

# MÉTODO DE BELLMAN - ZADHE, COMO ESTRATEGIA EN LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA USANDO FUZZY LOGIC

Federico González Santoyo<sup>1</sup>  
Martha Beatriz Flores Romero<sup>2</sup>  
Rubén Rueda Chávez<sup>3</sup>  
Rubén Chávez Rivera<sup>4</sup>

## RESUMEN

En el presente artículo se hace el análisis del método Bellman Zadhe, el cual es aplicado para la toma de decisiones en las que existe incertidumbre; ante el dilema de decidir entre  $n$  alternativas existentes y ante el dilema entre seleccionar la más eficiente y eficaz, se hace una aplicación usando Fuzzy Logic para el caso del arrendamiento de tierras de cultivo que permitan un mayor rendimiento en la producción agrícola.

**Palabras Clave:** Decisión, incertidumbre, estrategia, táctica, azar, fuzzy.

## ABSTRACT

In this paper the analysis of the Bellman Zadhe method, which is applied for decision making where there is uncertainty; with the dilemma of deciding between alternatives  $n$  and the dilemma between selecting the most efficient and effective, an application using Fuzzy Logic for the case of leasing farmland to enable higher performance in agricultural production is done.

Artículo recibido el 12 de Junio de 2014 y aceptado el 27 de Julio de 2014.

- 1 Profesor – Investigador en la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Miembro del SNI. E – mail: fegosa@gmail.com
- 2 Profesora – Investigadora en la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Miembro del SNI. E – mail: betyf@umich.mx
- 3 Profesor – Investigador en la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Miembro del SNI. E – mail: ruben.rueda@umin.mx
- 4 Profesor – Investigador en la Facultad de Ciencias Químico - Farmacobiologas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Miembro del SNI. E – mail: pintachavez@gmail.com

**Key words:** Decision uncertainty, strategy, tactics, random fuzzy.

**Clasificación JEL:** C15, C51, C65.

## INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones en la vida diaria que hace el ser humano, cada vez resulta más compleja, por la dinámica en que vivimos, en la que los altos volúmenes de información, la imprecisión existente en ésta y la poca o nula calidad con la que en muchos de los casos se ofrece, hacen que se esté en constante búsqueda de nuevos enfoques para tratar los problemas a los que nos enfrentamos en el día a día; en este sentido las orientaciones están enfocadas a tratar los problemas en la certeza, en el azar y en la incertidumbre; ante el gran espectro en el que se mueve la información, en el presente trabajo haremos uso de una técnica de análisis que si bien el planteamiento es difuso (borroso), la solución del problema da solución nítida (1 sólo número).

El objetivo del presente trabajo es la aplicación de la Técnica de Bellman – Zadhe. (Zadhe L. (1970), Zimmermann H.J. (1996), Lazari L. (2005)), a la toma de decisiones en la incertidumbre, para el caso de decidir la mejor opción de selección un campo de cultivo en el poblado de San Pedro Puruátiro, Municipio de Huaniqueo de Morales, Michoacán, México. En este sentido la herramienta de análisis a usar estará impregnada de la filosofía de análisis basado en la lógica multivalente.

Gil Aluja J. (1999), plantea que en el ámbito de las ciencias económicas, el concepto de *decisión* constituye uno de los términos más usados; para muchos investigadores y analistas la economía es la ciencia de la decisión, dado que en los sistemas económicos se están produciendo procesos de aceleración y desaceleración que no siempre van en el mismo sentido, tienen lugar en su seno tensiones, de distinta naturaleza, que provocan importantes problemas de índole diversa. Estos problemas son consecuencia de la ausencia de una plataforma de futuro con la suficiente estabilidad para establecer procesos de elección con base a la previsión de magnitudes que puedan permitir, por lo menos, acotar el devenir de los acontecimientos. Asimismo, Gil Aluja J. (2002), señala que los ejecutivos de empresas deben tomar decisiones y adoptar estrategias, cuya repercusión económica y financiera no se limita al momento en que son tomadas, sino que se prolonga, en muchos casos, a lo largo de varios períodos.

