

SERIE DE MANUALES DIDACTICOS

Nº 4

## METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS.

UNA INTRODUCCION AL ANALISIS DE SISTEMAS EN SALUD ANIMAL.



organizacion panamericana de la salud  
oficina sanitaria panamericana, oficina regional  
de la organizacion mundial de la salud



ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD  
*Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la*  
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

**CENTRO PANAMERICANO DE FIEBRE AFTOSA**  
CAIXA POSTAL 589 - ZC/00 - RIO DE JANEIRO, BRASIL

METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS.

UNA INTRODUCCION AL ANALISIS DE SISTEMAS  
EN SALUD ANIMAL

VICENTE M. ASTUDILLO

1 9 7 6

## I - I N T R O D U C C I O N

El éxito que puedan tener los técnicos que trabajan en el campo de la salud animal, frente al gran desafío que se presentará en estos próximos años, depende en gran medida de su habilidad para detectar problemas que sean críticos al mismo tiempo que plantear soluciones óptimas considerando el tiempo y los recursos disponibles.

Intuitivamente, sería recomendable tomar el camino de incentivar la investigación buscando mejorar el conocimiento existente. En términos generales, tal decisión no sería equivocada, pero en las actuales circunstancias, con predominio de un enfoque demasiado especializado, compartimentalizado y desintegrado podría ser poco eficiente continuar abordando los problemas aisladamente del contexto, donde se producen y se encuentran los factores que los determinan. Una de las tareas más importantes en este momento es desarrollar los elementos conceptuales del quehacer futuro de salud animal. Probablemente, hay una manera de hacerlo, que por la experiencia en otros campos, acortará mucho el camino y ahorrará muchos medios. Se trata de dar un "nuevo enfoque" al proceso de salud animal, a través de la incorporación de nuevos conceptos como los de sistemas, de análisis de sistemas, de investigación operacional, en términos generales de una metodología científica orientada a la solución de los problemas y no al simple conocimiento de ellos sin un compromiso con la solución. Uno de los objetivos de este trabajo es introducir un enfoque sistémico a los fenómenos complejos de la salud de los animales que la sociedad nos ha encargado observar, conocer y solucionar.

El rasgo más relevante de este nuevo enfoque es su naturaleza integradora de los diferentes componentes de un sistema de salud animal, tanto los internos como los externos. Esto caracteriza el enfoque sistémico, ya que definida la estructura de un cierto sistema, se pone énfasis en todo el conjunto de interacciones entre los componentes y no aisladamente en una interacción o un componente específico.

En la medida que se ha tornado objetiva la complejidad de los fenómenos de salud animal y la siempre escasa provisión de recursos con que se cuenta para darles solución, se ha hecho evidente la necesidad de desarrollar una metodología de solución de problemas, a través de la cual se aplique el método científico al estudio y solución de los problemas complejos, preocupándose que el conocimiento generado sea una fase de la solución, que ésta sea integradora teniendo en cuenta todo el contexto del problema, al mismo tiempo que se haga una aplicación óptima de los recursos disponibles. Es el análisis de sistemas el " método " que permite considerar toda esta gama de intereses en forma simultánea para la solución de problemas. En este caso el análisis es una etapa de descomposición del todo en partes que facilita la definición de los pasos necesarios para la solución. Sin embargo, esta metodología es de síntesis, porque integra las soluciones parciales en una solución global del problema abordado. Hay una optimización del todo y no de las partes aisladamente consideradas.

El análisis de sistemas ha sido empleado con un razonable margen de éxito en el campo de la administración. Este éxito en buena medida depende de la capacidad de comprender el conjunto de problemas como un todo, y de poder abstraer las relaciones de los componentes de ese todo a través de un modelo. De esta manera quien busca una solución de los problemas debe derivar soluciones eficientes a partir

de esta representación simbólica del mundo real. Se puede definir como solución de problemas en el campo de la salud animal a la introducción de mudanzas en los componentes del sistema que

- a) aumenten la productividad
- b) disminuyan los riesgos " ambientales " que interfieren en el proceso productor
- c) disminuyan las necesidades de recursos en función de los cambios en la productividad.

La aplicación de la metodología de análisis de sistemas se caracteriza por los siguientes aspectos:

- a) Pone énfasis en la toma de decisiones con respecto a la solución de algún problema
- b) Evalúa el efecto de las decisiones de acuerdo con criterios económicos de eficiencia en el uso de los recursos humanos, materiales, físicos y financieros
- c) Se aplican modelos matemáticos que permiten establecer las relaciones que determinan las probables consecuencias futuras asociadas a las diferentes soluciones alternativas
- d) Simulación de modelos mediante el empleo de computadores electrónicos para el estudio del comportamiento de las alternativas de solución a través del tiempo.

## II - C O N C E P T O   D E   S A L U D   A N I M A L

Para una mejor comprensión de esta metodología es conveniente referirse al concepto de la salud animal como estado o sustantivo. Creemos que como producto de " visiones " especializadas muy circunscritas, las definiciones de salud por lo general han tenido un carácter restringido y parcial. Por cierto esas definiciones no siempre han sido

coincidentes, su contenido ha dependido del tipo de especialista que aborda el tema. Debido a esto se han conocido variados conceptos sobre salud animal, que además de restringidos, casi todos circunscriben sus fronteras en forma muy definida, lo que de por sí los torna sospechosos y a lo menos inconsistentes con la complejidad del fenómeno en la realidad.

Se podría definir salud animal como aquel estado de la población animal en que alcanza una optimización de sus funciones productivas. Esta forma de conceptualizar la salud animal posiblemente produzca al inicio una cierta resistencia. Sin embargo, después de analizar los fundamentos de esta concepción probablemente se haga comprensible y aceptable. En primer lugar se debe dejar claro que los objetivos de salud animal son mucho más tangibles en lo inmediato y mucho más fácilmente dimensionables que los objetivos de la salud pública. En esta última se presentan una serie de factores éticos, morales, religiosos y propios de las escalas de valores sociales que hacen difícil definir lo que es bienestar de una comunidad. Dada la finalidad productiva para la cual se cría o desarrolla la población animal, es obvio que se pueden aplicar indicadores físico-económicos, homogenizables, para medir su estado de salud. En resumen, es posible medir la salud de los animales en valores económicos ya que en este caso no hay factores éticos que dificulten el dimensionamiento. Este concepto de salud animal es finalista, dinámico, objetivo, racionalista y social. Es finalista porque mide la salud en términos de la finalidad para la cual se desarrolla la ganadería. Es dinámico porque sus valores óptimos pueden cambiar en el espacio y en el tiempo. Es objetivo porque puede expresarse en términos de unidades monetarias. Es racionalista porque mide el efecto en términos de restricciones en el uso de recursos, de manera de alcanzar una solución óptima. Es social porque involu

cra que las soluciones, aunque reúnan todas las otras características ya anotadas, deben tener en cuenta el bienestar del hombre por sobre todo, por ser el hombre el objetivo final de todo nuestro trabajo. En este sentido la preocupación estará en que el desarrollo de la salud animal no debe alterar la cualidad de vida de la comunidad, por ejemplo el corte indiscriminado de ciertos bosques con el fin de introducir ganado, que quiebra el equilibrio ecológico de regiones muy lábiles que finalmente se tornan áridas. Otro ejemplo es el agotamiento de ciertas praderas por sobrecarga ganadera con perjuicios posteriores para la comunidad.

