

PROSEDEM

PROtotipo de Sistema Experto de Diagnostico de Enfermedades Metabolicas en ganado vacuno.

**Frassoni, Maria Sandra.
Vigil, Nestor Omar.**

ABSTRACT

El presente trabajo muestra el desarrollo y construcción de un prototipo de Sistema Experto de Diagnóstico Veterinario.

El problema se define como diagnosticar y tratar Hipocuprosis, Afosforosis y Ostertagiasis Gástrica, la ausencia de éstas o sus posibles asociaciones, en establecimientos ganaderos que pertenecen a la Cuenca del Salado, provincia de Bs.As. Estos deben dedicarse a la cría extensiva de ganado bovino de razas de origen europeo, con pastoreo directo.

El sistema básicamente tiene la característica de hacer que el diagnóstico sea más sistemático, permitir que una mayor cantidad de médicos veterinarios puedan realizarlo más rápida y precisamente y recomendar tratamientos alternativos.

La metodología de Sistemas Expertos no es hoy en día del todo revolucionaria. Sin embargo, sin su presencia el tratamiento del conocimiento incierto y de las heurísticas existentes en las reglas que simulan el razonamiento del experto como así también la naturaleza intrínseca del conocimiento involucrado, que procede incrementalmente de tareas simples a tareas complejas, serían en extremo costosos en tiempo y esfuerzo.

1. MOTIVACION

El desafío que representaba, al momento de comenzar este trabajo, un tema tan reciente como la Inteligencia Artificial y, en particular, los Sistemas Expertos se constituyó en el principal estímulo que condujo a producirlo.

2. ELECCION DEL PROBLEMA A RESOLVER

Desde un primer momento se piensa en un problema de diagnóstico ya que existen numerosos sistemas de ese tipo con resultados satisfactorios.

Encontrar el experto adecuado para el trabajo no es una tarea sencilla. En el desarrollo de un Sistema Experto que va a ser destinado para producción, la elección del mismo está condicionada a la del dominio del problema. Debido a que el énfasis de este trabajo está puesta en la etapa de desarrollo más que en la etapa de producción, se subordina la elección del tema a la disponibilidad del experto, quien finalmente es un médico veterinario especialista en enfermedades metabólicas.

El tema consiste en encontrar un grupo de enfermedades con síntomas comunes y difícilmente distinguibles entre sí que cumplan los siguientes requisitos:

- * Que sean ampliamente conocidas por él.
- * Que hayan sido tratadas (resueltas muchas veces).
- * Que su diagnóstico requiera un considerable esfuerzo o elaboración.
- * Que el tema tenga un grado de dificultad tal que una persona que no tenga la experiencia suficiente no pueda resolverlo o le resulte muy difícil.

Luego de un análisis conjunto de las distintas propuestas sugeridas, se elige trabajar con tres enfermedades sobre las cuales el experto posee un amplio dominio : Hipocuprosis, Afosforosis y Ostertagiasis Gástrica.

3. INTRODUCCION AL DOMINIO DEL PROYECTO

3.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Las enfermedades que se tratan son propias del ganado vacuno. Están causadas básicamente por problemas nutricionales (originados, en su mayoría, por la composición química del suelo) o por parásitos encontrados en la región. Son frecuentes en una zona bien delimitada dentro de la provincia de Buenos Aires: la Cuenca del Salado.

Afectan en forma adversa tanto a la producción de carnes como a la reproducción de animales, y son causadas por la

carencia de minerales en los suelos, el abundante crecimiento de la pastura (en determinadas épocas del año), la deficiencia en la alimentación, la baja resistencia de las razas consideradas, la mala calidad y baja frecuencia en la vacunación, la alta concentración de animales y el mal manejo del pastoreo.

3.2. COMO SE TRATA EL PROBLEMA ACTUALMENTE ?

El médico veterinario concurre al campo para identificar los síntomas presentes. Si surgen dudas en el diagnóstico, consulta en forma personal o telefónicamente al experto en el tema que forma parte del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Este último puede requerir diversos análisis, los cuales resultan costosos en tiempo y dinero. Si no se puede contar con ellos, el diagnóstico se realiza con cierto margen de error.

3.3. VALOR DE LA SOLUCION.

Teniendo en cuenta que en promedio los animales pierden hasta 1/2 kg. de peso diario y que el tiempo aproximado para detectar esta disminución es de unos 30 días, considerando un rodeo de unas 200 cabezas de ganado, el lucro cesante puede estimarse aproximadamente en 3000 kg de carne. A esto debe agregarse el costo para que el animal recupere su estado normal. La situación se agrava más aún si se considera que estas enfermedades pueden conducir a la muerte.

