

## LA INCERTIDUMBRE COMO MARCO DEL PROBLEMA. UNA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BORROSA

Carmen M. Torrente

Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

[ctorrente@fbqf.unt.edu.ar](mailto:ctorrente@fbqf.unt.edu.ar)

### Resumen

En este trabajo se presenta una aplicación de la teoría de los conjuntos borrosos (TCB), ilustrando su uso a propósito del diseño de una técnica de evaluación de pasantes. Cuando el problema bajo estudio cuenta con información poco estructurada, o de carácter subjetivo, abordarlo demanda de un tratamiento apropiado, de una metodología capaz de manipular ese tipo de datos. La metodología que se propone es una que se basa en la TCB. La aplicación de la metodología borrosa requiere tanto de la identificación de las variables bajo estudio, como de la adopción de la escala semántica. Con éstas – las variables y la escala - se construyen ciertas matrices cuya lectura permitirá la toma de decisiones adecuadas al problema que se trata.

### Introducción

Los problemas de estudio de la realidad que cuentan con datos exactos y ciertos son cada vez más escasos, tanto los provenientes de la naturaleza como los producidos por el hombre son mayormente inciertos. Esto es así porque la información con que se cuenta suele ser incompleta, poco confiable, imprecisa, además de ser abundante en ciertas áreas de estudio. El tratamiento de este tipo de información requiere de herramientas adecuadas, su análisis no puede hacerse *siempre* empleando técnicas que son propias de situaciones ciertas y aleatorias. Para las primeras se recurre a formulaciones determinísticas, para la segunda el auxilio es la teoría de las probabilidades. La cuestión que se plantea, es cómo enfrentar a la incertidumbre, si ésta no es mensurable por definición.

El problema del *cómo* orientó la búsqueda hacia otra teoría, con bases filosóficas diferentes, para enfrentar el problema concreto que se despliega en este trabajo. En este se cuenta con un juego de cinco factores (cualidades, competencias) –que definen al problema puntual– y sus respectivos niveles de calificación. Estas valoraciones, o estimaciones, fueron brindadas por un experto. A partir de esa información se construye un *modelo* que servirá como parámetro de comparación para situaciones problemáticas concretas.

El propósito de este estudio es mostrar cómo se empleó la técnica borrosa para encontrar el grado de adecuación de una situación real al modelo propuesto. Por cierto, el trabajo tiene un cierto sesgo didáctico.

### Algunas consideraciones previas

La teoría subyacente al modelo que se presenta en este trabajo es la teoría de los conjuntos borrosos. Esta teoría nació de la mano de Zadeh en el año 1965 y rompió con la dicotomía pertenece–no pertenece de los conjuntos clásicos, a la cual incluye como caso límite. Permite, asimismo, construir una estructura matemática con la cual es posible manipular datos inciertos, para los cuales la pertenencia a un conjunto tiene grados; de modo que ciertos procesos decisorios, en condiciones de incertidumbre, podrían plantearse y resolverse más adecuadamente por medio de la utilización de esta teoría. Con ella nos adentramos a una manera de razonar distinta a la aristotélica, la de los términos absolutos de cierto o falso. Con la lógica borrosa, multivalente, el mundo real puede modelarse con mayor aproximación, pues no siempre es “blanco o negro”. También admite zonas grises,

*pensar el mundo* implica, entonces, perspectivas diferentes y complementarias.

Por otro lado, no debe temerse a los rótulos de “matemática blanda”, como contraposición de la “matemática de las ciencias duras”. Piénsese en una “matemática flexible”, capaz de interpretar las leyes que rigen el comportamiento humano y las relaciones entre los hombres, como contraparte de una matemática rígida. Y, porque sea flexible no deja de ser rigurosa; es la rigurosidad lo que en definitiva debemos cuidar de nuestra herramienta.

### **Identificación del problema**

La Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Tucumán –UNT–, Argentina, implementó, a partir del año 1989 un nuevo plan de estudios. En este plan se consideraron las recomendaciones de sucesivos encuentros de Educación Médica que se realizaron en distintos países, a partir de la reunión de Alma Ata, Rusia, en 1978. Fue en esta reunión que se plasmó la estrategia de la Atención Primaria de la Salud –APS– con la meta de “*Salud para todos en el año 2000*”.

La formación del estudiante de medicina de la Facultad de Tucumán culmina con la *pasantía rural* que constituye la aplicación práctica e integración de conocimientos, actitudes y criterios que el alumno ha adquirido en los cursos precedentes, atendiendo al perfil de médico diseñado. Esto es, el de un médico general habilitado para resolver situaciones en el primer nivel de atención, con clara percepción de su entorno social y sanitario.

Durante el periodo en que se desarrolla la pasantía rural los estudiantes aprenden a resolver problemas *in situ*, generar soluciones concretas, enfrentarse con el proceso salud–enfermedad, tanto de un individuo como de la población o grupo al cual pertenece.

