

## NOTA TECNICA

### ORGANIZACION LOGICA DE UN MODELO DE PATOLOGIA: LISTERIOSIS

Eduardo Freire C. (MV), Miguel A. Fuenzalida V. (MV)

#### LOGICAL ORGANIZATION FOR A MODEL IN PATHOLOGY: LISTERIOSIS

*The clinical diagnosis is based on signs, symptoms and environmental conditions (SSA), most of them not easily quantified with accuracy. It is difficult to establish at the diagnostic process which data are relevant, as well as to recognize a pattern of relationships among them.*

*In this work, we present a listeriosis model based on logical relationships of fuzzy sets. The general idea is a hierarchical structure: The SSA are at the lower level, intermedia combinations (CI) are grouped at several levels and the whole pathology is at the upper level.*

*Data from a potential case are assessed by the model inducing a fuzzy set of SSA at the lower level, established by the degree of membership (or intensity) of each symptom to the patient. This set induces a subset of CI at a higher level that induces another subset and so on. Finally, the late subset of CI induce the degree of membership at the upper level, inducing the degree of membership to listeriosis.*

*Using 8 listeriosis suspicious cases according bibliographical data, model is evaluated. Computational model performance is compared in a two-blinded test with those obtained by a group of clinical specialists. The development of a practical use of this model is discussed.*

Las decisiones de tipo clínico son realizadas fundamentalmente en base a los datos clínicos (signos y síntomas) de condiciones ambientales, y en base al conocimiento médico o experiencia que posea el profesional en el área solicitada. Sin embargo, tanto los datos como la experiencia son aproximados y poco precisos y resulta difícil definir cuánto de ese conocimiento es relevante y en que forma se relacionan, en especial en el proceso de diagnóstico.

Se han desarrollado modelos para ayudar en este proceso de toma de decisión médica (Cruz-Coke, 1978; Freire y Fuenzalida, 1985); pero la mayoría de ellos se basa en métodos y aplicaciones de técnicas cuantitativas (Shortliffe y Cols., 1979; Reggia, 1981), por lo que la calidad de dichos modelos es estrechamente dependiente de los datos de prevalencia de la patología y de las frecuencias de sus síntomas y signos. Por otro lado, no reproducen la organización de la patología en estudio, lo cual

provoca una baja en la motivación por parte de los clínicos para su uso e interacción (De Vries y Cols., 1985).

En un trabajo anterior (Fuenzalida y Freire, 1982), se construyó un modelo prototipo que, utilizando lógica booleana, consideró a todos los síntomas como independientes entre sí y de igual valor para efecto diagnóstico. Aunque utilizado con éxito en el grupo de enfermedades infecciosas generales del bovino, necesitaba contar con la información actualizada, lo cual disminuía su posible aplicabilidad.

La teoría de conjuntos difusos (fuzzy sets) planteada tempranamente por Zadeh (1965) y extendida posteriormente (Dubois y Pride, 1980), posibilita definir y tratar los conceptos y conocimientos médicos antes mencionados, como conjuntos difusos (Miller, 1984; Adlassnig y Cols., 1985).

Los síntomas se relacionan así conformando un conjunto nuevo, síndrome, cuadro, manifestación, alteración, complejo, etc., que denominaremos de manera general combinación intermedia (CI). Algunas de estas CI pueden manifestarse sólo cuando se presentan todos sus elementos, o bien, con la presencia de uno de ellos; o con la presencia de alguno pero no otros.

Grupo de Análisis de Sistemas Biológicos.  
Departamento de Ciencias Biológicas Animales.  
Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias.  
Universidad de Chile. Casilla 2, Correo 15.  
Santiago, Chile.

Sin embargo, en el proceso de diagnóstico, esos conjuntos no tienen límites definidos. De esta manera, cada elemento no tiene una pertenencia binaria a un conjunto, sino que pertenece parcialmente a él. Dicho de otra manera, ante un conjunto particular, no podríamos asegurar si un elemento le pertenece o no, sino que se puede hablar de cierto grado de pertenencia, cuyo rango varía entre 1 y 0. La teoría de conjuntos difusos permite estudiar las relaciones de los elementos con conjuntos difusos. Por ejemplo, son de carácter difuso tanto la relación de los síntomas como de las CI que ellos conforman.

Es nuestro objetivo desarrollar un modelo de patología, que explique las relaciones de tipo fisiopatológico descritas en la literatura para la listeriosis, que pueda ser utilizado en un sistema de apoyo al diagnóstico y que pueda ser implementado en un sistema computacional.