Las dificultades de previsión y estimación de magnitudes, relacionadas con la tarea del ejecutivo, van aumentando cada vez, más como consecuencia de un creciente clima de incertidumbre. En el pasado los acontecimientos transcurrían con lentitud González Santoyo F. et. al (2001); ahora el comportamiento de los sistemas es dinámico y hay que tomar decisiones en tiempo real, con alto nivel de eficiencia y eficacia.

La vida económica, en todas sus vertientes, se halla sumergida en este contexto y las decisiones que se deben tomar en su seno son cada vez más complejas, como consecuencia de la *incertidumbre* en el devenir de los acontecimientos futuros. Así, las disposiciones legales cambian constantemente las reglas del juego. Las influencias económicas externas modifican cada día las expectativas de los seres humanos de acción. La tecnología exige variar cada vez con mayor rapidez los sistemas de producción y distribución. González Santoyo F. et. al (2003) establecen que en el pasado la operatividad de las economías de las empresas, estaba orientada a la administración de los sistemas de producción, posteriormente la orientación operativa estaba dirigida hacia la administración de los mercados. Pero cada vez se hace más necesario hacer una administración más integral que incluya ambos enfoques y optimice su operación. Con esta base las decisiones cada vez requieren de una mayor y de mejor calidad de la información, así como de técnicas de análisis administrativos de alto impacto, más eficientes y eficaces.

Para Kaufmann A. y Gil Aluja J. (1993), en el estudio de un sistema con número finito de estados, se parte de que se tiene un sistema  $S$  en el que los estados, en número finito, son  $\varepsilon = \{E_1, \dots, E_n\}$ . Si el sistema se haya, en el momento  $v$ , en un estado  $E_i$  y un operador humano puede decidir y colocarlo en un estado  $E_j$ , se dirá que nos encontramos ante una *decisión*.

Si se producen estas decisiones en los momentos  $1, 2, \dots, v$ , se dirá que el conjunto de estas decisiones constituyen una política. Es importante hacer notar que en una política el sistema sólo puede evolucionar a partir de decisiones humanas. Por tanto, una política vendrá definida por una sucesión de estados decididos por el operador humano. Expresado de otra forma, la evolución no se halla sometida ni al azar ni a la incertidumbre. Si es considerada una secuencia de decisiones articuladas nos encontramos frente a una *subpolítica*. La subpolítica se conoce también con el nombre de *táctica*, al conjunto de decisiones secuenciales en los que participa el azar se les denomina *estrategia*. En una estrategia el operador humano razona así: si en un momento  $n$  el azar conduce el sistema de  $E_i$  a  $E_j$ , lo llevará a  $E_k$ , y esto lo tiene previsto para todos los momentos.

Es evidente que todas estas transacciones, para las políticas o para las estrategias, pueden ser tales que se tenga  $E_k = E_j = E_p$ , ya que no se excluye la repetición, más que en casos muy específicos. Si se consideran sub secuencias de una estrategia nos encontramos ante una sub estrategia. Cuando la incertidumbre sustituye al azar (dificultad o imposibilidad de obtener frecuencias provisionales), la intervención de la decisión humana y de la incertidumbre adquirirá aspectos diferentes a las decisiones bajo criterios tradicionales.

El presente trabajo está integrado por 6 apartados. 1. Introducción, 2. Modelo de Decisión Bellman – Zadhe. En este apartado se enuncia y describe el método central del presente artículo. 3. Caso de Análisis. Se hace una aplicación del método, orientada a la selección de tierra de cultivo, 4. Se presentan los resultados del análisis, 5. Se presentan las conclusiones y recomendaciones del análisis, 6. Bibliografía.

## MODELO DE DECISIÓN DE BELLMAN – ZADHE

Bellman – Zadhe (1970), presentan un modelo para toma de decisiones en ambientes inciertos se asume que se tiene un objetivo difuso  $\tilde{G}$  y una restricción difusa  $\tilde{C}$  en un espacio de alternativas  $\mathbf{X}$ , combinados forman una decisión  $\tilde{D}$  que da como resultado un conjunto difuso para la intersección de  $\tilde{G}$  y  $\tilde{C}$ .