4. CARACTERISTICAS QUE TIENE EL PROBLEMA PARA SER DESARROLLADO POR LA METODOLOGIA DE SISTEMAS EXPERTOS.

En primer lugar se determina que el sistema es posible, justificado y apropiado.

POSIBLE porque existe un experto genuino en el área del problema capaz de articular sus métodos, cuyas tareas no requieren en su mayoría de un contacto físico con los animales (y aquellas que si lo requieren pueden ser descriptas en términos precisos).

JUSTIFICADO porque los cálculos estimados del valor de la solución arrojan cifras suficientemente significativas como para ser tenidas en cuenta; además no abunda la experticia humana en el país. Pero por sobre todo, el interés reside en la investigación de una metodología novedosa.

APROPIADO porque la naturaleza del problema exige un manejo heurístico de símbolos, su complejidad no es demasiado reducida como para no justificar el costo y el esfuerzo empleado, y el rango que abarca es lo suficientemente reducido como para que éste sea manejable.

5. ALCANCES DEL SISTEMA.

5.1. DEFINICION DEL PROBLEMA.

El problema se define como: diagnosticar y tratar Hipocuprosis, Afosforosis y Ostertagiasis Gástrica, la ausencia de éstas o sus posibles asociaciones, en establecimientos ganaderos que pertenecen a la Cuenca del Salado. Estos deben dedicarse a la cría extensiva de ganado bovino de razas de origen europeo y con pastoreo directo.

Resulta necesario acotar el dominio del problema de modo que la complejidad y el rango del mismo sean los adecuados para lograr que éste resulte manejable. Se elige limitar los alcances del dominio del sistema a aquellos establecimientos que se dediquen a la cría extensiva porque, al ser las enfermedades principalmente de origen nutricional, sus síntomas se observan más fácilmente en animales pequeños (terneros, novillos). También se acota el dominio del problema a tener en cuenta sólo razas de origen europeo ya que son menos resistentes a este tipo de enfermedades, y las más abundantes de la región. Por las causas que provocan estas enfermedades es evidente que sólo podrán observarse en aquellos establecimientos que practiquen pastoreo directo, es decir, que se alimenten directamente de lo que el suelo provee sin tener en cuenta ningún tipo de suplementación mineral.

5.2 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA. USUARIOS Y UBICACION.

Este sistema aumenta la precisión del diagnóstico a medida que recibe más datos, recomienda tratamientos alternativos entre los cuales el usuario del sistema puede elegir, hace que el diagnóstico de estas enfermedades sea más sistemático y permite a una mayor cantidad de médicos veterinarios realizar un diagnóstico más rápido y preciso.

Los potenciales usuarios del sistema son médicos veterinarios que carezcan de la experiencia necesaria para realizar el diagnóstico preciso. Eventualmente también lo puede consultar cualquier persona que posea conocimiento en el manejo de este tipo de ganado.

Los lugares más apropiados para la ubicación del sistema son instituciones públicas de asesoramiento a los productores ganaderos, como por ejemplo el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, así como centros universitarios donde se estudie este tema.

6. ELECCION DE LA HERRAMIENTA

Para la elección de la herramienta se deben tener en cuenta algunos aspectos básicos como experiencia del grupo en el desarrollo de Sistemas Expertos, facilidades de apoyo y

confiabilidad que brinda la herramienta, y características de la tarea.

Tanto las características del problema como las de la aplicación sugieren características necesarias para el Sistema Experto, las que a su vez sugerirán características particulares de la herramienta.

CARACTERISTICAS DEL PROBLEMA CARACTERISTICAS DE LA HERRAMIENTA

- | | |
|--|------------------------------|
| - Espacio reducido de soluciones. | - Backward chaining. |
| - Asociaciones heurísticas. | - Reglas. |
| - Inseguridad en las respuestas. | - Manejo de incerteza. |
| - Soluciones basadas en suma de eventos inciertos. | - Acumulación de incertezas. |