Ahora, salud animal desde el punto de vista del quehacer, considerando el verbo hacer salud animal, podría ser el conjunto de actividades técnico-administrativas que llevan a cabo entidades de la comunidad y que tienen como finalidad que la población animal alcance un estado en que manifieste en forma óptima su potencial productivo. Desde el punto de vista técnico este concepto incluye las tres grandes funciones de la salud : recuperación, protección y fomento. La recuperación corresponde al campo de la medicina veterinaria propiamente tal, cuya orientación es hacia la terapéutica y la cirugía. La función de protección se refiere a la prevención y control de las enfermedades se orienta a impedir o a disminuir los efectos mórbidos de las enfermedades, teniendo por tanto un carácter poblacional. Esta función se expresa a través de las actividades de los servicios veterinarios de sanidad animal. La función de fomento se orienta a estimular los rasgos productivos de la población con el objetivo de que ésta manifieste plenamente su capacidad productiva. A través de la selección genética, de la alimentación, así como del manejo reproductivo de las poblaciones se aplica esta función. A estas acciones se les conoce habitualmente con el nombre de producción animal. Es evidente que las tres funciones del desarrollo de la salud animal, no son divorciadas entre sí, sino que dependientes.

Las actividades de salud animal, que derivan de las funciones mencionadas, obviamente no pueden ser desarrolladas solamente, o con exclusividad por un grupo profesional. Es una tarea muy amplia y compleja, a la cual deben contribuir varios sectores especializados de la comunidad, algunos de los cuales realizan funciones directamente en el campo de la ganadería como son los médicos veterinarios, ingenieros agrónomos y zootecnistas. Otros grupos profesionales, habitualmente considerados ajenos a este campo, desarrollan actividades que indirectamente contribuyen, en forma no menos importante que las anteriores, al desenvolvimiento de la salud animal. Es el caso de biólogos, economistas, administradores, estadísticos y la comunidad toda en términos generales.

De esta forma se hace claro la necesidad de formar equipos multidisciplinadores ya que esto favorecerá la búsqueda de soluciones óptimas en el campo de la salud animal. Esto trae como consecuencia la necesidad de comunicación entre los especialistas, lo que no es fácil ya que son comprobadas las dificultades de diálogo entre profesionales de diferentes campos. Para que esa dificultad de comunicación sea superada es conveniente un lenguaje común. El enfoque sistémico de la salud animal y la utilización del análisis de sistemas para buscar soluciones óptimas a sus problemas, buscan el establecimiento de un lenguaje común entre las diversas especialidades y técnicos que concurren al desarrollo de este campo.

### III - ¿QUE ES UN SISTEMA ?

El concepto de sistema desde el punto de vista general se aplica a todo aquello que es complejo y organizado. Desde el punto de vista " endógeno " un sistema podría ser el conjunto de elementos, partes o componentes cualesquiera, integrados entre si por una red de re

laciones, de manera de constituir un todo organizado para alcanzar una determinada finalidad de acuerdo a un plan. Desde el punto de vista " exógeno " un sistema podría ser considerado como un todo organizado en función de un objetivo, dinámicamente relacionado con el medio exterior y que presenta en cualquier instante una forma propia de comportamiento.

Para su aplicación en salud animal, la especie de sistema que nos interesa puede ser definida como un complejo de componentes, directa e indirectamente relacionados por una red causal, de manera que cada componente se relaciona al menos con algún otro, de una forma más o menos estable, en un período de tiempo determinado. Los componentes pueden ser, en algunos casos, simples y estables, pero la mayoría de las veces son complejos y mutables, pudiendo presentar varios estados diferentes. Las inter-relaciones entre los componentes pueden ser simétricas o unidireccionales y variar en el grado de importancia causal. Las inter-relaciones más o menos estables de componentes, que llegan a presentarse en cualquier momento de tiempo, constituyen la organización particular del sistema en ese período, llegando a ser así el " todo ", mostrando incluso un grado perceptible de límite o frontera. Producto de las interacciones se registra en el interior del sistema en forma permanente un proceso dirigido hacia la consecución del objetivo del sistema. En lo externo, tiene intercambios con el medio ambiente a través de sus límites. Entonces se verifica que el sistema vive un proceso constante de cambio, se adapta e influye sobre el medio ambiente para alcanzar los objetivos propuestos. Constituyen a la vez parte del medio ambiente de otros sistemas (SUBSISTEMAS), a los que influyen y por los cuales son influenciados. Estas características son propias de los sistemas abiertos, poseedores de una organización flexible, en los cuales la distinción del límite que los separa del medio ambiente se torna un asunto algo arbitrario, que depende del propósito del observador.

Para completar la conceptualización de sistemas, considerando su aplicación a la salud animal, es importante referirse a la naturaleza de las interrelaciones y al tipo de organización que se genera. En un sistema mecánico (UN RELOJ) las inter-relaciones se restringen a la norma de funcionamiento del sistema. Se pueden prever y se podrían contabilizar una a una. La organización de un sistema de este tipo es sencilla y muy estable. Las inter-relaciones en los sistemas mecánicos se materializan por la transmisión de energía de un componente a otro, produciendo un equilibrio mecánico de las partes, más o menos rígido, por ser sistemas cerrados, ya que prácticamente no tienen intercambio con el medio ambiente. La respuesta a una interferencia externa es una pérdida de su organización, en el sentido de quiebra del sistema.

En los sistemas de un nivel más alto de organización (organizaciones sociales, ecosistemas, sistema de salud animal, etc.) las inter-relaciones entre los componentes son variadas, múltiples y flexibles, tornando la organización más fluida y plástica. A pesar de ser necesario cierta estabilidad para la constitución de un sistema a través de la permanencia de ciertas inter-relaciones, determinados aspectos de la estructura del sistema cambian casi continuamente, sin que por eso haya una destrucción del propio sistema. Se trata de sistemas con una organización compleja, adaptativa, en los cuales las inter-relaciones entre las partes se materializan principalmente a través de la transmisión de información de un componente a otro. Son sistemas abiertos, en los que el intercambio con el medio es un factor esencial ya que les permite su viabilidad, su capacidad de cambiar. En estos sistemas las "interferencias" de factores ambientales producen un cambio de su organización para un nivel más alto o complejo. Se ha destacado la palabra interferencia porque el intercambio con el me

dio ambiente es selectivo más bien que fortuito, debido a la capacidad de planificar y procesar la información (ADAPTABILIDAD), que tienen estos sistemas. Ellos son capaces de registrar y responder selectivamente a las variaciones del medio ambiente en función de alcanzar el objetivo definido en un plan. En estos sistemas abiertos no puede ser aplicado el concepto de equilibrio rígido entre las partes que se aplica a los sistemas cerrados.

