

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE  
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE  
POSTGRADO Y CAPACITACION**

**IDENTIFICACION DE LIMITANTES  
CRITICAS EN EL AGROECOSISTEMA  
DE PRODUCCION DE LECHE EN  
FINCAS DE SANTA CRUZ DE  
TURRIALBA**

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

*Magister Scientiae*

Por:

**ALEJANDRO GALLARDO VALLADARES**

Turrialba, Costa Rica  
1989

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:



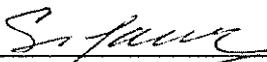
---

Assefaw Tewolde, Ph.D.  
Profesor Consejero



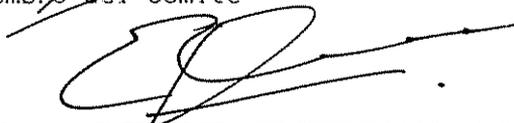
---

Danilo Pezo, Ph.D.  
Miembro del Comité



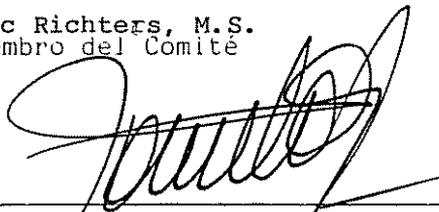
---

Romeo Solano, M.S.  
Miembro del Comité



---

Eric Richters, M.S.  
Miembro del Comité



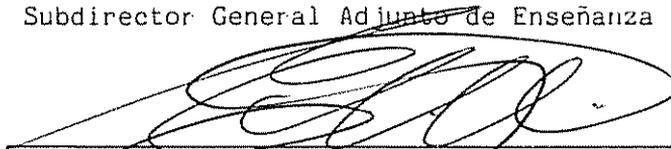
---

Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.  
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado



---

Dr. José Luis Parisi  
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



---

Alejandro Enrique Gallardo Valladares  
Candidato

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Jehová Dios Todopoderoso que me dió la vida para concluir mis estudios.

A mi esposa Delmy y mi hija Alejandra por su amor y comprensión aún en los momentos difíciles.

A mi mamá Delmy y mi abuela Margarita por su apoyo constante y buenos consejos.

A mi papá Rodolfo.

A mis tías Letty y Nelly.

A mis queridas hermanas Joussy y Gilda Beatriz a quienes siempre recuerdo.

## RECONOCIMIENTO

Al Dr. Assefaw Tewolde, Profesor Consejero, por su guía y excelentes aportes en la realización del presente trabajo.

A los miembros del comité Asesor, Dr. Danilo Pezo, Msc. Eric Richters y Msc. Romeo Solano por sus valiosas sugerencias que contribuyeron a mejorar el presente trabajo.

A los compañeros del Area de Ganadería Tropical de la promoción 87-89, en particular a los del grupo de Mejoramiento Animal.

Al Msc. Dennis Salgado Fonseca por su valiosa ayuda en el análisis de los datos y por su amistad brindada.

Al Programa Regional Manejo de Cuencas y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza por hacer posible mi estadía y entrenamiento.

Al señor Manuel Batista por su colaboración en el trabajo de campo.

A los productores de Santa Cruz de Turrialba por su desinteresada colaboración en la realización del presente estudio

Al personal del Area de Ganadería Tropical, especialmente Charly, Rosemary, Marlene y Lorena.

## **BIOGRAFIA**

El autor nació en San Salvador, El Salvador el 17 de diciembre de 1956. Realizó sus estudios primarios en el colegio "La Merced" y de secundaria en el Instituto Nacional "General Francisco Menéndez", en la ciudad de San Salvador.

En 1978, inició estudios de economía agrícola en la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas" de San Salvador. En 1982 continuó sus estudios de ingeniería agronómica en la Universidad Politécnica de El Salvador, obteniendo el grado de Ingeniero Agrónomo en 1986.

De setiembre de 1986 a 1987 se desempeñó como gerente de la Asociación Cooperativa de la Reforma Agraria "Taquillo" de R.L.

En setiembre de 1987, ingresó a la Escuela de Producción Animal del Programa de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, graduándose de Magister Scientiae, en Noviembre de 1989.