### MATERIAL Y METODOS

Para estructurar el modelo de listeriosis, se formalizó el tipo de relación de lógica difusa entre los componentes de cada combinación intermedia, en base a las relaciones observadas por los autores en la presentación de la patología (Blood y Cols., 1983; Carlyle, 1985; Gibbons, 1967; Halpin, 1975; Howarth, 1972; Minus, 1976), de la siguiente forma:

Hemos definido una CI de tipo CIAND si requiere la presencia de todos los síntomas para su presentación, es decir, una combinación intermedia con lógica difusa de tipo AND. Hemos definido una CI de tipo CIOR si requiere la presentación de cualquiera de los elementos (lógica difusa OR). De manera análoga hemos definido las CINO (lógica difusa NO) y CIEX (lógica difusa O-Exclusivo).

La intensidad que presenta cualquier CI es función del grado de pertenencia de los elementos que la conforma. Por ejemplo, la CI "fiebre" (síndrome fiebre) dependerá de cada uno de los síntomas que la conforma (hipertermia, anorexia, taquicardia) y de la intensidad con que se presente cada uno. En nuestro modelo, todos los SSA descritos para la listeriosis se relacionaron con alguna de las cuatro relaciones lógicas señaladas y a su vez, cada CI así formada, se relacionó con otras CI en niveles superiores, de acuerdo a las relaciones fisiopatológicas descritas para cada una.

De esta manera se estructuró una jerarquía que parte en el nivel inferior con los SSA, sigue en los niveles intermedios agrupándose en las CI y culminando en el superior con la patología global.

### IMPLEMENTACION COMPUTACIONAL

El modelo fue construido e implementado en lenguaje APL, en el computador IBM 4381 de la

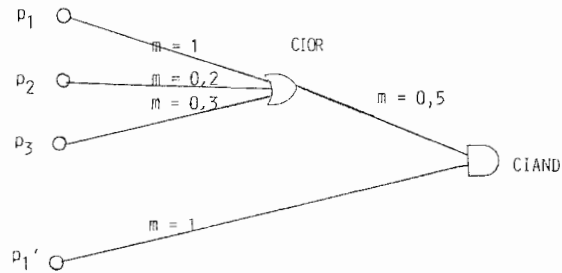


Figura 1. Combinación intermedia tipo OR (CIOR) y AND (CIAND), m es la pertenencia al modelo y p es la intensidad del elemento del nivel inferior.

Universidad de Chile. Para esto se desarrollaron todas las funciones de acuerdo a la formulación matemática de la lógica difusa. De tal manera que si se aplica un conjunto de datos de un caso sospechoso al modelo, el computador calcula la pertenencia de cada CI que ha sido inducida, a partir de la intensidad que presenta cada elemento del subconjunto difuso en el conjunto SSA. Este subconjunto induce en el nivel superior inmediato un conjunto difuso de CI y así sucesivamente hasta inducir la CI final y su grado de pertenencia a la listeriosis.

Puesto que este trabajo no busca un estudio cuantitativo de los componentes de las CI, sino más bien es un análisis de las relaciones lógicas entre dichos componentes, se asignó a los grados m de pertenencia al modelo el valor de la unidad, como inicio del ajuste futuro.

La evaluación del grado p de pertenencia de cada CI, fue calculada de acuerdo al tipo de relación con las CI previas que la conforma:

Para una relación de tipo CIAND, el grado de pertenencia está dado por:

$$p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \cdot m_i$$

donde \$p\_i\$ es el grado de pertenencia que indica la intensidad con que se presenta la \$CI\_i\$ del nivel inferior (es decir, la pertenencia de la CI al paciente) y \$m\_i\$ es el grado de relación otorgada en el modelo entre la CI y su elemento i.

Análogamente en una relación de tipo CIOR, se tiene que

$$p = \text{Max}_i (p_i \cdot m_i)$$

En una CINO se tiene,

$$p = 1 - p \cdot m$$

En una CIEX se tiene,

$$p = |p_2 \cdot m_2 - p_1 \cdot m_1|$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

### El modelo lógico

Todos los SSA descritos en la bibliografía para esta patología, se agrupan generando distintos CI de carácter difuso.

Estas CI a su vez indican otras CI en niveles superiores, las que a su vez se relacionan con otras y así hasta que este proceso culmina en la CI final de "listeriosis" en el último nivel. Al hacer estas relaciones, resultó el modelo de la figura 2, con 56 SSA y 42 CI distribuidas en 11 niveles.

