

**GOBIERNO DE LA REPUBLICA FEDERATIVA DEL BRASIL  
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

---

**BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**

---

**ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD  
CENTRO PANAMERICANO DE FIEBRE AFTOSA**

---

# **ESTUDIO DE PERDIDAS DE PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD EN GANADO CON FIEBRE AFTOSA**

**Informe del Convenio sobre Cooperación Técnica  
ATN/TF-1525-RE BRA-3203-3204**

**1979-1982**

GOBIERNO DE LA REPUBLICA FEDERATIVA DEL BRASIL  
MINISTERIO DE AGRICULTURA

---

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

---

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD  
CENTRO PANAMERICANO DE FIEBRE AFTOSA

---

**ESTUDIO DE PERDIDAS  
DE PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD  
EN GANADO CON FIEBRE AFTOSA**

Informe del Convenio sobre Cooperación Técnica  
ATN/TF-1525-RE BRA-3203-3204

1979-1982

CENTRO PANAMERICANO DE FIEBRE AFTOSA  
Caixa Postal 589, 20001 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

1 9 8 4

## CONTENIDO

	Pág.
COMITE DE SUPERVISION . . . . .	5
GRUPO TECNICO DEL PROYECTO . . . . .	5
CONSULTORES DE CORTO PLAZO DEL PROYECTO . . . . .	6
COLABORADORES . . . . .	7
AGRADECIMIENTOS . . . . .	9
1. INTRODUCCION . . . . .	11
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO . . . . .	11
3. ORGANIZACION TECNICA DEL PROYECTO . . . . .	14
4. DISEÑO GENERAL DEL ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE PERDIDAS . . . . .	16
5. AREAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO . . . . .	18
5.1 Criterios generales para la selección de áreas . . . . .	18
5.2 Areas seleccionadas . . . . .	18
5.3 Características generales de los establecimientos bovinos de carne considerados en este estudio . . . . .	20
5.4 Razones específicas por las cuales se seleccionaron las áreas de bovinos de carne mencionadas . . . . .	20
6. CARACTERIZACION DE LA MUESTRA . . . . .	22
6.1 Para el estudio de ganado lechero . . . . .	22
6.2-Para el estudio de ganado de carne . . . . .	24
7. INFORMACIONES Y SU MANEJO . . . . .	27
7.1 Para las pérdidas en producción de leche . . . . .	27
7.2 Para las pérdidas en producción de carne . . . . .	32
8. RESULTADOS Y COMENTARIOS . . . . .	35
8.1 Pérdidas en la producción de leche . . . . .	35
8.2 Pérdidas en la producción de bovinos de carne . . . . .	49
9. CONCLUSIONES . . . . .	71
ADDENDUM . . . . .	75

COMITE DE SUPERVISION- Ministerio de Agricultura (MA)

Dr. Ubiratan Mendes Serrão, Secretario Nacional de Defensa Agropecuaria (SNAD)

Dr. Alberto dos Santos, Secretario de Defensa Sanitaria Animal (SDSA)

Dr. Aluísio Berbert Sathler, Director de Vigilancia Zoonitaria (DIVIZO)

- Organización Panamericana de la Salud/Centro Panamericano de Fiebre Aftosa (OPS/CPFA)

Dr. Raúl Casas Olascoaga, Director CPFA

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Ing. Ildeu Pereira dos Reis, Asistente Especialista de Sector, Brasília, D.F., Brasil.

Dr. Alfredo Thieme Jr., Coordinador, Unidad de Metodología, Washington, D.C., EUA.

GRUPO TECNICO DEL PROYECTO

Dr. Tito Lívio Machado, Epidemiólogo, Director del Proyecto

Dr. Enrique O. Orlando, Coordinador de Campo

Dr. Hernán Málaga, Bioestadístico (de 1/11/79 a 19/12/80)

Dña. Lilian Barros, Economista

Dr. José Freire de Faria, Veterinario (de 21/1/80 a 30/4/82)

CONSULTORES DE CORTO PLAZO DEL PROYECTO

Tema: Evaluación del plan del proyecto en Río de Janeiro y São Paulo:

Dr. Hans Riemann  
Dr. Carlos Otto Seré  
Dra. Eugenia Rubinstein

Tema: Métodos de análisis de datos del proyecto (Reunión de trabajo):

Dr. Hans Riemann  
Dr. Larry Kimbell  
Dr. Tim Carpenter

Temas específicos:

- Metodología y análisis estadístico de la pérdida en la producción de leche en rebaño bovino con fiebre aftosa, Fazenda Sta. Alice, São Paulo:

Dr. Antonio Clecio Fontelles Thomaz  
Dr. Francisco José Negreiros Gomes

- Análisis del efecto de la fiebre aftosa sobre el peso corporal de novillos de la Estación Experimental Dom Pedrito, Río Grande do Sul:

Dr. Juan Antonio Obiaga

- Sistemas de información. Consideraciones sobre el procesamiento de datos:

Dr. Adelmiro Diniz Costa

- Análisis de sistemas:

Dr. Jorge L. Richards

COLABORADORES- Procesamiento de datos en computadora:

Dr. Antonio Alberto Bento, Profesor de la Coordinación de los Programas de Post-Graduación en Ingeniería y Administración (COPPEAD), Universidad Federal de Río de Janeiro

Sr. Carlos Eduardo Mendes de Azevedo, Analista de Soporte del Núcleo de Computación Electrónica (NCE)

Sr. Nelson Q. de Vasconcellos

Sr. Francisco Edmar Aguiar Pereira

Sr. Ricardo Davi Chaves Caballero

Sr. Antonio Alexandre de Castro Soares

- Ministerio de Agricultura de Brasil (MA)

Sr. Byron Prestes Costa, Asesor de SNAD

Sra. Rosa Maria Pinto Kalil, Asesora de SNAD

Sr. Tanaka Kuramoto, Centro de Computación

- Secretaría de Agricultura de Río de Janeiro (SA/RJ)

Dr. Diocleciano Peixoto

Dr. Orlando A. Machado

Dr. Ronaldo J. Pinheiro

Dr. Fernando R. Souza

Dr. José M. Pereira

- Secretaría de Agricultura de Río Grande do Sul (SA/RS)

Dr. Julio C.G. Silveira

Dr. Odolfredo Macedo

Dr. Nilo L. Xavier

Dr. Fernando P. Cardoso

Dr. Arilgon P. do Amaral

Dr. Cacildo J.C. Gonzalez

- Secretaría de Agricultura de São Paulo (SA/SP)

Dr. Ediberto M. Pinto

Dr. Máximo F. Filho

- Centro Panamericano de Fiebre Aftosa (CPFA)

Grupo Técnico (Después de la conclusión del Proyecto 3202)

Crítica y apuración del archivo de producción de leche (6/82-10/82). Análisis estadístico de los datos, interpretación y elaboración del Informe Final (11/82-1/83).

Este documento constituye el informe final del estudio de pérdidas físicas asociadas a la ocurrencia de fiebre aftosa. En septiembre de 1982, por decisión del Director del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa (OPS/OMS), se formó un grupo técnico integrado por funcionarios del Centro con la misión específica de analizar los datos, interpretar los resultados y elaborar este Informe. El nombre de los funcionarios y su participación en el referido trabajo se mencionan a continuación:

Dr. Vicente Astudillo, Coordinador  
 Dr. José Fernando P. Dora, Consultor de corto plazo CPFA/OPS  
 Sr. Antonio J. Mendes da Silva, Asistente  
 Sr. Paulo E. Amaral, Asistente

Archivo de datos de producción de leche en la computadora

Sra. Melba Wanderley

Apoyo Administrativo General

Dr. Manuel Kulfas, Administrador  
 Sra. Norma de Oliveira Siciliano, Presupuesto y Contabilidad  
 Sra. Isabel Guerreiro de Milan, Secretaria  
 Srta. Delia Montesinos O., Secretaria

Grupo de Apoyo

Sra. Francisca Fernandes, Secretaria  
 Sra. Rosali Freitas de Matos, Datilografía  
 Srta. Odette de Jesus Costa, Secretaria  
 Sra. Lucia Helena B. Font, Datilografía  
 Srta. Maria de Fátima de Oliveira, Datilografía  
 Sr. Nelson R. Silva, Diseño  
 Sr. Jair Muniz, Xerox  
 Sr. Manuel B. Albuquerque Mello, Imprenta  
 Sr. Hélio Secundino, Imprenta



Edición y Datilografía Final

Dr. Juan Zapatel  
Sra. Perla Vaccaro  
Srta. Maria de Fátima de Oliveira  
Srta. Dinair de Oliveira

AGRADECIMIENTOS

Profesor Doctor Adolfo Polillo, Rector de la Universidad Federal de Río de Janeiro

Doctor Carlos Chagas, Director del Instituto de Biofísica de la Universidad de Río de Janeiro

Dr. Luiz Antonio Carneiro da Cunha Conceiro, Coordinador do NCE

A los propietarios y personal de la Fazenda Sta. Alcina (São Paulo) y de la Estación Experimental "Dom Pedrito" (Río Grande do Sul) del Instituto de Investigación Zootécnicas "Francisco Osório" de la Secretaría de Agricultura de Río Grande do Sul.

\* \* \*

Al final del Informe se presenta un ADDENDUM con una síntesis de un estudio realizado de forma paralela al Estudio de Pérdidas Físicas asociadas a la ocurrencia de Fiebre Aftosa, donde se describen los trabajos realizados con grupos de bovinos de carne y de leche y las estimativas de pérdidas de carne y de leche ocasionadas por la enfermedad.

## 1. INTRODUCCION

Las pérdidas físicas asociadas a la ocurrencia de fiebre aftosa en explotaciones ganaderas, y consecuentemente los daños económicos, sin duda son considerablemente significativas en la mayoría de los países. Sin embargo, casi sin excepciones, no son conocidas con precisión. La literatura que existe al respecto presenta un panorama muy variado en lo que se refiere a las magnitudes de las pérdidas físicas ocasionadas por la enfermedad. La credibilidad que se puede dar a las cifras publicadas no es muy alta. En algunos casos se trata de elaboraciones muy burdas, desprovistas de un tratamiento metodológico formal y, en ciertos casos, extremadamente subjetivas.

Todo esto constituye una dificultad para quienes toman decisiones relacionadas con la pecuaria cuando es necesario evaluar el impacto que la fiebre aftosa causa sobre la producción, sus consecuencias económicas, así como la política y estrategias a seguir para reducir o eliminar ese factor de interferencia en la productividad ganadera.

Por más de una década ese fue uno de los problemas que dificultó el análisis económico de cualquier propuesta de combate de la fiebre aftosa en América del Sur. Básicamente no ha sido posible contar con informaciones objetivas acerca de los indicadores que permitiesen dar una dimensión físico-económica de los efectos mórbidos que la enfermedad ocasiona. Por largos años, en América del Sur, así como en otras regiones del mundo, las pérdidas en la producción ganadera debidas a la fiebre aftosa fueron calculadas a partir de "estimativas" cuyo origen no siempre fue establecido.

Por esa razón, en una reunión técnica patrocinada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), realizada en Washington en febrero de 1974, para analizar la Guía de Evaluación de Programas de Control de la Fiebre Aftosa propuesta por el Centro Panamericano de Fiebre Aftosa (CPFA), se dieron los primeros pasos para que, al cabo de algunos años, se pudiese en marcha este estudio.

Para la elaboración del mismo se firmó un Convenio de Cooperación Técnica no Reembolsable entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Ministerio de Agricultura del Brasil (MA) en febrero de 1977, y una carta convenio entre el BID y la OPS, en agosto de 1977. En septiembre de 1978 fue ratificado un convenio entre el Gobierno del Brasil, representado por el MA, y la OPS, con el propósito de desarrollar un estudio sobre Pérdidas de Producción y Productividad en Ganado Afectado por Fiebre Aftosa, con recursos de las tres instituciones.

## 2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Los objetivos consistían en la realización de un estudio de campo sobre las pérdidas de producción y productividad en el ganado bovino

afectado por fiebre aftosa que permitiese desarrollar una metodología aplicable en otros países, y planear y evaluar los programas de control de la enfermedad. El estudio básicamente comprende:

a) la preparación de documentos para organizar y recoger informaciones fidedignas obtenidas en una encuesta de campo, sobre las pérdidas en animales afectados por la fiebre aftosa;

b) el procesamiento y análisis del conjunto de informaciones relativas a las pérdidas sufridas en la producción y productividad de ganado afectado por la enfermedad, y

c) el desarrollo de una metodología aplicada a la ejecución de un análisis social de costo y beneficio para programas de control de la fiebre aftosa.

Cuando se preparó el plan de trabajo inicial, el objetivo (c) del convenio, que preveía el desarrollo de una metodología para el análisis de costo-beneficio social aplicado a la evaluación de programas de salud animal, fue considerado muy ambicioso para los objetivos y la duración del estudio. Este hecho también fue señalado por los Drs. Riemann, Seré y Rubinstein, consultores de corto plazo del Proyecto.

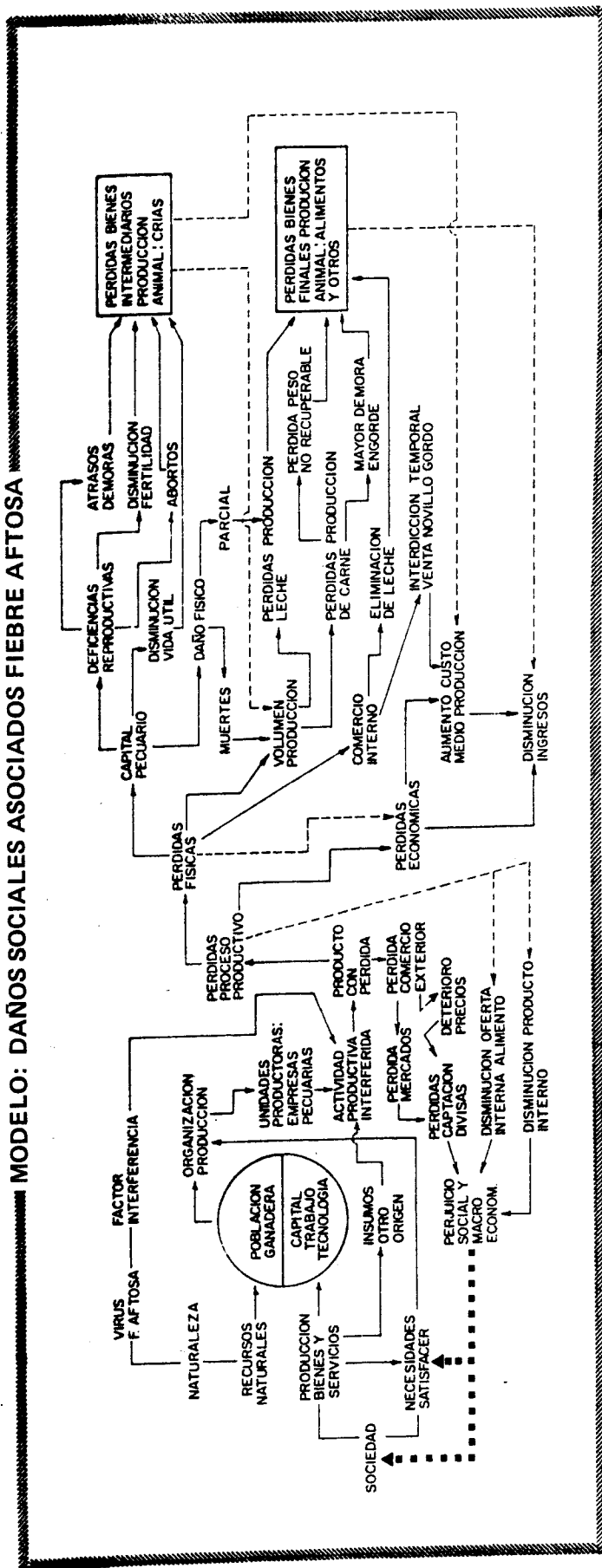
El trabajo de campo fue orientado a evaluar prioritariamente las pérdidas físicas ocasionadas a corto plazo en los animales afectados por la enfermedad. Por otro lado, el trabajo también evalúa las pérdidas microeconómicas a corto plazo asociadas a la ocurrencia de fiebre aftosa en establecimientos ganaderos.

Las pérdidas físicas debidas a la fiebre aftosa pueden ser directas e indirectas. Las directas son ocasionadas por la disminución en la producción de leche y carne, causando reducciones a corto plazo en la economía de los establecimientos afectados. Las reducciones de producción fueron medidas directamente por medio de muestreo de pesadas de animales de carne y de producción de leche. No fue posible evaluar la reducción del período de lactación en animales afectados por fiebre aftosa, que también causa pérdidas en la producción de leche. Las pérdidas físicas indirectas por fiebre aftosa reducen la productividad del establecimiento a medio y largo plazo debido a la disminución de la capacidad de reproducción de los animales afectados y al número excesivo de muertes, animales descartados y abortos. Otras pérdidas indirectas resultan del aumento en la incidencia de mastitis, que frecuentemente acompaña un brote de fiebre aftosa, causando también pérdidas permanentes de cuartos en vacas afectadas.

Las pérdidas microeconómicas por fiebre aftosa son una consecuencia de las pérdidas físicas directas e indirectas, tanto por la disminución del ingreso bruto del establecimiento como por el aumento del costo medio de producción.

La Figura 1 muestra un modelo de los daños sociales asociados a la fiebre aftosa.

FIGURA 1  
 MODELO: DAÑOS SOCIALES ASOCIADOS FIEBRE AFTOSA



Elaborado por V. Astudillo

Restricciones a las consecuencias que se deducen de los objetivos

El estudio fue realizado en regiones endémicas cuya población bovina fue sometida a vacunaciones antiaftosa sistemáticas por largo tiempo. En esas circunstancias, comunes a muchas regiones de América del Sur, se debe esperar que la vacunación actúe en dos sentidos antagónicos en cuanto a la manifestación de pérdidas: a) reducción del riesgo de un animal albergar el virus o enfermar de fiebre aftosa y b) disminución de la severidad clínica de la enfermedad en los animales afectados.

Esto resulta en que las pérdidas físicas en los animales enfermos no sean tan dramáticas como podrían ser si los animales no tuviesen experiencia anterior con vacunación, pues en este último caso la población estaría altamente susceptible.

Estos aspectos deben ser considerados con gran atención para evitar que se comparen las pérdidas físicas producidas en los dos grupos, pues en trabajos realizados en otros continentes esto es frecuente.

3. ORGANIZACION TECNICA DEL PROYECTO

<u>Nivel</u>	<u>Organización</u>	<u>Componentes</u>	<u>Funciones</u>
Político estratē- gico	Un comité Supervisor	- Director CPFA/OPS) - Director Secretaría Defensa Agropecuaria, MA, Brasil. - Especialista Sector- rial, BID.	a) Orientación del estudio. b) Selección del per- sonal profesional. c) Revisión y aproba- ción del plan pa- ra realizar el estudio. d) Examen periōdico de la marcha del estudio. e) Recursos tēcnico- s y financieros. f) Revisión informes parciales y final.
Tāctico- operativo	Un grupo tēcnico de trabajo central	- Un epidemiōlogo (director). - Un bioestadístico. - Un economista. - Un coordinador de campo.	a) Elaboración del plan tēcnico del estudio. b) Instrumentación del estudio. c) Selección de áreas para el estudio.

<u>Nivel</u>	<u>Organización</u>	<u>Componentes</u>	<u>Funciones</u>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>d) Elaboración de procedimientos de selección de rebaños, colecta, elaboración y análisis de datos.</li> <li>e) Adiestramiento de personal de campo.</li> <li>f) Ejecución del estudio.</li> <li>g) Elaboración y análisis de los datos.</li> <li>h) Presentación de un informe final.</li> </ul>
Operacional	Tres grupos de trabajo de campo (uno para cada área).	Cada grupo formado por: <ul style="list-style-type: none"> <li>- dos médicos veterinarios de campo</li> <li>- número variable de auxiliares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Selección de rebaños y animales para el estudio.</li> <li>b) Examen epidemiológico de los rebaños.</li> <li>c) Colecta de datos de producción de leche, peso corporal y otros.</li> </ul>

### Consultorías de corto plazo

El estudio contó con el apoyo técnico de seis consultores de corto plazo que en dos ocasiones proporcionaron asistencia directa al desarrollo del proyecto, tanto en la elaboración del plan técnico (julio de 1979) como también en la evaluación de la ejecución y en el ordenamiento y elaboración de la información (julio de 1981).

### Duración

El plazo previamente establecido para la duración del proyecto fue de 26 meses. Posteriormente tuvo algunos meses de prórroga.