## CONTENIDO

Página

1.	INTRODUCCION .....	1
2.	REVISION DE LITERATURA .....	7
2.1	Antecedentes de la teoría de sistemas .....	7
2.2	La definición de sistema .....	9
2.3	El enfoque de sistemas y el Manejo de Cuencas Hidrográficas .....	22
2.4	El enfoque de sistemas y la investigación agropecuaria .....	27
2.5	El proceso de diagnóstico .....	31
2.6	Los estudios en pequeñas fincas y el rol del mejoramiento animal en el trópico ....	33
3.	MATERIALES Y METODOS .....	37
3.1	Ubicación y descripción del área de estudio .....	37
3.1.1	Clima .....	37
3.1.2	Geología, Geomorfología, e Hidro- grafía .....	39
3.1.3	Suelos .....	40
3.1.4	Capacidad de uso de las tierras según el sistema CCT .....	41
3.2	Procedimientos empleados de acuerdo al enfoque de sistemas .....	42
3.2.1	Diagnóstico estático .....	42
3.2.2	Seguimiento de fincas .....	44
3.2.2.1	Descripción y manejo de los datos productivos colectados en las fincas .....	45
3.2.2.2	Evaluación y mediciones en el componente pastos .....	47
3.2.2.3	El componente suelo .....	49
3.2.2.3.1	Determinación de la capacidad de uso de la tierra .....	50
3.3	Procedimientos analíticos .....	55
3.3.1	Diagnóstico estático .....	55

	Página
3.3.2 Seguimiento de fincas.....	58
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	68
4.1 Diagnóstico estático.....	68
4.1.1 Sistemas de producción en Santa Cruz..	68
4.1.1.1 Modelo cualitativo del agroecosistema de produc- ción de leche en fincas de Santa Cruz.....	70
4.1.2 Resultados del análisis de conglo- merados.....	72
4.1.3 Uso de la tierra.....	73
4.1.4 Componentes biofísicos de los sistemas de finca de Santa Cruz.....	76
4.1.5 Componentes de manejo de las fincas de Santa Cruz.....	85
4.1.6 Los componentes socioeconómicos de los sistemas de finca de Santa Cruz.....	92
4.2 Seguimiento de fincas.....	98
4.2.1 Componente bovino.....	99
4.2.2 Análisis genético a nivel de fincas.....	110
4.2.3 Resultados de mediciones en el componente pastos.....	116
4.2.4 Relación entre el componente pasto y producción de leche.....	130
4.3 Componente suelo.....	133
5. CONCLUSIONES.....	148
6. RECOMENDACIONES.....	151
BIBLIOGRAFIA.....	153
APENDICE.....	162

GALLARDO V., A.E. 1989. Identificación de limitantes críticas en el agroecosistema de producción de leche en fincas de Santa Cruz de Turrialba. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 168 p.

Palabras claves: factores limitantes, diagnóstico estático, seguimiento de fincas, pequeñas fincas.

## IDENTIFICACION DE LIMITANTES CRITICAS EN EL AGROECOSISTEMA DE PRODUCCION DE LECHE EN FINCAS DE SANTA CRUZ DE TURRIALBA

### RESUMEN

Con el propósito de identificar factores limitantes de la productividad lechera en fincas de Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica, se realizó un estudio bajo un enfoque metodológico de sistemas, que comprendió de dos partes. El primero consistió en un diagnóstico estático y el segundo en un seguimiento de fincas. El diagnóstico estático se realizó a través de una encuesta, la cual se aplicó en 39 fincas, en su mayoría pequeñas (3-13 hectáreas). La información generada en el diagnóstico se analizó por medio de un análisis de conglomerados (Cluster Analysis) y por estadísticos descriptivos. El seguimiento de fincas se realizó en 18 de las 39 fincas en las que se aplicó la encuesta. Se dió seguimiento a los componentes bovino, pastos y suelo de esas fincas. En el componente bovino se determinaron por grupo racial los niveles de producción de leche por vaca por lactancia; del componente pastos se estudiaron las variaciones en calidad y disponibilidad del forraje en las fincas por un período de seis meses; del componente suelo se determinó el nivel de fertilidad y la textura del suelo. El seguimiento del componente bovino consistió en la actualización de los registros de producción de leche del período 1986-1988 que