### El modelo computacional

Con estos resultados se construyó un modelo computacional que incluyó todas las relaciones encontradas de acuerdo a la formulación matemática de la lógica difusa propuesta. Al aplicar los datos de cada caso, el modelo computacional calcula la pertenencia de cada nivel intermedio, culminando con el cálculo del grado de pertenencia a la última CI, esto es, la pertenencia al diagnóstico de listeriosis, lo que ocurrió en todos los casos probados.

El modelo computacional resultó tener una destacable facilidad de uso. Así por ejemplo, si se quiere calcular la pertenencia a la patología de los datos de un caso llamado CASO4, basta escribir PERT CASO4 y el computador entrega el valor de la pertenencia al diagnóstico de listeriosis que esos datos tienen. El tiempo total utilizado por el computador, incluido el tiempo de comunicación telefónica con el terminal fue en todos los casos del orden de los 10 segundos.

**Casos:** Se aplicaron los datos de tres casos de alta sospecha de listeriosis. El rango de datos fue de 4 - 12 datos por caso.

En la figura 3, la altura de las barras del gráfico, corresponde al grado de pertenencia de los datos a la patología calculado por el modelo computacional y las líneas acotadas representan el rango resultante de las respuestas de un grupo de cinco médicos veterinarios especialistas, dadas independientemente entre sí e independientes del computador, ante los mismos datos que se le entregó al modelo computacional.

De acuerdo con los resultados mostrados en el gráfico se puede ver que:

Los resultados dados por el modelo están dentro del rango de opinión de los especialistas.

El promedio de los grados de pertenencia asignados por el modelo es inferior al de los especialistas. Esta diferencia podría explicarse porque el modelo trabajó con todos los síntomas, lo que es apoyado por el caso de mayor discrepancia (CASO6) que correspondió al caso que presentaba la menor cantidad de datos.

Con estos resultados se puede concluir que el modelo propuesto:

a) Ayuda a representar la organización de los SSA y los CI que generan, permitiendo su uso en investigación y docencia.

b) Posee generalidad, esto es, las CI señaladas pueden ser utilizadas en la construcción de modelos de otras patologías. Incluso la CIEIX no sólo puede utilizarse para efectuar exclusiones entre las CI, sino que se perfila como eficaz en la discriminación de patologías similares (diagnóstico diferencial).

c) Posee simplicidad de representación de patología, ya que con sólo cuatro tipos de relaciones lógicas se pueden describir todas las CI.

d) Permite el análisis de las relaciones causa-efecto de los diagnósticos intermedios hechos por el

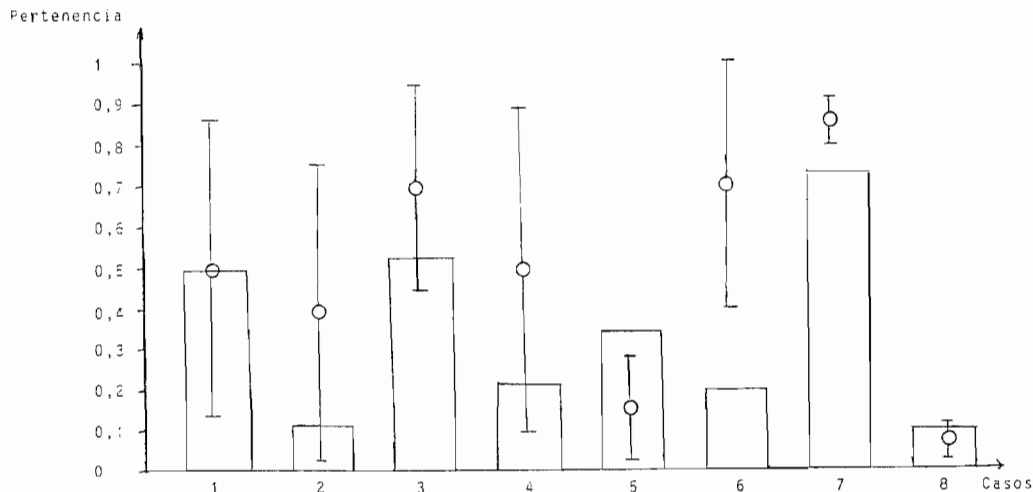


Figura 3. Pertenencia a la listeriosis entregadas por el modelo (barras) y los especialistas (el círculo representa el promedio y el trazo acotado el rango).

