

## ECOSISTEMAS Y ESTRATEGIAS REGIONALES DE CONTROL DE LA FIEBRE AFTOSA. APLICACION AL CASO DE RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Vicente M. Astudillo<sup>1</sup>, J. Fernando Dora<sup>2</sup>, Antonio J. da Silva<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se presenta un modelo sobre la regionalización de la fiebre aftosa y el papel de la organización económico-social en él. Se describen los principales indicadores, criterios y la metodología para caracterizar los ecosistemas y los factores determinantes de ellos. Se prueba la validez de esta metodología. Se evalúan los resultados de la efectividad de la adopción de estrategias regionales selectivas en la modificación de los ecosistemas en Río Grande do Sul, Brasil. Se presentan datos que demuestran una drástica modificación de los ecosistemas de la fiebre aftosa en Río Grande do Sul hacia una situación indemne.

### MARCO DE REFERENCIA

La actividad económica del hombre se hace a través de un proceso de transformación de la naturaleza, buscando apropiarse de los recursos naturales para satisfacer sus necesidades. Con esta finalidad el hombre ha venido ocupando el espacio terrestre para explotar los recursos naturales, dando lugar a una serie de formas de organización del espacio, creadas en función de la utilización de estos recursos. La mayor o menor racionalidad de la explotación de los recursos naturales depende de una serie de factores históricos, económicos, sociales, culturales y políticos. Así el espacio en el sentido geográfico-económico, al contrario del espacio natural, es producto de la acción del hombre.

Por otra parte, en el proceso de transformación de la naturaleza y de ocupación del espacio, el hombre siendo un animal social ha generado aglomerados de habitantes, que son las ciudades, que

no son sólo contingentes de personas que en ellas habitan, trabajan, estudian, etc., sino que la ciudad es sobre todo un centro de relaciones intra e interurbanas, entre las cuales está el abastecimiento y la comercialización de bienes de consumo, como son los de origen animal (carne, leche, etc). La ciudad es un polo de atracción para actividades productivas como la ganadería, sea por la necesidad de abastecerlas, como por el procesamiento de los productos para dejarlos en condiciones de consumo para los habitantes (frigoríficos, mataderos, plantas lecheras, otros) como por los flujos de comercialización de animales y productos de origen animal que este proceso genera, en la dirección de los centros poblados, especialmente en los países de América Latina. La existencia de estos polos de consumo o de industria y comercio influye en forma marcada en la especialización regional de la producción ganadera, especialmente la bovina, así como en la tendencia convergente de la movilización de animales.

El proceso de ocupación del espacio por el hombre incluye obviamente la transformación de la naturaleza con fines ganaderos, lo que genera una distribución y dinámica de ella en el espacio. La organización espacial de toda la industria animal, en sus aspectos de producción, comercio de animales, procesamiento y distribución de productos, asume una disposición dada en función de la polarización que ejerce el consumo de los centros urbanos o los centros de salida de la exportación de excedentes de producción (3). Hay toda una polarización del proceso de industria animal dado por este aspecto, en el cual diversas áreas donde se desarrollan diversas fases de la producción, donde se concentran los núcleos de comercialización, donde están las usinas procesadoras, tienen interacciones entre ellas, en función de la polarización que ejercen los centros de consumo o los puntos de salida del producto a exportar. Esas áreas en interacción forman una gran macro-

<sup>1</sup>Centro Panamericano de Fiebre Aftosa (OPS/OMS), Caixa Postal 589, 20001 Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>2</sup>Secretaría de Agricultura, Avenida Getúlio Vargas 1384, 90000 Porto Alegre, RS, Brasil.

región de industria animal dentro de un país. En un país puede haber varios "circuitos" de este tipo, como sucede en Brasil.

En la ganadería existen diversas formas de organización socioeconómica de la producción animal, que configuran en el espacio regiones donde predomina alguna de ellas (7). Las formas **extractivas para carne** tienen varias expresiones de acuerdo con el grado de tecnificación, aplicación de capital y uso de mano de obra: cría extensiva, cría-recría extensiva, ciclo completo integral hasta ciclo completo complementario desarrollado dentro de una misma microregión. Las formas de producción de **transformación para carne**, que en general tienen características empresariales, comprenden las formas de engorde. Las formas de producción de **transformación para leche** abarcan las modalidades empresariales de ganadería lechera. Las formas de producción pecuaria de tipo **artesanal** engloban tanto la mercantil simple como la familiar de subsistencia. Estas últimas formas de producción animal tienen escasa o nula capacidad de capitalización (5).

La dinámica del proceso de interacciones entre los componentes de cada una de las diversas formas de organización socioeconómica de la producción ganadera, que predominan en cada región, puede incluir la presencia de un agente microbiológico, infecto-contagioso, que desarrolle interacciones ecológicamente parasíticas con respecto a la producción animal (2). En ese caso, la dinámica del proceso ganadero, dependiendo de la forma de producción influye de una manera diferente sobre la conducta de las interacciones ecológicas entre fuentes de infección (animales con el agente), animales susceptibles y tasa de contacto efectivo entre estas categorías (15). De esta manera "se determinan" diferentes "modelos" de comportamiento epidemiológico de una enfermedad en el espacio, llamados **ecosistemas**, que cuando se refieren al virus de la fiebre aftosa se llaman **ecosistemas de la fiebre aftosa** (Fig. 1) (6).

Las regiones con ganadería extractiva para carne, generalmente corresponden a ecosistemas endémicos primarios. Tienen baja tasa de renovación poblacional por la permanencia de vientres; los nacimientos estacionales permiten el mantenimiento de la actividad viral cuando el agente está den-

tro de la región; los flujos de salida de machos jóvenes no terminados o terminados constituyen una exportación, a otras regiones, de fuentes de infección y susceptibles (4).