Entonces:

$$\tilde{D} = \tilde{G} \cap \tilde{C} \quad \text{En la misma medida.} \quad (1)$$

$$\mu_{\tilde{D}} = \min \left\{ \mu_{\tilde{G}}, \mu_{\tilde{C}} \right\} \quad (2)$$

Más aún, supóngase que se tienen  $n$  objetivos  $\tilde{G}_i ; i=1, 2, \dots, n$  y  $m$  restricciones  $\tilde{C}_j ; j=1, 2, \dots, m$ , entonces la decisión resultante es la intersección de las metas y restricciones dadas ( $i = j$ ); esto toma en cuenta que las metas y restricciones deben cumplirse simultáneamente, por lo que esta idea puede ser escrita como:

$$\tilde{D} = \tilde{G}_1 \cap \tilde{G}_2 \cap \dots \cap \tilde{G}_n \cap \tilde{C}_1, \dots, \cap \tilde{C}_m \quad (3)$$

Cuya función de pertenencia es escrita como:

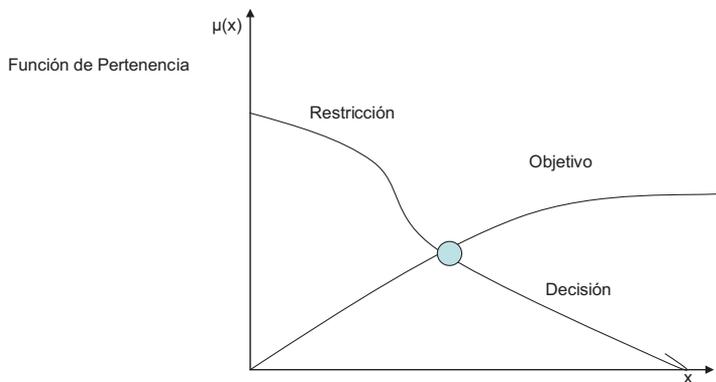
$$\mu_{\tilde{D}} = \min \left\{ \mu_{\tilde{G}_i}, \mu_{\tilde{C}_j} \right\} = \min \{ \mu_i \} \quad (4)$$

Por lo que la solución del problema es representada por:

$$\text{Max. } \mu_{\tilde{D}}(x) = \text{MáxMin} \left\{ \mu_{\tilde{G}_i}, \mu_{\tilde{C}_j} \right\} \quad (5)$$

Ecuación llamada *Decisión Maximizante*. Esta definición tiene sentido puesto que, intuitivamente, equivale a elegir entre las alternativas posibles, aquella que simultáneamente satisfaga los objetivos y las restricciones. Además, si  $\mathbf{m} = \mathbf{n} = \mathbf{1}$ , es evidente que una decisión difusa es la intersección del objetivo y la restricción considerada en la figura siguiente:

**Figura1. Decisión = Intersección de Objetivos y Restricciones.**



Fuente: Elaboración propia.

## CASO DE ANÁLISIS

Se tiene un inversionista interesado en rentar tierra para cultivar lenteja. De acuerdo a estudios realizados por especialistas en este cultivo (ingenieros agrónomos), los factores que inciden en el cultivo son el foto período, la temperatura, y los requerimientos de nutrientes. Los expertos recomendaron que es de interés tomar en cuenta las variables: rendimiento por hectárea por tipo de tierra, accesibilidad al mismo, humedad del suelo, minerales del suelo, temperatura media y localización geográfica.

El conjunto referencial tiene 7 posibles áreas (tierras) de cultivos susceptibles de rentar.

$$X = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7\}$$

La información proporcionada por los expertos en agronomía sirve como base para la construcción de las funciones de pertenencia, del objetivo y de las restricciones.