el CATIE había implementado. Las características estudiadas a partir del análisis de estos registros fueron producción de leche a 305 días de lactancia (PL305), producción de leche total por lactancia (PLTOT) y largo de lactancia (LARLA). El análisis de esta información se hizo a partir de un modelo que incluyó los efectos de grupo racial, finca, número de parto, año de parto, época de parto, e interacciones de año de parto con grupo racial y época de parto. También se realizó un análisis genético para la estimación del índice de constancia o repetibilidad ( $r$ ) para PL305, PLTOT y LARLA, a partir de un modelo que consideró los efectos de finca-grupo racial, vaca anidada dentro de finca-grupo racial, año y época de parto. La calidad de los pastos se midió por el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), y digestibilidad (DIG) mientras que la disponibilidad de la materia seca (DISP) se determinó por muestreos mensuales dentro de cada finca utilizando el método de rendimiento comparativo. La información de las características del pasto se analizó por medio de un modelo que consideró los efectos de altitud, finca anidada dentro de altitud, y tiempo del muestreo. Dos días después del muestreo de pastos en cada finca, se efectuaron pesajes de leche de las vacas que ocuparon el potrero donde se tomaron las muestras, con el objetivo de relacionar la calidad y disponibilidad del pasto ofrecido con producción de leche, por lo que se realizó un análisis de regresión con el fin de obtener estimadores de regresión y correlación utilizando un modelo que incluyó los efectos de grupo racial, altitud, finca, número de parto, tiempo del muestreo, y las características de calidad y disponibilidad del pasto como covariable. Los resultados del diagnóstico estático señalan que en la zona del estudio, el sistema de lechería especializada es el sistema

de producción prevalectante, en base al pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) predominantemente. La topografía predominante es accidentada, se suplementa el ganado lechero con concentrados comerciales independientemente del tamaño de la finca. Asimismo, los grupos raciales mayoritarios de bovinos en Santa Cruz de Turrialba son el Jersey (44 %) y Guernsey (39 %). Se practica la inseminación artificial (46 %). Los resultados del seguimiento de fincas indican con respecto al componente bovino, que las medias de mínimos cuadrados para las características PL305, PLTOT y LARLA fueron  $2,777 \pm 77$  kg,  $2,999 \pm 90$  kg, y  $290 \pm 7$  días, respectivamente. Las producciones de Jersey y Guernsey fueron  $2,587 \pm 83$  kg y  $2,627 \pm 68$  kg para PL305, respectivamente. Mientras que para PLTOT las producciones fueron  $2,786 \pm 106$  kg y  $2,782 \pm 87$  kg, respectivamente. Los valores de r para PL305, PLTOT, y LARLA fueron  $0,44 \pm 0,05$ ,  $0,36 \pm 0,05$ , y  $0,18 \pm 0,06$ , respectivamente. Las medias de mínimos cuadrados para MS, PC, DIG, y DISP fueron 22 %, 18 %, 65 %, y  $3.351 \pm 99$  kg/ha, respectivamente. Los coeficientes de regresión y correlación estimados a partir del análisis de regresión encontrados fueron sin importancia. Los resultados de los análisis de suelo mostraron altos porcentajes de materia orgánica, bajos niveles de bases cambiables (Ca, K, Mg) y fósforo, un pH moderadamente (5.3) bajo, y una textura franco-arenosa. Se puede concluir a partir de este estudio que los factores limitantes de la productividad indentificados en este estudio en las fincas de Santa Cruz, son la venta y/o sacrificio de terneros independientemente de si proceden o no de madres superiores para producción de leche; topografía accidentada en la mayor parte del área; variaciones estacionales en la producción de pastos y

susencia de adecuado criterio técnico en la selección de animales reproductores.

GALLARDO V., A. E. 1989. Identification of limiting factors in the milk production agroecosystem of farms in Santa Cruz de Turrialba

Key words: Limiting factors, static diagnosis, farm monitoring, small farms.

## IDENTIFICATION OF LIMITING FACTORS IN THE MILK PRODUCTION AGROECOSYSTEM OF FARMS IN SANTA CRUZ DE TURRIALBA

### SUMMARY

In order to identify limiting factors for milk productivity in dairy farms in Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica, a study was conducted under a systems approach, in two phases; first, a static diagnosis (survey) and second, a monitoring phase. The survey was conducted on 39 small farms (3-13 ha). The data obtained through the survey was analyzed using Cluster Analysis and descriptive statistics. Eighteen of the 39 farms included in the survey were selected for the monitoring phase, in which emphasis was placed on the cattle, pasture and soil components of the farms. In order to characterize the cattle component, milk production records collected by CATIE since 1986 were up-dated, and the average milk production per lactation (PLTOT), per 305 days (PL305) and lactation length (LARLA), were estimated. Milk production data was analyzed using a model which included the effects of breed group, farm, number of parturition, year of calving, calving season and the interactions between year of calving with breed group and calving season, respectively. Also, a genetic analysis was performed to estimate repeatability ( $r$ ) of PL 305, PLTOT and LARLA, using a model which included the effects of farm-breed group, cow within farm-breed group, year of calving, and calving season. The quality of the pasture was estimated by forage dry matter content (MS), crude protein (PC) and