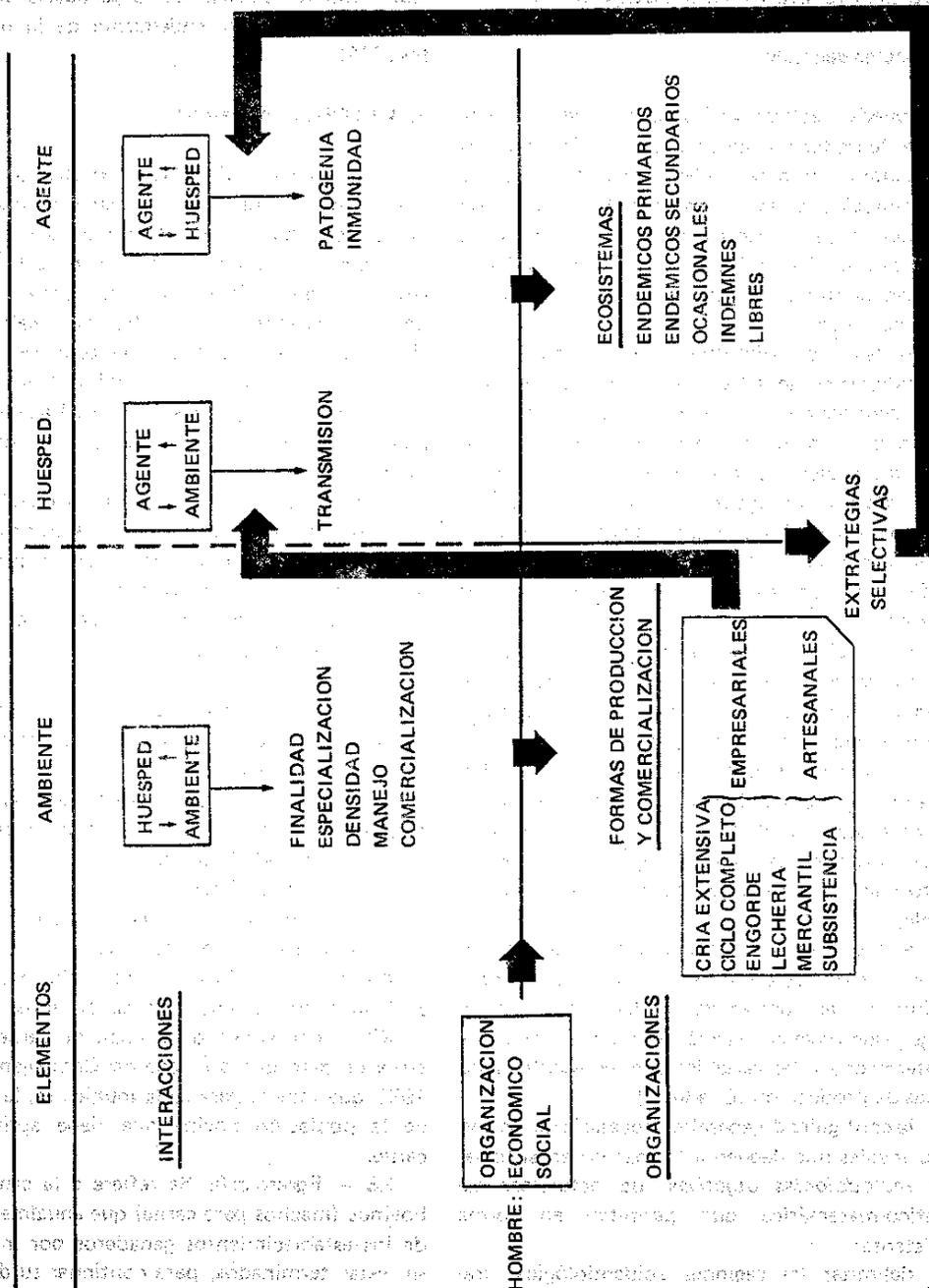
Las regiones con ganadería de engorde configuran ecosistemas endémicos secundarios o dependientes. Tienen alta tasa de renovación poblacional, una vez que los novillos engordados van a matadero, recibiendo estacionalmente gran cantidad de machos jóvenes no terminados, de diversos orígenes. Ellos son en gran parte susceptibles y otros fuentes de infección no aparentes, que son colocados en campos con alta capacidad de carga (tasa de contacto alto). También existen regiones donde se produce mezcla de engorde y lechería, o simplemente áreas con lecherías cercanas a grandes centros de consumo, sobre las cuales convergen importantes flujos de animales, habiendo un crecido comercio interno de ganado, que también constituyen ecosistemas endémicos secundarios por el ingreso de susceptibles y fuentes de infección.

Las regiones ganaderas restantes, lecheras típicas, ganadería artesanal, sea mercantil o de subsistencia, estas últimas con rebaños pequeños donde prácticamente es muy escaso el ingreso de animales, presentan características de ecosistemas ocasionales o paraendémicos. Ellas no reciben flujos masivos ni regulares de ganado que puedan introducir el virus y sus condiciones no permiten el mantenimiento de él. Especialmente las áreas lecheras tradicionales poseen flujos de salida de terneros y de descartes.

El propósito final de la identificación de los ecosistemas de la fiebre aftosa es contribuir a mejorar el proceso de planificación del control de esta enfermedad, permitiendo la selección de estrategias regionales selectivas, de acuerdo con la regionalización de la conducta de la fiebre aftosa (Fig. 1) (7).

En este trabajo se presenta un ejemplo concreto de cómo la existencia de programas realmente efectivos en el control de la fiebre aftosa en América del Sur está íntimamente vinculada a la aplicación de estrategias regionales selectivas para cada ecosistema, cuya elaboración es resultante de una mejor y mayor comprensión del comportamiento epidemiológico espacial de la enfermedad (8).

FIGURA 1. Fiebre aftosa: modelo epidemiológico y de intervención<sup>1</sup>



<sup>1</sup> V.M. Astudillo y F.J. Rosenberg.

## REGIONALIZACION EPIDEMIOLOGICA DE LA FIEBRE AFTOSA: ECOSISTEMAS

### 1. Aspectos generales

Se pueden aplicar varios procedimientos para llegar a delimitar las regiones, dentro de las cuales se presenta un tipo de modelo de comportamiento epidemiológico de la enfermedad. Cada región de estas constituye un ecosistema de la fiebre aftosa. Para alcanzar el objetivo de la regionalización es necesario contar con elementos que son indispensables, como ser:

a) *variables o indicadores* que caracterizan tanto el endemismo de la fiebre aftosa como la organización económico-social de la producción ganadera, para cada una de las unidades geográfico-administrativas locales que se incluyen en el estudio;

b) *criterios de regionalización* para hacer el agrupamiento de las unidades locales, de acuerdo con el comportamiento de las variables o indicadores. En este caso se consideran como criterios los siguientes:

— la semejanza en la respuesta de las unidades locales para las variables incluidas en el trabajo de regionalización. Se trata de llegar a delimitar regiones homogéneas, formales o uniformes en la conducta epidemiológica, vista en forma integral. Esto debe llegar a manifestarse de una manera tal que, para cada una de las variables, las diferencias o variación entre las unidades geográficas locales que forman parte de un ecosistema sean lo menor posible;

— el supuesto de correspondencia espacial entre los ecosistemas de la fiebre aftosa y la regionalización de las formas de producción ganadera, "exige" que haya correlación entre la presencia de la enfermedad y las variables que representan a las formas de producción (Cuadro 1);

— la contigüidad geográfica necesaria de las unidades locales que lleguen a formar un ecosistema;

c) *metodologías objetivas*, de naturaleza estadístico-matemática que permitan en forma consistente:

— delimitar las regiones epidemiológicas trabajando con muchas variables (multivariado), que atiendan los criterios considerados (9);

— atribuir pesos relativos a subconjuntos de

variables que son manifestaciones de la organización económico-social de la ganadería que están relacionadas con el endemismo de la fiebre aftosa (10).