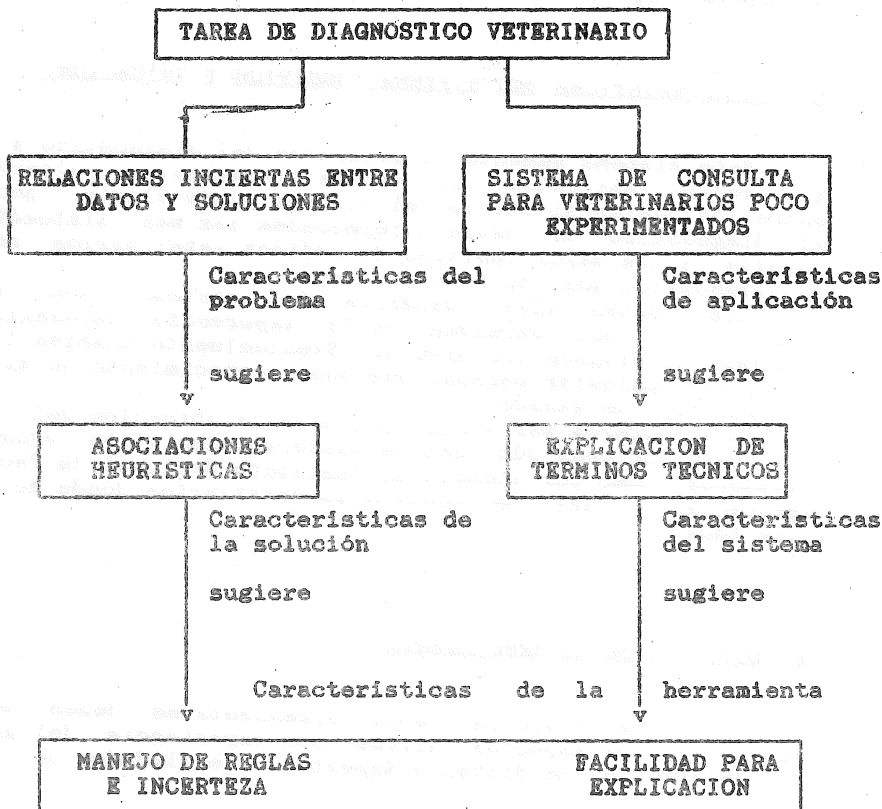
CARACTERISTICAS DE LA APLICACION

- Grupo de desarrollo del Sistema Experto principiantes en la metodología.
- Usuarios no expertos.

CARACTERISTICAS DE LA HERRAMIENTA

- Lenguaje de Ingeniería del Conocimiento y Mecanismo de depuración.
- Mecanismo de explicación.

En este caso particular:



Se tiene la oportunidad de trabajar con lenguajes de programación como LISP y PROLOG, o con otras herramientas de construcción de Sistemas Expertos como INSIGHT2 PLUS y OPS5.

Luego de un análisis comparativo, la herramienta más adecuada es INSIGHT2 PLUS porque:

- * Es un lenguaje de Ingeniería del Conocimiento.
- * Tiene control de inferencia Backward Chaining.
- * La representación del conocimiento se lleva a cabo mediante reglas.
- * Cuenta con manejo de incerteza.
- * Cuenta con facilidades de explicación.
- * Cuenta con facilidades de depuración.

INSIGHT2 PLUS reúne básicamente todas las características necesarias para este problema, excepto la acumulación de incertezas, que se subsana mediante el desarrollo de una rutina externa.

7. CAPTURA DEL CONOCIMIENTO

7.1. ASPECTOS GENERALES

La limitación más seria en el desarrollo de este sistema (como así también en el de cualquier Sistema Experto) es la captura del conocimiento, ya que no existen actualmente metodologías ni herramientas que sean capaces de eliminar o facilitar esta tarea. Por esta causa, adquirir el conocimiento del experto e incorporarlo a la base de conocimiento insume un tiempo prolongado.

En el proceso de captura del conocimiento no se puede ignorar la naturaleza intrínseca del conocimiento del experto, el cual parece estar compilado y reducido a una forma mínima y eficiente que lo hace más difícil de extraer.

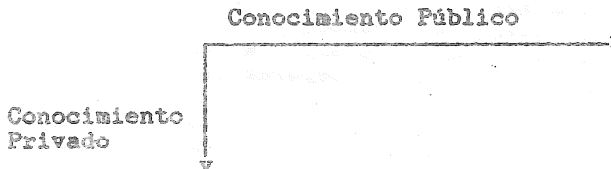
Los expertos usualmente no pueden articular con facilidad cada paso y, lo que es peor, pueden no tener conocimiento de los pasos individuales tomados para alcanzar la solución. Al explicar su conclusión repiten sólo los pasos principales dejando de lado a menudo los más pequeños, los cuales parecen obvios (Conocer qué considerar básico y relevante y no requerir una posterior reevaluación es lo que hace que una persona sea un experto). Por ende, generalmente cuanto más competentes son, menos capaces son de describir el conocimiento que usan para resolver problemas. Aún peor, los estudios han mostrado que cuando los expertos intentan explicar cómo alcanzaron una conclusión a menudo construyen líneas de razonamiento posibles que sólo muestran semejanza con su actividad real de resolver problemas.