*in vitro* dry matter digestibility (DIG); forage availability on dry matter basis was estimated by monthly sampling within each farm, utilising the comparative yield method. The data from the pasture monitoring were analyzed through the use of a model including the effects of the altitude at which the farms were located, farm within altitude and sampling date. Two days after pasture sampling milk yield was recorded in those cows that grazed previously sampled paddocks in order to establish the relationship between forage quality and availability with milk yield. Results of the static diagnosis showed that specialized dairying is the most frequent system in the area of study, it is based mainly on kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). The landscape in the area is characterized by steep hills. All farms supply commercial concentrates to milking cows. The most frequent cattle breeds identified in Santa Cruz de Turrialba are Jersey (44 %) and Guernsey (39 %). The use of artificial insemination is a common practice in the area (46 % of the farmers use it). The means for PL305, PLTOT and LARLA were: 2,777±77 kg, 2,999±90 kg and 290±7 days, respectively. PL305 averaged 2,578±83 kg and 2,627±68 kg for the Jerseys and Guernseys, respectively. Correspondingly, the PLTOT values were 2,786±106 kg and 2,782±87 kg, respectively. The repeatability values obtained in this study for PL 305, PLTOT and LARLA were 0.44 ± 0.05, 0.36 ± 0.05 and 0.18 ± 0.06, respectively. Least squares means for MS, PC, DIG and DISP were 22 %, 18 %, 65 % and 3,351 ± 99 (ha), respectively. Very low correlation and regression coefficients were obtained when milk production was related to forage availability and quality parameters. The soil analysis showed high percentages of organic matter, low levels of exchangeable bases (Ca, K, Mg) and phosphorus,

the pH was relatively low (in average 5.3) and the texture corresponds to a sandy loam soil. It can be concluded from this study that in dairy farms in Santa Cruz limiting factors for milk productivity are, sale or disposal of calves wether they proceed from superior dams for milk production or not; the landscape is characterized by steep hills; seasonal variations in forage production and lack of technical criteria when selecting animals for breeding purposes.

## LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Datos climáticos del distrito de Santa Cruz de Turrialba.....	39
Cuadro 2.	Número de registros disponibles antes (NR) y después (DR) de las restricciones.....	48
Cuadro 3.	Sistemas de producción existentes en el área de aplicación de las encuestas en Santa Cruz.....	69
Cuadro 4.	Grupos de fincas (conglomerados) y número de fincas por grupo.....	72
Cuadro 5.	Análisis de varianza para las variables utilizadas como criterio de agrupamiento entre conglomerados para las 39 fincas de Santa Cruz.....	74
Cuadro 6.	Uso actual de la tierra en fincas en Santa Cruz de Turrialba.....	75
Cuadro 7.	Especies de pastos de piso y su distribución en fincas lecheras en Santa Cruz....	77
Cuadro 8.	Topografía predominante en las fincas de Santa Cruz expresada como porcentaje promedio del área total dentro de cada conglomerado.....	80
Cuadro 9.	Pendientes del terreno en las áreas de las fincas de los conglomerados 1, 2, y 3.....	80
Cuadro 10.	Especies animales presentes en los sistemas de finca en Santa Cruz.....	83
Cuadro 11.	Grupos raciales más frecuentes en Santa Cruz y su distribución porcentual....	84
Cuadro 12.	Suplementos nutricionales utilizados en fincas de Santa Cruz.....	86
Cuadro 13.	Prácticas profilácticas en el hato lechero en fincas de Santa Cruz.....	87