### 2. Variables o indicadores

Dentro de la objetividad necesaria se requiere contar con instrumentos de medición que permitan caracterizar epidemiológicamente cada región o ecosistema. Son mediciones expresadas en una escala numérica. Están referidos a cada una de las unidades geográfico-administrativas locales (municipio). Si ellas están fuertemente correlacionadas (positiva o negativa) con la medida de la presencia de la fiebre aftosa, se les llama genéricamente predictores o determinantes de la conducta de la fiebre aftosa.

En este trabajo se consideran once variables explicativas que se refieren a la producción ganadera y una variable explicada que es una manifestación de la presencia de la enfermedad.

El listado y la nomenclatura de las variables explicativas son los siguientes:

X1 = Tamaño del rebaño bovino. Corresponde al número medio de bovinos por rebaño o establecimiento ganadero.

X2 = Densidad bovina. Representa el número medio de bovinos por hectárea agropecuaria.

X3 = Densidad porcina.

X4 = Densidad ovina.

X5 = Porcentaje de vacas que son ordeñadas para producir leche comercialmente.

X6 = Razón Novillo/Vaca. Corresponde al cociente entre novillos y el total de vacas.

X7 = Porcentaje de ganado de carne. Representa un dato que proviene del Censo ganadero de 1980 que indica, para cada municipio, la fracción de la población bovina que tiene aptitud para carne.

X8 = Egreso-cría. Se refiere a la cantidad de bovinos (machos para carne) que anualmente salen de los establecimientos ganaderos por municipio, sin estar terminados, para continuar su desarrollo en otros establecimientos.

X9 = Egreso-faena. Representa el número de bovinos (principalmente machos de carne) que

CUADRO 1. Modelo de interpretación del indicador: %  $\Omega_0$  sobre bases de observación empírica

Ecosistema	Formas de producción ganadera	Densidad bovina	Nov./Vaca	Tamaño rebaño	Endemismo infección	Presencia enfermedad	Características Espaciales en la región		% $\Omega_0$
							Lugar	Valor %	
Endémico primario	Cría extensiva	0.28	0.46	1013	Alto	Intermitente, sin grandes frecuencias. No hay estacionalidad ni epidemias	Uniformidad	Región Matogrosense	11
	Ciclo completo y cría semiempresarial. Movimiento interno y de salida	0.76	0.76	283	Muy alto	Constante, con frecuencias medias. Hay estacionalidad. Epidemias	Interacción. Complementaridad interna	Sudoeste de Río Grande do Sul	42
Endémico secundario	Engorde empresarial	0.85	2.25	230	Alto	Muy alta frecuencia. Hay variación estacional. Epidemias	Uniformidad	Oeste Paulista	47
	Ciclo completo y engorde semiempresarial. Movimiento interno y de entrada	0.62	0.68	84	Alto	Estacional. Hay epidemias	Interacción. Complementaridad interna y externa	Este de Río Grande do Sul	26
Paraendémico	Lechería típica	0.45	0.22	22	Nulo	Esporádica muy localizada	Uniformidad	Región de Sierra de Caxias. Río Grande do Sul	12
	Artesanal	0.29	0.52	12	Nulo	Esporádica	Uniformidad	Región Colonial de Río Grande do Sul	6

anualmente salen de los establecimientos ganaderos ya terminados, para ser faenados en un matadero o en un frigorífico.

X10 = Ingreso-cría. Representa la cantidad de bovinos (machos de carne) que anualmente entran en los establecimientos ganaderos de un municipio, para continuar su desarrollo, ya que no están terminados.

X11 = Ingreso-faena. Corresponde a la cantidad de bovinos (principalmente machos de carne) que anualmente entran en un municipio para ser faenados.

La variable explicada, que se llama  $X12 = \% \Omega_0$ , corresponde a un indicador que representa el grado de persistencia de la enfermedad en una unidad geográfica, para una secuencia de períodos de tiempo de tamaño definido. Este indicador toma en cuenta sólo la presencia o la ausencia de la enfermedad en cada período de tiempo, sin incluir la frecuencia de casos o focos.

Su desarrollo tuvo como finalidad que este indicador fuese una expresión del nivel de endemismo de la fiebre aftosa en un lugar. Su creación siguió el enfoque ecológico de intentar caracterizar la endemidad de la infección, cuya evaluación directa a través de procedimientos seroepidemiológicos es onerosa y poco práctica para el trabajo sistemático de monitoreo y vigilancia epidemiológica de una zona. Por otra parte hay que admitir que en la fiebre aftosa hay discrepancias entre los estados epidemiológicos de "infección" y de "enfermedad". Estas discrepancias son más o menos marcadas, según la forma de producción de que se trate.

Existen áreas donde la fiebre aftosa se presenta en forma persistente en el tiempo, presentando diferentes modelos de distribución durante el año. Esto ocurre en las áreas consideradas endémicas. Por otra parte, existen áreas donde la presentación de la enfermedad a través del tiempo no muestra persistencia y es muy esporádica, habiendo largos períodos con ausencia de ella. Estas áreas son consideradas paraendémicas o de presencia ocasional de la fiebre aftosa. Por último, existen también áreas donde nunca se ha registrado la ocurrencia de la enfermedad considerándolas como indemnes.