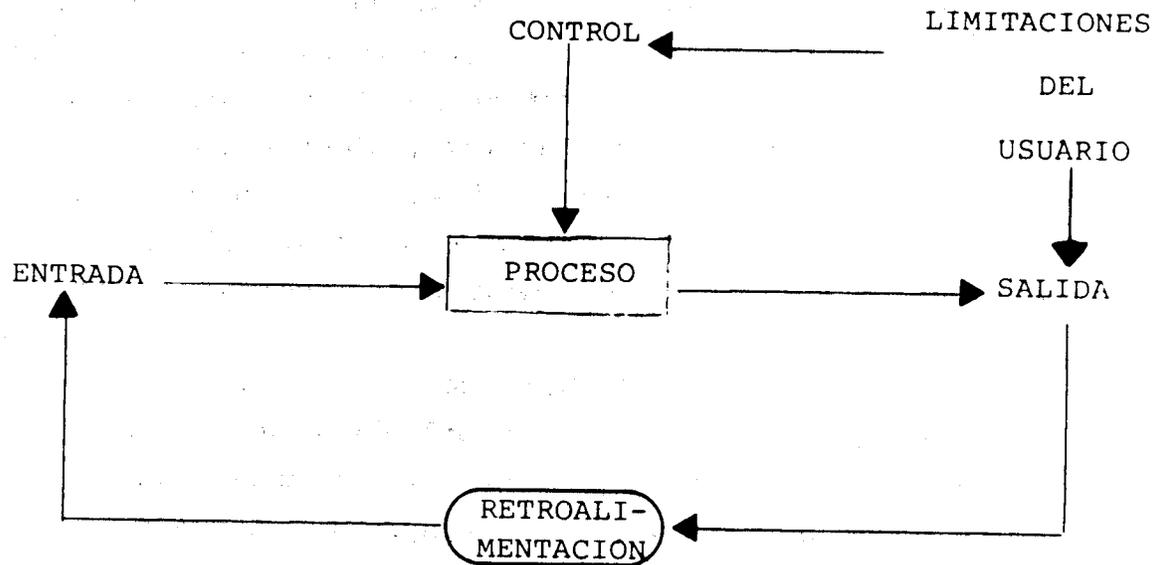
Los sistemas abiertos, además, procesan información y son adaptativos en función de cumplir su finalidad (SISTEMAS DIRIGIDOS) por lo cual se dice que lo que orienta tales sistemas (BUSCADORES DE METAS) es la retroalimentación, que actúa como un mecanismo de control. La organización de estos sistemas ha desarrollado mecanismos sensitivos capaces de detectar cualquier desviación en el comportamiento del sistema en relación a las metas que se han programado alcanzar. De esta manera a través de la retroalimentación llega a los centros encargados de dirigir el comportamiento del sistema, información sobre esos desvíos y así se hace posible corregir el comportamiento del sistema.

Una síntesis acerca de la diferencia entre sistemas cerrados y abiertos puede ser hecha a través del concepto de entropía. Este concepto está tomado a partir de la termodinámica y hoy día, el opuesto de él (NEGENTROPÍA) también tiene gran importancia en el campo de la teoría de la información y de la cibernética. El segundo principio de la termodinámica (TEOREMA DE CARNOT), complementado por principios de la cinética de la materia o mecánica estadística, establece que en un recinto energéticamente aislado, toda diferencia de temperatura deberá anularse espontáneamente. Cuando en el interior del recinto (SISTEMA) la temperatura llega a ser uniforme, no existen diferencias de potencial entre los diversos sectores del recinto (SISTEMA). Dentro de un sistema en que el orden (ORGANIZACION) inicial ( las moléculas calientes en un sector y las frías en otro sector) se

pierde, llegándose a un equilibrio estadístico (desorden o de organización por mezcla al acaso de las moléculas) ningún fenómeno puede desarrollarse en el interior del sistema, el cual declina y llega a ser inerte. Por esto se dice que este principio prevé la degradación inevitable de la energía y una pérdida de la organización en el interior de un sistema aislado. La entropía mide el nivel de degradación de la energía y del orden de un sistema. De ahí que de acuerdo con estos principios de la termodinámica y mecánica estadística, cualquier fenómeno que se desarrolla en el interior de un sistema cerrado es acompañado por un aumento de la entropía.

Por contrapartida, se afirma que los sistemas abiertos son negentrópicos ya que en ellos la entropía tiende a disminuir, aumentando la negentropía, de ahí que estos sistemas frente a los estímulos ambientales responden elaborando estructura, orden u organización. En su interior cada vez más complejas inter-relaciones se establecen, o sea, aumenta el orden del sistema. Este aumento del grado de orden puede también expresarse en otros términos, como son los de información, considerando que orden u organización en un sistema es equivalente a la magnitud de información que contiene el sistema. Esta afirmación es válida teniendo en cuenta que para los cibernéticos, información es " aquello que remueve la incertidumbre ". De esta forma queda planteada una cierta equivalencia para términos como información, negentropía y orden.

En este nivel de estas consideraciones es conveniente esquematizar gráficamente un sistema a través de un procedimiento sencillo de entrada-salida, como el siguiente :



Para una mejor comprensión de como operan los sistemas se definen a continuación una serie de elementos y términos usados en la nomenclatura sistémica.

El medio ambiente es el conjunto de todos los elementos que no hacen parte del sistema pero que se pueden concebir como teniendo influencia sobre la operación del sistema. Entrada es el conjunto de recursos de todo tipo y la información que alimentan el sistema. Salidas son los resultados que produce el sistema sean ellos productos o servicios, que se logran después de procesados los recursos y las informaciones. Proceso es el conjunto de actividades que desarrollan los sistemas, considerando la totalidad de los elementos empeñados en lograr un cierto resultado.

Se trata de las actividades de transformación de la entrada en salida. Para realizar estas actividades el procesador tiene que darse una organización que permite desarrollar la transformación. Para ello se hace una división funcional de las actividades dentro del sistema (técnicas, administrativas, etc.). Un grupo tiene a su cargo la

responsabilidad de seleccionar cursos de acción más apropiadas para alcanzar el objetivo. Esto implica jerarquización de funciones, puesto que hay otros grupos, que encuadrándose dentro de estas decisiones estratégicas, ya establecidas, toman decisiones operacionales. Para que estas decisiones se puedan cumplir es necesario un vínculo que comunique los grupos entre sí. Tal relación se establece a través de canales de comunicación por los cuales fluye información.

El instrumento básico del control es la toma de decisión, ya que a través de él es posible modificar cursos de acción, organizaciones, planes de operación, mecanismos de información y del propio control, así como también los propios objetivos del sistema. El control es el mecanismo que evalúa los resultados, actividades y gastos del sistema con relación a lo previsto en la planificación.

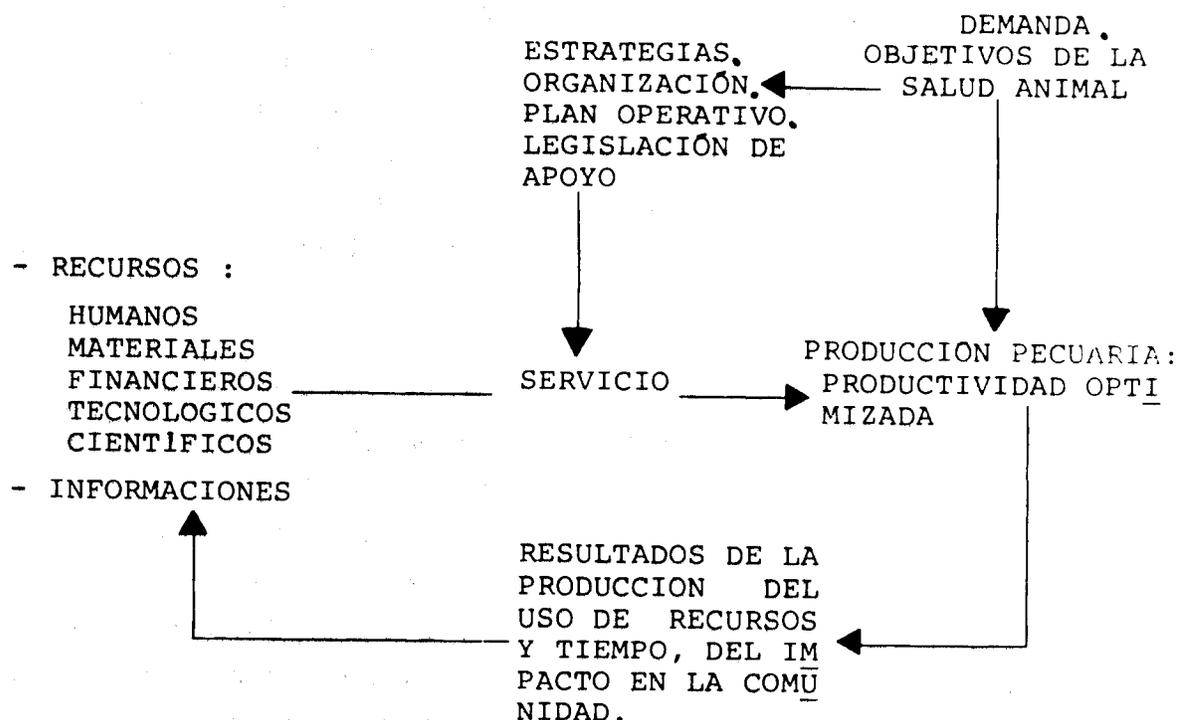
Realimentación es un subsistema de control del sistema que tiende a comparar la salida con un criterio establecido por el usuario. Mediante este mecanismo se vigila continuamente el comportamiento del sistema, tendiendo a corregir los desvíos de la salida en relación a lo que fue programado previamente. Esto implica tener un subsistema que registre la salida, a través del cual conocer los resultados, productos de la gestión del sistema, incorporándolos nuevamente al proceso a través de la entrada del sistema.