Con el presente trabajo se pretende evaluar dos pasantías rurales en particular, identificadas con el nombre de Pasantía A y Pasantía B. Para ello, se confrontarán estas pasantías con el modelo propuesto, y, según sea su grado de adecuación al modelo, se podrán identificar los ajustes que sean necesarios para lograr una mejor adecuación y establecer un orden de preferencia entre ambas. En suma, representará una información adicional pertinente a la hora de tomar algún tipo de decisión al respecto.

### **Construcción del objeto de estudio**

Si se considera que la pasantía rural se encuentra en un marco de incertidumbre, abordarla requiere de un tratamiento apropiado. La metodología que se propone se basa en la teoría de los subconjuntos borrosos pues permite captar los matices que configuran a la pasantía rural, el objeto de estudio.

La aplicación de las técnicas borrosas requieren de la *identificación de las variables* bajo estudio y de la adopción de una *escala semántica* para construir, a partir de allí, un perfil ideal respecto al cual se podrán comparar las pasantías particulares y establecer el grado de adecuación de las mismas.

Para definir la pasantía rural se consideraron los siguientes factores:

F<sub>1</sub>: Formación de 1° a 5° año

F<sub>2</sub>: Formación de 6°

F<sub>3</sub>: Diagnóstico y tratamiento del paciente.

F<sub>4</sub>: Diagnóstico y tratamiento de los problemas de salud del área de incumbencia.

F<sub>5</sub>: Compromiso social

F<sub>6</sub>: Comunicación social

Estos factores, si bien no constituyen una lista exhaustiva, describen a la pasantía rural de una manera bastante aproximada y dan cuenta de la correcta realización de las actividades que se proponen en el plan de estudios. Los factores, conforman el conjunto referencial  $R$ , a partir del cual se deriva el *perfil ideal* de pasantía y también las técnicas que pueden ser utilizadas para la evaluación de pasantías concretas en el contexto en que se desarrollan. Cada uno de los factores puede *incidir* en mayor o menor grado sobre los otros factores. Por ser la *incidencia* una noción subjetiva, su estimación podría tomar valores entre ser “totalmente alta” y ser “totalmente baja”, por ejemplo. Se consideró adecuado adoptar la escala endecadaria siguiente:

- 1 totalmente alta
- 0,9 alta
- 0,8 prácticamente alta
- 0,7 casi alta
- 0,6 bastante alta
- 0,4 bastante baja
- 0,5 medianamente alta
- 0,3 casi baja
- 0,2 prácticamente baja
- 0,1 baja
- 0 totalmente baja

#### Aplicación de la técnica borrosa

El perfil ideal, el modelo respecto al cual se compararán las pasantías rurales,  $\tilde{F}$ , se construyó teniendo en cuenta las valuaciones asignadas a cada factor por un experto, un especialista en el tema.

Tanto para el perfil ideal como para los candidatos a ser contrastados se dispone de sendos subconjuntos borrosos. Los subconjuntos borrosos correspondientes a las pasantías a contrastar,  $\tilde{P}_A$  y  $\tilde{P}_B$ , se construyeron a partir de los valores que poseen los distintos factores.

Al establecer la comparación con el perfil teórico establecido es posible conocer el grado de adaptación de cada una de las pasantías.

Para el conjunto referencial

$$R = \{ F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6 \}$$

Los factores con las valuaciones asignadas por el experto define el siguiente perfil ideal:

$$\tilde{F} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 0,9 & 0,8 & 0,9 & 0,8 & 0,9 & 0,9 \\ \hline \end{array}$$

El subconjunto borroso  $\tilde{F}$  indica el nivel que se exige para cada factor.

A fin de aplicar la técnica de evaluación borrosa se tomó como caso a contrastar una pasantía real, la Pasantía A, cuyo conjunto borroso, fue construido a partir de las valoraciones emitidas por un pasante referida a su pasantía concreta.

Para la Pasantía A el subconjunto borroso es:

$$\tilde{P}_A = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 0,9 & 0,8 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 \\ \hline \end{array}$$

Para la Pasantía B el correspondiente subconjunto borroso es:

$$\tilde{P}_B = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 0,7 & 0,8 & 0,7 & 0,5 & 0,6 & 0,4 \\ \hline \end{array}$$

La evaluación trata de plasmar mediante un “número” las cualidades que posee la pasantía respecto del parámetro establecido. Los subconjuntos borrosos  $\tilde{P}_A$  y  $\tilde{P}_B$  se obtuvieron a partir de la información brindada por pasantes e indican los niveles, dentro del intervalo  $[0, 1]$ , con que fueron estimados los factores definidos en este estudio, Estas valuaciones se compararon con el perfil ( $F$ ) teórico propuesto.

La idea es conocer el grado de adecuación de cada una de las pasantías con el perfil para así poder hacer, con esta información, los ajustes necesarios. Para encontrar el índice de adecuación se siguió el procedimiento de Gil Aluja (1996).