Para aplicar este indicador es necesario disponer

de una serie cronológica formada por varios años, en los que haya sido posible indicar la presencia o ausencia de la enfermedad, en períodos correspondientes a los meses calendario o a períodos de cuatro semanas. Al observar, a través del tiempo, las presencias (+) y las ausencias (-) de la fiebre aftosa, en una unidad geográfica, se forma una "estructura" de secuencias, tanto de presencias como de ausencias. La frecuencia con que aparece cada uno de los **segmentos de secuencias**, configura una distribución de frecuencias del tamaño de las secuencias de presencias y otra distribución de frecuencias para el tamaño de las secuencias de ausencias.

Para mostrar como proceder para calcular el porcentaje de  $\Omega_0$ , se presenta la situación de fiebre aftosa por mes calendario en el período 1970-1981, del municipio de Bagé, estado de Río Grande do Sul en Brasil (Cuadro 2). En este período la fiebre aftosa se presentó constantemente y en algunas épocas con gran frecuencia (12).

Para calcular el índice de persistencia de la fiebre aftosa se consideran ambas distribuciones de frecuencias. Le llamamos X al tamaño de las secuencias de presencias (Cuadro 3), e Y al tamaño de las secuencias de ausencias (Cuadro 4).

### 3. Delimitación de los ecosistemas de fiebre aftosa

Para mostrar una aplicación de la metodología de regionalización del comportamiento de la fiebre aftosa y la siguiente adopción de estrategias regionales selectivas para "quebrar" esa conducta, se ha elegido el estado de Río Grande do Sul en Brasil (11). Ese estado (265 mil km<sup>2</sup>) forma parte de la Cuenca del Río de la Plata en la América del Sur, una de las áreas pecuarias de mayor potencial en el mundo. Como en toda esta región, Río Grande do Sul posee una ganadería que constituye la actividad primaria más generalizada, explotando principalmente el bovino (12 millones de cabezas), en seguida el ovino (12 millones de cabezas) y en menor grado el porcino (3 millones). Existen alrededor de 380 mil establecimientos de bovinos.

Desde el inicio de 1966, la Unidad de Defensa Sanitaria Animal, del Departamento de Producción Animal de la Secretaría de Agricultura del Estado, desarrolla un programa de control de la fiebre

CUADRO 2. Presencia de la fiebre aftosa<sup>a</sup>. Municipio de Bagé, Río Grande do Sul, Brasil, 1970-1981

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
1971	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+
1972	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1973	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
1974	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1977	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
1978	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
1979	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
1980	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>a</sup>Se han omitido las frecuencias (focos o casos).

CUADRO 3. Distribución de frecuencia de secuencias de presencias

X	F	FX
1	2	2
2	2	4
3	2	6
5	1	5
8	1	8
10	2	20
13	1	13
15	1	15
Total	12	73

$$\bar{X} = \frac{\sum FX}{\sum F} = \frac{73}{12} = 6.08$$

$$\Omega_1 = \frac{1}{\bar{X}} = \frac{1}{6.08} = 0.1645$$

CUADRO 4. Distribución de frecuencia de secuencias de ausencias

Y	F	FY
1	5	5
2	1	2
6	2	12
7	1	7
8	1	8
14	1	14
23	1	23
Total	12	71

$$\bar{Y} = \frac{\sum FY}{\sum F} = \frac{71}{12} = 5.92$$

$$\Omega_0 = \frac{1}{\bar{Y}} = \frac{1}{5.92} = 0.1690$$

aftosa, que fue gradualmente implantado en todo el ámbito del estado, completándose en 1970. El programa, a partir de ese momento, se integró al programa nacional del Ministerio de Agricultura de Brasil.

Las acciones de control, así como la captación de informaciones epidemiológicas son hechas por la organización de campo de la Unidad de Defensa Sanitaria Animal, que consta de 15 Unidades Veterinarias Regionales y 228 Inspectorías Veterina-

rias Locales, servidas por más de 300 médicos veterinarios y aproximadamente 1.500 funcionarios auxiliares.

Con la información proveniente del sistema de información para la vigilancia epidemiológica (13), para el período 1970-1981, se hizo una caracterización de los ecosistemas de la enfermedad.

El espacio geográfico de Río Grande do Sul fue subdividido en tres ecosistemas con respecto a la conducta de la fiebre aftosa (Fig. 2).

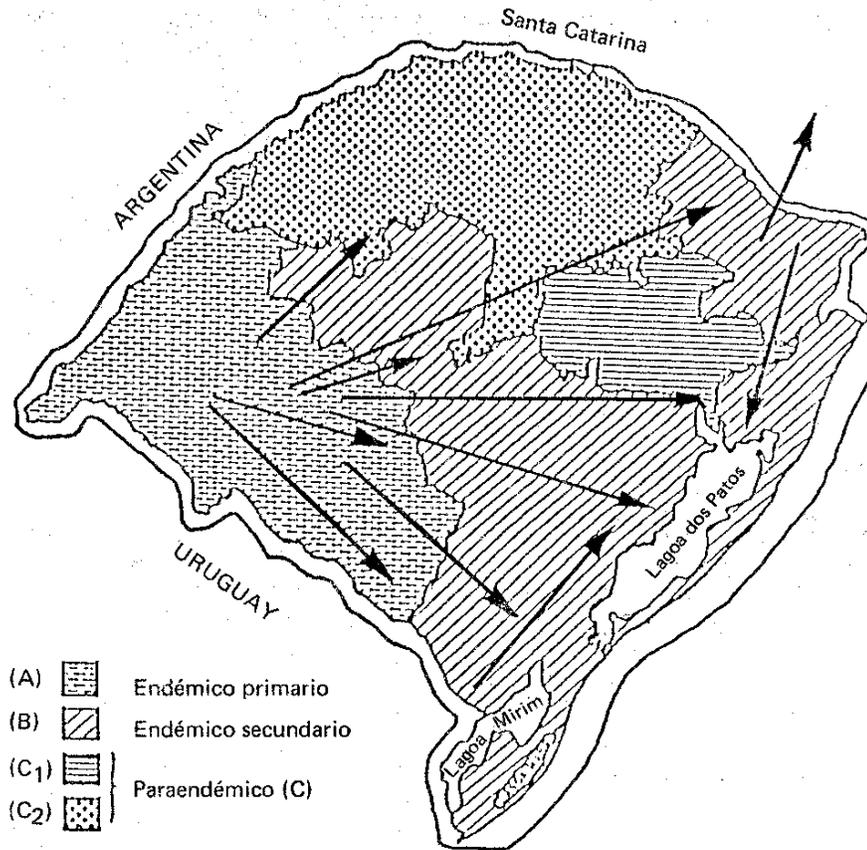


FIGURA 2. Ecosistemas de la fiebre aftosa. Río Grande do Sul, Brasil, 1970-1981

El ecosistema A, situado en el suroeste del estado, es considerado **endémico primario** por ser una región ganadera del tipo ciclo completo empresarial. En esta región es típico, además de la ganadería bovina de carne, el ovino y el cultivo de arroz en algunas áreas, cuyos rastrojos son aprovechados para engordar ganado. Los rebaños son de tamaño grande con densidad alta. Predomina el ciclo completo de carne semiempresarial, mezclándose con algunas explotaciones de cría y de engorde que se complementan entre ellas. En la comercialización de ganado predominan los movimientos extractivos o de salida, tanto dentro de la propia región como también hacia fuera de ella (Cuadro