Usuario del sistema es una fuerza interventora, como ser la comunidad toda o algún organismo encargado de establecer los objetivos a ser alcanzados. El usuario de un sistema actúa sobre la salida (PRODUCTO FINAL) vigilando el cumplimiento del objetivo y sobre el control imponiendo las condiciones de estrategia, organización y operación bajo la forma de restricciones. Estas alimentan al pro

cesador de forma tal que dan el marco de referencia bajo el cual se producirá la transformación de la entrada en salida del sistema.

El control es el que indica el camino a seguir por el sistema y por eso se dice que el sistema es dirigido hacia los objetivos.

#### IV - UN ESQUEMA DEL SISTEMA DE SALUD ANIMAL



La salud animal se puede concebir como un conjunto de subsistemas, integrados en un sistema general, de mayor jerarquía al que se le llama salud animal. Este sistema integra todas las acciones que se emprenden para el desarrollo ganadero, asumiendo que este tiende a la optimización de la producción pecuaria. Esta es la forma como debe observar el problema de salud animal un analista de sistema. Se trata de un sistema con una organización compleja,

con grupos de componentes de medicina veterinaria, sanidad animal y producción animal que deben ser considerados como subsistemas empeñados en una acción coordinada y dirigida hacia el objetivo, inter-relacionados mediante sistemas de información lo que permite que se interaccionen entre sí, que se adapten e influyan en el ambiente. En la realidad este sistema está formado por grupos de organismos o personas que en conjunto lleven a cabo los programas de salud animal, en su integridad, o de cada uno de los componentes, tales como servicios asistenciales de medicina veterinaria, servicios de sanidad animal, servicios de producción animal, servicios de zoonosis, las entidades de desarrollo ganadero, los organismos de crédito pecuario, las cooperativas ganaderas, institutos que se preocupan con el desarrollo de praderas, sociedades ganaderas, escuelas universitarias donde se formen técnicos que contribuyen al desarrollo pecuario, etc.

En su afán por alcanzar los objetivos propuestos (OPTIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD PECUARIA) el sistema de salud animal procesa insumos (ENTRADAS) que provienen del ambiente como ser mano de obra, financiamiento, equipos, facilidades, conocimientos científicos, conocimientos tecnológicos, informaciones, utilizando medios que el propio medio ambiente le proporciona, transforma estas entradas en productos que salen en forma de decisiones, políticas, acciones para mejorar la producción pecuaria, considerando la eficiencia, el costo y el tiempo empleados en forma integral e indivisible. Este producto a la vez es consumido por el ambiente. Muchas de las entradas que este sistema capta del ambiente son salidas de otros sistemas, como ser de los sistemas educacional, industrial, etc. A la vez muchas de las salidas (PRODUCTOS) del sistema de salud animal pasan a formar parte de otros sistemas. El ejemplo más claro en este sentido es con respecto al sistema

de salud (HUMANA), la carne, leche y huevos son elementos indispensables para la nutrición humana.

Un sistema complejo y dirigido hacia un objetivo como es el de salud animal necesita para su viabilidad de una corriente permanente de información que le permita una evaluación iterativa sobre el efecto que provocan en el ambiente las salidas producidas.

El desempeño del sistema depende de la sensibilidad y efectividad con que el sistema responde a los cambios en las demandas, esto es lo que genera la necesidad de un mecanismo de realimentación. Si el ambiente que rodea al sistema de salud animal está en permanente cambio, el sistema no puede ser independiente a estos cambios. En la medida que hay modificaciones en las entradas y en las salidas, deben ocurrir reajustes en la organización y comportamiento, lo que requiere de una anticipación del sistema de salud animal, sintiendo y respondiendo oportunamente a los cambios. El sistema de salud animal debe ser adaptativo (CAMBIO DE ORGANIZACIÓN Y COMPORTAMIENTO) en función de alcanzar los objetivos o sea en términos de efectividad, considerando ésta como la habilidad del sistema para responder a los requerimientos del sistema mayor que es la sociedad. Esta importante cualidad que necesariamente deben tener los sistemas sociales, el de salud animal es uno de ellos, requiere de una organización del sistema que lo capacite para rendir un máximo de producción ganadera empleando un mínimo de recursos de todo tipo, en plazos lo menor posible. Se incorpora así el concepto de eficiencia de la organización del sistema.

Un papel decisivo, en esta condición organizante de los sistemas de salud animal, juega la coordinación entre los diferentes componentes interdependientes en un todo coherente con la finalidad de lograr los objetivos del sistema de salud animal de una manera más efectiva.

De esta forma se genera una organización cohesa y flexible, atenta a los cambios del medio, capaz de maximizar el esfuerzo de los componentes del sistema y de minimizar duplicaciones innecesarias, errores e interferencias, lo que se traduce en un mejor uso de los recursos y del tiempo, en la tarea de alcanzar el objetivo.

Se ha mencionado con mucha frecuencia la dependencia del sistema de salud animal con respecto al ambiente. Vale la pena entonces considerar la composición de ese ambiente. Se puede clasificar el ambiente en dos clases : el ambiente próximo y el ambiente distante. El ambiente próximo en un sistema de salud animal estaría formado por el conjunto de personas, organismos, medio físico con el cual la organización de salud animal tiene relaciones directas, intensas y frecuentes. Los componentes del ambiente próximo son los que condicionan las características bajo las cuales se otorgan los recursos y se absorben los productos del sistema. En términos más específicos, los componentes del ambiente próximo serían