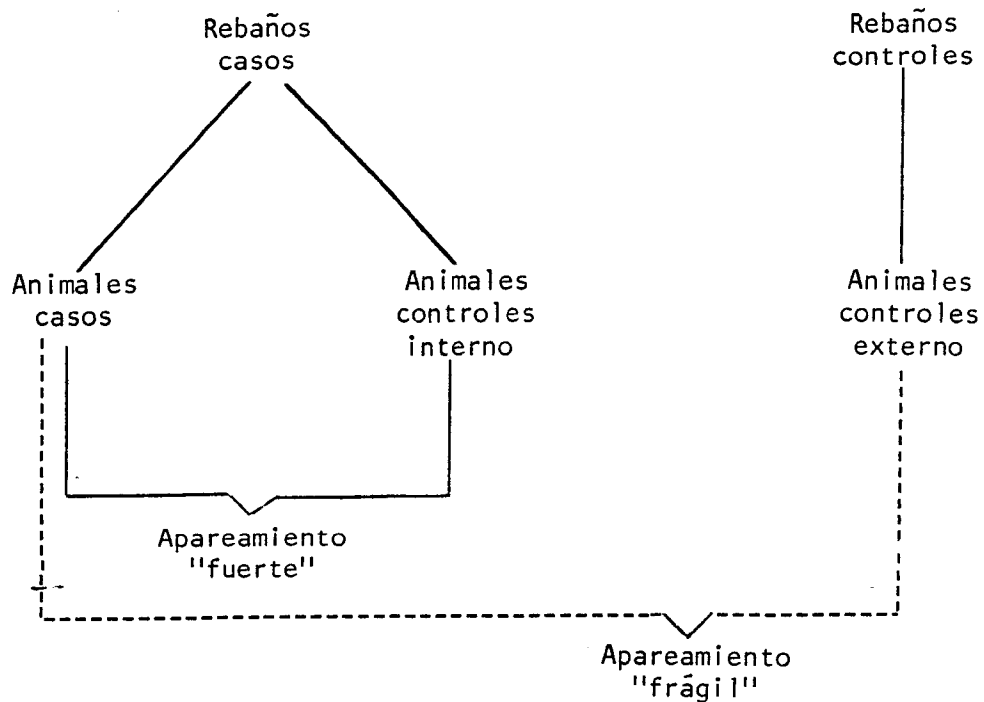
### Sede física del proyecto

Instalaciones del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa (OPS/OMS), en el municipio de Duque de Caxias, Río de Janeiro, Brasil.

#### 4. DISEÑO GENERAL DEL ESTUDIO EPIDEMIOLOGICO DE PERDIDAS

El grupo a cargo del proyecto elaboró un documento inicial donde se presentó un programa de trabajo designado como "estudio caso-control", en el cual se proponía utilizar rebaños con fiebre aftosa y rebaños sin fiebre aftosa, escogidos en áreas geográficas seleccionadas.

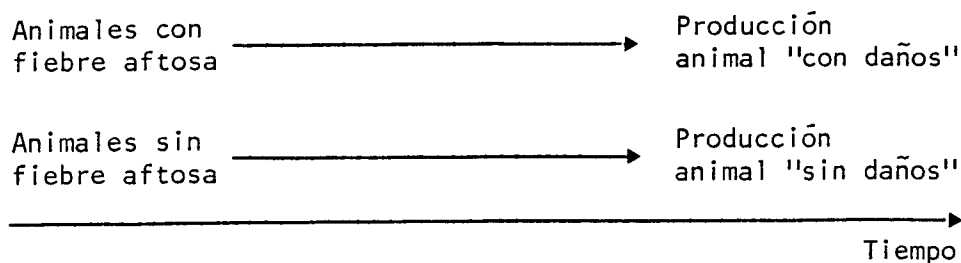
Aquí se describen básicamente las características del estudio epidemiológico planteado para evaluar la presencia de asociación entre la ocurrencia de la enfermedad y la presentación de pérdidas físicas en la producción del ganado. Se trata de un estudio epidemiológico prospectivo (de observación) típico, pues no es posible controlar el método de destinar sujetos aleatoriamente al grupo expuesto y al no expuesto. La esencia del diseño está ilustrada en el siguiente diseño:



La naturaleza del estudio, según los asesores Riemann, Rubinstein y Seré, equivale a un estudio epidemiológico prospectivo, ya que conjuntos de animales con fiebre aftosa (casos) y sin fiebre aftosa (controles) fueron observados durante un período de tiempo (12 a 15 meses) en

el cual algunos indicadores fueron evaluados a intervalos de tiempo. La variable independiente o factor es la presencia (o ausencia) de fiebre aftosa y la variable dependiente es el daño en la producción.

En el estudio epidemiológico de las pérdidas hubo dos grupos: rebaños de carne y rebaños de leche.



Este tipo de estudio de conjuntos, que permite acompañar un grupo de rebaños sometidos al riesgo de fiebre aftosa, presenta algunos problemas, especialmente en la selección de grupos de rebaños apropiados para control o no expuestos, lo que puede afectar la comparación entre ellos.

Para rebaños con fiebre aftosa, el criterio de admisión fue la incorporación cronológica a medida que en el área seleccionada aparecía la enfermedad, hasta que un número razonable de animales fuese admitido, para reducir la incertidumbre estadística en la estimación de los parámetros de producción. Por estas condiciones, el procedimiento de incorporaciones no produce una muestra representativa de rebaños, desde el punto de vista estadístico, de la población bovina de la región escogida para el estudio porque la fiebre aftosa no ocurre aleatoriamente y el procedimiento de admisión también no es aleatorio.

Por tanto, se resolvió seleccionar los rebaños control, a medida que se incluían los rebaños caso teniendo en cuenta que tuviesen características semejantes para proceder al apareamiento correspondiente. De este modo resultaron grupos de animales apareados. De los rebaños caso se obtuvieron casos y controles internos, y de los rebaños control se obtuvieron los controles externos. Con estos conjuntos apareados de bovinos fueron determinadas las pérdidas físicas en la producción. Las pérdidas microeconómicas fueron medidas a partir de los conjuntos de rebaños apareados (casos y controles respectivos).

El apareamiento de rebaños caso-control, así como el apareamiento de animales caso-control, es un componente muy crítico en el diseño de estudios epidemiológicos de este tipo. El proceso de apareamiento depende de una decisión humana hecha por veterinarios calificados a la



luz de las informaciones y criterios técnicos ya adquiridos. Con el fin de dar la mayor semejanza en cuanto a las condiciones de manejo y de estructura de la población, los animales controlados interno fueron seleccionados de los mismos rebaños donde ocurrieron animales casos. La selección de los animales de control externo fue efectuada en los rebaños vecinos o próximos, también con características de la mayor similitud posible con el rebaño caso. En la medida de lo posible, en esa operación siempre participaron dos veterinarios de campo para reducir los sesgos asociados a la subjetividad.

En los rebaños caso es probable que algunos animales seleccionados como control interno correspondiesen a "casos asintomáticos" lo que, de manera indirecta, se comprueba a través de algunos resultados del estudio.

## 5. AREAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO

### 5.1 Criterios generales para la selección de áreas

Las áreas geográficas donde se realizó el estudio de pérdidas físicas fueron escogidas con base en determinados criterios, tales como:

a) no incluir áreas donde el ganado fuese de alta especialización, por la poca representatividad que esa condición tiene con respecto a la pecuaria de la América del Sur y por los cuidados especiales que se dispensa a los rebaños de ese tipo;

b) dar preferencia a la inclusión de áreas donde predominase ganado que tuviese un determinado grado de especialización para una única finalidad, lechera o de carne. Con referencia al "área de ganado lechero" eso fue importante debido a que la proximidad de zonas de engorde le dio mayor posibilidad de que ocurriese fiebre aftosa, con relación a lo que se podría esperar en una zona típicamente lechera, de alta especialización, en la cual el riesgo de ocurrencia de la enfermedad es muy bajo; --

c) considerar áreas que, de acuerdo con su histórico y las condiciones ya definidas, tuviesen un riesgo medio o superior de ser afectadas, principalmente si la ocurrencia coincidiese con el período de incorporación de establecimientos.

### 5.2 Áreas seleccionadas

#### a) Para el estudio de pérdidas en bovinos lecheros

Se escogió la región de Macaé, en el litoral norte del estado de Río de Janeiro, formada por los municipios de Macaé, Conceição de Macabú, Casimiro de Abreu e Itaocara. Para la selección de esa región se tomaron

en consideración tres factores fundamentales: i) la existencia de una ganadería de leche sin alta especialización, de baja productividad, siendo semejante a otras regiones ganaderas de los trópicos; ii) la presencia de un alto porcentaje de rebaños destinados a la producción de carne, principalmente al engorde de novillos, donde se recibe gran número de animales para engordar provenientes de los estados vecinos donde la fiebre aftosa es endémica, propiciando la aparición de la enfermedad en los rebaños lecheros de la región, debido a la proximidad física; y iii) el apoyo logístico de los servicios de sanidad animal oficiales, así como la localización próxima al CPFA, sede del proyecto ejecutor de los estudios.

La región de Macaé seleccionada tiene una extensión de aproximadamente 3.000 km<sup>2</sup>, con una población bovina de 147.000 cabezas (7,5% del estado), distribuida en 8.829 establecimientos ganaderos de los cuales 38% son de tipo lechero. Hay un claro predominio de la pecuaria de carne, especialmente de engorde, lo que se evidencia por el examen de la estructura demográfica bovina que presenta una relación novillo/vaca de 1,5. Esto se explica por el ingreso a la región de novillos para engorde desde los estados de Bahía, Minas Gerais y Espírito Santo, principalmente en el período de junio a septiembre de cada año.

El rebaño lechero de esa región es de baja productividad, con una producción media vaca/día que no pasa de 3,9 kg y con una tasa de natalidad de unos 55%. Esa región contribuye con el 5 a 10% en la producción anual de leche del estado. La producción presenta una marcada variación estacional, siendo que la mayor parte de ella ocurre en la estación de lluvias (noviembre a marzo). La mayoría de los rebaños lecheros son pequeños, ya que 75% de ellos tienen menos de 100 cabezas, lo que concuerda con la información estadual de que el 67% de la producción proviene de establecimientos de menos de 200 hectáreas.

La región presentó un histórico de fiebre aftosa, en los dos años previos al estudio, que la situó en un nivel de riesgo más alto que el correspondiente a la media del estado de Río de Janeiro. La frecuencia de focos es más alta entre los meses de junio a septiembre, período de "entresafra", durante el cual ingresa de los estados vecinos, gran cantidad de novillos para engorde. El riesgo potencial de ser afectado por fiebre aftosa es más alto en los rebaños destinados a carne y mixtos que en los de leche en la proporción de 3:1 y 2:1, respectivamente. Sin embargo, en 1979, sólo en el municipio de Macaé fue afectado el 5% de los rebaños lecheros.

La incorporación de los rebaños lecheros a la muestra del estudio se realizó con cierta diferencia de tiempo pues se inició en diciembre de 1979, mientras que la mayor ocurrencia de focos fue entre junio y septiembre. Además, en el inicio de 1979 hubo una gran inundación en la región, lo que probablemente ocasionó una anticipación en el apareamiento de focos de fiebre aftosa. Estos hechos dificultaron completar la muestra de establecimientos lecheros y para hacerlo fue necesario considerar los focos ocurridos en la región aledaña de Itaocara en el período de mayo-junio de 1980.

b) Para el estudio de pérdidas en bovinos de carne

Para realizar esta parte del estudio se seleccionaron dos regiones donde la ganadería de carne tiene un gran desarrollo. Una es la región noroeste del estado de São Paulo, que incluye las áreas de Ribeirão Preto y São José do Rio Preto, donde se desarrolla una ganadería de carne de buen nivel tecnológico, con predominio de las razas de ganado indiano; la otra región está al sur del país en el estado de Rio Grande do Sul y corresponde a una parte de la región de la frontera sur del estado con el Uruguay donde se desarrolla una ganadería de carne, también con un buen nivel tecnológico, y donde predominan las razas de ganado europeas. Para facilitar la compensación de este informe, estas regiones serán citadas genéricamente por el nombre de los estados.

5.3 Características generales de los establecimientos de bovinos de carne considerados en este estudio

- Cría: la finalidad principal del establecimiento es la producción y venta de terneros que permanecen en la propiedad entre 12 y 15 meses.

- Recría: la principal actividad ganadera del establecimiento es la producción y venta de novillos flacos, para el engorde, a partir de terneros adquiridos.

- Engorde: la finalidad principal del establecimiento es la producción y venta de animales gordos para faena, a partir de novillos flacos adquiridos.

- Cría-recría: el establecimiento produce y vende novillos para engorde; esta etapa dura de 20 a 36 meses, a partir del ternero.

- Recría-engorde: el establecimiento produce y vende novillos gordos, a partir de terneros adquiridos.

- Cría-recría-engorde: el establecimiento desarrolla un sistema de explotación integrado, por el cual produce y vende animales gordos, a partir de animales propios o adquiridos.

5.4 Razones específicas por las cuales se seleccionaron las áreas de bovinos de carne mencionadas

- Areas que tuviesen los tres tipos de explotación de carne, cría, recría y engorde, con predominio de las dos primeras. Esta selección obedeció a la finalidad de contar con un rebaño estable durante el período de duración del estudio.

- Areas que fuesen de fácil acceso, permitiendo así llegar a los establecimientos de interés para el estudio.

- Areas donde los establecimientos tuviesen instalaciones que permitiesen la realización de las operaciones de campo del estudio, tales como balanzas movibles, para pesar los bovinos individualmente.

a) Areas de São Paulo (pérdidas en bovinos en carne)

Esta área está formada por los municipios de Barretos, Guaíra y Colombia, pertenecientes a la División Regional Agrícola (DIRA) de Ribeirão Preto, y los municipios de Nhandeara, Valentim Gentil y Votuporanga de la jurisdicción de la DIRA de São José do Rio Preto. Estos seis municipios tienen una superficie de 4.152 km<sup>2</sup>, representando el 2,6% del estado. Cerca del 60% de estas tierras están cubiertas por pasturas, de las cuales el 65% se dedican a la explotación de ganadería de carne y mixta. Los seis municipios poseían una población de 293.416 bovinos, repartidos en 2.161 rebaños lo que representaba 3% y 2% respectivamente de los bovinos y de los rebaños del estado de São Paulo (10 millones de bovinos conformando 108 mil rebaños). Los rebaños de la DIRA de Ribeirão Preto son mayores que los de São José do Rio Preto. Por esta razón, la mayor parte de la población bovina de esta última DIRA (87%) está en propiedades de menos de 500 hectáreas.

En la región noroeste del estado de São Paulo, donde se encuentra el área seleccionada, la ocurrencia de fiebre aftosa tiene características epiendémicas y resulta, en gran parte, del ingreso estacional de bovinos, para engorde y sacrificio, de regiones de estados vecinos donde la ocurrencia de la enfermedad es endémica, como es el caso del Pantanal Matogrosense, del Triángulo Mineiro y del sur de Goiás.

En enero y febrero, en la región noroeste de São Paulo ocurre el mayor pico de fiebre aftosa. Por otro lado, en las regiones de origen de los animales que ingresan al área de estudio, la mayor frecuencia de focos de la enfermedad se presenta en los últimos meses de año. El movimiento de animales desde Mato Grosso, Goiás y Triángulo Mineiro para esa región adquiere su máxima expresión cuantitativa al final e inicio del año, con intensos movimientos y comercialización de ganado. Al contrario, en los meses de mayo a octubre, la incidencia de la enfermedad es más baja. Los estados de Mato Grosso, Goiás y Minas Gerais representan el 90% del movimiento de animales (más de 2 millones de cabezas) para faena, engorde y cría en São Paulo.

b) Area de Rio Grande do Sul (pérdidas en bovinos de carne)

Esta área está formada por los municipios de Bagé, Dom Pedrito, São Gabriel y Rosario do Sul y constituyen la región de frontera del estado con Uruguay. El conjunto de estos cuatro municipios tiene una superficie de 22.450 km<sup>2</sup>, correspondiente a aproximadamente 8,5% del estado. La población bovina era de 1.659.769 cabezas distribuidas en 6.523 rebaños que representaban el 14% y 2% respectivamente, de los bovinos y rebaños del estado. Se trata de un área de rebaños relativamente grandes (siete veces la media del estado), con predominancia de explotación destinada a la producción de carne, donde se desarrollan

todas las fases del ciclo de pecuaria para carne (cría, recría y engorde). La población bovina de esta área presenta una relación demográfica novillo/vaca de 0,73, lo que refleja bien la existencia de todas las fases del ciclo de pecuaria de carne, aproximándose bastante de un nivel que se podría considerar de engorde. Las razas predominantes en la región son Hereford, Aberdeen-Angus, Charolais, Devon y Shorthorn.

Desde el punto de vista de la epidemiología de la fiebre aftosa, el área es de un elevado nivel de endemismo, caracterizada por presentar una clara variación estacional, con frecuencias mayores entre marzo y junio, época en que también el movimiento de animales ocurre con mayor magnitud, tanto para faena como para cría, recría y engorde. El ganado que se mueve en esta región de frontera tiene su origen en ella misma, una vez que el estado de Río Grande do Sul presenta características de un sistema ganadero completo, casi autónomo, con escasas influencias del exterior. En 1980, año en que esa área fue incluida en el estudio, en toda la región de frontera del estado se registró una fuerte epidemia de virus tipo 0 de la fiebre aftosa.

En 1980, los indicadores epidemiológicos tradicionales, tasa de rebaños afectados, tasa de morbilidad y tasa de letalidad, en el área del estudio, fueron 11, 18 y 2 veces superiores, respectivamente, a los correspondientes al año anterior.

## 6. CARACTERIZACION DE LA MUESTRA

### 6.1 Para el estudio en ganado lechero

Se consideró rebaño caso aquel establecimiento que, estando dentro del área seleccionada y cuya finalidad era la explotación lechera o mixta, presentó el ganado afectado por fiebre aftosa durante el período del estudio.

El conocimiento de la ocurrencia de la enfermedad se obtuvo por medio del mecanismo de notificación del sistema de información y vigilancia de los servicios de salud animal de la Secretaría de Agricultura del estado de Río de Janeiro. Veterinarios y auxiliares (colaboradores en este estudio) visitaron cada establecimiento afectado y, con la participación del laboratorio de diagnóstico, confirmaron los episodios de fiebre aftosa.

A partir de los rebaños caso se genera la totalidad de la muestra de animales caso (vacas afectadas en producción) y los animales control interno (vacas aparentemente no afectadas en producción de los rebaños afectados). La identificación de los grupos de animales se hizo con aretes numerados y de diferentes colores.

Se consideró rebaño control aquel establecimiento próximo al afectado, cuyas características y finalidades de explotación y producción

eran semejantes al rebaño caso, pero cuyo rebaño se mantuvo aparentemente sano durante el período observado, con características similares tales como cantidad de bovinos, composición del rebaño, nivel de producción anual de leche y promedio vaca/día.

Para la selección de rebaños candidatos a controles se contó con el Banco de Datos del CPFA donde se disponía de un archivo de establecimientos ganaderos del área de Macaé. La computadora proporcionó una lista de aquellos que reunían las condiciones mínimas necesarias, de acuerdo con los indicadores adoptados para figurar como rebaño control con relación al rebaño caso incorporado. El veterinario oficial de campo visitó esos establecimientos y seleccionó el rebaño control correspondiente. Además seleccionó, dentro de ese rebaño, el grupo de animales que constituiría los animales control externo (vacas en producción), identificándolos inmediatamente.

En el área de Macaé se incluyeron en la muestra 36 rebaños con bovinos productores de leche, de los cuales 18 fueron rebaños caso y 18 rebaños control. En el momento de la incorporación en la muestra, la mayoría de los rebaños poseía una población bovina de menos de 200 cabezas y sólo 9 rebaños tenían menos de 50 animales.

Como el objetivo del estudio era evaluar las pérdidas en la producción de leche asociadas con la presencia de fiebre aftosa, el segmento de la población bovina considerado fue el de vacas. En la muestra de ganado lechero, para cada animal caso hubo 5,8 animales control siendo que 2,9 correspondían al control interno (Cuadro 1). La mayor cantidad de animales control se debió a la selección pareada de un grupo doble y la eventualidad que presenta este tipo de estudio prospectivo a campo, en que animales que deben ser sometidos a un seguimiento pueden desaparecer o salir de la muestra por razones comerciales o de manejo.

CUADRO 1. Muestra de rebaños y bovinos incluidos en el estudio.  
Área de Macaé, Estado do Rio de Janeiro.

Tamaño del rebaño	Rebaños casos	Rebaños control	Total
≤50 bovinos	5	4	9
51-100 bovinos	6	6	12
101-200 bovinos	6	7	13
201-300 bovinos	1	1	2
Total	18	18	36
<u>Animales en la muestra</u>			
Caso	177	-	177
Control	517	507	1024

La composición de la población bovina y de los animales caso de los rebaños lecheros caso aparece en el Cuadro 2. Se observa que la morbilidad correspondiente a la clase de las vacas es levemente más alta que la de las otras categorías. Los datos del Cuadro 2 confirman lo dicho anteriormente, con referencia a que la explotación lechera existente en el área de Macaê era de poca especialización, presentando una baja fracción de vacas (38%) y una proporción de vacas en producción aún más baja (23% de los animales, mientras que en regiones especializadas en producción de leche ese porcentaje alcanza a 60 ó 70), con una gran cantidad de terneros lactantes (más de 70% de los terneros) y de novillas de más de dos años de edad (13% de la población). Además presentó en su conformación cerca de 7% entre novillos toros y bueyes.

CUADRO 2. Dotación de bovinos y enfermos por fiebre aftosa en rebaños caso lecheros. Area de Macaê, Estado de Rio de Janeiro.

	Dotación		Enfermos	
	nº	%	nº	%
Total	1.771	100	343	19
Vacas	647	38	138	21
Otras categorías	1.097	62	205	19

## 6.2 Para el estudio en ganado de carne

Se consideró rebaño caso al ganado del establecimiento dedicado a la explotación de animales para carne, ubicado dentro del área seleccionada para el estudio en el que se presentaron casos de fiebre aftosa durante el período del trabajo.

El conocimiento de la ocurrencia de fiebre aftosa se logró por medio del mecanismo de notificación del sistema de información y vigilancia llevado a cabo por las unidades de salud animal de las Secretarías de Agricultura de Río Grande do Sul y de São Paulo. La confirmación de la presencia de la enfermedad fue realizada, igualmente, por veterinarios y auxiliares oficiales que colaboraron en el estudio a través de visitas a los establecimientos sospechosos y por los laboratorios de diagnóstico de enfermedades vesiculares respectivos.

Los rebaños caso originaron la totalidad de la muestra de animales caso, principalmente machos para carne afectados, y los animales internos, principalmente machos para carne aparentemente no afectados dentro de los rebaños caso. La identificación de los grupos se hizo con aretes numerados coloridos.