5). Dentro de la región se presenta la infección en forma endémica, siendo el virus mantenido por la existencia de fuentes de infección (adultos portadores) y animales jóvenes susceptibles, originando ondas epidémicas y brotes esporádicos que se expanden a otras regiones del estado a través del movimiento estacional de animales, especialmente hacia la región ganadera del este del estado. En este caso la endemidad de la infección y la persistencia de la enfermedad se corresponden bastante por el hecho de que la región tiene una alta densidad, buenos niveles tecnológicos y fácil observación del ganado. Esto explica que este ecosistema A presente el nivel más alto para el índice  $\Omega_0 = 42\%$ .

CUADRO 5. Media aritmética de las variables epidemiológicas según ecosistemas de la fiebre aftosa. Rio Grande do Sul, Brasil, 1981

Variables	Ecosistemas		
	Endémicos		Paraendémico
	Primario	Secundario	
Persistencia de la fiebre aftosa, % $\Omega_0$	42	26	8
% de bovinos de carne	97	87	38
Tamaño del rebaño bovino	283	84	14
Relación novillo/vaca	0.765	0.684	0.428
Densidad bovina	0.763	0.615	0.404
Densidad de ovinos	1.023	0.361	0.037
Egreso de bovinos, cría <sup>a</sup>	77.5	75.4	31.3
Egreso de bovinos, faena <sup>a</sup>	74.8	70.8	38.3
Ingreso de bovinos, cría <sup>a</sup>	67.3	85.5	37.2
Ingreso de bovinos, faena <sup>a</sup>	42.5	68.3	95.7
% de vacas en ordeño	2	13	38
Densidad de porcinos	0.018	0.092	0.599

<sup>a</sup>Expresado en relación a cada 1000 bovinos en la población.

El ecosistema B, situado en la franja litoral próximo al océano Atlántico, desde el sur, en la Lagoa Mirim, pasando por la Lagoa dos Patos, alcanzando el norte de los campos de Cima da Serra y con una prolongación continental en la parte central del estado donde se produce una depresión del relieve (Depresión Central), pasando desde áreas altas para campos más bajos. En esta región también predomina el ciclo completo de carne con un nivel general más extensivo que en el ecosistema A. Dentro de ella también hay algunas áreas de cría y algunas zonas más amplias de engorde, estas últimas hacia la Lagoa dos Patos y en dirección a centros poblados importantes y áreas donde existen frigoríficos. La masa ganadera de carne y de ovinos también es predominante, aunque en menor escala que en el ecosistema A, habiendo algunos pequeños núcleos lecheros y de cría de cerdos cerca de centros urbanos próximos al litoral atlántico. El tamaño medio de los rebaños bovinos es mediano. En la parte de los campos de Cima da Serra hay muy pocos ovinos. Hay un intenso movimiento de animales tanto interno como también desde el ecosistema A, ya que el flujo de ganado más significativo es el ingreso para cría (Cuadro 5). Esto hace que esta región sea considerada como un ecosistema endé-

mico secundario o dependiente con respecto al primero. Tiene como principal característica la pecuaria bovina de carne, más extensiva, y receptora de ganado desde la región suroeste del estado, presentando un índice de  $\Omega_0 = 26\%$ .

Por último, en términos generales en la región norte del estado no hay una ganadería de carne con organización empresarial, sino más bien artesanal. En ella predominan los rebaños pequeños con una fracción importante de vacas, especialmente para ordeño. Además, en esta región están los núcleos de lecherías típicas más importantes del estado. Por otra parte, junto a la agricultura, en esta región es muy destacada la explotación industrial de cerdos y de aves. El movimiento de bovinos es mucho menos expresivo que en los ecosistemas anteriores, excepto el flujo de ingreso para faena (Cuadro 5), ya que en esta región hay una densidad de habitantes mayor que en las otras dos regiones, 43 personas/km<sup>2</sup>, contra 10 y 38 personas/km<sup>2</sup> en los ecosistemas A y B respectivamente. El ingreso de ganado para faena de 96 por cada 1000 bovinos existentes es el indicador más alto de todos los que representan el movimiento de animales (Cuadro 5). Actúan como "polos" de consumo especialmente las ciudades de

Caxias do Sul, dentro de la región, y la capital del estado Porto Alegre, que no está incluida en este ecosistema pero está en uno de sus límites. Desde el punto de vista epidemiológico se puede caracterizar como una región donde la enfermedad es ocasional o paraendémica. Dentro de esta región de pequeños propietarios, se distinguen dos subregiones cuyas características resumidamente son las siguientes:

El subecosistema  $C_1$ , situado en la región serrana próxima tanto de la capital del estado, su mayor centro de consumo, como también de diversos otros centros poblados importantes del área vinícola, tiene como actividad pecuaria principal la producción de leche y, en menor grado, la porcicultura, y recibe alguna influencia de la región de explotación de carne. Es considerado paraendémico ya que la ocurrencia de fiebre aftosa en esa región es ocasional, presentando un índice  $\Omega_0 = 12\%$ , que es bajo.

El subecosistema  $C_2$ , situado en la parte norte y alta del estado es asiento de colonos con propiedades muy pequeñas dedicadas a la agricultura, avicultura y explotación industrial del cerdo, en la cual el nivel de tecnificación llega a ser bastante bueno. La pecuaria bovina predominante es artesanal, complementaria a la agricultura (energía animal) y para autoabastecimiento, especialmente el de leche. Por la organización económico-social de la pecuaria, este subecosistema está menos expuesto a la influencia de los ecosistemas del sur del estado, siendo su situación epidemiológica considerada también como paraendémica, ya que excepcionalmente aparece fiebre aftosa en esa región, habiendo varios municipios donde nunca fue registrada la enfermedad. El subecosistema  $C_2$  presenta un valor de  $\Omega_0 = 6\%$ , que es muy bajo.