Para lograr obtener el verdadero proceso de razonamiento se debe ahondar en la estructura del conocimiento del experto, por lo que es conveniente trabajar solamente con un experto hasta construir el prototipo del sistema ya que de otra forma el resultado es un análisis superficial de las técnicas de resolución de problemas.

La fuente principal de conocimiento en un Sistema Experto

es el experto mismo. Su pericia proviene de libros de texto y reportes (conocimiento público), como así también del estudio de casos, datos empíricos y experiencia personal (conocimiento privado).

Es así que el conocimiento se debe obtener a través de una interacción directa con el experto mediante una serie prolongada y continua de entrevistas, atravesando el conocimiento en forma diagonal.



2.1. COMO ENTREVISTAR AL EXPERTO 2

Existen estudios psicológicos y científicos referidos a las técnicas de resolución de problemas que utilizan los expertos. Estos son el método intuitivo y el observacional.

El método observacional se basa en observar al experto en la resolución de problemas concretos sin interrumpirlo con preguntas o comentarios, limitándose a analizar una transcripción de la sesión luego de finalizada.

El método intuitivo se basa en que el ingeniero del conocimiento estudie e interactúe tanto con el experto como con la bibliografía para familiarizarse con el tema, volviéndose de esta forma un pseudoexperto. Así, el ingeniero representa el conocimiento que luego es incorporado en un programa y controlado por otros expertos.

Se puede comprobar que lo más conveniente es usar los dos enfoques, combinándolos en las entrevistas con el experto. Durante las mismas él debe extenderse en sus relatos sobre el tema, en cuyo caso el ingeniero toma una actitud pasiva. Sin embargo, cuando se considera apropiado, se realizan preguntas relevantes, se sugieren posibles razonamientos y se hipotetizan conceptos y reglas, adquiriendo en esta oportunidad un rol activo.

Entonces, al tratar de ayudar al experto a describir su conocimiento y estrategias de inferencia se combina psicología con técnicas de programación simbólica para el desarrollo de Sistemas Expertos.

Dado que en un principio no quedan muy claros qué aspectos son realmente útiles para la construcción del sistema, se adopta la actitud de resolver primeramente problemas particulares (porque rara vez resulta efectivo requerir del experto directamente sus reglas o métodos para resolver un tipo particular de problema).

Durante las entrevistas, el experto introduce nuevos términos, conceptos y relaciones. Cuando esto sucede, se le pide que los defina y relacione con los ya existentes. Esto puede eventualmente requerir una redefinición o combinación de conceptos ya presentes en la base de conocimiento.

Para tratar de capturar el conocimiento se utiliza un

procedimiento basado en la técnica Depth-first. Este consiste en preguntar al experto cómo fue alcanzada una conclusión, cómo fueron alcanzadas las conclusiones sobre las cuales ésta se basa y así siguiendo, hasta que finaliza la explicación.

Luego de formular algunas reglas específicas relacionadas con problemas particulares, se trató de generalizarlas pero sin dejar de contribuir a la solución en el contexto de los problemas particulares.

Al mismo tiempo, para constatar la consistencia y completitud del conocimiento contenido en las reglas, se testen fragmentos del sistema ya implementado confrontándolos con la opinión del experto.

La forma de trabajo (pasar de casos particulares a una generalización de ellos) constituye la estructura de la secuencia en la captura del conocimiento.

7.2. SUGERENCIAS EN LA CAPTURA DEL CONOCIMIENTO

* Pedir anticipadamente todo aquello que sea necesario para el desarrollo de la próxima entrevista: Aunque esto parezca obvio en el caso de la bibliografía o cualquier otro material, no lo es tanto en aquellas ocasiones que requieren una elaboración más refinada por parte del experto, como lo es la preparación de casos particulares de las enfermedades y de los tratamientos adecuados.

* Grabar las entrevistas: Esto es muy importante pues da la oportunidad de realizar, a posteriori, un análisis más minucioso de los relatos del experto.