Cuadro 14.	Sistemas de reproducción bovina en fincas del diagnóstico.....	90
Cuadro 15.	Origen del semen utilizado en fincas de Santa Cruz de Turrialba consideradas en el diagnóstico.....	90
Cuadro 16.	Años de dedicación del productor a la actividad lechera en fincas de Santa Cruz.....	93
Cuadro 17.	Tamaño de finca promedio (ha) y otros estadísticos descriptivos en fincas de Santa Cruz.....	94
Cuadro 18.	Tipo de cercado en las fincas del diagnóstico estático en Santa Cruz de Turrialba.....	95
Cuadro 19.	Disponibilidad de mano de obra en fincas de Santa Cruz.....	97
Cuadro 20.	Medias de mínimos cuadrados para producción de leche a 305 días, producción de leche total, y largo de lactancia.....	100
Cuadro 21.	Análisis de varianza de cuadrados mínimos para producción de leche ajustada a 305 días de lactancia en fincas en Santa Cruz de Turrialba.....	100
Cuadro 22.	Análisis de varianza de cuadrados mínimos para producción de leche por toda la lactancia en fincas en Santa Cruz de Turrialba.....	101
Cuadro 23.	Análisis de varianza de cuadrados mínimos para largo de lactancia en fincas en Santa Cruz de Turrialba.....	101
Cuadro 24.	Medias de mínimos cuadrados y su error estándar para PL305 ( $\bar{x} \pm \sigma\bar{x}$ ) y los factores de ajuste multiplicativo (FM) para número de parto.....	103
Cuadro 25.	Producción de leche por finca a 305 días de lactancia (PL305) en fincas en Santa Cruz.....	104

Cuadro 26.	Grupos raciales identificados en el seguimiento de fincas de Santa Cruz.....	107
Cuadro 27.	Producción de leche por hectárea por finca en Santa Cruz de Turrialba.....	109
Cuadro 28.	Medias de mínimos cuadrados y sus errores estándar ( $\bar{x} \pm \sigma\bar{x}$ ) por grupo racial para PL305 y PLTOT ajustados por número de parto.....	111
Cuadro 29.	Medias de cuadrados mínimos y error estándar para materia seca (MS), proteína cruda (PC), digestibilidad (DIG), y disponibilidad (DISP) del pasto kikuyo en las fincas durante seis meses de muestreos.....	117
Cuadro 30.	Características químicas de los suelos recolectados en Fincas de Santa Cruz de Turrialba.....	140
Cuadro 31.	Características físicas de las muestras de suelos recolectadas en fincas de Santa Cruz.....	141
Cuadro 32.	Estadísticos descriptivos para las variables relacionadas con el suelo.....	142

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Representación esquemática de un sistema de finca.....	18
Figura 2. Representación esquemática de un agroecosistema de producción de leche.....	19
Figura 3. Representación esquemática de las relaciones entre el componente pastos y el componente bovino en un agroecosistema de producción de leche.....	20
Figura 4. Mapa del distrito de Santa Cruz.....	38
Figura 5. Diagrama para la clasificación de las zonas de vida del mundo.....	52
Figura 6a. Tabla utilizada en el sistema CCT para la clasificación de la capacidad de uso de la tierra.....	53
Figura 6b. Tabla utilizada en el sistema CCT para la clasificación de la capacidad de uso de la tierra.....	54
Figura 7. Modelo cualitativo del agroecosistema de producción de leche en fincas de Santa Cruz.....	71
Figura 8. Disponibilidad de pasto y producción de leche en fincas situadas por debajo de 1.500 msnm.....	134
Figura 9. Disponibilidad de pasto y producción de leche en fincas situadas entre 1.500 y 1.800 msnm.....	135
Figura 10. Disponibilidad de pasto y producción de leche en fincas situadas arriba de 1.800 msnm.....	136
Figura 11. Producción de leche, proteína cruda, y digestibilidad del pasto en fincas situadas por debajo de 1500 msnm.....	137

Figura 12.	Producción de leche, proteína cruda, y digestibilidad del pasto en fincas situadas entre 1500-1800 msnm.....	138
Figura 13.	Producción de leche, proteína cruda, y digestibilidad del pasto en fincas situadas arriba de 1800 msnm.....	139

## LISTA DE ANEXOS

	Página
Cuadro 1A. Modelo del formulario de encuesta.....	163
Cuadro A2. Precipitación anual medida en la estación de San Antonio.....	170
Cuadro 3A. Coeficientes de correlación ( $r$ ) y de regresión ( $\beta$ ) de producción de leche sobre las características del pasto en el período de muestreos en fincas en Santa Cruz.....	171
Cuadro A4. Guía para la interpretación de análisis de suelo utilizada por el M.A.G.....	172
Cuadro A5. Guía para la interpretación de análisis de suelo utilizada por el CATIE.....	173
Cuadro 6A. Información sobre algunos aspectos de manejo y producción del hato lechero en fincas de Santa Cruz de Turrialba.....	174
Cuadro 7A. Carga animal y niveles de fertilización de pasturas en fincas de Santa Cruz.....	175