#### 4. Validez de la construcción de los ecosistemas

Cualquier intento de agrupar unidades geográficas, representadas cada una por un conjunto de valores relativos a las variables que se han considerado, debe ser hecho con procedimientos suficientemente objetivos que permitan la formación de subconjuntos de unidades geográficas que sean **muy homogéneos**. Es decir, **dentro de él** las respuestas multidimensionales de las unidades geográficas de-

ben ser muy semejantes, puesto que uno de los principales criterios seguidos en la metodología de este trabajo es la identificación de **regiones homogéneas** como base para la delimitación de ecosistemas. Por la misma razón, dichas regiones homogéneas deben presentar diferencias muy significativas **entre ellas**, tan fuertes cuanto sea posible, en lo que respecta a las medias de los valores de los indicadores. Para evitar complejidades relativas al uso de vectores se ha tomado la variable explicada,  $\% \Omega_0$ , para evaluar la bondad de la división del espacio del estado de Río Grande do Sul en ecosistemas de acuerdo con el comportamiento de las demás variables. El agrupamiento dentro de un ecosistema de unidades geográficas semejantes en sus respuestas se verifica por los resultados que se presentan en el Cuadro 6, donde la varianza "entre ecosistemas" es casi 200 veces la correspondiente a "dentro de ecosistemas". Por otra parte, las medias aritméticas del  $\% \Omega_0$  de los ecosistemas son todas diferentes desde el punto de vista estadístico ya que todas las comparaciones (diferencias) producen valores que son significativamente mayores que la menor diferencia significativa esperada.

#### 5. Factores determinantes de la conducta de la fiebre aftosa

En este trabajo se han considerado 11 variables explicativas y una variable explicada, que es el  $\% \Omega_0$ , como expresión indirecta del endemismo de la fiebre aftosa. La manera tradicional de relacionar las primeras con la última variable puede ser a través del análisis de regresión múltiple basado en el método de los mínimos cuadrados. Resulta que hay grupos de variables explicativas que presentan un fuerte grado de correlación entre sí, siendo factible pensar que esas variables son manifestaciones "imperfectas" de un factor subyacente.

De ahí que se disponga de procedimientos estadísticos de análisis multivariado que permiten "reducir" un gran número de **variables observables** a una cantidad menor de **variables conceptuales o factores**. A través de combinaciones lineares, un grupo de algunas variables observables, de significado epidemiológico limitado o pequeño, es substituido por factores subyacentes a ellas, que

CUADRO 6. Análisis de la varianza (ANOVA) de los ecosistemas de fiebre aftosa y prueba de comparaciones múltiples entre medias (PCMM) del %  $\Omega_0$ , Río Grande do Sul, Brasil, 1970-1981

I. ANOVA ECOSISTEMAS				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianzas	Razón F
Total	40.089,8	231		
Entre ecosistemas	25.444,1	2	12.722	198,9 ( $P \leq 0,01$ )
Dentro de ecosistemas	14.645,7	229	63,95	

II. PCMM % $\Omega_0$			
Ecosistemas	Medias del % $\Omega_0$		
	A	B	C
A	41,98	26,54	7,84
B	—	15,44	34,14
C	—	—	18,70

Menor diferencia significativa al 5% = 2,47

resultan más relevantes como explicación del comportamiento de esta enfermedad.

De hecho, el análisis factorial tiene como elemento de partida el conjunto de intercorrelaciones entre las variables explicativas. Para no entregar una larga lista de correlaciones y además mostrar el grado de correlación de varias variables explicativas con la variable explicada, en el Cuadro 7 se presenta un resumen de los coeficientes de correlación más destacados. La variable explicada, %  $\Omega_0$ , aparece altamente correlacionada en forma directa con el porcentaje de ganado de carne; en cambio presenta correlaciones negativas significativas con el porcentaje de vacas en ordeño y con la densidad porcina. A la vez, el porcentaje de ganado de carne presenta correlaciones positivas altas con la razón novillo/vaca, el tamaño medio de los rebaños bovinos, el movimiento de ingreso de bovinos para cría (engorde) y con la densidad ovina. Por otra parte son muy altos y negativos los coeficientes de correlación entre el porcentaje de ganado de carne con las variables porcentaje de vacas en ordeño y densidad porcina.

Esto refleja claramente una situación que cualquier observador atento de la fiebre aftosa y de la

ganadería, en el estado de Río Grande do Sul, puede describir.

La mitad sur y de planicies del estado posee una gran parte de la población bovina orientada a la producción de carne, y la totalidad de la población ovina. La población bovina de carne, además, se extiende por el litoral atlántico hacia la parte noreste alta del estado. Hasta 1981 la fiebre aftosa se presentaba constantemente en toda la región descrita. La parte de montaña norte y noroeste, donde hay porcinos y ganado de leche en unidades muchas veces de tipo artesanal, presentaba fiebre aftosa esporádicamente.

Al realizar los cálculos de los factores se ha logrado explicar un 81% de la variación de los datos, por lo cual no se "extrajeron" más factores, ya que los siguientes no tienen un peso relativo importante. De acuerdo con la carga (coeficiente de correlación) de cada variable en relación con los factores, se caracteriza la identificación del factor subyacente, presentándose un resumen de esos resultados en el Cuadro 8.