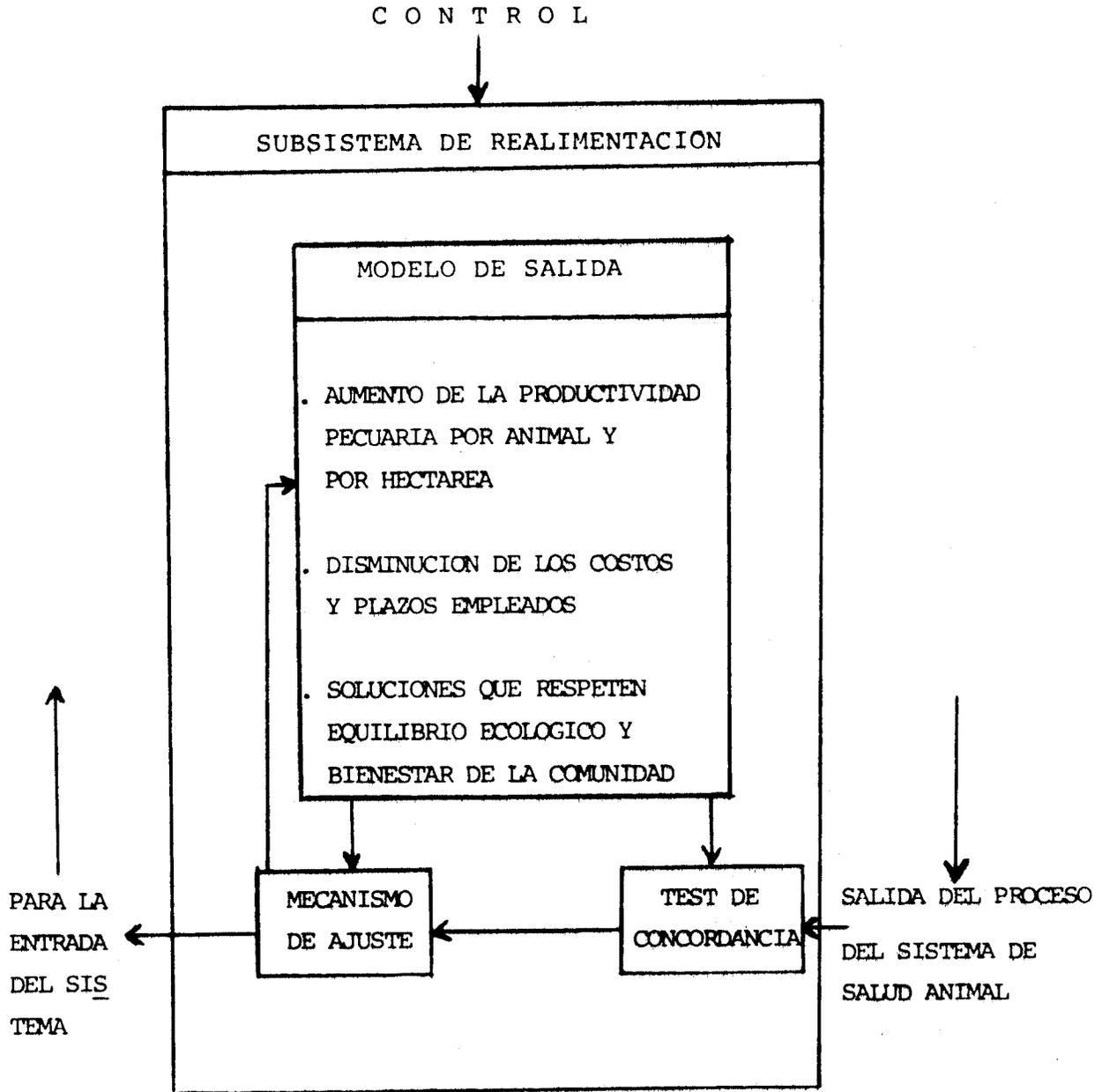
- a) Explotación animal
- b) Población humana
- c) Ministerios de Agricultura, Salud, Economía, Educación , Hacienda, Planificación
- d) Organismos de asistencia técnica públicos, privados e internacionales
- e) Legislación sobre salud animal
- f) Fuentes de financiamiento internos y externos
- g) Información
- h) Universidades
- i) Centros de investigación

El ambiente distante en un sistema de salud animal se refiere a las fuerzas más amplias de la comunidad que influyen en forma indirecta sobre la organización de salud animal, o también en forma directa sobre el medio ambiente próximo. Las relaciones con los componentes del ambiente distante son de baja frecuencia e intensidad.

Entre los componentes del ambiente distante de un sistema de salud animal se pueden considerar los siguientes :

- a) Condiciones económicas
- b) Situación política
- c) Nivel cultural
- d) Tendencias en el desarrollo ganadero
- e) Nivel tecnológico
- f) Grupos de presión
- g) Asociaciones profesionales

Los conceptos de ambiente próximo y distante obviamente no deben ser relacionados con la idea de proximidad geográfica. Otro aspecto también a tener en cuenta es que los componentes de estos ambientes están en permanente cambio, en su forma y en su contenido, de ahí que en el tiempo y en el espacio, los componentes de estos ambientes pueden pasar de una clase a otra. El conocimiento de la conducta de los componentes de los ambientes va a permitir al sistema poner en juego los mecanismos cibernéticos de adaptación y ajuste. Este conocimiento tan necesario es posible a través de la existencia dentro del sistema de salud animal de un subsistema de realimentación, un esquema del cual se da a continuación :



V - C A U S A L I D A D

Es indudable que en las últimas décadas ha habido un cambio en el tratamiento de las llamadas relaciones causales. Influenciados por la concepción mecanicista de la física clásica del siglo pasado, para explicar la presencia de un hecho se interroga al mundo que lo rodea para encontrar otro hecho que sea la condición necesaria y suficiente para la presencia del primero. Hoy día se sabe que desde el punto de vista lógico no hay ninguna razón por la cual un hecho sea causa de otro. Es imposible, aún en el campo de la física, demostrar una relación causal. No puede llevarse a cabo un razonamiento deductivo que lleve a la evidencia de que un hecho A sea la condición necesaria y suficiente para que se presente B.

Como la lógica no se podría aplicar, por la contingencia a que se ven expuestos los hechos naturales y sociales, se recurrió a la experiencia. Es decir, observada repetidas veces la ocurrencia de un hecho A en la naturaleza, cuando se constata que se presenta A, con gran frecuencia también se observa la presencia del hecho B, y que además, también es muy frecuente que al no presentarse A no se presenta B. Parecía ser que ante la imposibilidad de tener una definición formal de causa, sería conveniente limitar las inquietudes al nivel de conformarse con asociaciones cronológicas entre dos o más hechos. De esta manera se pasó a aceptar como " asociación causal " aquella que se presenta cuando al modificar un " factor " (A), sea en su calidad o en su intensidad de presentación, con gran frecuencia sigue un cambio en la ocurrencia de otro hecho (B) que consideramos " efecto " de acuerdo con nuestras observaciones. Resulta que no siempre una relación de este tipo, en la práctica, puede considerarse como una relación causal indiscutible. En varios casos la conclusión sólo podría referirse a una probable asociación, y en otros, aún detectada estadísticamente, no

estamos autorizados a hablar de " relación causal " porque no parece lógico o concordante con el conocimiento existente. Puede haber asociación estadística y no existir "relación causal " entre dos hechos. Dentro de este esquema restringido de " causalidad ", la asociación estadística es necesaria pero no suficiente para indicar una " relación causal " .

Para nuestro enfoque sistémico de la salud animal y del propio " mecanismo socio-cultural ", un modelo tan simple de " causalidad " y asociación, lamentablemente es muy limitado e insuficiente, teniendo en cuenta el carácter de sistema adaptativo y complejo de la sa lud animal. Aun dentro del enfoque tradicional de causa, apa rece limitado y estrecho este sentido " unicausal ", es de cir, la explicación de la ocurrencia de un hecho a partir de un único " factor ". Es una simplificación exagerada de la realidad, que es compleja y cambiante. Es una mejor ex presión de lo que acontece en la naturaleza, en relación con los " factores causales ", hablar de una " red de causalidad " (MULTICAUSALIDAD) en la cual los " factores causales " participantes se inter-relacionan en forma unidireccional principalmente.

A la vez esos factores son determinados por otra multiplicidad de factores, no del todo co nocida. Esta es la característica de los hechos complejos , porque sólo se conoce una parte de los factores que los determinan y hay otra parte que se desconoce.

