian Journal Plant Physiology* 1:107-117.
- Haydock, KP; Shaw, NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15:663-669.
- Hernández, M; Argel, P; Ibrahim, M; Mannetje, LT. 1995. Pasture production, diet selection and live weight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pintoi* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Tropical Grasslands* 29:134-141
- Hernández, M; Abarca, S; Soto, R. 2014. Evaluación de pasto *Brachiaria* híbrido cv Cayman, en pastoreo en el trópico muy húmedo de Costa Rica. *Revista Universidad Técnica Nacional* 16(70):48-54.
- Hodgson, J. 1989. Management of grazing systems. *Agronomy Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 50:117-122.
- Holdridge L. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica. 216p.
- Ibrahim, M. 1994. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixture for sustainable animal production in the atlantic zone in Costa Rica. Thesis Ph. D. Wageningen, The Netherlands. Wageningen Agricultural University. 129 p.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional) 2020. Boletines ENOS (en línea). Costa Rica. Consultado 27 mar 2020. Disponible en <https://www.imn.ac.cr/boletin-enos>
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, CR). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 20 mar. 2020. Disponible en <http://inec.cr/censos/censo-agropecuario-2014>
- INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria) -CORFOGA (Corporación Ganadera). (2014). Informe 2013. Valoración de servicios eco-sistémicos en fincas ganaderas de cría. San José, Costa Rica. p. 10-12.
- Malhi, Y; Baldocchi, D; Jarvis J, P. 1999. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant Cell and Environment* 22:715-740.
- Mannetje, LT; Haydock, KP. 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. *Journal of the British Grassland Society* 18:268-275.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica). 2019. Perdidas ocasionadas por fenómenos naturales (en línea). Consultado 4 de abr. 2020. Disponible en <https://www.mideplan.go.cr/perdidas-ocasionadas-fenomenos-naturales>
- Mott, G. (1960). Grazing pressure and measurement of pasture production. *Proceedings 8th International Grassland Congress*, (págs. 601-611). Reading, Engl.
- Orozco, E. 2015. Inicio del rebrote de *B. brizantha* después del pastoreo en el Pacífico Central de Costa Rica. Curso de capacitación NAMA Ganadería Baja en Carbono. Pérez Zeledón. MAG 3-6 de junio.
- Rocha, W. 1978. Evaluación del componente alimenticio y la rentabilidad económica del modulo lechero del CATIE. Tesis Mag.Sc. Turrialba, CR, CATIE/UCR. 97 p
- Rúa, FM. 2014. Taller bases del Pastoreo Racional Voisin. David, Chiriquí, Panamá. 11 p.
- Ruiz Jaramillo, J.I.; Vargas Leitón, B.; Abarca Monge, S.; Hidalgo, H.G. 2019. Efecto del estrés calórico sobre la producción del ganado lechero en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 30(3): 733-750. Consultado 29 mar. 2020. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/35984/39512>
- Sánchez, S; Milera, M; Suárez, J; Alonso, O. 1997. Evolución de la biota del suelo en un sistema de

manejo rotacional racional intensivo (en línea). *Pastos y Forrajes* 20(2):143-148. Consultado 14 ago. 2019. Disponible en <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1306>

Senra, A; Martínez, RO., Jordán, H; Ruiz, T; Reyes, JJ; Guevara, RV; Ray, JV. 2005. Principios básicos del pastoreo rotacional eficiente y sostenible para el subtrópico americano (en línea). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39(1):23-30. Consultado 11 jun. 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193017852003.pdf>

Soto Blanco, R; Abarca Monge, S. 2018. Emisión de metano entérico en ganado Brahman en el trópico de Costa Rica (en línea). *Avances Tecnológicos* 12(2):15-23. Consultado 12 ago. 2019. Disponible en http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/article/view/87/71

Sorio, H. (2012). *Pastoreo Voisin. Teorías-prácticas-vivencias* (3 ed.). Passo Fundo: Meritos. 298 p.

Thom, E.1959. The discomfort index. *Weather wise*. 12: 57-60. Consultado 1 abr. 2020. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00431672.1959.9926960>

Turco, S; Silva, T; Oliveira, G; Leitão, M; Moura, M; Pinheiro, C; Padilha, C. 2008. Estimating Black Globe Temperature Based on Meteorological Data. *Livestock Environment VIII - Proceedings of the 8th International Symposium*. Embrapa. Consultado 25 mar 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/261706490_Estimating_Black_Globe_Temperature_Based_on_Meteorological_Data

Van Soest, P. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Ithaca. New York Comstock Cornell University Press. 476 p.

Veldkamp, E. 1994. Organic carbon turnover in three tropical soil under pasture after deforestation. In *soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropic of Costa Rica*. Ph. D Thesis. Wageningen University. 117 p.