- La Función de Pertenencia del Objetivo es expresada como:

$$\tilde{G} = \{(C_1, 0.8), (C_2, 0.2), (C_3, 0.5), (C_4, 0.4), (C_5, 0.7), (C_6, 0.6), (C_7, 0.9)\}$$

- Rendimiento por Hectárea por tipo de campo:

$$\tilde{C}_1 = \{(C_1, 0.8), (C_2, 0.9), (C_3, 0.5), (C_4, 0.4), (C_5, 0.2), (C_6, 0.8), (C_7, 0.9)\}$$

- Accesibilidad al tipo de campo:

$$\tilde{C}_2 = \{(C_1, 0.5), (C_2, 0.4), (C_3, 0.2), (C_4, 0.4), (C_5, 0.5), (C_6, 0.6), (C_7, 0.9)\}$$

- Humedad del Suelo:

$$\tilde{C}_3 = \{(C_1, 0.8), (C_2, 0.2), (C_3, 0.5), (C_4, 0.4), (C_5, 0.7), (C_6, 0.6), (C_7, 0.9)\}$$

- Minerales del Suelo:

$$\tilde{C}_4 = \{(C_1, 0.1), (C_2, 0.6), (C_3, 0.5), (C_4, 0.9), (C_5, 0.7), (C_6, 0.3), (C_7, 0.9)\}$$

- Temperatura Media:

$$\tilde{C}_5 = \{(C_1, 0.2), (C_2, 0.4), (C_3, 0.6), (C_4, 0.8), (C_5, 0.7), (C_6, 0.6), (C_7, 0.5)\}$$

- Localización Geográfica:

$$\tilde{C}_6 = \{(C_1, 0.4), (C_2, 0.2), (C_3, 0.5), (C_4, 0.6), (C_5, 0.7), (C_6, 0.7), (C_7, 0.4)\}$$

## RESULTADOS

Haciendo análisis y aplicando la ecuación (5), la decisión *Fuzzy* es el conjunto de intersección del objetivo y las restricciones expresado como:

$$\tilde{D} = \{(C_1, 0.1), (C_2, 0.2), (C_3, 0.2), (C_4, 0.4), (C_5, 0.2), (C_6, 0.3), (C_7, 0.5)\}$$

Por lo anterior la tierra 7 es la que satisface de mejor forma la ecuación (5), por lo que es recomendable rentar ésta, ya que proporcionará una mayor rentabilidad y satisface de manera más eficiente y eficazmente los requerimientos especificados en la problemática de selección de tierras de cultivo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por lo anterior se concluye que la toma de decisiones en la incertidumbre, para este tipo de problemas es tomada eficientemente a través de herramientas como la mostrada en este trabajo, así mismo se tiene que si bien el problema es planteado en la lógica multivalente la solución puede representarse a través de un número y no de un intervalo como suele ocurrir en la solución de problemas en ambientes inciertos en la incertidumbre. Por lo anteriormente expresado se recomienda ampliamente este tipo de metodología para resolver problemas de forma clara y precisa para este tipo de problemáticas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bellman, R. E., Zadhe L. A. (1970). *Decision making in a fuzzy environment*. Management Science. Vol. 17, No 4.
- Kaufmann A., Gil Aluja J. (1986). *Introducción a la Teoría de los Subconjuntos Borrosos a la Gestión de Empresa*. Milladoiro (España).
- Kaufmann A., Gil Aluja J. (1993). *Nuevas Técnicas para la Dirección Estratégica*. Universidad de Barcelona (España).
- Zimmermann H. J. (1996). *Fuzzy Set – Theory its Applications*. Kluwer Academic Pub.
- Gil Aluja J. (1999). *Elementos para una Teoría de la Decisión en la Incertidumbre*. Milladoiro.

- Gil Aluja J. (2002). *Introducción de la Teoría de la Incertidumbre en la Gestión de Empresas*. Reial Academia de Doctors – Milladoiro. España.
- González Santoyo F. Flores J, Flores B. (2001). *La Incertidumbre en la Evaluación Financiera de las Empresas*. UMSNH- (FeGoSa-Ingeniería Administrativa). Morelia México.
- González Santoyo F, Brunet I.I., Chagolla F.M., Flores R. B. (2003). *Diseño de Empresas de Orden Mundial*. UMSNH – Universitat Rovira i Virgili (España).
- Lazzari Luisa L. (2005). *Instrumentos Económicos y de Gestión Aplicados a Ambientes con Alta Incertidumbre*. Tutorial para Empresarios. U. Bahía Blanca Argentina.