En este enfoque tradicional parecía ser que la única finalidad de la ciencia fuese la ana lítica, esto es la división de la realidad en unidades cada vez menores y el aislamiento de cadenas causales individuales (  $A \longrightarrow B$  ), como si la causalidad tuviera sólo un único sentido ( un virus A produce una enfermedad B ).

Dadas las características de la ciencia moderna, este enfoque de cadenas causales aisladas y actuando sólo en una dirección resulta insuficiente. Con la aparición del modelo del equilibrio mecánico, apareció la idea del interaccionismo mutuo, que substituyó al enfoque anterior. Ahora se piensa en términos de sistemas de elementos en interacción mutua, se reconocen relaciones recíprocas entre las partes de un complejo más amplio, siendo así el primer paso importante en la dirección de un completo análisis de sistemas. La representación de la realidad a través de sistemas mecánicos ya era un reconocimiento de que las partes de los ecosistemas, sistemas sociales y en general de los sistemas complejos y adaptativos, no son independientes sino mutuamente inter-relacionados ( A  $\longleftrightarrow$  B ).

Sin embargo ese enfoque centralizaba la atención sólo en las relaciones mutuas de las partes. Pero acontece que en la ciencia moderna se pone en primer plano, cada vez con mayor fuerza, el concepto de organización, de orden. Implícito en ese concepto está la comprensión de las formas complejas en que las partes de un todo se inter-relacionan para producir una organización, dinámica, compleja y adaptativa como son los sistemas que nos preocupan. Aquí aparecen las cadenas causales circulares en que el efecto de un hecho vuelve indirectamente a influenciar el propio hecho original a través de acontecimientos intermedios.

Este tipo de inter-relación entre las partes es el que le da un nivel constitutivo de sistemas más elevados como son los adaptativos y auto-regulables, que poseen una organización dirigida hacia el logro de una meta. El comportamiento intencional de estos sistemas involucra circuitos de realimentación, a través de la retroinformación sobre desvíos del comportamiento. Los circuitos

de realimentación auto-reguladores, constituyen el nivel más elevado de inter-relaciones entre las partes . Caracterizan la organización y la dinámica compleja de los sistemas adaptativos de nivel alto, abiertos, que envuelven la búsqueda de una meta.

El moderno enfoque de sistemas promete llegar a estudiar la complejidad de los fenómenos interactuados y no sólo ver las causas que actúan sobre esos fenómenos, las posibles consecuencias de los fenómenos y las posibles interacciones mutuas de algunos de los factores que lo determinan. El interés se focaliza en los procesos totales producidos como función de realimentaciones.

## VI - METODOLOGIA A SEGUIR PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS

El análisis de sistemas es un proceso lógico, que se desarrolla en varias etapas, que utiliza un conjunto de técnicas matemáticas, para lograr una optimización de un sistema de acuerdo con criterios establecidos de efectividad, costo y tiempo como un todo integral e indivisible. En la solución a un determinado problema de salud animal el analista de sistema se preocupa con la toma de decisión acerca de una estrategia de solución a seguir. Selecciona una de las alternativas de estrategias de solución del problema, de manera tal que sea posible conciliar la máxima efectividad con el mínimo riesgo. El analista puede ordenar jerárquicamente las soluciones propuestas, eliminando las que presenten valores más bajos de efectividad y valores más altos de riesgo. Se define problema como una situación en la cual existen dos estados, el actual, que corresponde al sistema existente, y el propuesto que corresponde al sistema deseado o hipotético. Ambos estados son definidos de acuerdo a un enfoque sistémico. Es decir, cada estado es un sistema. Para pasar del estado actual al propuesto, habrá que hacer una serie

de modificaciones en la organización del sistema actual. La separación entre el estado actual y el estado propuesto es lo que se define como problema. El propósito operativo es minimizar esa separación. El costo, el tiempo y la efectividad en la reducción de la separación entre los sistemas, a la luz de las condiciones impuestas por los usuarios, deberán ser llevadas en cuenta en las alternativas de solución propuestas. De esta forma se define solución como el proceso de transformación de un estado a otro. La solución de los problemas se hace a través de un proceso de realimentación y por tanto tiene un carácter iterativo. Cada punto de decisión en el proceso de solución de problemas, genera un sub-sistema de realimentación. En un análisis de sistemas, o sea, en la búsqueda de una alternativa que optimice la solución del problema, es necesario seguir una serie de fases, encadenadas en forma lógica, que conduzcan a la solución del problema. Para desarrollar este proceso se requiere de algunos elementos básicos de referencia, de una metodología o secuencia de etapas y de técnicas operacionales.

### 1. Elementos

Entre los elementos que resultan indispensables, se pueden mencionar los siguientes :

#### a) Objetivos

Es obvio que lo primero que se debe conocer, en forma cabal, es la finalidad y la metas que se proponen alcanzar.

#### b) Alternativas

Cada conjunto propuesto de combinaciones de los parámetros del sistema (ENTRADA, PROCESO, SALIDA, REALIMENTACION, CONTROL, LIMITACIONES), constituye una alternativa de solución. A través de la evaluación de las alternativas de solución, se espera alcanzar los objetivos. La evaluación

de alternativas de solución es el mecanismo para seleccionar la solución adecuada.

c) Restricciones

Son limitaciones que el usuario coloca para la solución del problema. Estas limitaciones se refieren a costos, tiempo y aspectos políticos del sector.

d) Modelos

Los modelos son abstracciones de la realidad, a la cual la representan a través de un lenguaje de símbolos. Permiten estimar las consecuencias de cada alternativa, teniendo en cuenta las restricciones. De esta forma es posible determinar hasta que punto cada alternativa alcanza el objetivo.