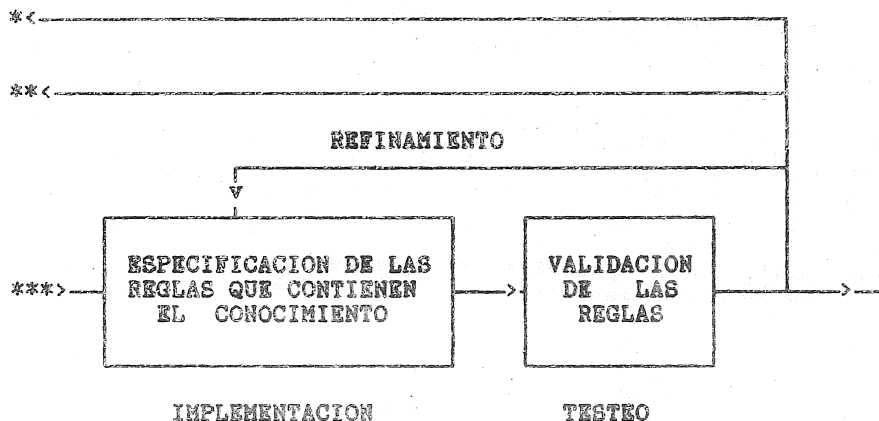
* Preparar cuestionarios ordenados temáticamente: Es de gran utilidad ya que permite al experto mantener un orden en sus explicaciones y al grupo de trabajo una secuencia lógica en la transcripción de las entrevistas.

* Las entrevistas deben ser planificadas a intervalos frecuentes y regulares y distribuidas igualmente a lo largo del proyecto: Se comprueba que largos periodos entre sesiones reducen tanto el interés del experto como el impulso del proyecto.

* No interrumpir al experto: Es conveniente permitir al experto que termine su explicación, para que pueda dar una forma acabada a su idea y evitar tener que reвер temas innecesariamente. Una buena práctica consiste en anotar las dudas que surgen cuando él está hablando y preguntarlas ni bien concluya.

* Evitar preguntas irrelevantes: En muchas oportunidades, el tema que se trata despierta el interés del ingeniero del conocimiento quien tiene tendencia a realizar preguntas que, si bien están relacionadas, su respuesta no aporta conceptos importantes (Un ejemplo es el conocer las causas de la enfermedad). Esto conduce a un desvío del tema principal con una consiguiente pérdida de tiempo.

* Mantener el interés del experto en el proyecto: La forma más eficaz de lograrlo es mediante una adecuada retribución. Además se debe lograr que el experto se sienta un miembro activo del grupo haciéndolo participar en la construcción de las reglas, definición de términos específicos y mostrándole cómo el sistema se constituirá en una herramienta útil.



Aún cuando se puede plantear esta distinción, no hay una manera simple de describir el orden en el cual se desarrollan.

Para este trabajo se tiene :

6.2.1. IDENTIFICACION

Las tareas a realizar son identificar los participantes, los recursos, las características del problema y los objetivos del sistema.

Las primeras tres se han explicado en el transcurso del trabajo. Resta definir los objetivos del prototipo del sistema:

- * Dar consejos apropiados sobre casos reales.
- * Resolver problemas más rápidamente ~~de lo que se hace hoy~~ en día, evitando la necesidad permanente de recurrir al experto, lo que le permitiría dedicarse más profundamente a la investigación.
- * Considerar todos los posibles síntomas de las enfermedades.
- * Desarrollar una consulta cordial con el usuario.

Se puede esquematizar entonces la descripción inicial del problema de la siguiente forma:

OBJETIVO DEL SISTEMA:

Aumentar la disponibilidad de la experticia apropiada para el diagnóstico y tratamiento de Hipocuprosis, Aftosorosis y Ostertagiasis Gástrica.

PROBLEMA PRINCIPAL:

Realizar el diagnóstico de las tres enfermedades.
Sugerir tratamientos adecuados y alternativos.

SUBPROBLEMAS:

Calcular la ponderación de la existencia de cada una de ellas.

Aconsejar análisis para casos dudosos.
Sugerir el tratamiento adecuado.

CARACTERISTICAS DEL PROBLEMA:

Datos incompletos e inciertos.
Asociaciones heurísticas entre datos y soluciones.
Espacio reducido de búsqueda de soluciones.
Soluciones basadas en sumas de eventos inciertos.

DATOS:

Síntomas que se presentan en el rodeo.
Porcentaje de presentación de los síntomas.
Época del año.
Edad de los animales.
Raza de los animales.
Zona del establecimiento.
Nivel de minerales en sangre y pasto.
Cantidad de larvas en pasto y en el ganado.