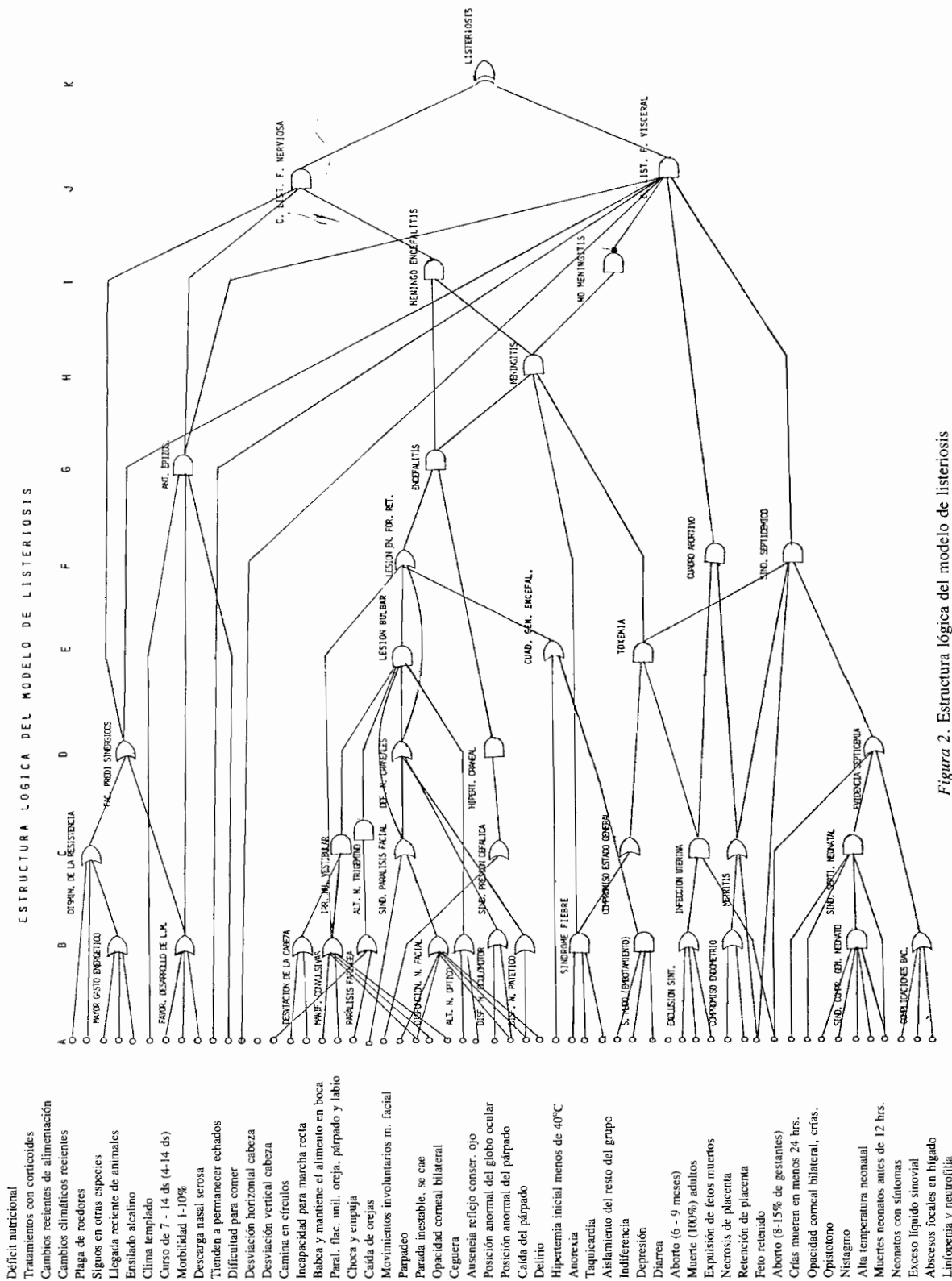


Figura 2. Estructura lógica del modelo de listeriosis

modelo, lo que facilita la comprensión del diagnóstico final.

e) Es factible incorporar en cada una de sus partes, en forma directa y en cualquier momento, las mejoras o modificaciones que surjan del conocimiento y/o la experiencia que se genere en el futuro, sin que pierda consistencia.

Para el futuro es posible plantear una función que modifique el parámetro  $m$ , mediante una retroalimentación que considere los resultados del modelo y los entregados por especialistas.