La denominación de los factores se hace mediante un procedimiento convencional guiado por el sentido común. Cuando se ha definido el

CUADRO 7. Coeficientes de correlación relevantes entre variables explicativas y de ellos con la persistencia de la fiebre aftosa. Río Grande do Sul, Brasil, 1981

Variables	% rebaño carne (X <sub>7</sub> )	% vacas ordeño (X <sub>5</sub> )	Persistencia de fiebre aftosa % $\Omega_0$ (X <sub>12</sub> )
Persistencia de fiebre aftosa % $\Omega_0$ (X <sub>12</sub> )	0.7901	- 0.6643	1
Tamaño medio rebaño (X <sub>2</sub> )	0.6932	- 0.6062	0.7756
Densidad bovina (X <sub>2</sub> )	0.5061	- 0.3321	0.7093
Densidad porcina (X <sub>3</sub> )	- 0.8601	0.7658	- 0.6921
Densidad ovina (X <sub>4</sub> )	0.6443	- 0.5545	0.5664
% vacas en ordeño (X <sub>5</sub> )	- 0.9116	1	- 0.6644
Relación novillo/vaca (X <sub>6</sub> )	0.9072	- 0.8417	0.7265
Ingreso cría (X <sub>10</sub> )	0.5711	- 0.5055	0.7551
Ingreso abate (X <sub>11</sub> )	0.2128	- 0.1316	0.5406

CUADRO 8. Factores que explican la variación de los datos

Factores	Efecto % acumulado
Organización de la ganadería de carne	63
Polarización por centros poblados	81

primer factor como organización de la ganadería de carne es porque aparece ese factor con cargas altas con respecto a las variables ingreso para cría, ingreso para faena, porcentaje de bovinos de carne, razón novillo/vaca, densidad bovina y ovina y tamaño medio del rebaño bovino. El segundo factor aparece con cargas altas para densidad porcina, porcentaje de vacas en ordeño e ingreso de bovinos para faena, lo que coincide con densidades de habitantes más altas y la existencia de significativos centros poblados. De ahí que se le ha designado como polarización por centros poblados.

## UTILIZACION DE LA REGIONALIZACION PARA MEJORAR LA EFECTIVIDAD DEL CONTROL DE LA FIEBRE AFTOSA

### 1. Definición de estrategias regionales de control de la enfermedad

Frente al impacto de la epidemia de virus O de 1980, se tomó la decisión de reformular el combate a la enfermedad en el estado de Río Grande do Sul, a la luz del mejor conocimiento epidemiológico de la fiebre aftosa, haciendo una mayor y mejor utilización de la información.

La región extractiva semiempresarial/endémica primaria del suroeste del estado tuvo la más alta prioridad (Región de Campaña). La estrategia selectiva para esta región consideró una combinación de acciones, entre las principales:

a) disminuir la endemicidad del virus, produciendo una sólida inmunización de la población a través de vacunaciones sistemáticas, de etapas programadas y supervisadas de acuerdo con un cronograma, con alta cobertura poblacional, utilizando vacuna oleosa;

b) control de salida de los animales jóvenes en los rebaños de origen antes de la movilización, pudiendo hacerse revacunación e inspección del rebaño y de los vecinos;

c) control agresivo de los focos, tratando de disminuir la oferta de virus.

La estrategia selectiva para la región de ciclo completo, semiextensivo-engorde/endémica, secundaria incluyó entre las principales medidas las siguientes:

- a) control de ingreso de animales;
- b) vacunación sistemática de la población local, con vacunas convencionales, buscando tener un alto nivel inmunitario en el momento de producirse el flujo de entrada de animales;
- c) extinción de los focos con medidas rigurosas, tratando de reducir al máximo la aparición de focos secundarios.

La estrategia para la región de ganadería de leche-artesanal-familiar/paraendémica incluyó entre las principales medidas las siguientes:

- a) vigilancia para impedir el ingreso de virus a la región;
- b) vacunación selectiva y oficial alrededor de centros que manejan virus (laboratorios instalados en esta región);
- c) disminución gradual de los ciclos sistemáticos y masivos de vacunación y el consiguiente au-

mento y refuerzo de la vigilancia y el control de movimiento de entrada de animales;

- d) educación sanitaria de la comunidad.

**2. Evaluación de los resultados alcanzados: modificación del patrón de conducta de la enfermedad**

Con el objeto de evaluar el efecto de la aplicación del nuevo enfoque programático sobre la conducta de la enfermedad en el estado de Río Grande do Sul, se consideró un aspecto estadístico-epidemiológico tradicional como la disminución de la frecuencia de la enfermedad, así como también aspectos que tienen que ver con la modificación de su modelo de comportamiento epidemiológico, especialmente en lo que se relaciona con los cambios de estado de los ecosistemas.

En la Fig. 3 se puede observar una clara reducción del número de rebaños afectados, siendo particularmente significativo lo ocurrido en la región endémica primaria donde no se registra la enfermedad desde octubre de 1984.

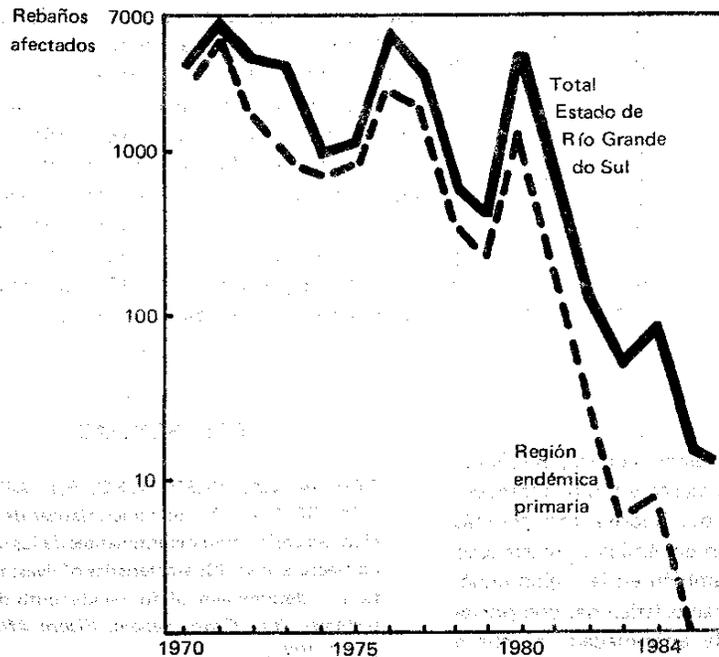


FIGURA 3. Rebaños afectados por fiebre aftosa, Río Grande do Sul, Brasil, 1970-1986

El ecosistema endémico primario fue responsable por más de 53% de los episodios ocurridos en el estado entre 1970 y 1980. Si se observa la Fig. 3 se verá que desde la epidemia de 1980 esto no ha vuelto a ocurrir. Por el contrario, la drástica reducción de la enfermedad en esta región suroeste del estado ha contribuido a disminuir los riesgos de ocurrencia en otras regiones.

Otro resultado importante ha sido la quiebra del modelo de comportamiento de la enfermedad, precisamente en la región endémica primaria, en lo que se refiere a la desaparición de la estacionalidad (Cuadro 9).