Se consideró rebaño control el establecimiento con ganado destinado a la producción de carne situado dentro del área seleccionada y sin

historia de fiebre aftosa en el período de incorporación de los rebaños caso al trabajo y que en los dos años previos estaba localizado geográficamente próximo al episodio que originó la incorporación. Además se cuidó de que presentara características semejantes en cuanto a tamaño, composición etaria, fase de la explotación de carne (cría, recría o engorde), área de pasturaje y manejo. La selección obedeció a criterios y parámetros semejantes a los utilizados para el estudio de ganadería de leche.

En São Paulo, para la selección de la muestra de establecimientos con ganado de carne para servir de control se tuvo la colaboración del Banco de Datos del CPFA, donde existe un archivo pecuario de las áreas de Ribeirão Preto proporcionado por el SERPRO (Servicio Federal de Procesamiento de Datos). Eso permitió seleccionar una lista de establecimientos candidatos a control para cada rebaño caso incorporado a la muestra. Los establecimientos eran preseleccionados de acuerdo con características de semejanza con las del rebaño caso.

En el caso de las áreas de Bagé (municipios de Bagé y Dom Pedrito) y Livramento (municipios de Rosario do Sul y São Gabriel), en Río Grande do Sul, el archivo de criadores fue constituido por las fichas de criador, existentes en las Inspectorías Veterinarias locales.

Con esa lista, tanto el equipo de campo del estudio de pérdidas en São Paulo, como los veterinarios oficiales de Defensa Sanitaria Animal de la Secretaría de Agricultura de Río Grande do Sul, visitaban los establecimientos preseleccionados y escogían el rebaño control correspondiente. En cada uno, los técnicos seleccionaban el grupo de animales control externo (machos para carne) y los identificaban. Para el apareamiento de casos y controles fueron consideradas la categoría (novillos) y la raza de los bovinos.

El Cuadro 3 describe la muestra para el estudio de pérdidas físicas en bovinos de carne de los estados de São Paulo y Río Grande do Sul. Se incluyeron 49 rebaños, siendo 26 rebaños caso y 23 control. Como se observa en el Cuadro 3, se trata de rebaños en su mayoría relativamente grandes, donde predomina la explotación de ciclo completo de cría, recría y engorde, siendo eso más marcado para la parte de la muestra proveniente de Río Grande do Sul (Bagé y Livramento).

De acuerdo con los objetivos del estudio, o sea evaluar las pérdidas físicas en bovinos de carne, la muestra obviamente fue constituida preferentemente por machos cuyo destino final sería su engorde para enviarlos al matadero. Como el estudio implicaría una secuencia de control de pesadas de animales durante un período, se incluyó en la muestra animales de carne que permanecían durante un determinado tiempo en el establecimiento escogido; de ahí el predominio de animales menores de 2 años de edad que estaban en la fase de recría o iniciando el engorde. Eso es muy notorio en la muestra de São Paulo, en la cual la mayor parte de los animales era de sobre-año, aunque en los rebaños caso seleccionados la



CUADRO 3. Muestra de rebaños y bovinos de carne incluidos en el estudio.  
Estados de São Paulo y Río Grande do Sul.

Categoría	Río Grande do Sul		São Paulo		Total	
	caso	control	caso	control	caso	control
<u>Establecimientos</u>						
Total	14	14	12	9	26	23
<u>Tipo explotación</u>						
-cria	1	1	-	-	1	1
-cria/recria	1	1	3	3	4	4
-cria/engorde	1	-	-	-	1	-
-recria/engorde	-	-	2	1	2	1
-cria/recria/engorde	11	12	7	5	18	17
<u>Tamaño</u>						
<500	1	1	3	3	4	4
500-1000	6	5	5	4	11	9
1001-1500	2	3	1	-	3	3
>1500	5	5	3	2	8	7
<u>Animales</u>						
Caso	214	-(214) <sup>a</sup>	211	-(211)	425	-
Control	215	215(430) <sup>a</sup>	187	189(376)	402	404
Total	429	215(644) <sup>a</sup>	398	189(587)	827	404
<sup>a</sup> Total						

relación demográfica novillo/vaca era de 2,5 - indicadora de gran ingreso de novillos para engorde - fue escogido el segmento más joven de machos para carne, por ser más estable y facilitar la realización del estudio. En Río Grande do Sul, en las regiones de Bagé y Livramento, se seleccionó una muestra que incluyó preferentemente novillos en fase de inicio de engorde.

La relación animales caso/animales control no mostró el mismo grado de desproporción de la muestra de leche. En el estudio de pérdidas en ganado de carne la relación fue de 1,9 controles por cada caso, debido al criterio adoptado por el grupo responsable por el estudio que hizo un apareamiento doble de controles y, al mismo tiempo, se precavó frente a eventuales desaparecimientos de animales control de la muestra.

La composición poblacional y los animales enfermos de los rebaños caso se presentan, por categorías, en el Cuadro 4. Se observa que la morbilidad de los machos para engorde, de 2 y más años de edad, y de los terneros recién nacidos fue más alta que la observada para las otras categorías en ambos estados. Los valores relativos a la morbilidad fueron más elevados para los animales de Río Grande do Sul debido a que en 1980 ocurrió una fuerte epidemia de virus 0 en las regiones de Bagé y Livramento, de donde se obtuvo la muestra.

Llama la atención, en el Cuadro 4, que la dotación bovina de los rebaños caso de São Paulo presenta una fracción muy alta de novillos para engorde (51%), lo que se explica porque la época de selección de la muestra coincidió con la fase de ingresos de machos para engorde en los establecimientos de las áreas de Ribeirão Preto y São José do Rio Preto y por las características de explotación en la región. A pesar de ser el grupo más afectado por la fiebre aftosa, en términos relativos (13%), como es un segmento poblacional de gran movilidad y rotatividad, no fue considerado en la muestra de acuerdo con el peso relativo que se comprueba en el Cuadro 4.

## 7. INFORMACIONES Y SU MANEJO

### 7.1 Para las pérdidas en producción de leche

Una vez incluida una vaca en la muestra, debidamente identificada, la información básica sistemáticamente obtenida era la de producción de leche correspondiente a un día de la semana. En algunos casos el peso de la producción diaria de leche se hizo con una periodicidad algo mayor que una semana. El registro de los datos de producción de leche para cada una de las vacas de la muestra corresponde al ordeño de la mañana. En algunos rebaños se obtuvo ese dato para la producción de dos ordeños del día de pesaje. El análisis de los datos que se presenta en este documento se refiere a la producción de un ordeño.

La leche fue pesada por el equipo de campo del proyecto de pérdidas físicas en Macaé, formado por dos veterinarios y los respectivos

CUADRO 4. Dotación bovina y enfermos por fiebre aftosa en rebaños de carne.  
Estados de Rio Grande do Sul y São Paulo.

Categoría	Rio Grande do Sul				São Paulo			
	Dotación		Enfermos		Dotación		Enfermos	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Total	16.246	100	2.948	18	11.749	100	1.178	10
-Terneros recién nacidos	508	3	144	28	1.281	11	141	11
-Machos y hembras de 1 a 2 años	2.981	18	452	15	776	7	44	6
-Machos castrados para engorde								
2 años y más edad	3.221	20	882	27	6.029	51	768	13
-Toros	352	2	25	7	88	1	-	-
-Vacas y novillas de 2 años y más de edad	9.184	57	1.445	16	3.575	30	240	7

auxiliares de campo. El personal fue adiestrado por el grupo central encargado del estudio con relación a los objetivos y procedimientos a ser empleados, los cuales constaban de manuales e instructivos para el personal de campo. Para pesar la leche de los diversos rebaños incluidos en la muestra se confeccionaron cronogramas, de acuerdo con la incorporación al trabajo de los establecimientos lecheros. Asimismo, para el trabajo de pesar la producción de leche diaria de las vacas seleccionadas en la muestra, el equipo de campo dispuso de medios de locomoción del proyecto, así como balanzas y receptáculos que permanecían en cada establecimiento. El registro de kilogramos de leche producidos fue efectuado en documentos de colecta de datos específicos del proyecto de pérdidas físicas que incluían: identificación del rebaño y de la vaca, producción de leche diaria, caracterización de la población del rebaño, fecha del pesaje, número de partos o lactancias de la vaca, número de semanas posparto, fecha de ocurrencia de fiebre aftosa en los animales casos, número de ordeños así como a qué ordeño diario correspondía el pesaje de la leche.

Una vez recogida la información en el terreno, los documentos de registro eran recopilados en la oficina local del servicio veterinario oficial en el área de Macaé que, durante el período de ejecución del estudio de campo, sirvió de subselección del mismo en lo que respecta a pérdidas físicas en producción de leche. Periódicamente uno de los miembros del equipo central del proyecto visitaba el área y recogía los documentos con la información, llevándolos a la sede del proyecto en el municipio de Duque de Caxias, Río de Janeiro.

La supervisión del proceso de registro de las informaciones así como la crítica en el momento de recibir los documentos con los datos, tanto en el área como en el nivel central del equipo ejecutor del proyecto de pérdidas físicas, no tuvo la intensidad necesaria, produciendo ello, al final, serias dificultades para el procesamiento de la información.

Los problemas aparecieron en mayor magnitud en el estudio de pérdidas de leche, a tal punto que fue necesario volver atrás y hacer una amplia depuración de los datos. Esto significó la pérdida de alguna información y la reorganización total del archivo de datos de producción de leche, de manera tal que fue necesario confeccionar uno nuevo, lo que llevó bastante tiempo, demorando así la elaboración y presentación del informe final del estudio de pérdidas físicas. El archivo con los datos de producción de leche depurados está en la computadora del CPFA, siendo esa la única versión corregida y utilizable de ese tipo de información.

La información depurada de producción y pérdidas de leche utilizada en el análisis estadístico corresponde a la época de seca pues, como se puede observar en el Cuadro 5, constituye la mayor parte del volumen de datos de la muestra. La información de la época de lluvias no se utilizó por ser fragmentaria.

CUADRO 5. Caracterización de la muestra y de los pesos de producción de leche después de la depuración de los datos por el CPFA.  
Rio de Janeiro.

Asunto	Casos	Control	Total
<u>Nº rebaños (m)</u>	15	18	33
<u>Nº vacas (n)</u>			
enfermas	103 (103) <sup>a</sup>	-	103 (103) <sup>a</sup>
sanas	427 (416) <sup>a</sup>	498 (492) <sup>a</sup>	925 (908) <sup>a</sup>
<u>nº pesadas producción de leche (r)</u>			
vacas enfermas	1.050 (906) <sup>a</sup>	-	1.050 (906) <sup>a</sup>
vacas sanas	3.487 (2.600) <sup>a</sup>	2.442 (1.529) <sup>a</sup>	5.929 (4.129) <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Período de seca.

Las definiciones, anotaciones y nomenclatura utilizadas en el estudio de pérdidas de producción de leche fueron las siguientes:

a) Variables objeto

$X_1$  = producción de leche de una vaca (kg) en un día de la semana,

--  $X_2$  = pérdida en producción de leche (kg), o sea, diferencia de producción entre un animal-control y un animal-caso medida en una misma semana posparto.

b) Tratamientos

E- = animales enfermos de fiebre aftosa,

C<sub>1</sub> = animales controles internos,

C<sub>2</sub> = animales controles externos.

c) Criterios de clasificación

- L = número de lactancias o partos que tiene una vaca:  
 L<sub>1</sub> = vaca con 1 ó 2 partos ( $\leq 2$ ) o lactancias,  
 L<sub>2</sub> = vaca con 3 ó 4 partos (3-4) o lactancias,  
 L<sub>3</sub> = vaca con 5 a 7 partos (5-7) o lactancias.  
 PPP = período posparto o período de lactancias, expresado en grupos de 13 semanas:  
 I = semanas 1 a 13 posparto o de lactancias,  
 M = semanas 14 a 26 posparto o de lactancias,  
 T = semanas 27 a 39 posparto o de lactancias.

Cuando el PPP es expresado en períodos de tres semanas, se origina una variable tiempo que pasa a llamarse "t".

Subclase = L<sub>1</sub>I, L<sub>1</sub>M .....L<sub>3</sub>T son agrupaciones de un número variable de unidades que corresponden a una casilla o célula que se forma como producto de cruzamiento de dos (o más) criterios diferentes de clasificación:

PPP	Partos		
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
I			
M			
T			

Apareamiento

En el estudio de pérdidas de producción de leche, con posterioridad a la depuración de los datos, no fue posible continuar con la estructura de pares de casos y controles, por la eliminación de datos y

tambi3n por la inclusi3n de reba3os controles externo no siempre comparables con los reba3os caso. La depuraci3n de los datos oblig3 a eliminar un elevado n3mero de animales y algunos reba3os, particularmente casos. Con el fin de aprovechar mejor los datos disponibles se opt3 por la organizaci3n de la informaci3n a trav3s de la confecci3n de grupos, que formaron un apareamiento, con las semanas posparto, lo que coloca las vacas enfermas, controles interno y externo "apareadas" por el mismo momento posparto, y que en el archivo computarizado est3 semana a semana. El apareamiento por un criterio de grupos fue materializado para cada una de las tres clases de "n3mero de lactancias o partos", o sea  $\leq 2$ , 3,4 y 5-7.

### Nomenclatura

Al describir estadisticamente una variable, para cada subclase, subtotal marginal o total de la muestra se aplica el siguiente c3digo:

m = n3mero de reba3os o establecimientos de leche incluidos en el estudio,

n = n3mero de vacas incluidas en el estudio,

r = n3mero de pesajes de producci3n de leche,

k = n3mero de observaciones de p3rdidas en producci3n lechera, o sea, cantidad de diferencias entre las producciones de animales caso y las de los animales control, medidas dentro de una misma semana posparto,

$\bar{X}$  = media aritm3tica de la distribuci3n de frecuencia de una variable,

S = desviaci3n est3ndar de la distribuci3n de frecuencia de una variable.

### 7.2 Para las p3rdidas en producci3n de carne

Los animales de carne incluidos en la muestra fueron pesados (kg) sistem3ticamente cada cuatro semanas. En un reba3o caso esta informaci3n se recogia una vez concluido el foco. Se pesaban los animales que, habiendo presentado signos cl3nicos de la enfermedad durante el episodio, habian sido seleccionados para la muestra, siendo para eso identificados. Despu3s de "terminado" el episodio de fiebre aftosa en el establecimiento seleccionado, los animales eran examinados por los veterinarios de campo para verificar lesiones cicatriciales bucales o podales que permitiesen clasificar los individuos en casos y controles internos.

Los respectivos equipos de campo del estudio de p3rdidas f3sicas

en São Paulo y Río Grande do Sul, formados por dos veterinarios de campo y auxiliares, pesaban los animales de carne seleccionados. Para desarrollar adecuadamente las tareas encomendadas, estos equipos fueron entrenados por el grupo técnico central del estudio. Además, el personal de campo poseía manuales e instructivos que facilitaban la operación en terreno. De acuerdo con la inclusión de rebaños caso, fueron confeccionados cronogramas de pesajes, tanto para rebaños caso como para los respectivos controles.

Para las tareas en el campo se utilizaron vehículos del proyecto y de los servicios veterinarios oficiales (locales) y los animales fueron pesados con balanzas móviles (transportables) y fijas, estas últimas, de los establecimientos escogidos. El registro de datos en los documentos específicos para pérdidas en producción de carne incluía las siguientes informaciones: localización del rebaño, identificación del rebaño y del animal; peso corporal mensual; fecha del pesaje; edad, raza y sexo del animal pesado; fase del ciclo ganadero en que está el animal pesado; tiempo post aftosa en días.

Tal como se procedió con los datos de producción de leche, la información recogida en los documentos específicos era almacenada en las sedes de campo de las áreas de São Paulo y Río Grande do Sul y posteriormente esa información era trasladada a la sede del proyecto en Río de Janeiro.

La supervisión del registro de datos de campo, así como su crítica en el área de recepción, fueron realizadas con mayor intensidad en São Paulo, por acción directa del Coordinador de Campo del estudio. En Río Grande do Sul eso no ocurrió. Sin embargo, en esa área del estudio, el personal de campo usó su gran experiencia, lo que podría compensar la falta de supervisión directa.

La crítica sistemática de los datos en el control de recepción central del proyecto prácticamente no fue ejercida.

Posteriormente, al procesar la información se descubrió que habían problemas en algunos pares, siendo que, en ese momento, el proceso de crítica se transformó en una depuración de datos, lamentablemente con la pérdida de algunas informaciones.

El análisis de datos fue elaborado por separado para São Paulo y Río Grande do Sul debido a que en ambos estudios la muestra se refiere a animales de razas, fases del ciclo de producción de carne y sistemas de manejo diferentes, como ya fue comentado en capítulos anteriores de este informe.

Las definiciones, forma de anotar los datos y nomenclatura utilizadas en el estudio de pérdidas en producción de carne, tanto para São Paulo como para Río Grande do Sul fueron las siguientes:



a) Variables objeto

$X_3$  = peso corporal de los animales de carne (kg), cada 4 semanas,

$X_4$  = pérdida de peso porcentual, o sea, diferencia de peso entre casos y controles internos. Esa diferencia se expresa en términos relativos al peso de los animales controles internos.

Además, se consideró una variable independiente que fue el tiempo post aftosa, con relación a la fecha de ocurrencia del foco, que pasa a llamarse  $\bar{t}$ .

b) Tratamientos

E = animales enfermos de fiebre aftosa,

$C_1$  = animales controles internos,

$C_2$  = animales controles externos.

c) Criterios de clasificación

Edad, expresada en meses,

$\leq 12$  = animales hasta un año de edad,

13-24 = animales de 1 a 2 años,

$> 24$  = animales mayores de 2 años.

La raza no es considerada explícitamente como criterio de clasificación porque los datos que se utilizaron en el análisis para São Paulo corresponden a bovinos mestizos Nellore y los datos de Río Grande do Sul a bovinos Hereford puros y mestizos con otras razas europeas.

Apareamiento

En el caso del estudio de pérdidas físicas en bovinos de carne, se tomó en cuenta la clasificación de pares, haciéndose un análisis de las diferencias de peso entre animales caso y control a través de esos pares o grupos. En la depuración de la información se eliminaron datos que significaron la pérdida de algunos pares, como ya se dijo anteriormente, en razón de irregularidades observadas en el número de veces que fue pesado cada grupo, en la periodicidad de la toma de peso, en la variación del número de animales pesados y la existencia de registros incoherentes.

Nomenclatura

Tal como se hizo en el estudio de leche, para cada subtotal por clase, así como para el total de la muestra, se aplicó el siguiente código al describir estadísticamente las variables:

- $m$  = número de rebaños o establecimientos de carne incluidos en el estudio,  
 $n$  = número de animales de carne incluidos en el estudio,  
 $r$  = número de pesajes de peso corporal,  
 $\bar{X}$  = media aritmética,  
 $S$  = desviación estándar.

## 8. RESULTADOS Y COMENTARIOS

### 8.1 Pérdidas en la producción de leche

El Cuadro 6 muestra la producción de leche diaria en kg de vacas agrupadas en tres categorías, de acuerdo con el número de partos y en tres fases de lactación (inicio, medio y término). Las producciones diarias se refieren a animales enfermos de fiebre aftosa (E) y a animales control, sea interno ( $C_1$ ) o externo ( $C_2$ ). En el cuadro se puede observar que la cantidad de pesajes ( $r$ ) de la producción de leche diaria, en casi todas las subclases está por encima de 100, excepto en las vacas enfermas de 5-7 partos. Por otro lado, los controles siempre presentaron un número de observaciones mayor, siendo que en todas las subclases los controles internos presentan mayor causalística.

La observación de los datos del Cuadro 6 muestra que la media aritmética de los enfermos es siempre menor que la correspondiente a las vacas controles, tanto en las subclases como en los subtotales marginales y en el total de la muestra. Otro aspecto que puede ser observado con respecto a las medias de producción de leche diaria de los controles, es que casi siempre la media de los controles internos es levemente mayor que la media de los controles externos, excepto para las vacas de 3 a 4 partos, en las fases inicial y media de lactación.

Con referencia a la variación, en casi todas las situaciones la producción diaria del grupo de vacas enfermas presenta mayor variación (desviación estándar en términos relativos a la media aritmética) que la correspondiente a la misma producción de las vacas control. El grupo de vacas de 5 a 7 partos es una excepción: en la fase inicial de lactación, donde los dos grupos control presentan mayor variación relativa; en la fase final de lactación, donde el grupo control externo presenta la más alta variación; y en el total de vacas de 5 a 7 partos, donde la más alta variación tiene igual magnitud para las vacas enfermas y para las vacas control externo.

Los datos del Cuadro 6 indican que la producción diaria de leche, cuando es considerada con relación a la fase de lactación, presenta una media aritmética mayor en la fase inicial y luego disminuye gradualmente. Ese comportamiento es general, con excepción de las vacas enfermas de 1 a 2 partos.

TABELA 6. Descripción estadística de la producción de leche diaria ( $X_1$ ) en grupos enfermos y control, según el número de lactancias y el período de lactación.  
Rio de Janeiro.