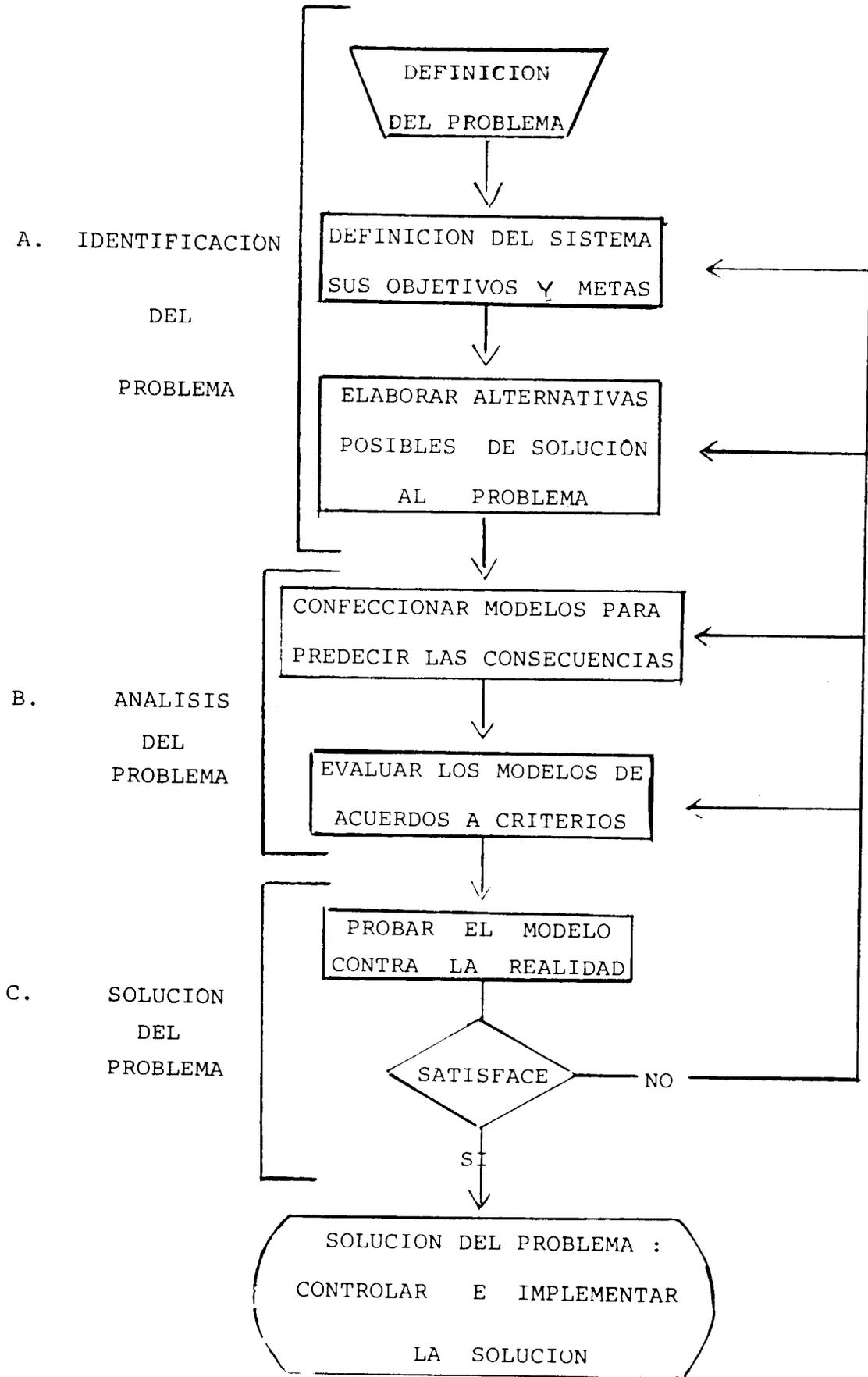
e) Criterios de evaluación

Son parámetros que se establecen para evaluar las alternativas y de acuerdo a ellos establecer un orden de prioridades. Entre estos parámetros se pueden mencionar los siguientes :

- . costo/eficacia
- . costo/beneficio
- . tiempo
- . riesgos

2. Etapas

No existe una forma, ni menos una receta para alcanzar la solución de un problema, se trata simplemente de desarrollar una secuencia lógica de pasos que constituyen la metodología de la solución de problemas. El flujo para un análisis de sistemas puede ser representado por el siguiente diagrama :



Haciendo un resumen se podría considerar que la metodología expuesta queda circunscrita a tres grandes etapas :

- Identificación del problema
- Análisis del problema
- Solución del problema.

Sin embargo, para facilitar el abordaje a la solución de problemas en el campo de la salud animal, donde estos procedimientos son poco conocidos, se hace necesario tratar la secuencia de etapas en forma más detallada.

a) Definición del problema

Una buena definición del problema puede ser de gran ayuda para la solución del mismo .

Primero que nada, debe exponer se el problema en forma simple, sintética y completa. Deben estar definidas las relaciones entre diversos componentes y el problema planteado. Se deben presentar todos los hechos que tengan influencia significativa sobre el problema, tratado como un todo. Se debe aclarar lo que es conocido y lo que es desconocido. Una imagen que debe deducirse de la definición del problema es el objetivo, es decir, el estado que se pretende alcanzar. Este objetivo deberá traducir se en metas, es decir, en algo dimensionable. Al plantear el problema, debe evitarse sugerir soluciones inmediatas . La utilización de aspectos históricos en relación al problema puede ser adecuado en algunos casos. Sin embargo, no se debe abusar en este aspecto, ya que es fácil caer en una descripción poco relevante.

b) Definición del sistema

El planteamiento del problema debe ser complementado por una rigurosa definición del sistema bajo estudio, por lo tanto, esto implica identificar los componentes de tal sistema, establecer límites y fronteras del mismo, caracterizar el medio ambiente y las posibles influencias de éste sobre el sistema, analizar los problemas de decisión asociados al sistema.

c) Establecimiento de alternativas de solución

Se puede definir alternativa como una de las posibles maneras de cumplir cierto objetivo o usar ciertos recursos disponibles. Es un curso de acción entre varios que se presentan para solucionar el problema. Cada alternativa es una diferente combinación de los parámetros de un sistema, es decir, cada alternativa es una opción de sistema dirigido al cumplimiento del objetivo propuesto. De ahí que el análisis de sistemas trata de la evaluación de sistemas alternativos y de la selección del sistema óptimo para la solución del problema. Se pueden elaborar alternativas para minimizar los costos, el tiempo o los riesgos, o para maximizar la efectividad de un sistema.

d) Confeccionar modelos para predecir las consecuencias de cada alternativa

La confección de modelos supone la representación en términos concretos o abstractos del mundo real, en este caso, del contenido de las alternativas propuestas. La elaboración de un modelo debe implicar necesariamente la identificación de aquellas variables relevantes con respecto al resultado (SOLUCION DEL PROBLEMA). En la práctica esto es muy difícil, razón por la cual el modelo constituye sólo una aproximación a la realidad. El objetivo de la confección del modelo es obtener una conclusión sobre la operación de las alternativas, sin necesidad de experimentar la situa

ción y sin necesidad de que la alternativa exista físicamente.

Los modelos se pueden clasificar en físicos y abstractos. Los modelos físicos son representaciones concretas de aquella parte de la realidad en estudio, reproduciendo las características principales. Los modelos abstractos son representaciones simbólicas hechas a través de palabras, esquemas o de técnicas matemáticas.

Existen dos tipos de modelos que interesan por su aplicabilidad en salud animal: los modelos esquemáticos y los matemáticos. Los modelos esquemáticos son muy útiles ya que permiten establecer gráficamente la red de relaciones de un fenómeno. Son también importantes para los sistemas de información ya que permiten elaborar esquemas de flujos de información y redes lógicas para tomar decisiones. Son muy flexibles y de fácil comprensión, sin embargo, para propósitos de optimización son inaplicables. Los modelos matemáticos representan un grado más elaborado de modelo acerca de los fenómenos reales, ya que son representaciones simbólicas.

Los modelos matemáticos pueden clasificarse según la técnica en:

. analítico-algébricos, porque emplean el análisis matemático y el álgebra.

. econométricos, que usan el lenguaje de la estadística para validar relaciones causales existentes en el sistema estudiado.

. de simulación, que permiten una manipulación dinámica sobre el modelo de un sistema en lugar de hacerlo sobre el mismo. Estos modelos se resuelven numéricamente empleando computadores electrónicos, apoyándose principalmente en técnicas probabilísticas.

. de experimentación numérica, en las cuales también se experimenta el comportamiento del sistema real sobre modelo, también usa computadores electrónicos pero se diferencia del anterior porque aplica ecuaciones que describen el comportamiento posible del sistema sobre la base de hipótesis explícitas.