A diferencia de otros modelos de patología, como por ejemplo, los que se basan en una clasificación dicotómica como el desarrollo para el diagnóstico y tratamiento del glaucoma (Rumaniuk y Cols., 1983), no es posible evaluarlo sólo en términos de aciertos y errores, pues las respuestas no son necesariamente únicas. Este hecho implícito en los sistemas complejos, está corroborado por las discrepancias observadas en las respuestas de los especialistas.

## RESUMEN

El diagnóstico clínico está basado en los signos, síntomas y condiciones ambientales (SSA) muchos de los cuales no son cuantificables en forma precisa. Para el proceso de diagnóstico, resulta difícil definir, cuáles de ellos son relevantes y en qué forma se relacionan.

En este contexto se desarrolla un modelo de listeriosis basado en relaciones lógicas de conjuntos difusos. La concepción general está basada en una estructura jerárquica: en el nivel inferior los SSA, en los niveles intermedios se agrupan las combinaciones intermedias (CI) y en el superior la patología global.

Si se aplican los datos de un caso al modelo, éstos inducen un subconjunto difuso en el conjunto SSA, que queda determinado por el grado de pertenencia (o intensidad) de cada síntoma al paciente. Este subconjunto induce un conjunto de CI que, a su vez, induce el grado de pertenencia a la listeriosis.

Se aplica el modelo al diagnóstico de ocho casos seleccionados por alta sospecha de listeriosis, valorando los parámetros según datos bibliográficos. Se

presentan los resultados del modelo, con referencia a los obtenidos por un grupo de especialistas médicos veterinarios. Se discute el desarrollo de algunos aspectos orientados al uso práctico del modelo.

## REFERENCIAS

- ADLASSNIG, K., G. KOLARZ; W. SCHEITHAUER. Present state of the medical expert system CA DIAG-2. *Meth. Inform. Med.* 24: 13-20, 1985.
- BLOOD, D. C., J.A. HENDERSON. O. RADOSTITIS. *Medicina Veterinaria*. 6ª ed. México, Nueva Editorial Interamericana, 1986.
- CARLYLE, J. *Patología veterinaria*. 5ª ed. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1985, v. 4.
- CRUZ-COKE, R. Aplicaciones médicas de la informática. In: *Curso Bases de computación aplicada al área biomédica y de la salud*. Santiago, Escuela de Graduados, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, 1978.
- DUBOIS D., H. PRIDE. Extension principle, extended operation, and extended Fuzzy sets, in *Fuzzy sets and systems*, New York, Academic Press, 1980. pp. 36-38.
- FUENZALIDA, M.A., E. FREIRE. Diagnóstico clínico y computacional. N° 189 Libro de resúmenes de trabajos. IV Congreso Nacional de Medicina Veterinaria, Chillán, Chile. Diciembre, 1982.
- FREIRE, E., M.A. FUENZALIDA. La computación en ciencias veterinarias: presente y perspectivas. *Monogr. Med. Vet.* 2: 18-22, 1985.
- HALPIN, B. *Patterns of animal disease*. London, Bailliere, 1975.
- HOWART, J. D. *A manual of infectious diseases*. Davis, Cal., Universidad de California, 1972.
- GIBBONS, W. *Diagnóstico de las enfermedades del ganado*. México, Interamericana, 1967.
- MILLER, R.A. INTERNIST-1/CADUCEUS: Problems facing expert consultant program. *Meth. Inform. med.* 23: 9-14, 1984.
- MINUS, C. *The pathogenesis of infectious disease*. London, Academic Press, 1976.
- RUMANIUK I.U., R. WAWRZYKZAK, K. CZECHOWUZ-JANICKA. J. DOROSZEWSKI. Analysis of the logic structure of diagnosis and treatment of primary glaucoma. *Meth. Inform. Med.* 22: 19-24, 1983.
- SHORTLIFFE, E.H., B. BUCHANAN, E. FEIGENBAUN. Knowledge engineering for medical decision making: A review of computer-based clinical decision aids. *Proceedings of the IEE* 67: 1207-1216, 1979.
- VRIES P. DE, P.F. DE VIRIES ROBBÉ. On overview of medical expert systems. *Meth. Inform. Med.* 24: 57-64, 1985.
- ZADEH. L.A. Fuzzy sets. *Information and control* 8: 338-353, 1965.

Recibido mayo 1987, aprobado junio 1987.