PPP	Lactación o partos												Total		
	$\leq 2$			3-4			5-7								
	E	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	E	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	E	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	E	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>			
I	I	115	265	139	124	603	270	41	160	131	280	1028	540		
	$\bar{X}$	2.16	4.71	4.24	3.07	4.94	5.07	4.12	5.08	4.61	2.85	4.90	4.74		
	S	1.51	1.47	1.30	1.47	1.74	1.73	1.10	1.65	1.57	1.59	1.66	1.63		
M	I	118	252	133	130	444	272	44	136	100	292	832	505		
	$\bar{X}$	2.60	4.14	3.25	2.55	4.23	4.41	3.11	4.81	4.04	2.65	4.29	4.03		
	S	1.51	1.50	1.38	1.59	1.45	1.59	1.18	1.44	1.38	1.51	1.48	1.57		
T	I	132	252	159	133	379	221	69	109	104	334	740	484		
	$\bar{X}$	2.35	3.61	3.09	2.03	3.87	3.56	2.56	3.98	3.14	2.27	3.79	3.31		
	S	1.32	1.19	1.18	1.28	1.33	1.46	1.03	1.34	1.38	1.26	1.29	1.37		
Total	I	365	769	431	387	1426	763	154	405	335	906	2600	1529		
	$\bar{X}$	2.37	4.16	3.51	2.54	4.43	4.39	3.13	4.69	3.98	2.57	4.39	4.05		
	S	1.45	1.47	1.38	1.51	1.61	1.72	1.26	1.57	1.58	1.47	1.57	1.64		

PPP = Período postparto o período de lactación.

Cuando la media aritmética de producción diaria de leche es considerada con respecto a las clases de vacas según el número de partos, se observa que en las vacas control interno la tendencia es de elevarse a medida que aumenta el número de partos (Cuadro 6). En los controles externos, la media sube hasta el grupo de 3 a 4 partos y en seguida tiene una caída no muy marcada. En las vacas enfermas el comportamiento es igual al de los controles internos en la fase inicial de lactación; en las fases media y final, el promedio cae en el grupo de 3-4 partos y se eleva al valor más alto en el grupo de 5-7 partos.

De acuerdo con el diseño del estudio prospectivo de pérdidas en la producción de leche, el interés principal es evaluar la hipótesis de que las medias de producción diaria de los tratamientos difieren entre sí (especialmente enfermos de controles) bajo cualquiera de las condiciones generadas por los criterios de clasificación (número de partos y fases de lactación), que en ese caso son representadas por nueve subclases.

El Cuadro 7 muestra que la variación global de la producción diaria de leche de las vacas del estudio se puede descomponer en tres fuentes principales: la que aporta los criterios de clasificación (efecto del número de partos y fase de lactación), la variación entre tratamientos (enfermos, controles interno y externo) dentro de las subclases, y la variación entre observaciones de producción diaria de leche dentro de los tratamientos. En términos prácticos es interesante observar (Cuadro 7) que la variación de la segunda fuente, expresada por el cuadrado medio (tratamientos dentro de subclases), es significativamente mayor que la variación de las observaciones individuales de cada tratamiento, con lo que se verifica la hipótesis de que los tratamientos tienen un efecto real. Ese efecto no sólo fue observado de forma global ( $F = 121,62$  con  $P < 0,01$ ) sino sistemáticamente en cada una de las nueve subclases y también se puso en evidencia la misma conducta (Cuadro 7). En todas las subclases la significación del valor de  $F$  permite concluir que existen diferencias estadísticamente marcadas entre las medias de los tratamientos, con una probabilidad de error menor que 1%.

El análisis de varianza que aparece en el Cuadro 7 corresponde a un esquema hierárquico, con un número de observaciones desigual, cuyo modelo matemático lineal propuesto para explicar los datos es:

$$y_{hij} = \mu + \phi_h + T_i(h) + \epsilon_{hij}$$

donde cada observación debe proporcionar información sobre la media de la población de subclases de la muestra, o sea  $(\mu + \phi_h)$ , del efecto de los tratamientos  $[T_i(h)]$  y del efecto de los individuos dentro de los tratamientos  $(\epsilon_{hij})$ . Como el efecto de los tratamientos es estadísticamente significativo, su contribución contiene  $(\sigma_\epsilon^2 + r_o \sigma_T^2)$ , ya que la expectativa de la varianza de tratamientos,  $\sigma_T^2$ , es mayor que cero.

CUADRO 7. Análisis de varianza de los datos de producción de leche.  
Río de Janeiro.

Fuente de variación	Suma de cuadrados SC	Grados de libertad GL	Cuadrado medio CM	Razón de varianzas F
Total	14.780,50	5.034		
Subclases	1.619,60	8	202,45	92,38 <sup>a</sup>
<u>Entre tratamientos dentro subclases</u>	2.186,22	18	121,46	55,42 <sup>a</sup>
L <sub>1</sub> I	533,05	2	266,52	121,62 <sup>a</sup>
L <sub>1</sub> M	206,14	2	103,07	47,03 <sup>a</sup>
L <sub>1</sub> T	139,25	2	69,62	31,77 <sup>a</sup>
L <sub>2</sub> I	399,64	2	199,82	91,18 <sup>a</sup>
L <sub>2</sub> M	340,61	2	170,30	77,71 <sup>a</sup>
L <sub>2</sub> T	337,26	2	168,63	76,90 <sup>a</sup>
L <sub>3</sub> I	35,84	2	17,92	8,18 <sup>a</sup>
L <sub>3</sub> M	104,27	2	52,13	23,79 <sup>a</sup>
L <sub>3</sub> T	90,17	2	45,09	20,57 <sup>a</sup>
<u>Entre individuos dentro tratamientos</u>	10.974,68	5.008	2,19	

<sup>a</sup>P<0,01

Como las pruebas de F (Cuadro 7) sólo indican que hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de tratamientos, sin caracterizar entre que pares de medias se producen diferencias, fue necesario hacer una prueba de comparaciones múltiples entre las medias de los tratamientos dentro de cada una de las 9 subclases. Para ello se utilizó la prueba LSD (la mínima diferencia significativa), cuyos valores límites fueron calculados para una probabilidad de error de tipo  $\alpha$  igual a 5% y aparecen en la tercera columna del Cuadro 8. La definición de probabilidad de la distribución de "t", de Student, se consideró válida para cada una de las comparaciones planeadas entre pares de medias de tratamientos dentro de cada subclase.

El Cuadro 8 muestra, en las tres últimas columnas, los valores de las medias de los tratamientos en cada una de las 9 subclases. Los pares de medias aritméticas que aparecen unidos por una línea son significativamente diferentes. Se puede observar que los valores límites de LSD (0,05) son menores para las comparaciones en las subclases de vacas con 3-4 partos; seguidos de los correspondientes a las subclases de vacas de 1-2 partos, siendo algo mayores los de las subclases de vacas de 5 a 7 partos. En las 9 subclases la media de producción diaria de leche de las vacas enfermas de fiebre aftosa es significativamente menor que las medias de los grupos de vacas control. Además, todas las subclases de vacas de 1-2 y 5-7 partos presentan diferencias significativas entre las

CUADRO 8. Comparaciones múltiples entre las medias de producción de leche de casos y controles, según el número de lactancias y período de lactación. Río de Janeiro.

Nº de lactancias	PPP	Mínima diferencia significativa LSD(0,05)	Grupos etarios		
			E	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
≤2	I	0,32	2,16	4,71	4,24
	M	0,33	2,60	4,14	3,25
	T	0,31	2,35	3,61	3,09
3-4	I	0,25	3,07	4,94	5,07
	M	0,26	2,55	4,23	4,41
	T	0,27	2,03	3,87	3,56
5-7	I	0,41	4,12	5,08	4,61
	M	0,44	3,11	4,81	4,04
	T	0,43	2,56	3,98	3,14

—●— Diferencia significativa entre las medias.

medias de los grupos de control. Las medias de los controles de las subclases de vacas de 3-4 partos en las fases inicial y media de lactación no tuvieron ese comportamiento.

El Cuadro 9 muestra las pérdidas de producción diaria de leche (en kg) para las vacas agrupadas de acuerdo con los cruzamientos de los dos criterios mencionados: tres clases de número de partos o lactancias y tres categorías de fases de lactancia.

Estas pérdidas de producción diaria de leche fueron calculadas por la diferencia entre la producción diaria de cada vaca enferma y la producción diaria de cada una de las vacas control, con pesajes de leche hechos dentro de la misma semana posparto, para vacas de  $\leq 2$ , 3-4 y 5-7 partos separadamente. Por tal razón, la alta cantidad de observaciones de pérdidas de producción de leche, que en todas las subclases superan a 1.000, a no ser para vacas de 5-7 partos en la fase inicial y media de lactación. Las subclases de vacas de 3-4 partos presentan el mayor número de observaciones de pérdidas, las de 1-2 partos presentan cantidades intermediarias y las de 5-7 partos muestran el menor número de observaciones.

La media de pérdida de leche en kg en vacas de 1-2 y 3-4 partos disminuye a medida que avanza la fase de lactación (Cuadro 9). En esas vacas se observa una pérdida mayor cuando los animales enferman en las primeras 13 semanas de lactación, disminuyendo gradualmente la magnitud de la pérdida a medida que se llega a las fases intermediarias y final.

CUADRO 9. Descripción estadística de las pérdidas ( $X_2$ ) en producción de leche, según el número de lactancias y período de lactación.  
Rio de Janeiro.

PPP		Lactación o partos			Total
		$\leq 2$	3-4	5-7	
I	K	3630	7821	879	12330
	$\bar{X}$	2,40	1,87	0,59	1,94
	S	2,09	2,30	1,93	2,26
M	K	3662	7273	843	11778
	$\bar{X}$	1,20	1,78	1,32	1,56
	S	2,14	2,19	1,91	2,17
T	K	4257	6319	1223	11799
	$\bar{X}$	1,04	1,69	0,94	1,38
	S	1,79	1,90	1,80	1,88
Total	K	11549	21413	2945	35907
	$\bar{X}$	1,52	1,79	0,95	1,63
	S	2,09	2,15	1,89	2,12

En las vacas de 5-7 partos eso no ocurre pues el nivel más bajo de pérdida se presenta en la fase inicial de lactación. Eso probablemente no ocurre en la realidad, y es posible que este resultado sea estadísticamente atípico para esta subclase. En términos relativos (%) las pérdidas de las vacas entre 1 y 4 partos fluctúa alrededor de 40%, mientras que las pérdidas del grupo de 5-7 partos es de casi la mitad (22%).

Otro aspecto que puede ser observado en el Cuadro 9 es que la mayor pérdida de kg de leche diaria se verifica en las vacas de 3-4 partos, en todas las fases de lactación, excepto en la fase inicial (I), en que el grupo de vacas de 1-2 partos es el que muestra mayor pérdida.

La variación de cada una de las nueve distribuciones de frecuencias de pérdidas de producción diaria de leche es alta, pues en todos los casos la desviación estándar es mayor que la media aritmética, mismo cuando se adoptó el criterio de grupos, de acuerdo con la semana posparto, para evitar heterogeneidad. A pesar de utilizar ese recurso de diseño estadístico, la variación fue alta también en vacas con número de partos semejantes.

De acuerdo con los dos criterios de clasificación que aparecen en el Cuadro 9, número de lactancias o partos ( $\leq 2$ , 3-4 y 5-7), o fase de lactación (inicio, medio y término), las subclases generadas presentan un número desigual y desproporcionado de observaciones de pérdidas. En estudios epidemiológicos prospectivos de campo, donde se incluye la ocurrencia de una enfermedad como la fiebre aftosa, es imposible tener el mismo número de observaciones para cada una de las subclases pues no siempre se puede ejercer un control sobre el número de enfermos, categoría que sirve de base para los cálculos de pérdidas. Cuando también hay desproporción, como en este caso, la aplicación de modelos aditivos de análisis de varianza de dos criterios con replicaciones sufre algunas restricciones que comprometen el análisis de los datos de pérdidas.

Existe una dificultad en obtener indicadores de variación adecuados para que cada uno de los criterios de clasificación esté libre de la influencia del otro criterio. Comúnmente esto se describe en la literatura estadística diciendo que los datos presentan no-ortogonalidad, esto es, no es posible aplicar la clásica propiedad de adición de la suma de cuadrados en el análisis de varianza. En consecuencia, es necesario utilizar procedimientos de corrección para el análisis de varianza de dos criterios y esos procedimientos dependen del número de clases de cada criterio y de la existencia de interacción.

Uno de los procedimientos es la técnica de ajuste de constantes por el método de los mínimos cuadrados para una tabla de  $3 \times 3$ . Los datos básicos utilizados para este ajuste son los  $k_{ij}$ , los totales de filas que representan las fases de lactancia (PPP) y los totales de columnas que representan el número de lactancias o partos, como aparecen en el Cuadro 10.



CUADRO 10. Notación algebraica y datos básicos para ajuste a modelo lineal. Análisis de pérdidas de leche.

Fases de lactación PPP	Lactación o partos			Total
	L1	L2	L3	
I	$K_{11}$ $p_{11}=K_{11}/N_{1.}$	$K_{12}$ $p_{12}=K_{12}/N_{1.}$	$K_{13}$ $p_{13}=K_{13}/N_{1.}$	$N_{1.} \Sigma X_{1..}$
M	$K_{21}$ $p_{21}=K_{21}/N_{2.}$	$K_{22}$ $p_{22}=K_{22}/N_{2.}$	$K_{23}$ $p_{23}=K_{23}/N_{2.}$	$N_{2.} \Sigma X_{2..}$
T	$K_{31}$ $p_{31}=K_{31}/N_{3.}$	$K_{32}$ $p_{32}=K_{32}/N_{3.}$	$K_{33}$ $p_{33}=K_{33}/N_{3.}$	$N_{3.} \Sigma X_{3..}$
Total	$N_{.1}$ $\Sigma X_{.1.}$	$N_{.2}$ $\Sigma X_{.2.}$	$N_{.3}$ $\Sigma X_{.3.}$	$N_{..}$ $\Sigma X_{..}$

Al ajustar un modelo aditivo o las medias de pérdidas de las subclases, se tiene

$$\bar{X}_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \bar{\epsilon}_{ij}$$

El método de los mínimos cuadrados estima de  $\mu$ ,  $\alpha_i$  y  $\beta_j$  a través de  $m$ ,  $a_i$ ,  $b_j$  que minimiza

$$\Sigma \Sigma k_{ij} (\bar{X}_{ij} - m - a_i - b_j)^2$$

La ecuación normal resultante para " $a_i$ ", por ejemplo es

$$N_{i.}(m + a_i) + k_{i1} b_1 + k_{i2} b_2 + k_{i3} b_3 = \Sigma X_{i..}$$

así, para PPP = 1 se tiene

$$12330 (m + a_1) + 3.630b_1 + 7821b_2 + 879b_3 = 23882,1$$

Cuando se eliminan las " $a_i$ ", desaparecen las " $m$ " y pueden encontrarse los valores " $b_j$ " a través de un sistema de ecuaciones que se presenta más adelante.

Para resolver el sistema de ecuaciones se considera  $b_3 = 0$ , con lo que se elimina una ecuación, la tercera, y también un término de las otras ecuaciones que permanecen (el tercer término). Entonces hay un nuevo sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas que se resuelve para " $b_1$ " y " $b_2$ ".

De esta manera es posible calcular la suma de cuadrados para número de lactaciones, ajustada al período o fase de lactación.

$$\begin{aligned} \text{SCL (ajustado)} = & b_1 (\Sigma X_{.1.} - p_{11} \Sigma X_{1..} - p_{21} \Sigma X_{2..} - p_{31} \Sigma X_{3..}) \\ & + b_2 (\Sigma X_{.2.} - p_{12} \Sigma X_{1..} - p_{22} \Sigma X_{2..} - p_{32} \Sigma X_{3..}) \end{aligned}$$

En el análisis de varianza completado, la suma de cuadrados de subclases (SCS) puede ser descompuesta en

$$\text{SCL ajustado} + \text{SCP} + \text{SC (L x P)}$$

SCP = suma de cuadrados del período de lactación

SC (LxP) = suma de cuadrados de la interacción, entonces

$$\text{SC (L x P)} = \text{SCS} - (\text{SCP} + \text{SCL ajustado})$$

A partir de esta información es posible calcular la suma de cuadrados para las fases de la lactación ajustado para número de lactancias.

$$\text{SCP ajustado} = [\text{SCS} - \text{SCL} + \text{SC (LxP)}].$$

De esa forma es posible desarrollar el análisis de varianza de las pérdidas de producción de leche que aparece en el Cuadro 11, donde en la parte "completado" se hicieron las estimativas de los cuadrados medios para los efectos principales, número de lactancias o de partos y fases de lactación o PPP, ajustados recíprocamente, pudiendo observarse que son estadísticamente significativos, incluyendo la varianza de la interacción entre dos criterios (LxP).

La presencia de las diferencias significativas que aparecen en el Cuadro 11 era esperada, y su constatación refuerza la orientación de analizar las pérdidas de producción de leche asociadas con la fiebre aftosa en forma separada para grupos de vacas con diferente número de lactancias o partos, así como también estudiar el comportamiento de las pérdidas a través de diversos momentos del período posparto o período de lactación. Se confeccionó una secuencia temporal para el período posparto, o de lactación de 13 momentos, cada uno formado por agrupaciones de 3 semanas. Así, esta secuencia temporal de lactancia tiene 13 puntos, considerándola como variable independiente (t). Para cada uno de los puntos que aparecen en la Fig. 2 se consideró la media aritmética (kg) del volumen total de pérdidas diarias de leche registrado en cada una de las 3 semanas. Ese valor corresponde a la variable dependiente ( $X_2$ ), pérdida en la producción diaria de leche.

Los diagramas de dispersión de las series bivariadas originados por las dos variables mencionadas aparecen en la Fig. 2, en la parte "a" para vacas de <2 lactancias o partos; en la parte "b" para las vacas de 3-4 lactancias o partos; y en la parte "c" para las de 5-7. Como se puede observar en la Fig. 2a, la función de las pérdidas de leche diaria, con

CUADRO 11. Análisis de varianza de los datos de pérdidas de leche. Factorial 3x3 ajustado para número desigual y desproporcional de observaciones por subclase. Rio de Janeiro.

Fuente de variación	Suma de los cuadrados SC	Grados de libertad GL	Cuadrado medio CM	Razón de las varianzas F
Preliminar (no ajustado)				
Total	162.137,7	35.906		
Entre subclases	6.552,2	8	819,03	
Lactancias	2.043,4	2	1.020,70	
Período de lactación	1.966,9	2	983,45	
Completo				
Lactancias ajustadas	1.332,9	2	666,45	153,91 <sup>α</sup>
Período no ajustado	1.966,9	2		
Período ajustado	1.256,4	2	628,20	145,08 <sup>α</sup>
Lactación no ajustada	2.043,4	2		
Interacción	3.252,4	4	813,10	187,78 <sup>α</sup>
Dentro subclases	155.585,5	35.898	4,33	

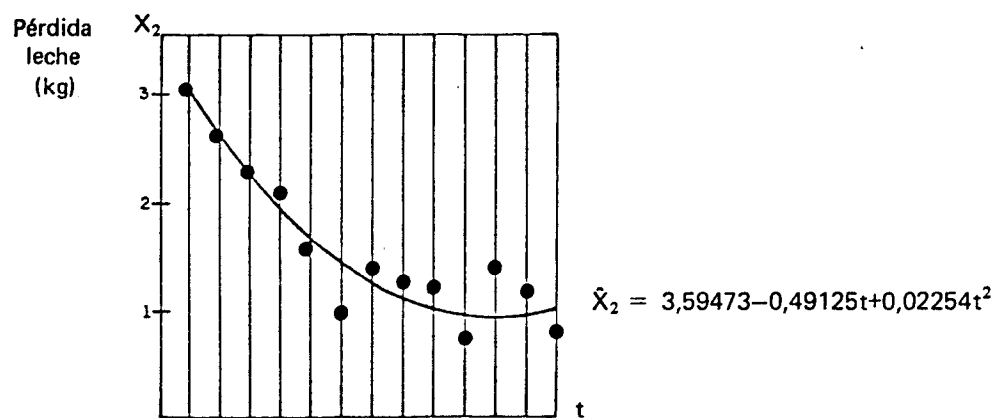
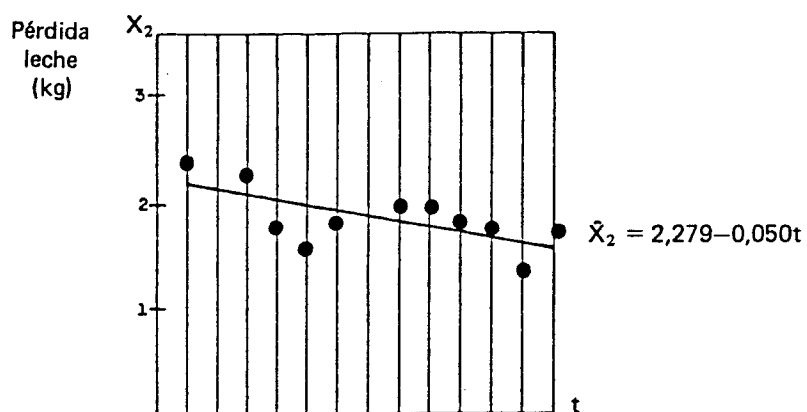
<sup>α</sup>P ≤ 0,01

relación al período de lactación es curvilínea, con magnitudes de pérdidas más altas en las primeras semanas de lactación, disminuyendo enseguida para estabilizarse a un nivel más bajo en las últimas semanas.