Los modelos matemáticos son una herramienta poderosa en manos de un analista de sistemas que está interesado en las relaciones relevantes entre los componentes del fenómeno. El modelo matemático permite definir esas relaciones con precisión. Por tal razón es posible aplicarlos para la optimización de una decisión. Los modelos matemáticos también son utilizados para predecir las consecuencias de cada alternativa, para lo cual hay que alimentarlo con valores numéricos de manera que se cumplan todas las relaciones, dentro del marco de las restricciones.

e) Evaluación de modelos de acuerdo e criterios

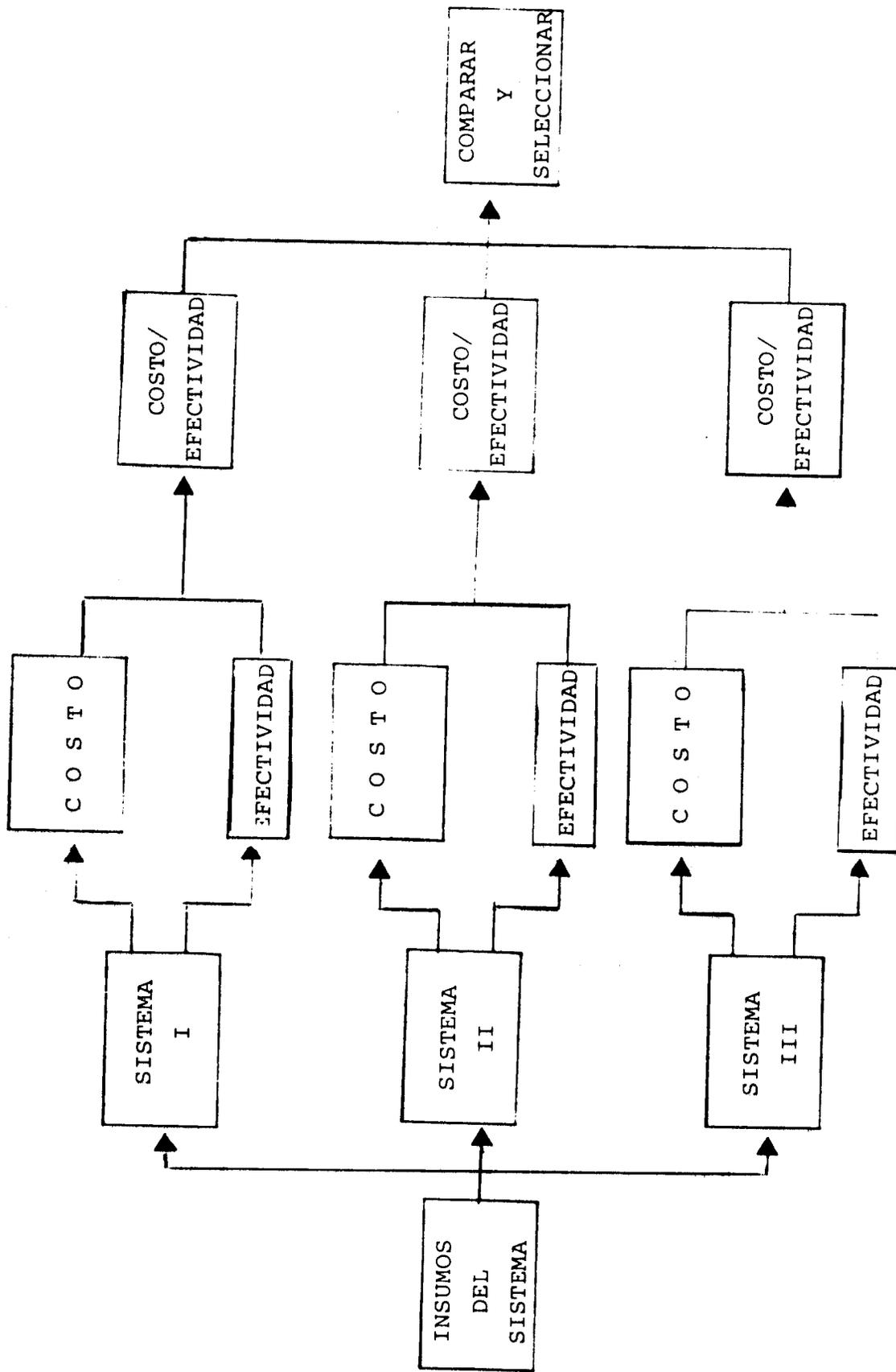
Esta evaluación significa seleccionar una alternativa (UN SISTEMA) entre todas las propuestas a través de las consecuencias que produce (PREDICCIÓN) cada una. Esto se logra " haciendo correr " el modelo que representa a cada alternativa. Para evaluar las alternativas se establecen criterios que generalmente se refieren a efectividad, costo, tiempo y riesgos, o combinaciones de estos criterios como son costo/efectividad, tiempo/efectividad, etc.

Dado que se pretende alcanzar el objetivo y se presentan varias alternativas, que se refieren a los medios como alcanzarlo, se crea una escala de efectividad, que indicará el grado de acercamiento de cada alternativa al objetivo.

Entonces, la efectividad de una alternativa es la posición que ella ocupa en tal escala. El costo es la suma de todos los gastos incurridos para confeccionar una alternativa (UN SISTEMA) cualquiera. El tiempo se refiere a la duración para aplicar el sistema, o más bien dicho para alcanzar el objetivo propuesto. El riesgo es difícil de evaluar. Es una manifestación de que los requisitos del sistema no fueron adecuadamente expresados o de que la evaluación del costo del sistema es deficiente. El riesgo tiene que ver con errores de planteamiento del sistema. Generalmente su evaluación se hace sobre la base de la "exposición al riesgo" a que está sometida cada alternativa, expresando esta exposición al riesgo en una escala ordinal, por ejemplo: mucho, regular y poco.

La evaluación de las alternativas, cuando el número de criterios es sólo uno, por ejemplo seleccionar la alternativa de menor costo/efectividad, se hace a través del siguiente mecanismo: se determina la relación costo/efectividad para cada una de las alternativas y aquella alternativa que presenta la relación menor es seleccionada.

MODELO DE EVALUACION CON UN SOLO CRITERIO



Cuando haya más de un criterio de evaluación será conveniente apelar a un procedimiento de optimización. Para esto se podría seguir el siguiente camino :

- i) se desarrolla el modelo de cada alternativa
- ii) se evalúan los resultados para cada alternativa
- iii) se asignan pesos relativos para los diferentes criterios de evaluación
- iv) se resumen los resultados en una tabla en forma de matriz.

ALTERNATIVA	C R I T E R I O S		
	COSTO/EFICACIA	TIEMPO	RIESGO
I			
II			
III			
⋮	⋮	⋮	⋮

- v) se selecciona la alternativa óptima.

f) Probar el modelo contra la realidad

La única forma de conocer si la alternativa (SISTEMA) seleccionada es válida, es a través de una verificación de la capacidad predictiva del modelo contra la realidad. En algunas ocasiones podría ser posible hacer esto antes de desarrollar masivamente el sistema seleccionado, a través de un experimento en pequeña escala y controlado. Sin embargo, la mayor parte de las veces ésto no es posible y no es conveniente porque la extensión reducida del experimento compromete la prueba. Lo más frecuente es que esta prueba de validez se haga simultáneamente con la aplicación del sistema, comprobando con información real los supuestos y relaciones " establecidas " en el modelo ( PRUEBA " A POSTERIORI " A LA APLICACION).

Al alimentar el modelo con valores observados en la realidad, es posible comparar estadísticamente los resultados.

g) Solución del problema

La solución del problema es la salida o finalidad de este proceso y se alcanza con el cumplimiento de los objetivos, disminuyendo o haciendo desaparecer la separación entre el estado inicial y el estado propuesto. Para alcanzar la solución del problema se ha implementado un mecanismo de control por realimentación, que permita detectar en cualquier momento desviaciones entre las metas (SUPUESTOS) del sistema propuesto y lo que ocurre en la realidad, para aplicar las " medidas correctivas " del caso.

La solución del problema es alcanzada como un proceso iterativo a través de un control por realimentación de la salida.