CONCEPTOS IMPORTANTES:

Presentación de síntomas.
Gravedad de la presentación de los síntomas.
Condiciones ambientales.
Características de los animales.
Necesidad de análisis.
Suficiencia de los datos para realizar el diagnóstico.

SOLUCION:

Presencia o ausencia de una o más enfermedades.
Grado de certeza de la presentación de la enfermedad.
Imposibilidad de arribar a una conclusión por falta de evidencias.
Sugerencia del tratamiento adecuado.

8.2.2. CONCEPTUALIZACION.

Durante la etapa de conceptualización se debe decidir qué conceptos, relaciones y mecanismos de control son necesarios para describir la resolución del problema.

Con respecto a los primeros, se puede establecer una distinción entre aquellos que se asocian causalmente con una enfermedad (como pérdida de peso, despigmentación del pelaje, a los que se llama Síntomas), de aquellos que no (edad de los animales, época del año, a los cuales se los denomina Factores Determinantes).

En el transcurso de la captura del conocimiento se detecta una secuencia en el razonamiento del experto. Esta consiste básicamente en relacionar los síntomas observados con los factores determinantes. De esta conjunción surgen indicios que llevan a pensar en alguna de tres posibilidades: un diagnóstico seguro , una fuerte sospecha que induce al pedido de análisis, o la seguridad de descartar cada enfermedad.

En la tarea de extraer reglas del experto observándolo resolver problemas o haciéndole preguntas apropiadas, se tiende a producir reglas demasiado específicas en algunos casos o muy generales en otros. Se debe entonces investigar soluciones alternativas con él para obtener una comprensión de los

principios generales subyacentes en las reglas. Algunas veces se considera de utilidad nombrar conceptos de alto nivel que el experto usa en las reglas, pero que no verbaliza y otras veces resulta conveniente refinar conceptos a niveles más específicos.

Principales conceptos para determinar la presencia de la enfermedad Hipocuprosis:

*** Atributos de la despigmentación de pelaje:**

- Edad de los animales afectados: 3 - 24 meses.
- Incidencia en el rodeo: poblacional (> 10 %).
- Aspecto del pelo: totalmente despigmentado, viejo, fácilmente desprendible.
- Estado del resto de los animales: bueno o malo.

*** Atributos del trastorno en el crecimiento:**

- Edad de los animales afectados: 3 - 18 meses.
- Incidencia en el rodeo: poblacional (> 10 %).
- Características del trastorno: no gana peso a ritmo normal.

De la misma forma se determinan los atributos de otros síntomas, como deformaciones óseas, diarrea, anestro, despigmentación ocular, anemia, fractura espontánea, decúbito.

Principales conceptos para determinar la ausencia de la enfermedad Hipocuprosis:

- La despigmentación de pelaje se presenta en animales mayores de 18 meses en menos de un 7% y con el resto del rodeo bueno.
- El nivel de cobre en pasto es mayor que 4 partes por millón y la relación cobre/molibdeno está entre 1.6 y 2.4.

Existen análisis que proveen información definitiva acerca de la presencia o ausencia de la enfermedad, pero resultan en su mayoría costosos, razón por la cual es necesario evaluar la conveniencia de pedirlos o no a la luz de las condiciones existentes.

Por ejemplo, para el análisis de cobre en sangre:

*** Condiciones para pedirlo:**

- + Solamente despigmentación de pelaje en animales mayores de 18 meses y el aspecto general del rodeo malo.
- + Solamente animales mayores de 18 meses con despigmentación de pelaje y anestro.
- + Solamente trastornos de crecimiento.
- + En aquellos casos en que clínicamente se sospeche entre un 30 % y un 80 % de la existencia de Hipocuprosis.

*** Indica la presencia de Hipocuprosis:**

+ Nivel de cobre en sangre < 0.4 mg por 100 ml.

Conceptos que surgen de la integración de las tres enfermedades:

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta es lo que se denomina la granularidad o grado de detalle de los conceptos. En un principio, y al considerar una enfermedad en particular, las características de determinados síntomas se pensaron sólo en función de ella, en forma aislada. Al incorporar nuevas enfermedades con los mismos síntomas, surge la necesidad de profundizar aún más en los conceptos para encontrar características que permitan distinguirlos entre sí.

8.2.3. FORMALIZACION

La formalización se realiza utilizando un pseudolenguaje orientado a reglas SI-ENTONCES para facilitar la implementación.