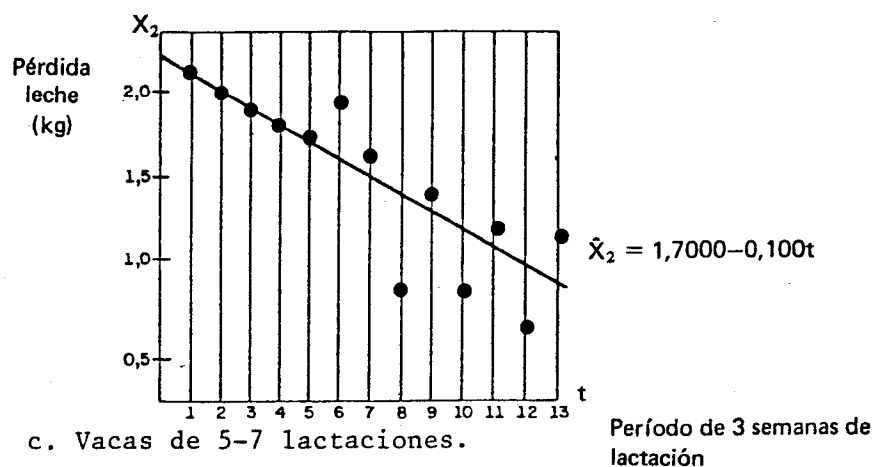
La función ajustada en este caso fue del tipo cuadrático  $X_2 = 3,595 - 0,491t + 0,023 t^2$ , con la cual fue confeccionada la curva que aparece en la Fig. 2a. La calidad del ajustamiento fue evaluada a través del coeficiente de determinación  $R^2$ , considerando la función cuadrática. Su valor muy alto (Cuadro 12) confirma la poca dispersión del diagrama presentado en la Fig. 2a. El efecto de la regresión es estadísticamente significativo ( $F = 46,28$  para 2 y 10 grados de libertad), como se observa en el Cuadro 12. En ese caso hay una caída marcada en la curva que representa la pérdida diaria de leche, lo que está representado por un coeficiente para el término de primer grado de cierta magnitud con signo negativo.

La Fig. 2b presenta el comportamiento de la relación entre la pérdida de producción diaria de leche y el período posparto para las vacas de 3-4 lactancias o partos. En este caso, la relación funcional entre las variables es de tipo lineal, presentándose diferencias en las pérdidas de leche menos marcadas entre las primeras semanas y el resto del período de lactancias. Sin embargo, también se observa una tendencia a disminuir

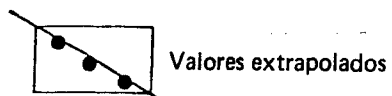
FIGURA 2. Pérdidas de producción de leche. Río de Janeiro

a. Vacas de  $\leq 2$  lactaciones.

b. Vacas de 3-4 lactaciones.



c. Vacas de 5-7 lactaciones.



la magnitud de la pérdida de leche asociada a la fiebre aftosa en los momentos más avanzados de la lactación. Los datos fueron ajustados a una línea recta, cuya relación fue  $X_2 = 2,279 - 0,050t$ . El Cuadro 12 muestra un valor de  $R^2 = 0,47$  que refleja una buena calidad del ajuste, pero es inferior al presentado por el grupo de vacas de  $\leq 2$  partos. La prueba de F pone en evidencia la significancia de la regresión ( $F = 7,94$  para 1 y 9 grados de libertad).

La Fig. 2c muestra la dispersión que presentan las pérdidas de leche con relación al período de la lactación para vacas de 5-7 partos. Ya se comentó anteriormente que para este grupo de vacas, en la primera parte del período de lactación, la magnitud de las pérdidas de leche se apartaba de la tendencia general a decrecer que presenta este carácter con respecto al período de lactancia.

Sin embargo, desde la fase intermedia en adelante se observa una caída gradual en la pérdida de producción diaria de leche. Por este motivo se calculó la regresión incluyendo sólo los valores de las fases intermedia y final de la lactancia. La recta resultante fue  $X_2 = 1,700 - 0,100t$ . En el grupo de vacas de 5-7 partos la calidad del ajuste es débil (Cuadro 12).

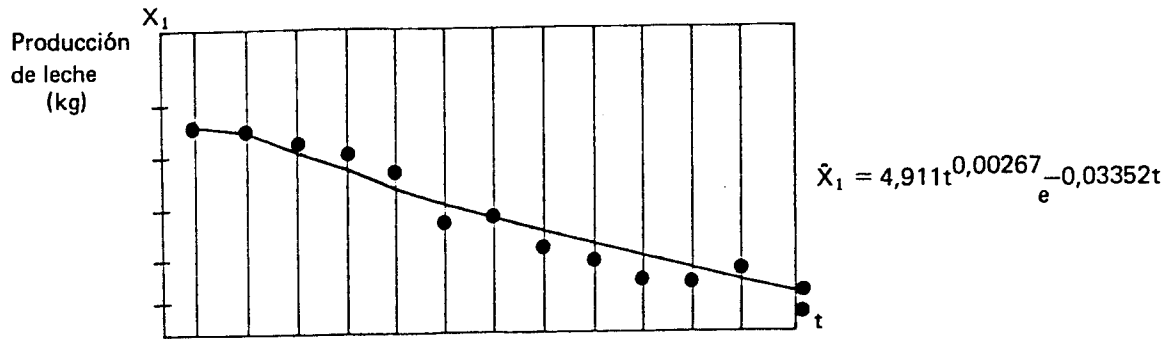
CUADRO 12. Calidad del ajuste y significancia de la regresión.  
Pérdidas en la producción de leche diaria durante  
la lactación, según número de partos. Rio de Janeiro.

Nº de partos	$R^2$	F	Prob(F)
$\leq 2$	0,90	46,28	<0,01
3-4	0,47	7,94	<0,05
5-7	0,37	3,49	>0,05 (N.S.)

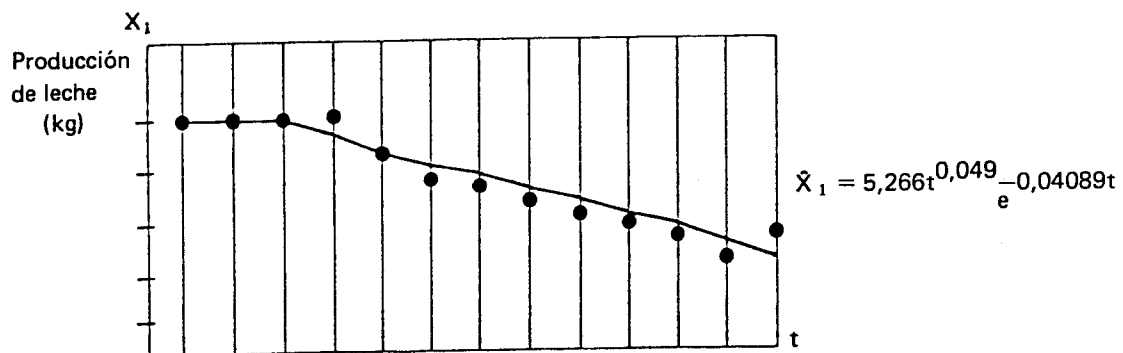
En las Figs. 3a.b.c se presenta el comportamiento de la producción diaria de leche en vacas de  $\leq 2$ , 3-4 y 5-7 partos respectivamente, de acuerdo con el período de lactación. Estos datos corresponden a las producciones diarias de leche (kg) de todos los animales controles interno y externo, siendo así posible contarse con una base de referencia de las características que presentó la producción diaria de leche de todos los animales que no enfermaron.

La forma de la curva de producción en cada uno de los tres grupos de vacas muestra el clásico comportamiento de la producción de leche a través de los distintos momentos de la lactancia. En todos los casos también es aceptable el ajuste al modelo tradicional de Wood, adaptado a la nomenclatura de este trabajo  $X_1 = at^b e^{-ct}$ . El Cuadro 13 muestra los estadísticos que permiten evaluar la calidad del ajustamiento de la curva de Wood y la significancia de este ajuste para los tres grupos de vacas.

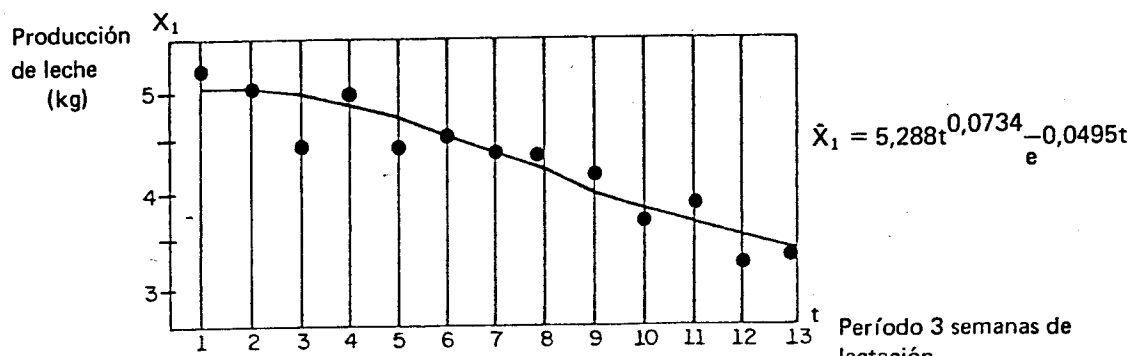
FIGURA 3. Curva de producción de leche. 39 semanas de lactación.  
Ajuste de la curva de Wood. Río de Janeiro



a. Todos los controles de  $\leq 2$  lactaciones.



b. Todos los controles de 3-4 lactaciones.



c. Todos los controles de 5-7 lactaciones.

CUADRO 13. Calidad del ajuste y significancia de la regresión.  
Ajuste a la curva de Wood. Producción de leche diaria  
durante la lactancia. Total de controles,  
según número de partos. Rio de Janeiro.

Nº de partos	R <sup>2</sup>	F	Prob(F)
≤2	0,94	72,42	<0,01
3-4	0,94	86,67	<0,01
5-7	0,88	37,77	<0,01

El Cuadro 14 muestra un detalle numérico de las pérdidas en la producción diaria de leche durante la lactación de vacas de 1-2 y 3-4 partos. Estos valores resultan de los ajustes que aparecen en las Figs. 3.a. b. Sólo en estos dos grupos de vacas se puede realizar la calidad del ajustamiento a los respectivos modelos de regresión.

CUADRO 14. Pérdidas (en kg) en la producción de leche  
diaria durante el período de lactación, según  
número de partos. Rio de Janeiro.

Período de lactación (semanas)	Número de partos <sup>α</sup>	
	≤2	3-4
1-3	3,126	2,228
4-6	2,702	2,178
7-9	2,324	2,128
10-12	1,990	2,078
13-15	1,702	2,028
16-18	1,459	1,978
19-21	1,261	1,927
22-24	1,107	1,878
25-27	0,999	1,828
28-30	0,937	1,777
31-33	0,919	1,727
34-36	0,919	1,678
37-39	0,919	1,626

<sup>α</sup> Grupos de vacas con calidad de ajuste estadísticamente válido.

8.2 Pérdidas en la producción de bovinos de carnea) Río Grande do Sul

El Cuadro 15 describe el peso corporal ( $X_3$ ) en kg, para bovinos enfermos (E), controles interno ( $C_1$ ) y externo ( $C_2$ ), clasificados en categorías por edad, en meses ( $\leq 12$ , 13-24 y  $>24$ ). Se puede observar que la cantidad de pesajes ( $r$ ) no presenta diferencias marcadas para cada uno de los tratamientos, sea dentro de cada una de las categorías por edad, o en el total. Por otro lado se observa que, entre las clases por edad, la cantidad de pesajes de animales de carne es bastante diferente, siendo más baja para el grupo de animales más jóvenes, más alta para el grupo de 13-24 meses, y el número de pesajes de bovinos de más edad se sitúa en una posición intermedia.

La media aritmética de los pesos corporales es siempre menor para los bovinos enfermos, en comparación con la correspondiente a los controles. Sin embargo, a medida que aumenta la edad, dentro de cada tratamiento se observa un comportamiento ascendente de la media aritmética de peso vivo. El aumento de peso entre los grupos etarios consecutivos es mayor entre las dos últimas categorías. En cada una de las subclases del Cuadro 15, la variación que presentan las distribuciones de frecuencia de peso corporal no es muy elevada en términos relativos.

CUADRO 15. Peso medio ( $X_3$ ) de bovinos enfermos, controles interno y externo, según edad. Río Grande do Sul.

Edad (meses)		Grupos etarios		
		E	$C_1$	$C_2$
$\leq 12$	$r$	312	359	361
	$\bar{X}$	163,97	203,91	225,76
	$S$	37,19	44,35	39,25
13-24	$r$	859	860	803
	$\bar{X}$	222,66	254,37	252,63
	$S$	53,84	52,14	47,49
$>24$	$r$	460	449	460
	$\bar{X}$	326,46	369,91	426,41
	$S$	76,78	79,11	58,44
Total	$r$	1631	1668	1624
	$\bar{X}$	240,71	274,61	295,88
	$S$	82,61	85,08	96,28

En el estudio de pérdidas físicas en bovinos de carne el principal interés es evaluar la hipótesis de que las medias aritméticas de peso corporal de los grupos etarios difieren entre sí, es decir, dentro de cada una de las categorías por edad así como en la muestra total, el peso de los bovinos enfermos es menor que el de los bovinos control.



El Cuadro 16 muestra la decomposición de la variación de peso corporal en dos fuentes: la variación entre las medias de los grupos etarios y la variación entre las observaciones dentro de esos mismos grupos. Para cada uno de los tres grupos etarios y para el total, la variación entre las medias es significativamente mayor que la variación entre las observaciones dentro de cada grupo etario. Así queda confirmada la hipótesis de que los grupos etarios tienen un efecto real sobre el peso corporal de los bovinos, lo que significa que existen diferencias muy significativas entre las medias de peso vivo de enfermos y control en cada grupo etario y en el total.

El esquema del análisis de varianza adoptado en este caso es el más simple y tiene un modelo matemático lineal que permite especificar, en forma resumida, que cada observación del estudio ( $X_{ij}$ ) tiene un valor debido a tres componentes: el nivel general de los datos,  $\mu$ ; el efecto asociado a los tratamientos,  $\tau_i$ ; y el efecto del error,  $e_{ij}$ , o sea, las desviaciones de cada observación  $X_{ij}$  de la media de cada grupo etario, denominado residuo (variación dentro de grupos etarios)

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

Como el efecto de los grupos etarios (variación entre) resultó estadísticamente significativo, entonces la cantidad  $\tau_i$  (efecto real de los grupos etarios) es mayor que cero. Como el análisis de varianza sólo pone en evidencia si existen o no diferencias significativas entre las medias de esos grupos etarios, es necesario hacer comparaciones múltiples

CUADRO 16. Análisis de varianzas de los datos de peso corporal. Bovinos enfermos, controles interno y externo (grupos etarios) según edad. Río Grande do Sul.

Edad (meses)	Fuente de variación FV	Suma de cuadrados SC	Grados de libertad GL	Razón de varianzas F
≤12	entre tratamientos	649 778 756	2	197,96 <sup>a</sup>
	dentro tratamientos	1 688 790 587	1029	
13-24	entre tratamientos	540 931 269	2	102,74 <sup>a</sup>
	dentro tratamientos	6 631 564 245	2519	
>24	entre tratamientos	2 310 573 221	2	222,99 <sup>a</sup>
	dentro tratamientos	7 077 189 965	1366	
Total	entre tratamientos	2 521 794 379	2	162,24 <sup>a</sup>
	dentro tratamientos	38 236 566 037	4920	

<sup>a</sup>Diferencia significativa  $P(F) < 0,01$ .

entre pares de medias. El Cuadro 17 muestra esas comparaciones múltiples entre las medias de los grupos etarios dentro de cada categoría a través de la prueba estadística LSD o mínima diferencia significativa, y la mínima diferencia necesaria al nivel de significancia de 5%, para que hayan diferencias reales entre cada par de medias que se compara. Para todos los grupos etarios, así como para el total, la media para el grupo de bovinos enfermos fue significativamente menor, tanto con relación a la media del grupo de bovinos control interno, como a la de los controles externo. Cuando se comparan las medias de los grupos interno y externo se observa que la media de los controles externo es significativamente mayor que la de los controles interno, con excepción del grupo de 13-24 meses, donde se verifica esa diferencia significativa.

El Cuadro 18 da una síntesis del análisis de varianza que somete a prueba la diferencia entre las medias de peso vivo de animales caso y controles interno y externo, considerando el apareamiento que fue realizado con el propósito de comparar los rebaños de bovinos con animales caso y control, de manera que no difiriesen en su composición, características y manejo. Así, se puede dejar de considerar el efecto de la variación entre los grupos de pares, para permitir una comparación más fiel entre las medias de peso vivo de animales enfermos por fiebre aftosa con la de los respectivos controles. Como se observa en el Cuadro 18, para los 11 pares presentados, sólo en uno las diferencias no fueron significativas (par 9). En todos los otros pares, la media aritmética del peso corporal de los bovinos enfermos siempre es significativamente menor que en cualquiera de los grupos control.

De ese modo se evidencia la existencia de diferencias marcadas en las medias de peso entre animales enfermos y control cuando no se incluye el efecto de variación inter-grupos o inter-pares, que podrían introducir "interferencias" en la comparación entre grupos etarios en la prueba F, haciéndola menos sensible.

La Figura 4 muestra las líneas rectas que relacionan el peso corporal con el tiempo, expresado en días post aftosa. El análisis de regresión lineal se aplicó debido a que la dispersión de los puntos que representan la fluctuación del peso vivo a través del tiempo seguía una conducta propia de una figura gradualmente ascendente que tomaba la forma de una línea recta. En ese sentido, el análisis de la regresión lineal aplicado para comparar la evolución del peso vivo de los animales caso y control toma como hipótesis implícita que el aumento de peso durante el período de observación fue lineal. Es necesario aclarar que aquí no se está representando el crecimiento de los animales sino la observación del peso corporal de los animales caso y control durante el corto período del estudio. Por esa razón es posible aplicar un modelo lineal, lo que no hubiera ocurrido en el caso de estudiar el crecimiento de un grupo de animales.

A los 250 días de observación (Fig. 4), el peso medio de los animales caso era 11% menor que el correspondiente al de animales control

CUADRO 17. Comparaciones múltiples entre las medias de peso corporal de enfermos, controles internos y externos, según edad. Río Grande do Sul.

Edad (meses)	Mínima diferencia significativa LSD(0,05)	Grupos etarios		
		E	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
≤12	6,06	163,97	203,91	252,76
13-24	4,91	222,66	254,37	252,63
>24	9,34	326,46	369,11	426,41
Total	6,03	240,71	274,61	295,88

CUADRO 18. Análisis de varianza para datos de peso corporal. Bovinos enfermos, controles internos y externos, según grupos de pares. Río Grande do Sul.

Pares	Medias de grupos etarios			Razón de varianza F
	E	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	
1	279	327	432	594,00 <sup>a</sup>
4	155	201	224	133,00 <sup>a</sup>
5	196	234	214	38,38 <sup>a</sup>
6	266	294	272	15,02 <sup>a</sup>
7	256	266	272	5,22 <sup>b</sup>
8	217	240	283	87,19 <sup>a</sup>
9	224	237	224	2,99 <sup>n.s.</sup>
12 <sup>a</sup>	180	256	241	119,0 <sup>a</sup>
12 <sup>b</sup>	405	445	378	48,9 <sup>a</sup>
13 <sup>a</sup>	216	255	278	19,82 <sup>a</sup>
13 <sup>b</sup>	413	449	454	13,36 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> P ≤ 0,01

<sup>b</sup> P ≥ 0,05

n.s. = no significativo (P > 0,05)

interno, siendo que en términos de peso vivo esa diferencia alcanzaba a 34,2 kg. Considerando constante el momento de tiempo de comparación (250 días), la pérdida de peso de los animales caso con respecto a los controles externo fue de 16%, lo que equivale en peso a 53,5 kg.

Cuando el problema es analizado en términos de tiempo necesario para alcanzar un peso corporal dado, como es el tiempo que demoraron los animales afectados por fiebre aftosa para alcanzar el peso que tenían los controles internos al final de los 250 días, ese tiempo alcanza 86 días, lo que representa 34% más de tiempo. Cuando esa comparación es hecha con el control externo, la demora llega a 134 días, lo que significa 54% de tiempo adicional.

Debido a la mayor homogeneidad entre animales caso y control interno, siendo estos últimos originarios de los mismos rebaños caso, se da mayor énfasis a la comparación entre esos dos grupos. Como lo demuestra la Figura 4, las rectas correspondientes a los dos grupos mencionados son prácticamente paralelas, con coeficientes de regresión cuyos valores son muy semejantes ( $b_e = 0,40$  y  $b_{c1} = 0,41$ ); en cambio, presentan valores diferentes para el punto de intersección en la ordenada.

Por otra parte, los resultados presentados en el Cuadro 19 permiten interpretar la contribución de la regresión, a través de un análisis de varianza de la variable peso, en función del tiempo post aftosa. La significación estadística alta ( $P < 0,01$ ) de la regresión indica la importancia del tiempo post aftosa en la explicación de la variación del peso corporal, destacando con eso el significado de la regresión.