*Construcción del coeficiente de adecuación*

Dados el conjunto referencial  $R$ , los subconjuntos borrosos  $\tilde{F}$  y  $\tilde{P}_i$  y los respectivos grados de pertenencia,  $\mu_F(x)$  y  $\mu_P(x)$ , cuyos valores pertenecen al  $[0, 1]$ , se tiene que:

Si  $\mu_P(x) \geq \mu_F(x)$ , entonces,  $K_X(p \rightarrow f) = 1$

Si  $\mu_P(x) < \mu_F(x)$ , entonces,  $K_X(p \rightarrow f) = 1 - [\mu_F(x) - \mu_P(x)]$

El coeficiente de adecuación  $K$  se obtiene de sumar los  $K_X(p \rightarrow f)$  y dividir el resultado por el cardinal del conjunto referencial  $R$  de los factores.

Para la Pasantía A el valor obtenido fue:

$$K(\tilde{P}_A, \tilde{F}) = \frac{1+1+0,8+0,9+0,8+0,8}{6} = 0,88$$

Análogamente para la Pasantía B se obtuvo:

$$K(\tilde{P}_B, \tilde{F}) = \frac{0,8+1+0,8+0,7+0,7+0,5}{6} = 0,75$$

Se puede observar que el valor máximo de adecuación, esto es  $K = 1$ , se obtendría si la pasantía particular satisface, en todos los casos la desigualdad  $\mu_P(x) \geq \mu_F(x)$ . Por el contrario, tomaría el valor mínimo,  $K = 0,13$ , cuando obtenga un 0 para todos los factores.

Además se observa que  $\tilde{P}_A \succ \tilde{P}_B$ . Es decir se establece un orden de preferencia que podría arrojar información adicional a quienes coordinan las pasantías.

Se ha optado por aplicar el coeficiente de adecuación en lugar de la distancia de Hamming, por cuanto ésta puede acercarse, o alejarse, del valor ideal por arriba o por debajo del mismo. Y, en casos concretos, es conveniente ajustar lo que no llega al nivel requerido sin dejar por ello de reconocer lo aspectos que posean un grado superior.

**Algunos comentarios**

- El modelo propuesto, construido a partir de la metodología borrosa, resulta adecuado para una evaluación de situaciones complejas donde los aspectos inciertos, no medibles por definición, necesitan ser estimados. Permite pasar de la semántica verbal a una escala de valores, posee la característica de la matización y se evita, de este modo, caer en los reduccionismos habituales.
- El modelo no se constituye en un instrumento de mero control (sobre todo de las debilidades) sino en un instrumento orientado a mejorar la situación del sistema evaluado, sin la pretensión de representar toda la realidad sino sólo reflejar ciertos aspectos del problema.
- El índice de adecuación K, permite tanto una evaluación global como individual, en el sentido que podría compararse con el modelo, factor por factor, permitiendo una visión más acabada del problema de la evaluación.

El problema que aquí se trató está simplificado, atendiendo al propósito del trabajo, esto es: es presentar la técnica borrosa para el tratamiento de un problema enmarcado en la incertidumbre y, como se dijo también, guarda un *cierto sesgo didáctico*. Pues, obsérvese que se tomó un solo experto, dos pasantías concretas y sólo cinco factores, como dimensiones del problema. Es de suyo que, para un problema concreto, cuanto mayor cantidad de variables puedan considerarse, cuanto mayores expertos contribuyan a valorar la incidencia de cada uno de estas variables y cuanto mayor sea la cantidad de “pasantes” que evalúen sus propias pasantías, el resultado de la evaluación y la técnica de evaluación misma se constituyen en instrumentos valiosos para su ulterior uso.

**Bibliografía**

- García, P; Machado, E; Slemenson P. (2001) Lógica de la intuición. Una aplicación de la metodología borrosa al análisis del pensar, en *Cuaderno del Cimbage*. N°4. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.
- Kaufmann, Gil Aluja, (1987) *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Editorial Hispano Europea, Barcelona.
- Kosko, B. (1995) *Pensamiento borroso*. Crítica. Barcelona.
- Kosko, B. (1990) Fuzziness vs. Probability en *Int. J General Systems*, Vol 17, pp. 221-240. *Gordon and Breach Science Publishers, S.A.*
- Klir, G; Yuan, B. (1995) *Fuzzy sets and fuzzy logic. Theory and Applications*. Prentice Hall. USA.
- Lazzari, L.; Machado, E.; Pérez, R. (1999) Los conjuntos borrosos: una introducción, en *Cuaderno del CIMBAGE* N° 2. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Buenos Aires.
- Mordeson, J.; Malik, D.; Cheng, S. (2000) *Fuzzy Mathematics in Medicine*. Physica-Verlag. Germany.
- Russel B. (1923) *Vagueness*. Australian Journal of Philosophy 1.
- Sánchez, E. (1995) *Medical diagnosis and composite fuzzy relations*. In Gupta, M. M., R. K. Ragade and R. Yager, eds., *Advances in Fuzzy Set Theory and Applications*. North Holland, New York, pp. 437-444
- Trillas, E; Alsina, C; Terricabras, J. *Introducción a la lógica borrosa*. Ariel Matemática. Barcelona.
- Zadeh, L. A. (1965) *Fuzzy sets*. Information and Control, N°8