La siguiente es una muestra de algunas de las reglas que contienen el conocimiento del experto:

SI la edad de todo el rodeo supera los 24 meses
ENTONCES no es ninguna de las tres enfermedades.

SI hay despigmentación total de pelaje sólo en
animales mayores que 18 meses
Y el resto del rodeo está en buen estado
Y no es poblacional
ENTONCES Casi seguro no es Hipocuprosis.

SI hay despigmentación total de pelaje no sólo en
animales mayores que 18 meses
Y el resto del rodeo está en mal estado
Y es poblacional (más de 60 %)
ENTONCES Definitivamente es Hipocuprosis.

SI hay disminución de crecimiento principalmente en
animales chicos (menores que 18 meses)
Y la disminución del desarrollo muscular es general
Y es poblacional (más de 10 %)
ENTONCES Hay evidencia que es Afosforosis.
Y Hay evidencia que es Hipocuprosis.

SI hay animales menores que 18 meses
Y existe una fuerte sospecha (entre un 30 y un 80%)
que sea Hipocuprosis
ENTONCES Hacer análisis de cobre en sangre.

8.2.4. IMPLEMENTACION

La codificación del conocimiento ya formalizado en el lenguaje utilizado por la herramienta provoca un aumento sustancial del tamaño de las mismas.

Además, la necesidad de mantener consistencia y coherencia en el diálogo con el usuario, como así también mejorar la eficiencia del sistema, requiere un gran esfuerzo y un incremento considerable en la cantidad de reglas.

También se agregaron explicaciones de todos los términos usados por el sistema.

Las características del problema indican la necesidad de ir acumulando evidencias a favor y en contra de la existencia de cada una de las enfermedades. La herramienta utilizada, que en todo lo demás conformaba las necesidades del sistema, no acumula factores de certeza. Fue necesario entonces desarrollar rutinas externas que acumularan los factores de certeza en Pascal.

8.3. ETAPAS CRONOLÓGICAS EN EL DESARROLLO DE NUESTRO SISTEMA

Una vez finalizada la tarea de Identificación se comienza a individualizar los casos particulares de cada una de las enfermedades hasta lograr generalizarlos.

De esta forma se desarrolla el sistema en las siguientes etapas cronológicas :

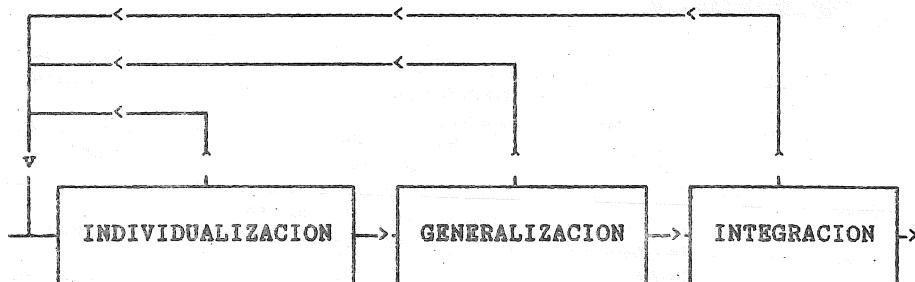
- * Individualización de Hipocuprosis.
- * Generalización de Hipocuprosis.
- * Individualización de Afosforosis.
- * Generalización de Afosforosis.
- * Integración de las dos enfermedades.
- * Individualización de Ostertagiasis Gástrica.
- * Generalización de Ostertagiasis Gástrica.
- * Integración de las tres enfermedades.

De las cuales se abstraen las siguientes categorías:

- * Individualización.
- * Generalización.
- * Integración.

Cada una de éstas tiene la particularidad de constituir una retroalimentación forzosa de la categoría anterior, estableciendo de esta forma una secuencia fija. Cada una de las categorías planteadas se desarrollan en base a las etapas conceptuales, pudiendo existir secuencias opcionales de reformulación, rediseño y refinamiento.

Estas categorías se pueden esquematizar de la siguiente forma:



Cada enfermedad se desarrolla como un sistema independiente ya que de esta forma resulta más sencillo el testeo, tanto de las soluciones como de las consultas con el usuario.

Al proceso completo de plantear las etapas conceptuales para un caso particular se lo llama individualización de la enfermedad. Por cada nuevo caso particular, se plantea una nueva individualización.

Luego se generaliza el conocimiento contenido en las reglas, extendiéndolo de manera tal que contemple todos los posibles casos particulares.