Al comparar las líneas de regresión de ambos tratamientos, se comparan las pendientes o coeficientes de regresión por medio de la distribución de "t" de Student, en ese caso para 4433 grados de libertad. El valor de t, para una probabilidad de error de 5% fue de 0,3168, valor que no es significativo desde el punto de vista estadístico, razón por la cual se considera  $b_e = b_{c1}$ , siendo así imposible obtener mejores estimativas de  $\bar{X}_3$  y  $t_c$  calculando una nueva pendiente común ( $b'$ ) para ambos grupos, donde

$$b' = \frac{\sum \sum xy}{\sum \sum xx}$$

modificándose también las intersecciones en la ordenada

$$a'_{c1} = \bar{X}_{3.c1} - b' \bar{t}_{c.c1}$$

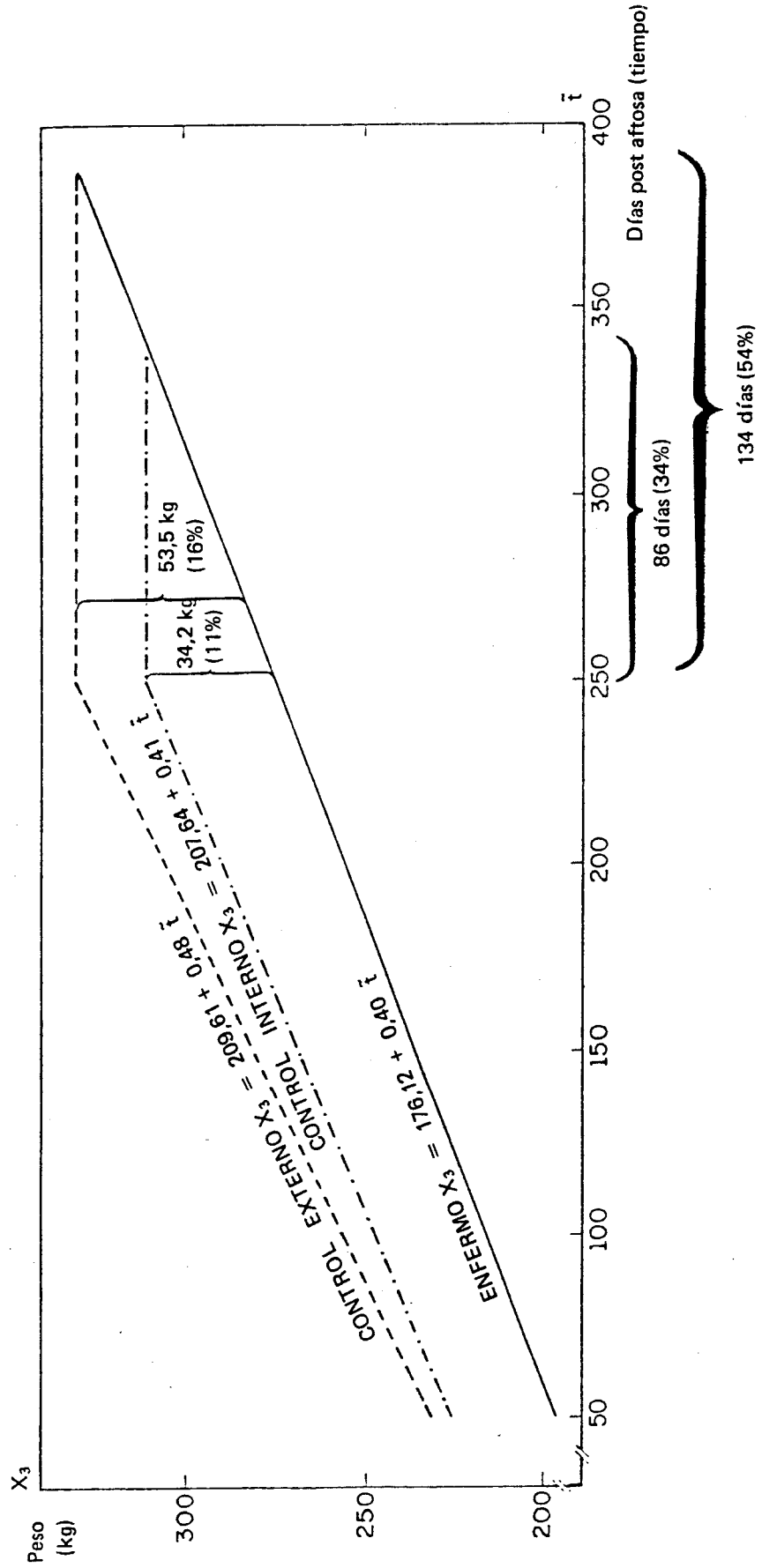
$$a'_e = \bar{X}_{3.c1} - b' \bar{t}_{c.e}$$

A partir de estos cálculos se obtienen nuevas líneas de regresión

$$\hat{X}_{3.e} = a'_e + b' \bar{t}_{c.e}$$

$$\hat{X}_{3.c1} = a'_{c1} + b' \bar{t}_{c.c1}$$

FIGURA 4. Peso en función de días post aftosa en bovinos enfermos, controles internos y externos. Pérdidas de peso y de tiempo. Río Grande do Sul.



CUADRO 19. Valores para evaluar la calidad del ajuste y el significado de las regresiones de peso corporal en función del tiempo, según tipo de tratamiento. Río Grande do Sul.

Tratamientos	R <sup>2</sup>	F	Prob(F)
Enfermos	0,132	333,84	P≤0,01
Control interno	0,127	325,20	P≤0,01
Control externo	0,119	216,99	P≤0,01

de forma tal que con ellas es posible obtener mejores estimativas, sea de  $\bar{X}_3$  para un  $\bar{t}_C$  dado como para  $\bar{t}_C$  para un  $X_3$  dado, para los grupos de animales caso y de animales control, lo que permite encontrar los límites de confianza de las estimativas. Inicialmente se estima la diferencia de tiempo para alcanzar una determinada media de peso, a través de un intervalo de confianza de 95%, utilizando la curva normal. El tiempo, en días,  $\bar{t}$  es la variable independiente de la regresión, mientras que  $X_3$  es una variable dependiente, peso corporal. Para hacer la predicción inversa, o sea estimar el tiempo de demora en alcanzar un peso dado, se aplica:

$$\hat{\bar{t}} = (X_{3.i} - a')/b'$$

Esa ecuación da un punto de estimativa de  $\bar{t}$ , donde es necesario establecer límites de confianza. El cálculo del intervalo de confianza se hace a partir de la regresión común, trabajándose con la diferencia de tiempo en que los animales caso y control alcanzan un peso dado. Para tanto, el coeficiente de regresión común es

$$b' = \Sigma\Sigma xy / \Sigma\Sigma xx = 0,40$$

y los términos independientes o intersecciones en la ordenada para los grupos caso y control interno:

$$a'_{e} = 173,85 \text{ y}$$

$$a'_{c_1} = 207,64$$

respectivamente, con lo que las nuevas líneas de regresión correspondientes son:

$$\text{Casos} \quad \hat{X}_{3.e} = 173,85 + 0,40 \bar{t}$$

$$\text{Controles interno} \quad \hat{X}_{3.c_1} = 207,64 + 0,40 \bar{t}$$

Se verifica que ambas líneas de regresión sólo difieren en el valor de las intersecciones en la ordenada.

La estimativa del tiempo para alcanzar un peso dado puede ser ajustada a través de las nuevas líneas de regresión, estimando el tiempo necesario para que casos y controles interno alcancen una media de peso de 300 kg. Dicha estimativa sería para el grupo de animales caso

$(\bar{t}_e/X_3 = 300) = (300 - 173,85)/0,40 = 315,38$  días, y para el grupo de animales control interno

$$(\bar{t}_{c_1}/X_3 = 300) = (300 - 207,64)/0,40 = 230,90 \text{ días.}$$

La diferencia de tiempo sería de 84,48 días, valor un poco menor que el calculado directamente a partir de las estimativas independientes de ambas líneas de regresión presentadas en la Figura 4.

Los límites de confianza de esa diferencia de tiempo se calculan por la siguiente expresión, de Finney

$$LC(D_{\bar{t}}) = D_{\bar{t}} + \frac{g}{(1-g)} (\bar{t}_e - \bar{t}_{c_1} - D_{\bar{t}}) \pm \frac{Z}{b'(1-g)} \sqrt{\{(1-g) (S_{X_3,e}^2 + S_{X_3,c_1}^2) + (\bar{t}_e - \bar{t}_{c_1} - D_{\bar{t}})^2 S_{b'}^2\}}$$

$$\text{donde } g = \frac{Z^2 S_{b'}^2}{b'^2}$$

Como se aplican los desvíos normales para una probabilidad de confianza de 95%, entonces  $Z = 1,96$ .

Los componentes de la expresión anterior son los siguientes  
 $g = 0,005976$

$$(\bar{t}_e - \bar{t}_{c_1} - D_{\bar{t}}) = (167,16 - 167,43 - 84,48) = -84,75$$

$$S_{X_3,e}^2 = 0,050469$$

$$S_{X_3,c_1}^2 = 0,018822$$

$$S_{b'}^2 = 0,000249$$

con estos valores, el resultado obtenido fue el siguiente:

$$LC(D_{\bar{t}})_{0,95} = 83,97 \pm 6,72$$

o sea, que la diferencia media de tiempo es de 84 días, pudiendo oscilar entre 78 y 91 días, con 95% de confianza.

Para el cálculo de las diferencias de peso para un tiempo dado, cuando las pendientes de las líneas de regresión no son significativas, se pueden ajustar los pesos a partir de la pendiente común  $b'$ , siendo entonces que los límites de confianza sólo se reducen a la diferencia entre las intersecciones en las ordenadas  $|a'_{c_1} - a'_e|$ .

De acuerdo con los datos proporcionados anteriormente, la diferencia entre las intersecciones es:

$$D_a = (a'_{c_1} - a'_e) = 207,64 - 173,85 = 33,8$$

y las varianzas de cada una de las intersecciones bajo una  $b'$  común son:

$$S_{a'.e}^2 = 2,90$$

$$S_{a'.c_1}^2 = 3,08$$

siendo entonces los límites de confianza, para una probabilidad de 95%, para la diferencia entre las intersecciones:

$$\begin{aligned} LC(D_a) &= D_a \pm Z_{0,05} \sqrt{S_{a'.e}^2 + S_{a'.c_1}^2} \\ &= 33,8 \pm 1,96 \sqrt{2,90 + 3,08} \\ &= 33,8 \pm 4,79 \end{aligned}$$

esto es, que la diferencia media de peso entre casos y controles interno puede oscilar entre 29 y 39 kg con una confianza de 95%.

Como ya fue dicho al comparar las pendientes de las líneas de regresión, el aumento de peso en el tiempo, por ejemplo por día, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, razón por la cual fue calculada una pendiente común. En cambio, las intersecciones presentaban diferencias, lo que está asociado a la diferencia de las medias de peso corporal, probablemente debido a que, como consecuencia de la fase aguda de ocurrencia de fiebre aftosa, el peso medio del grupo de animales enfermos disminuye y de ahí en adelante conserva esa diferencia. Entretanto, el aumento medio de peso diario es semejante al de los animales controles interno y externo (Figura 4), pues los coeficientes de regresión que representan el aumento medio de peso diario para los tres tratamientos tienen valores muy semejantes que no son estadísticamente diferentes. De acuerdo con la Figura 4, el grupo de animales caso tuvo un aumento medio de peso diario de 0,40 kg/día, el grupo control interno con el cual se hizo el contraste principal, tuvo un incremento de peso de 0,41 kg/día y, finalmente, el grupo de animales control externo aumentó su peso medio diario en 0,48 kg.



La explicación del mayor valor observado en los controles externos (cuya diferencia con los casos está muy próxima de la significación) puede ser por "errores" en la selección de los controles externos correspondientes o a que el efecto de la infección por fiebre aftosa pudiera haber producido una reducción en la pendiente del aumento de peso, de los controles internos aunque no significativa.

En este estudio de pérdidas físicas en bovinos de carne, el concepto de pérdidas puede estar relacionado con alternativas como las siguientes:

a) durante la fase aguda del episodio de fiebre aftosa el peso del animal disminuye y se sitúa en un nivel más bajo y de ahí en adelante el aumento de peso ocurre con una intensidad parecida a la de los animales afectados por fiebre aftosa;

b) los animales afectados por fiebre aftosa son claramente perjudicados en el aumento medio de peso diario, con lo que, a medida que transcurre la fase de crecimiento, se alejan gradualmente del peso de los animales no afectados;

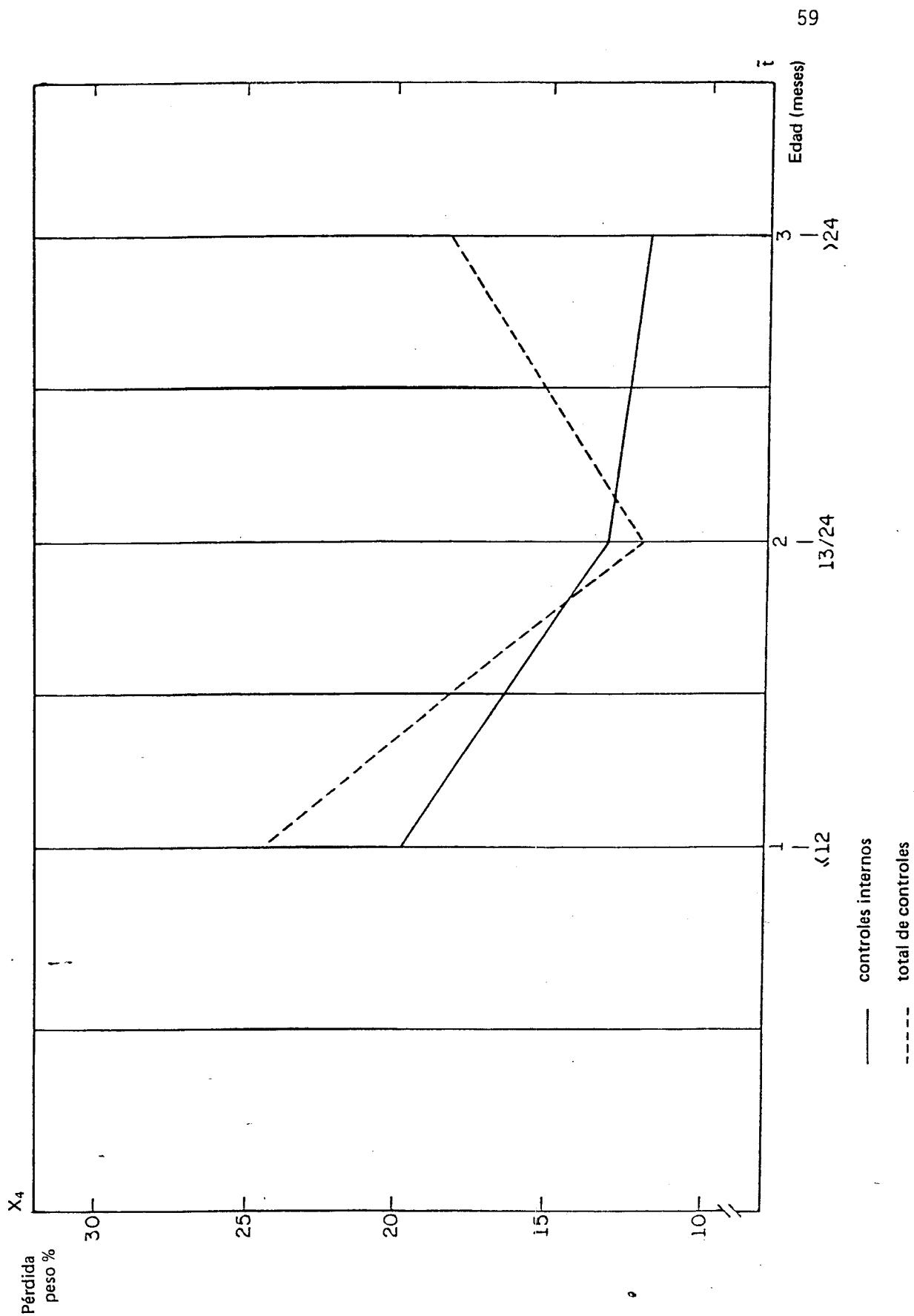
c) la alternativa que considera ambos hechos, caída brusca de peso en la fase aguda y efecto persistente por la menor capacidad de aumento diario de peso de ese momento en adelante.

Por los resultados presentados anteriormente de Río Grande do Sul, la alternativa de pérdidas que probablemente representa mejor la situación observada es la primera. Eso implica en afirmar que la diferencia de peso, o la pérdida, está asociada al nivel diferente de las intersecciones en la ordenada de la regresión, lo que está muy cerca de afirmar que la media de peso de los animales afectados por fiebre aftosa se mantiene en un nivel más bajo que la de los controles. Esto también fue observado en los resultados presentados para la muestra de São Paulo.

Con respecto al efecto de la edad, tomando como referencia la diferencia entre las medias de casos y controles internos, como porcentaje de la media de los controles internos, existe una tendencia de las pérdidas relativas de peso a disminuir con relación a la edad (Figura 5). Sin embargo, cuando se toma como referencia la diferencia entre la media de casos y la media ponderada (número de observaciones) del total de controles (interno y externo), como porcentaje de la media de estos últimos, entonces la pérdida relativa mayor es también mostrada por el grupo más joven, siendo que la menor pérdida relativa ocurre en el grupo de 13-24 meses (Figura 5).

De acuerdo con los resultados de esa figura, las pérdidas de peso corporal según la edad, expresadas en porcentaje, son descritas por las curvas que allí aparecen. Debido a los pocos puntos con que ella fue construida, no se hace ajustes a ningún tipo de modelo.

FIGURA 5. Pérdida % de peso en bovinos de carne, según edad.  
Río Grande do Sul.



b) São Paulo

El Cuadro 20 describe el peso corporal ( $X_3$ ), en kg, para bovinos enfermos (E), controles interno ( $C_1$ ) y externo ( $C_2$ ) de la muestra de São Paulo, clasificados de acuerdo con las mismas categorías etarias que el ganado de Río Grande do Sul. Se observa (Cuadro 20) que la cantidad de pesajes ( $r$ ) presenta diferencias marcadas entre los tratamientos para los grupos de  $\leq 12$  meses y  $> 24$  meses, en los cuales el grupo con menor número de observación es el control externo. Esta situación también se refleja en el total. Por otro lado, en São Paulo también se observa que la cantidad de pesajes de animales de carne entre las clases etarias es diferente, siendo más baja para el grupo de animales adultos, más alta para el grupo de 13-24 meses, como ocurrió en Río Grande do Sul, y el grupo más joven está en una situación intermedia en el número de pesajes. Los enfermos y controles interno se asemejan en el número de observaciones.

La media aritmética de los pesos corporales, en todos los casos es menor para los bovinos enfermos. Al mismo tiempo, dentro de cada grupo etario se observa un crecimiento en el valor de la media aritmética del peso vivo a medida que aumenta la edad. Cuanto a la magnitud del incremento de peso entre grupos etarios en São Paulo también se observa que el aumento entre las dos últimas categorías es mayor.

La variación que presentan las distribuciones de frecuencias de peso corporal en cada situación, expresada la desviación estándar en términos relativos de la media aritmética, no es elevada.

El Cuadro 21 presenta los resultados del análisis de la varianza que permiten evaluar la hipótesis de que las medias aritméticas de peso corporal de los tratamientos difieren entre sí, dentro de cada una de las categorías etarias así como en la muestra total. La variación entre las medias de los tratamientos es claramente mayor que la variación de las observaciones dentro de cada tratamiento, tanto para cada uno de los tres grupos etarios como para el total. La hipótesis de que los tratamientos tienen efecto real sobre el peso corporal de los bovinos queda así confirmada. Eso significa, en términos prácticos, que es muy probable que haya diferencias muy significativas entre las medias de peso vivo de enfermos y controles, en cada grupo etario y en el total, lo que estadísticamente equivale a decir que ocurren pérdidas en el peso corporal de los grupos afectados.

Lo mencionado anteriormente debe ser confirmado específicamente con la realización de pruebas de comparaciones múltiples entre las medias manteniendo un nivel de significación común para todos los pares de comparaciones. Por tanto es necesario hacer comparaciones múltiples entre pares de medias. El Cuadro 22 muestra las comparaciones múltiples entre las medias de los tratamientos, dentro de cada categoría etaria, por medio de la prueba estadística LSD o mínima diferencia significativa. Con una probabilidad de error inferior a 5% para los grupos etarios y para

CUADRO 20. Peso medio ( $X_3$ ) de bovinos enfermos, controles interno y externo, según edad. São Paulo.

Edad (meses)		Grupos etarios		
		E	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
≤12	r	127	129	66
	$\bar{X}$	166,21	198,06	189,30
	S	62,93	69,88	73,19
13-24	r	684	785	774
	$\bar{X}$	220,84	257,20	284,91
	S	73,83	65,84	70,99
>24	r	99	101	18
	$\bar{X}$	351,76	364,78	476,50
	S	92,65	67,55	54,23
Total	r	910	1015	858
	$\bar{X}$	227,46	260,39	281,57
	S	88,33	77,46	80,41

CUADRO 21. Análisis de varianza de los datos de peso corporal. Bovinos enfermos, controles interno y externos, según edad. São Paulo.

Edad (meses)	Fuente de variación FV	Suma de cuadrados SC	Grados de libertad GL	Razón de varianzas F
≤12	entre tratamientos	67.518,269	2	7,31 <sup>a</sup>
	dentro tratamientos	1.472.364,703	319	
13-24	entre tratamientos	1.492.995,985	2	151,78 <sup>a</sup>
	dentro tratamientos	11.016.848,165	2240	
>24	entre tratamientos	239.062,275	2	19,06 <sup>a</sup>
	dentro tratamientos	1.348.341,890	215	
Total	entre tratamientos	1.321.637,076	2	98,07 <sup>a</sup>
	dentro tratamientos	18.737.700,920	2.781	

<sup>a</sup>Diferencia significativa  $P(F) < 0,01$ .

el total, la media para el grupo de bovinos enfermos fue significativamente menor con relación a la media de los grupos de bovinos controles interno y externo, excepto en el grupo de más de 24 meses donde la media de enfermos sólo difiere de la media de control externo. Al comparar las medias de los dos últimos grupos se observa que también difieren significativamente.

CUADRO 22. Comparaciones múltiples entre las medias de peso corporal de enfermos, controles interno y externo, según edad. São Paulo.

Edad (meses)	Mínima diferencia significativa LSD(0,05)	Grupos etarios		
		E	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
≤12	18,55	166,21	198,06	189,30
13-24	7,12	220,84	257,20	284,90
>24	27,87	351,76	364,78	476,50
Total	7,48	227,46	260,39	281,57

Diferencia significativa entre las medias.