CUADRO 9. Estacionalidad de la fiebre aftosa en la región suroeste<sup>a</sup> (endémica primaria) del estado de Río Grande do Sul, Brasil

Mes	1970-81	Período con estrategias regionales			
	Frecuencia mediana	1983	1984	1985	1986
Ene	28	2	0	0	0
Feb	30	0	0	0	0
Mar	107	0	0	0	0
Abr	141	0	0	0	0
May	133	1	0	0	0
Jun	88	2	1	0	0
Jul	22	0	3	0	0
Ago	18	0	2	0	0
Sep	14	0	1	0	0
Oct	6	0	0	0	0
Nov	4	0	0	0	0
Dic	12	0	0	0	0

<sup>a</sup>Región de Campaña.

Como se observa en dicho cuadro, históricamente entre los meses de marzo y junio la frecuencia de rebaños afectados por fiebre aftosa era más alta, no sólo en la región endémica primaria sino que, por su influencia, también en la región endémica secundaria. Esta característica del comportamiento cronológico de la enfermedad se debe a que entre estos meses ocurre la más intensa movilización de bovinos en el estado. En particular, en

la región endémica primaria se movilizan los animales que van a terminar su engorde, los novillos gordos para matadero o frigoríficos y los animales no terminados que van a campos donde puedan invernar. Toda esta movilización implica una mayor circulación de fuentes de infección y de machos jóvenes susceptibles, con el consiguiente aumento de la frecuencia de la enfermedad.

Las medidas puestas en práctica en 1981-82 para modificar las interacciones del virus de la fiebre aftosa con las formas de producción pecuaria en la región han resultado en que, a partir de 1983, en el período de marzo a junio, prácticamente no ha ocurrido la enfermedad, quebrándose así el rasgo característico de la conducta que tenía la fiebre aftosa en esa región.

Estos resultados pueden ser complementados por otros indicadores basados en el sistema de cuadrantes del mapa del estado de Río Grande do Sul (14). En el año 1980, que fue epidémico (virus O) en todo el centro-sur del estado, hubo 40 semanas del año con fiebre aftosa en la región suroeste (endémica primaria), presentándose 68 cuadrantes afectados una o más veces, con una media de siete cuadrantes afectados por semana. Por otra parte, la difusión de la enfermedad dentro de los cuadrantes fue de tal magnitud que en el 40% de la presentación en los cuadrantes se registraron dos o más rebaños afectados (Cuadro 10). En los dos años siguientes, 1981 y 1982, la enfermedad tuvo una presentación que fue menos manifiesta en cuanto al número de cuadrantes afectados. A partir de 1983 la situación cambió en forma significativa, para llegar a 1985 y 1986 sin presencia de la enfermedad en esa región de campaña.

## REFERENCIAS

1. OBIAGA, J.A., ROSENBERG, F.J., ASTUDILLO, V.M., GOIĆ M., R. Las características de la producción pecuaria como determinantes de los ecosistemas de fiebre aftosa. (Characteristics of livestock production as determinant of foot-and-mouth disease ecosystems). *Bol. Centr. Panam. Fiebre Aftosa* 33-34: 33-52, 1979.
2. ROSENBERG, F.J. Principios de epidemiología. *Ser. Man. Didáct. No. 1*, CPFA, 1977.

CUADRO 10. Situación epidemiológica a partir de 1980 considerando la fiebre aftosa por cuadrantes y semanas. Río Grande do Sul<sup>a</sup>, Brasil

Atributos	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Nº de semanas presencia	40	35	19	9	6	—	—
Nº de cuadrantes afectados	68	30	16	7	3	—	—
Nº medio de cuadrantes afectados por semana	7	1,71	0,51	0,23	0,02	—	—
Nº de cuadrantes afectados por $\geq 2$ focos	40%	38%	37%	—	—	—	—

<sup>a</sup>Región endémica primaria, abarca 14 municipios y 117 cuadrantes.

3. ASTUDILLO, V.M. & ROSENBERG, F.J. Relationships between animal viral diseases and socio-economic development. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 2 (4): 1013-1036, 1983.
4. ASTUDILLO, V.M. Formas de organização da produção como determinantes do risco de febre aftosa. *A Hora Veterinária* 3 (17): 11-20, 1984.
5. MARTINS, C. Caracterização epidemiológica da febre aftosa no espaço catarinense. Belo Horizonte, Escola de Veterinária da UFMG, 1984. (Tese, mestre em Medicina Veterinária).
6. ROSENBERG, F.J. Planning of FMD eradication: ecosystems and regional strategies. Report of the Research Group of the Standing Technical Committee of the European Commission for the Control of Foot-and-Mouth Disease. *App.* 19: 126-133, FAO, Roma, 1986.
7. ROSENBERG, F.J., ASTUDILLO, V.M., GOIĆ, R. Regional strategies for the control of FMD; an ecological outlook. *Proc. 11th Int. Symp. Vet. Epid. and Econom.* Australian Bureau of Animal Health: Canberra: 587-596, 1979.
8. ASTUDILLO, V.M. Usos de la información para la planificación y evaluación en salud animal. Actas de la reunión PLANSUR I. IICA, Asunción, 1986.
9. HARTIGAN, J.A. Clustering algorithms. J. Wiley & sons, N.York, 1974.
10. MORRISON, D.F. Multivariate statistical methods. 11nd edition: 266-298, McGraw Hill London, 1978.
11. ASTUDILLO, V.M. & DORA, J.F. Evaluación de la efectividad del programa de control de la fiebre aftosa en Río Grande do Sul, 1970-1985. Actas de la Reunión sobre 20 años del programa antiaftosa en Río Grande do Sul. Secret. Agricultura, Porto Alegre, 1986.
12. DEPARTAMENTO DA PRODUÇÃO ANIMAL. Dados sobre febre aftosa. Public. mensais. Secret. Agricultura, Porto Alegre, 1970-1981.
13. ASTUDILLO, V.M. & DEPPERMAN, R. Sistema de información y vigilancia epidemiológica. (Animal disease information and surveillance system). *Bol. Centr. Panam. Fiebre Aftosa* 39-40: 17-30, 1980.
14. ASTUDILLO, V.M. Information and surveillance system of vesicular diseases in the Americas. Use of grid maps for monitoring, data collection and reporting. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 2 (3): 739-749, 1983.
15. ROSENBERG, F.J. Estructura social y epidemiología veterinaria en América Latina. (Social structure and veterinary epidemiology in Latin America). *Bol. Centr. Panam. Fiebre Aftosa.* 52: 3-45, 1986.