Al contar con más de una enfermedad resulta necesario integrirlas para lograr que gradualmente se comporten como un único sistema (modificando los nuevos aspectos que surgen de la combinación de más de una enfermedad).

En algunas oportunidades es necesario modificar aspectos de la Identificación, como ~~aquéllos~~ relacionados con la determinación de los límites del sistema.

2. DESARROLLOS FUTUROS : POSIBLES EXTENSIONES DEL PROTOTIPO.

La extensión del prototipo depende básicamente de la repercusión que éste tenga en el ámbito de la medicina veterinaria y de la posibilidad de contar además con nuevos expertos en el área de enfermedades metabólicas.

El prototipo puede crecer en varios sentidos:

- * Aumentar la cantidad de enfermedades que se diagnostican.
- * Profundizar el conocimiento para tener en cuenta posibles asociaciones entre las enfermedades.
- * Abarcar otras regiones del país.
- * Cubrir otros tipos de ganado.
- * Considerar otras razas de ganado vacuno.

10. CONCLUSIONES

Si al momento de comenzar este sistema se hubiera elegido el paradigma de los lenguajes de programación convencional para su desarrollo, seguramente hoy día no podría escribirse conclusión alguna. No quiere decir esto que sea imposible desarrollar un Sistema Experto con un lenguaje de programación convencional, sino que sería extremadamente costoso en tiempo y esfuerzo.

La captura del conocimiento, que es la dificultad fundamental inherente a los Sistemas Expertos, obliga a que su desarrollo sea incremental. Esta característica resulta simple de implementar si se cuenta con un lenguaje de Ingeniería del Conocimiento que permita mantener el conocimiento en forma explícita y separada del motor de inferencia. Por el contrario, cualquier modificación en un lenguaje de programación convencional relacionada con el contenido del conocimiento mismo resulta difícil, ya que no sólo se deben realizar modificaciones a nivel de conocimiento, sino también de procedimientos.

A medida que uno se familiariza con los Sistemas Expertos, puede comprobar que en un sentido amplio esta tecnología no es del todo revolucionaria, simplemente es una extensión de los principios básicos de la Ciencia de la Computación a nuevos niveles de sofisticación. Después de todo, los Sistemas Expertos a menudo se ejecutan en los mismos equipos que los programas escritos en lenguajes convencionales y además, en la actualidad, y por razones de eficiencia, se los suele recodificar en estos mismos lenguajes.

A causa de los pocos avances reales que hay sobre el tema, la construcción de un sistema de este tipo requiere gran cantidad de tiempo y dinero, lo que muchas veces causa escepticismo e impaciencia en los niveles de dirección. Además la exageración e imprecisión en torno al tema causa expectativas poco reales que conducen a la frustración o desilusión con respecto a la Inteligencia Artificial y a los Sistemas Expertos.

Todo esto lleva a pensar que a pesar de que los Sistemas Expertos tienen un buen rendimiento, hay importantes áreas en las cuales la experticia humana sería claramente superior a la artificial, pero esto no refleja una limitación fundamental, sino sólo el estado actual del arte...

11. BIBLIOGRAFIA

- * TRABAJO FINAL: PROTOTIPO DE SISTEMA EXPERTO DE DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES METABOLICAS EN GANADO VACUNO.**

Daga, Mauricio Javier.
Frassoni, Maria Sandra.
Vigil, Nestor Omar.

Universidad Nacional del
Centro de la Pcia. de Bs.As.

- * A GUIDE TO EXPERT SYSTEMS**

Donald A. Waterman Addison-Wesley Publishing Company.

- * ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BUSINESS**

Paul Harmon and David King

A Wiley Press Book
John Wiley & Sons, Inc.

- * ENGENHARIA DE CONHECIMENTO E SISTEMAS ESPECIALISTAS**

R. Lins de Carvalho

Editorial Kapeluz.

- * THE HANDBOOK OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE - VOLUME I**

Avron Barr and Edward A. Feigenbaum

Department of Computer Science
Stanford University.

Heuristech Press.

Stanford California.

William Kaufmann, Inc.

Los Altos California.

- * DIAGNOSTIC EXPERT SYSTEMS BASED ON A SET COVERING MODEL**

James A. Reggia, Dona S. Naut and Pearl Y. Wangs.

Academic Press Inc.

- * A FUNDAMENTAL TRADEOFF IN KNOWLEDGE REPRESENTATION AND REASONING (REVISED VERSION)**

H.J. Levesque and R.J. Brachman

- * MANUAL DE USO DE LA HERRAMIENTA INSIGHT2 PLUS**