El Cuadro 23 muestra una síntesis del análisis de varianza cuando se somete a prueba la diferencia entre las medias de peso vivo de animales caso y controles interno y externo, considerando el apareamiento que fue efectuado con el propósito de comparar los rebaños de bovinos caso y control dentro de un mismo par, de manera que se asemejan en tamaño, características y manejo.

Como se observa en el Cuadro 23, sólo en dos de los nueve pares presentados no se registraron diferencias significativas (pares 24 y 25). En todos los otros pares la media aritmética de peso corporal de los bovinos enfermos siempre resultó ser significativamente menor que la media del control.

La Figura 6 muestra las líneas rectas que relacionan el peso corporal con el tiempo expresado en días post aftosa. En este caso también se aplica un análisis de regresión lineal pues la dispersión de los puntos que representaban el peso vivo a través del tiempo seguía una conducta lineal.

CUADRO 23. Análisis de varianza para datos de peso corporal.  
Bovinos enfermos, controles interno y externo,  
según grupos de pares. São Paulo.

Pares	Medias de grupos etarios			Razão de varianza
	E	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	F
15	181,37	260,72	296,43	146,00 <sup>a</sup>
16	316,86	329,02	343,98	9,73 <sup>a</sup>
17	217,32	234,97	363,38	7,49 <sup>a</sup>
18	202,78	234,95	260,35	33,16 <sup>a</sup>
22	225,25	246,52	316,38	246,50 <sup>a</sup>
23	206,78	246,21	241,20	16,22 <sup>a</sup>
24	369,86	373,00	360,43	0,86 <sup>n.s.</sup>
25	199,51	212,67	220,21	1,86 <sup>n.s.</sup>
26	134,06	177,09	185,28	34,69 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>P ≤ 0,01

n.s. = no significativa (P > 0,05)

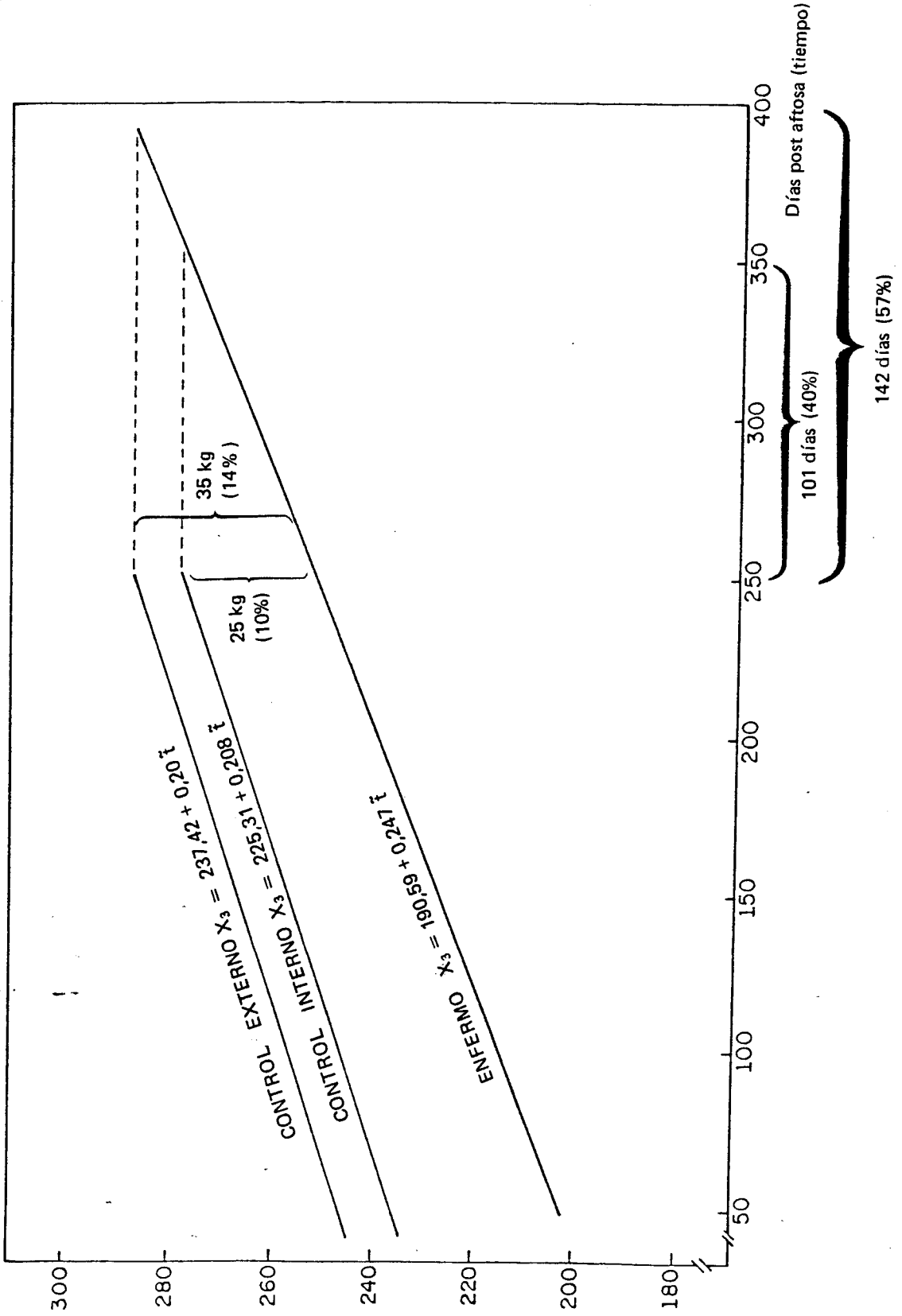
La Figura 6 muestra que el peso medio de los animales caso a los 250 días de observación era 10% menor que el correspondiente al grupo de animales control interno, representando 25 kg en peso vivo. Considerando el mismo período de tiempo de comparación, la pérdida de peso de los animales caso con respecto a los controles externo fue de 14%, lo que equivale a 35 kg de peso. Cuando se analiza el problema en términos de tiempo necesario para alcanzar un peso corporal dado, como es el tiempo que demorarían los animales afectados por aftosa para alcanzar el peso que tenían los controles interno a los 250 días, ese tiempo llega a 101 días lo que representa 40% a más de tiempo. Cuando esa comparación se hace con el control externo, la demora alcanza a 142 días, o sea 57% más de tiempo.

Como se observa en la Figura 6, las rectas correspondientes a los tratamientos son prácticamente paralelas, con coeficientes de regresión cuyos valores son muy semejantes; sin embargo presenta valores diferentes para el punto de intersección en la ordenada.

Los resultados presentados en el Cuadro 24 permiten interpretar la contribución de la regresión a través de un análisis de varianza de la variable peso en función del tiempo postaftosa. La significación estadística alta (P < 0,01) de la regresión indica el significado de la regresión.

Al comparar los coeficientes angulares de regresión de los enfermos y controles internos por la distribución de "t" de Student para 3318 grados de libertad, el valor de "t" calculado para una probabilidad de error de 5% fue de 1,60, lo que no es significativo desde el punto de

FIGURA 6. Peso en función de días post aftosa en bovinos enfermos, control interno y externo. Pérdidas de peso y de tiempo. São Paulo.



CUADRO 24. Valores para evaluar la calidad del ajuste y el significado de las regresiones de peso corporal en función del tiempo, según tipo de tratamiento. São Paulo.

Tratamiento	R <sup>2</sup>	F	Prob(F)
Enfermos	0,093	180,97	P ≤ 0,01
Control interno	0,096	165,84	P ≤ 0,01
Control externo	0,070	108,72	P ≤ 0,01

vista estadístico. Por esa razón se considera  $b_e = b_{c_1}$  siendo posible obtener mejores estimativas de  $\bar{X}_3$  y  $\bar{t}$  calculando un nuevo coeficiente angular común ( $b'$ ) para ambos grupos, con lo que se modifican también las intersecciones en la ordenada.

A partir de las nuevas estimativas se obtienen también las nuevas líneas de regresión para los animales caso

$$\hat{X}_{3.e} = 194,99 + 0,228 \bar{t}$$

y para los animales control

$$\hat{X}_{3.c_1} = 221,02 + 0,228 \bar{t}$$

de tal manera que con ellas sería posible obtener mejores estimativas, sea  $\bar{X}_3$  para un  $\bar{t}$  dado como  $\bar{t}$  para un  $\bar{X}_3$  dado, para los grupos de animales caso y de animales control permitiendo así encontrar los límites de confianza de tales estimativas.

Para São Paulo, la estimativa de los límites de confianza para la diferencia de tiempo que representa la demora, en días, para alcanzar un peso dado y para un nivel de confianza de 95% da  $112,93 \pm 12,53$  días, es decir entre 100 y 125 días.

Para calcular las diferencias de peso en un tiempo determinado, cuando los coeficientes angulares de las líneas de regresión no son significativos, los pesos pueden ser estimados con la regresión que tiene el coeficiente angular común  $b'$ . En tal caso los límites de confianza se reducen a la diferencia entre las intersecciones en las ordenadas

$$\left| a'_{c_1} - a'_e \right|$$

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, la diferencia entre las intersecciones es:

$$D_a = (a'_{c_1} - a'_e) = 26,03$$



y las varianzas de cada una de las intersecciones bajo una  $b'$  común son:

$$S^2_{a'.e} = 4,35$$

$$S^2_{a'.c_1} = 3,42$$

siendo entonces calculados los límites de confianza para la diferencia entre las intersecciones, con una probabilidad de 95%, de la misma forma como se procedió con los datos de Río Grande do Sul:

$$26,03 \pm 1,96 \sqrt{4,35 + 3,42} = 26,03 \pm 5,46$$

o sea, que la diferencia media de peso entre casos y controles interno puede oscilar entre 20,57 y 31,49 kg con una confianza de 95%.

Tal como se informó con relación a los resultados de Río Grande do Sul, el aumento medio de peso en el tiempo no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, razón por la cual fue calculada una pendiente común. Al contrario, las intersecciones presentaron diferencias, lo que está asociado a la diferencia de las medias de peso corporal, ya que el aumento medio de peso diario en los animales caso es semejante al de los animales controles interno y externo (Figura 6).

Los coeficientes de regresión de los tres tratamientos presentan valores muy parecidos, especialmente para los animales caso y los animales control interno y entre estos dos grupos los valores de los coeficientes de regresión no muestran diferencias estadísticamente significativas. Llama la atención que para la muestra de São Paulo el aumento de peso diario reflejado por el coeficiente de regresión, a simple vista es claramente más bajo que el correspondiente a la muestra de Río Grande do Sul. Esto podría estar relacionado con la diferente capacidad de aumentar diariamente de peso de las razas que forman ambas muestras. En São Paulo, donde predominan las razas cebuinas que son menos precoces que las europeas de Río Grande do Sul, explicaría el valor menor de la pendiente.

Tal como ocurrió con la interpretación de los resultados de Río Grande do Sul, la explicación de pérdida de peso en ganado de carne que probablemente mejor representa la situación observada en São Paulo es la relacionada con la diferencia de peso o pérdida, con una disminución de peso de los animales enfermos de fiebre aftosa durante la fase aguda del episodio, haciendo con que de ahí en adelante la media de los afectados por fiebre aftosa se mantenga en un nivel inferior que la de los controles.

El efecto de la edad sobre la pérdida relativa (%) de peso vivo, cuando se considera la diferencia entre las medias de casos y controles internos como porcentaje de la media de estos controles, al igual de como ocurrió con Río Grande do Sul, muestra una tendencia a disminuir la magnitud relativa (%) de las pérdidas de peso a medida que los animales

tienen más edad (Figura 7). Por otro lado, cuando se toma como referencia la diferencia entre la media de casos y la media ponderada (número de observaciones) del total de controles (interno y externo), los animales jóvenes o sin terminar ( $\leq 12$  y 13-24 meses) presentan pérdidas relativas mayores de peso (Figura 7).

La incidencia de fiebre aftosa en bovinos provoca alteraciones anatómicas y fisiológicas en los animales que determinan una reducción en la ingestión, alteración del metabolismo, reducción de absorción y aumento en la eliminación, o pérdidas de elementos nutritivos que se reflejan en pérdida de energía en el organismo. Esta pérdida ocurre especialmente en los tejidos, especialmente grasas, carne y huesos en animales de carne y leche en vacas lecheras en producción. La capacidad de trabajo del animal también es afectada.

En las regiones endémicas con programas regulares existen pérdidas debido a letalidad, generalmente en índices bajos. Durante los años del estudio, las tasas de mortalidad atribuidas a la fiebre aftosa en los rebaños bovinos de las áreas trabajadas se mantuvieron por debajo de 1%. Algunos animales, en pequeña proporción, pueden quedar con secuelas cardíacas, metabólicas, endócrinas y reproductivas.

La gran mayoría de los animales que enferman de fiebre aftosa en las regiones endémicas, aparentemente logran recuperar la totalidad de su capacidad productiva y su peso en un tiempo adicional que puede ser reducido con una alimentación complementaria.

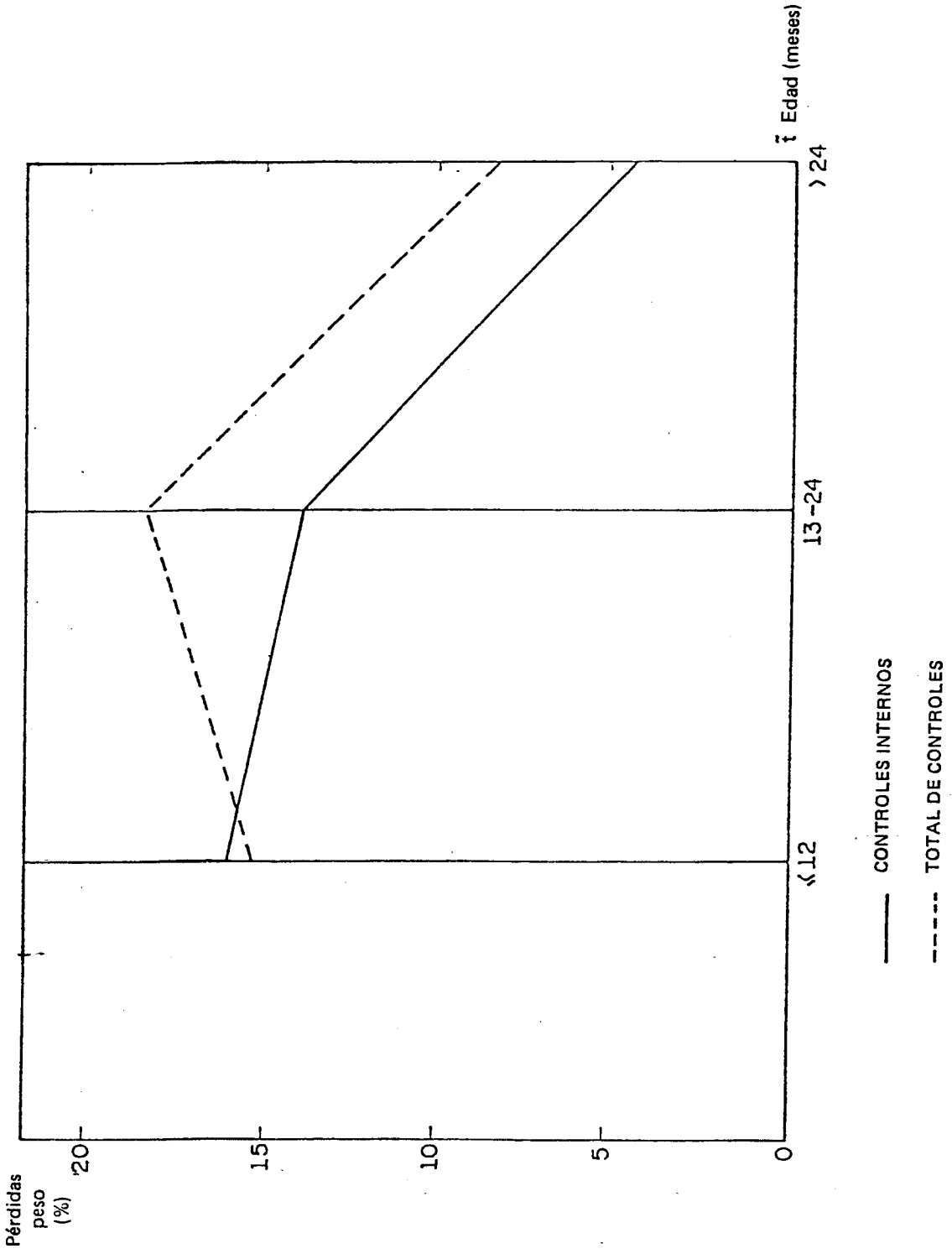
Las pérdidas físicas y económicas asociadas a la fiebre aftosa son muchas, algunas impuestas por el propio hombre con el deseo de preservar otros rebaños sanos, como las originadas por las limitaciones de tránsito y comercialización de animales y sus productos entre regiones con diferentes condiciones sanitarias.

Algunas de las pérdidas difíciles de medir pero no poco importantes, de acuerdo con el tiempo de manifestación y el período posinfección, pueden ser clasificadas en pérdidas de corto, medio y largo plazo, pero generalmente son mencionadas como directas (las de corto plazo) e indirectas (las de medio y largo plazo), como la esterilidad y la fecundidad. El Cuadro 25 presenta una síntesis de pérdidas asociadas a la enfermedad en bovinos, según el período posinfección.

En este estudio se trató de averiguar las pérdidas físicas en carne y leche a corto plazo y en áreas endémicas, representadas apenas por las diferencias de peso vivo entre animales para carne sanos y enfermos, y la producción de leche de vacas sanas y enfermas.

Los primeros efectos negativos encontrados debidos a la enfermedad fueron la disminución en la producción de leche en cualquiera de las fases de lactación y del peso de los animales, tanto en la fase intermedia de desarrollo como en la terminación para faena. La fiebre aftosa

FIGURA 7. Pérdidas % de peso en bovinos de carne, según edad. São Paulo, Brasil.



CUADRO 25. Síntesis de pérdidas asociadas a la fiebre aftosa, en rebaño bovino, según período posinfección.

Corto	Medio	Largo
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peso (carne)</li> <li>2. Producción leche inmediata y derivados</li> <li>3. Abortos y nacidos muertos</li> <li>4. Mortalidad</li> <li>5. Metritis</li> <li>6. Mastitis</li> <li>7. Problemas cardíacos eventuales</li> <li>8. Capacidad de trabajo disminuida</li> <li>9. Esterilidad</li> <li>10. Fertilidad</li> <li>11. Eventual "pérdida de zafra"</li> <li>12. Restricciones comerciales</li> <li>13. Problemas podales con replejos en los machos reproductores</li> <li>14. Pérdidas zootécnicas</li> <li>15. Coadyuva o predispone a otras infecciones (secundarias)</li> <li>16. Mayores costos con medicamentos y manejo (mano de obra)</li> <li>17. Pérdida de semen</li> <li>18. Ganancias eventuales provenientes de arrendamiento de instalaciones (baños, campos, etc)</li> <li>19. Pérdidas eventuales en la comercialización de productos de origen animal y agrícolas</li> <li>20. Desestímulo al criador</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Producción de leche por:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1-inutilización de "cuartos" de ubres</li> <li>1.2-problemas de reproducción en gestación</li> </ol> </li> <li>2. Problemas de reproducción</li> <li>3. Disminución de la vida útil de reproductores por problemas podales o cardíacos eventuales</li> <li>4. Capacidad de trabajo disminuida en algunos animales</li> <li>5. Disminución del efectivo bovino</li> <li>6. Producción agrícola</li> <li>7. Desestímulo al criador</li> <li>8. Pérdidas zootécnicas</li> <li>9. Pérdidas en la clasificación de canales</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disminución del efectivo bovino</li> <li>2. Desestímulo al criador</li> </ol>

provocaría una caída en la producción media diaria de las vacas en lactación, especialmente marcada cuando hubiesen lesiones clínicas, siendo necesario secar la vaca en caso de mastitis severa. Los bovinos de carne afectados sufrirían un retraso en su ciclo normal de aumento de peso, demorando más tiempo para engordar, como ya se mencionó, disminuyendo el volumen de carne o de animales disponibles para el mercado y para la reposición de la dotación poblacional.

En áreas de ganado de carne criado en forma extensiva, durante un cierto período del año los animales pueden sufrir serias restricciones alimentarias derivadas del efecto adverso de los factores climáticos sobre la producción de alimentos; ese atraso podría significar la merma o pérdida de una producción. Al daño físico ocasionado por la fiebre aftosa se seguiría la escasez de alimentos, prolongando por varios meses la recuperación de los animales y su envío a matadero en el próximo período. Por otro lado, el peso recuperado seguramente contendrá, aunque en pequeña proporción, mayor cantidad de grasa con relación a la carne, diferencia que podrá ser representativa para los mercados exigentes donde se ponga en práctica una rigurosa clasificación de canales, pues la grasa no tiene valor comercial como substituta de la carne.

Las pérdidas físicas por fiebre aftosa varían de acuerdo con diversos factores, con la categoría a la que pertenece el animal afectado. Anteriormente se observó que las pérdidas de peso más importantes en bovinos de carne ocurrieron en los animales hasta 12 meses de edad, lo que podría explicarse por diversas razones: a) el "sinergismo" casi siempre presente entre el nivel de nutrición y la infección. Con relación al nivel de nutrición, esa edad es crítica pues los animales sufren las consecuencias del destete y poco después inician el período de cambio de dientes; b) en esa edad también los animales son más sensibles a las infestaciones parasitarias por la poca experiencia inmunitaria frente al problema que, además de producir deficiencias de nutrición, en la mayoría de los casos tienen efectos sinérgicos a los de las infecciones virales; c) lo explicado en el punto (b) se adecúa a las infecciones virales como la fiebre aftosa, que sumadas a las pocas vacunaciones antiaftosa a las que están sometidos los animales, contribuirían a tornar las pérdidas más severas en esa edad; y d) los animales se encontrarían en fase de desarrollo pleno y por tanto más expuestos a los rigores de cuadros mórbidos.

La formación del animal varía de acuerdo con su peso que aumenta o presenta variaciones con la edad, la función y la alimentación que recibe. Un animal joven, en el período de crecimiento almacena energía especialmente en las proteínas de los tejidos nuevos, mientras que un animal en engorde la almacena en forma de grasas. Las vacas en lactación transfieren la energía del alimento a la leche y los animales de carga la destinan al ejercicio que desarrollan en el trabajo. Los bovinos de Río Grande do Sul y de São Paulo incluidos en la muestra no tenían edad uniforme y por tanto era de esperarse diferencias cualitativas, que no fue previsto medir, y cuantitativas en el aumento y pérdida de peso entre los bovinos de una y otra región.

En São Paulo el rebaño bovino destinado a la producción de carne estaba constituido básicamente por animales de razas indianas con predominio de Nelore y sus cruzamientos. En Río Grande do Sul el rebaño bovino de carne está formado esencialmente por animales de las razas Hereford, Aberdeen Angus, Devon, Shorthorn y Charolais (todas europeas), con elevado predominio del Hereford y sus cruzamientos. Existen importantes diferencias entre esas razas. El Hereford tiene un tenor de grasas más elevado y es más precoz en el desarrollo (inicia el período de engorde con menos edad) que el Nelore.

En los países del continente, la producción anual de leche de una vaca normalmente aumenta en cada lactación, hasta la cuarta o quinta, decayendo después. Por otro lado, la producción diaria de leche observada en una lactancia también es variable, siguiendo una figura clásica, con ascensión marcada hasta los 30-40 días del inicio, para caer gradualmente hasta el final de la lactación. Por las razones expuestas en los últimos párrafos queda claro el hecho de que los coeficientes medios de pérdidas físicas por animal, no pueden ser automáticamente extrapolados para el todo, sin considerar con sentido crítico las condiciones, características y restricciones a que está sometido el ganado.

Estos índices dependen de la composición del rebaño, considerando básicamente la raza, función, edad y sexo. Por otro lado, en un rebaño en que la tasa de morbilidad sea baja, los coeficientes de pérdidas globales de producción serán bien menores que los encontrados para los individuos afectados. De la misma forma, un rebaño con reducido número de animales con edades donde se registran mayores bajas en la producción media, deberá presentar una tasa de pérdida de producción total menor que la de otro rebaño que posea un número elevado de animales en estas categorías.

Las pérdidas físicas asociadas a la fiebre aftosa en rebaños lecheros y de carne, analizadas en este trabajo, se refieren sólo al volumen de producción. No se abordaron las posibles modificaciones que pudiesen haber ocurrido en la composición de la leche. La disminución aguda en el volumen de producción de leche no es acompañada por una reducción correspondiente de grasa, que se mantiene. Por eso, durante varios días el tenor de grasa de esa leche continúa elevado.

## 9. CONCLUSIONES

9.1 Se verifican pérdidas significativas en el volumen de producción de leche diaria en las vacas enfermas de fiebre aftosa, cuando comparadas con vacas no afectadas en condiciones semejantes. Estas pérdidas son más marcadas en vacas de hasta 4 partos ( $1,52 \pm 0,04$  kg/día para vacas de  $\leq 2$  partos y  $1,79 \pm 0,03$  kg/día para vacas de 3-4 partos), siendo menos expresivas las pérdidas en las vacas de 5-7 partos ( $0,95 \pm 0,03$  kg/día). En términos generales, dentro de una lactación las pérdidas son claramente más altas cuando la vaca es afectada en las primeras semanas de

lactación ( $1,94 \pm 0,04$  kg/día para la fase inicial,  $1,56 \pm 0,04$  kg/día para la intermedia y  $1,38 \pm 0,03$  kg/día para la fase final), cayendo gradualmente a medida que se acerca el término de la lactancia.

Cuando estas pérdidas son tomadas en términos relativos se puede decir que en las vacas de 1-4 partos ellas fluctúan alrededor del 40%, mientras que en las vacas de 5-7 partos llegan al 22%. Con referencia a las pérdidas porcentuales según el período de una lactación, la conducta no fue muy definida. De acuerdo con los resultados observados en el grupo de  $\leq 2$  partos, la mayor pérdida relativa ocurre en la fase inicial de lactación, disminuyendo a medida que avanza la lactación. En el grupo de 5-7 partos también se presenta una caída entre la fase intermedia y final de la lactación, pero en el grupo de 3-4 partos la pérdida porcentual es levemente inversa.

9.2 Se comprueban pérdidas significativas de peso vivo en bovinos de carne enfermos de fiebre aftosa, cuando se compara el peso corporal de esos bovinos con el de otros animales no afectados que tienen condiciones semejantes a los afectados. En términos generales, las pérdidas no se relacionan con el aumento de peso diario, pero sí con un nivel más bajo de la media de peso (el intervalo para 95% de confianza de la diferencia o pérdida media de peso fue de 29 a 39 kg en Río Grande do Sul y de 21 a 31 kg en São Paulo). Mantenido las mismas condiciones, esto implica en una cantidad significativa de días para recuperar el peso vivo perdido (el intervalo para 95% de confianza de la diferencia media de tiempo para el ganado recuperar un peso dado fue de 78 a 91 días en Río Grande do Sul y de 100 a 125 días en São Paulo). Las pérdidas porcentuales de peso vivo son un poco más acentuadas en los bovinos jóvenes, sin engordar, de hasta dos años de edad (13-24% en Río Grande do Sul y 14-18% en São Paulo), cayendo irregularmente en los animales adultos de más de dos años de edad (12-18% en Río Grande do Sul y 4-8% en São Paulo).

9.3 En el ganado de carne se observaron diferencias significativas, algo relevantes, en las pérdidas ocurridas en la muestra de Río Grande do Sul, donde predominan las razas europeas, especialmente Hereford, con respecto a São Paulo donde predominan las razas indianas especialmente Nelore. La tasa de aumento de peso diario para los controles interno fue de  $0,47$  kg/día en Río Grande do Sul y  $0,21$  kg/día en São Paulo, para los controles externo la tasa de aumento de peso diario fue de  $0,48$  kg/día para Río Grande do Sul y  $0,20$  kg/día para São Paulo. La pérdida de peso padronizada es más elevada en Río Grande do Sul, tanto en términos absolutos (34 kg contra 26 kg en São Paulo) como en términos relativos (11 y 16% contra 10 y 14% en São Paulo). Sin embargo, la demora en días para recuperar un peso dado por los animales afectados es menor en Río Grande do Sul (78 a 91 días) comparada con la de São Paulo (100 a 125 días). Admitiendo que existen varios otros factores que influyen en las muestras de ambos estados, en los resultados hay algunos indicios que podrían estar relacionados con la mayor precocidad en el aumento de peso del ganado europeo, predominante en Río Grande do Sul. Al hacer la comparación entre las dos áreas, se debe tener en cuenta que la edad media de los bovinos de Río Grande do Sul era más alta que la de São Paulo.

9.4 Las características productivas de los grupos de animales no afectados, que sirvieron de "contraste" para evaluar las pérdidas físicas, tuvieron un comportamiento muy ajustado al padrón productivo de leche y carne que se observa en el continente sudamericano, especialmente en regiones tropicales y subtropicales. La producción de leche, a través de los partos, tiende a elevarse hasta el 4º o 5º parto (controles interno: 4,16 kg/día para  $\leq 2$  partos, 4,43 kg/día para vacas de 3-4 partos y 4,69 kg/día para 5-7 partos; controles externo: 3,51 kg/día para vacas de  $\leq 2$  partos, 4,39 kg/día para 3-4 partos y 3,98 kg/día para 5-7 partos). La producción diaria de leche dentro de cualquier lactación es más alta en la fase inicial (4,90 kg/día en los controles interno y 4,74 kg/día en los controles externo), cayendo gradualmente en el período intermedio y final de la lactación (4,29 y 3,79 kg/día respectivamente para los controles interno, y 4,03 y 3,31 kg/día en los controles externo). Durante el período relativamente corto de duración del estudio, el peso vivo medio de los animales de carne tuvo una conducta ascendente lineal cuando relacionado con la edad de los animales. Todas estas características productivas se relacionan con explotaciones ganaderas de tipo extensivo.

9.5 Las pérdidas físicas de producción de leche y de carne fueron, en general, más acentuadas en los animales jóvenes en relación con las sufridas por los animales adultos considerados en el estudio. Esto tal vez se deba a la mayor gravedad del cuadro aftoso en los animales jóvenes, lo que es propio de regiones donde la fiebre aftosa es endémica y los animales están sometidos a programas sistemáticos de vacunación. Esta última actividad, además del mayor contacto con el virus, torna menos susceptibles a los animales de más edad, mientras que los animales jóvenes con mayor susceptibilidad sufren cuadros más drásticos sobre su físico, independiente del nivel de morbilidad específica por edad.

9.6 Desde el punto de vista metodológico, en este tipo de estudios de naturaleza muy amplia, es necesario tomar mucho cuidado con los aspectos relativos a la información de la investigación, desde el diseño del sistema de informaciones, el levantamiento de datos en el terreno, la crítica y depuración de los datos colectados, hasta el mecanismo y procedimientos de procesamientos y análisis de informaciones.

9.7 Las pérdidas físicas asociadas con la fiebre aftosa son muy diversas e interrelacionadas. En este estudio sólo se abordó un grupo limitado de ellas. Por este motivo, es necesario y recomendable continuar en esta línea de investigación.



## ADDENDUM

### Síntesis de estudios "Off Line" sobre pérdidas físicas asociadas a la ocurrencia de fiebre aftosa en dos rebaños no incluidos en la muestra

De forma paralela al estudio de pérdidas físicas, a partir de una muestra de rebaños y animales caso y control se estudiaron dos rebaños, uno para producción de leche y otro de carne. En estos dos rebaños había ocurrido fiebre aftosa recientemente y, como poseían excelentes sistemas de registro de datos de producción, fueron escogidos para evaluar el efecto de la enfermedad en la producción de leche y en el peso de los novillos, aplicándose un diseño prospectivo (observacional) de tipo ANTES-DESPUES.

#### Ganado de carne

Para este estudio se consideró el rebaño bovino de la Estación Experimental de "Dom Pedrito", perteneciente al Instituto de Investigaciones Zootécnicas "Francisco Osório" de la Secretaría de Agricultura del Estado de Río Grande do Sul, Brasil, ubicada en el municipio de Dom Pedrito.

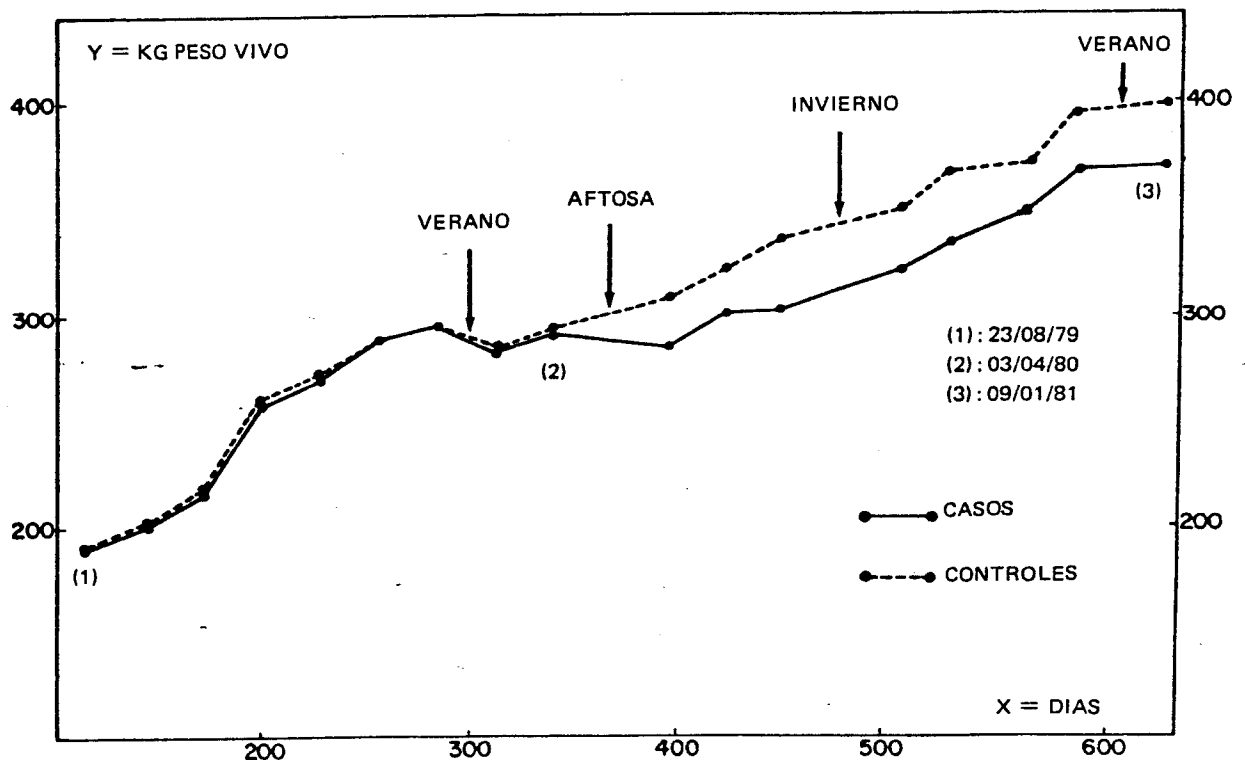
En mayo de 1980 ocurrió un episodio de fiebre aftosa que afectó el rebaño que comprendía 89 bovinos Hereford, de dos años y medio de edad, y que desde hacía un año y medio venía siendo pesado periódicamente de forma individual cada cuatro semanas. Esto permitió estudiar la evolución de los pesos individuales a partir de siete meses y medio antes de la ocurrencia de la enfermedad hasta la faena realizada 8-9 meses después del episodio de fiebre aftosa. Cuando el foco fue controlado, se separaron 27 novillos enfermos (casos) y se seleccionaron 27 novillos sanos (controles). Los grupos eran estadísticamente muy homogéneos con relación a la media de peso corporal correspondiente a la pesada realizada antes de la enfermedad (Figura 1). Controlados los posibles efectos de raza, toro progenitor y edad, la fiebre aftosa sólo se manifestó como el único efecto importante sobre el peso corporal, como lo demuestra la diferencia significativa entre las medias de peso vivo final (40 meses de edad) de casos y controles antes de la faena. Aunque se considerase la covariación del peso antes de la enfermedad, en este trabajo no fue necesario hacerlo debido a la homogeneidad del peso "antes" de los novillos de los dos grupos (Figura 1).

Esta situación permite, en este estudio, hacer un análisis del peso "después" en casos y controles abstrayéndose de los pesos corporales anteriores. Como los coeficientes de regresión de ambos grupos no difieren entre sí, se concluye que no existen diferencias en el aumento de peso diario.

Sin embargo, las intersecciones en la ordenada presentan diferencias significativas debido a la diferencia marcante entre las medias de los grupos de animales controles y casos en el momento inmediatamente "después" de concluido el episodio de fiebre aftosa en el rebaño de novillos. Ajustando los datos a un coeficiente de regresión común, la diferencia de peso vivo entre controles y casos, estimada con 95% de confianza aproximadamente a los 250 días de concluido el foco, es de  $25 \pm 3,7$  kg.

Como consecuencia de la fiebre aftosa, el tiempo estimado para que los animales del grupo caso tuviesen el peso vivo de 400 kg fue de  $63 \pm 11$  días, con un nivel de confianza de 95%.

FIGURA 1. Evolución del peso de dos grupos de novillos Hereford, hijos del mismo toro, antes y después de un episodio de fiebre aftosa. Dom Pedrito, Río Grande do Sul, Brasil.



## Ganado de leche

En este estudio se consideró un establecimiento del estado de São Paulo dedicado a la producción de leche, la "Fazenda Santa Alcina", que cuenta con un rebaño lechero formado por el cruzamiento de razas europeas (7/8) y cebú. En este rebaño la media anual de vacas en lactación es de 250, con una producción media diaria de 11 litros por vaca.

En febrero de 1980 hubo un episodio de fiebre aftosa que afectó 73 vacas lecheras (casos). Para fines comparativos se seleccionó una muestra de 80 vacas sanas (controles), cuya composición y características eran semejantes a las del grupo de vacas caso. Se dispuso de un archivo de datos previos correspondientes a 6 años, pudiéndose considerar 462 lactaciones, con información relativa a: fecha de nacimiento de cada vaca, fecha de los partos, número de "coberturas", controles periódicos de producción de leche, fecha de apareamiento de fiebre aftosa.

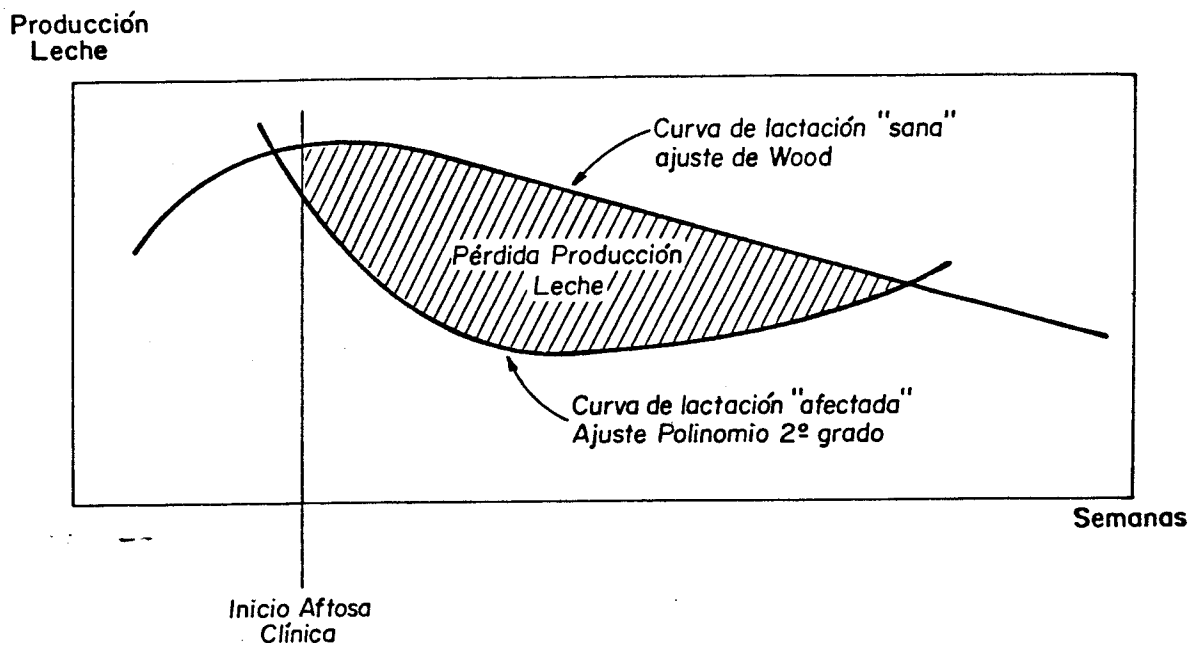
En este estudio se utilizaron los datos de la producción total por lactancia, siendo necesario padronizar todas las lactaciones a 305 días de duración y aplicar un factor de corrección para la edad de las vacas. Con el fin de obtener una caracterización de la producción de leche por lactancias de las vacas sanas, la producción semanal de leche ( $Y_t$ ) se ajustó a la curva de Wood [ $Y_t = at^b e^{-ct}$ ] teniendo en cuenta el número de partos y la estación del año. Para cada lactación estimada se calculó el área de la curva de Wood limitada por la primera y la última semana de lactación. El área dentro de la curva representó la producción en la lactación. La producción media por lactación para el grupo de vacas sanas fue de  $3.657 \pm 104$  litros, con un nivel de confianza de 95%.

Al ocurrir fiebre aftosa en la Fazenda Santa Alcina, las vacas que fueron afectadas se encontraban en diferentes fases de lactación, entre la 1ª y la 28ª semana. Para evaluar la pérdida de producción de leche por lactancia asociada a la ocurrencia de fiebre aftosa se hizo una previsión con la curva de Wood, obteniéndose la producción esperada para la lactancia afectada, como si no hubiese ocurrido fiebre aftosa en la vaca correspondiente. Para hacer esta estimativa se tuvo en cuenta la curva de producción de vacas en condiciones similares: los datos de lactancias anteriores de la misma vaca ajustados por un factor de corrección a la lactancia correspondiente, el registro de producción de la lactancia afectada en el período anterior a la aparición de la enfermedad. Estas informaciones permitieron obtener la curva de producción esperada para la lactancia padronizada a 305 días.

Con los datos de la producción de leche, a partir del inicio del episodio de fiebre aftosa se hizo un ajuste a un polinomio de 2º grado. La diferencia de áreas entre las dos curvas (Wood y polinomio de 2º grado) permitió calcular la pérdida de leche en cada lactación (Figura 2).

La pérdida estimada fue de  $281,12 \pm 62,5$  litros, para un nivel de confianza de 95%. Al ser evaluada la pérdida de producción de leche para cada lactancia en términos porcentuales, se observa una distribución de frecuencia con media de 15,3%.

FIGURA 2. Modelo para estimar la pérdida de producción de leche por lactancia, asociada a la ocurrencia de fiebre aftosa. Diseño prospectivo "antes-después".



Editado e impreso en el  
Centro Pan-Americano de Febre Aftosa