Artículo de Investigación Revista Ciencia e Ingeniería. Vol. 30, No. 3, pp. 259-268, agosto-noviembre, 2009. ISSN 1316-7081

Lógica difusa, un punto de vista

Fuzzy logic, a point of view

Strefezza, Miguel
Departamento de Procesos y Sistemas. Universidad Simón Bolívar
Caracas, Venezuela. Apdo. 89000
strefeza@usb.ve

Recibido: 15-12-2008 Revisado: 22-07-2009

Resumen

La teoría de lógica difusa ha sido utilizada en diferentes áreas, pero fue en ingeniería y específicamente en el área de control donde se hicieron las primeras aplicaciones, permitiendo introducir las percepciones humanas en los procesos reales. En general, los ingenieros no le han dado importancia a sus raíces, por lo que este trabajo examina y compara, a través de diferentes épocas, tanto el pensamiento occidental como el oriental de manera de poder presentar una visión no ingenieril de la lógica difusa. En el análisis se incluye tanto los pensamientos filosóficos de la antigua Grecia y de China, las cuales se desarrollaron en forma paralela aproximadamente 500 años A.C., como la influencia que dichos pensamientos tienen en la forma de razonar y en el comportamiento del ser humano. Las diferencias entre la forma de pensar resaltan el por qué la lógica difusa pudo penetrar de forma más rápida en Asia Oriental que en Occidente. Esta visión es importante y de gran ayuda para todos aquellos que implementan la lógica difusa en diferentes áreas de la ingeniería ya que permite conectar su aplicación con sus fundamentos.

Palabras clave: Lógica difusa, conjuntos clásicos, pensamiento occidental, pensamiento oriental.

Abstract

Fuzzy Logic theory has been used in different areas, but it was in engineering and specifically in the control area where the first applications were made, allowing the introduction of human perceptions in real processes. In general, engineers have not given importance to its roots, so this paper examines and compares through different ages, both in the Eastern and Western thought, in order to be able to present a non engineering vision of fuzzy logic. The analysis includes both ancient Greek and Chinese philosophies, which were developed in parallel about 500 years B.C, and their significant roles in the reasoning and behavior of human beings. The differences between the reasoning methods stand out why the fuzzy logic was able to penetrate faster in Eastern Asia than in the West. This vision is important and helpful for all those that implement Fuzzy Logic in different engineering areas since it allows connecting its application with its bases.

Key words: Fuzzy logic, classic sets, western thinking, eastern thinking.

1 Introducción

La teoría de lógica difusa fue presentada en 1965 (Zadeh, 1965) y sus primeras aplicaciones se realizaron en el área de ingeniería de control a partir de 1974 (Mamdani, 1974, Mamdani y col., 1975), con la finalidad de poder introducir la ambigüedad del razonamiento humano y su interacción con sistemas físicos, haciéndola popular con el tiempo debido a su practicidad. Adicionalmente, al permitir el modelaje de sistemas complejos de una forma más simple, ya que posee fundamentos matemáticos precisos pero no complicados, se produjo un aumento de sus aplicaciones en otras áreas como la medicina, economía, la política y otras, donde la gran cantidad de data entrada-salida no puede ser manejada en una forma analítica o controlada en forma convencional.

Este artículo, cuyo título es muy ambicioso, pretende desde un punto de vista muy personal analizar el por qué la lógica difusa y sus aplicaciones tuvieron una mejor recepción primero en Asia, luego en Europa y posteriormente en los Estados Unidos de Norteamérica.

En este artículo se realiza un análisis para relacionar la lógica difusa con la forma de pensar de diferentes culturas,

donde se tiene un enfoque más filosófico que ingenieril, basado en la opinión de algunos autores y la del autor de este trabajo. Es interesante para la ingeniería u otra ciencia poder comprender el desarrollo histórico de esta teoría y su vínculo con el razonamiento humano, porque de esta forma le permite implementar la lógica difusa desde otro punto de vista. Es posible que no todos los antecedentes estén presentes, debido a la existencia de diferentes enfoques que son difíciles de agrupar, por lo que el fin de este artículo es agrupar una serie de información e ideas que en muchos casos aparecen dispersa en la literatura.

La experiencia indica que es muy importante comprender la relación existente entre la forma de razonar y el medio que nos rodea. Realmente no es fácil comprobar, pero muchas cosas son indicativas de la facilidad que tienen los Orientales en comparación con los Occidentales para comprender los conceptos relacionados con la lógica difusa, esto pareciera estar relacionado con su cultura y con su forma de pensar de manera directa.

Todos los seres inteligentes que se conocen tienen emociones, los seres humanos en particular son los más complejos de todos desde el punto de vista emocional, expresivos y sofisticados socialmente (Zekai, 2006). Las emociones son un importante sistema de motivación para los organismos complejos.

Las emociones están ciertamente relacionadas con el comportamiento y las reacciones debido al ambiente o a reacciones internas de las criaturas para poder alcanzar una meta o una necesidad. El comportamiento humano es muy difícil de entender y además depende de varios factores.

Las experiencias y las emociones se caracterizan por no poder ser expresadas de una forma exacta, no se pueden modelar matemáticamente o representar mediante un algoritmo lógico, lo cual es determinístico y no se pueden representar mediante un 1 ó 0, SI-NO, BLANCO-NEGRO. Todo tipo de información en la naturaleza tiene un grado o peso que depende del receptor y que puede ser representada en forma lingüística.

De acuerdo a científicos cognitivitas (Cosmides y col., 2000), el cerebro y la mente se refieren al mismo sistema que pueden ser descritos en dos formas complementarias, en términos neuronales o del procesamiento de información, la mente es lo que hace el cerebro. El cerebro está diseñado para utilizar la información obtenida del medio ambiente y el lenguaje puede ser utilizado para representar todo el funcionamiento del cerebro incluyendo las emociones y el razonamiento. Según Tarbay (García y col., 2009), el aparato cognitivo necesita de un "mecanismo de interfase" para poder acceder al conocimiento del mundo real, realizando un análisis subjetivo de todo lo que nos rodea, produciéndose una degeneración o degradación de la información original. Desde el punto de vista epistemológico, esta degradación se puede concebir como una adaptación del sujeto ante el medio que lo rodea, para poder realizar una interpretación de los sucesos y traducirse en un conocimiento eficaz. Pero, al mismo tiempo, esta degradación explica el hecho de que todo conocimiento sea siempre provisorio, abierto a la revisión y, por lo tanto, al progreso.

Por otro lado las emociones son reguladoras del aprendizaje, ya que la motivación, situación y otros factores emocionales afectan la información que el ser viviente esté adquiriendo. Pero la información adquirida del medio ambiente a través de los cinco sentidos muchas veces es compleja y puede ser densa, la cual puede llegar tanto en forma continua como en forma discreta, ordenada o no, por lo que el cerebro debe reagrupar para poder evaluarla y en algunos casos recalibrar el peso de dicha información para crear reglas que permitan utilizarla.

Como es sabido, las personas aprenden a partir de la experiencia, pero este aprendizaje viene influenciado por las relaciones familiares, colegio, medio ambiente entre otros factores. Un individuo puede clasificar diferentes niveles de gusto sobre sus alimentos dependiendo de los ingredientes, del tiempo de cocción, de la frecuencia con que los come o de cualquier otra variable, pero es la experiencia quien le permite realizarla. La familia y la sociedad le indican cuando se tiene un buen o mal comportamiento. La experiencia se transmite de generación en generación y con el tiempo las respuestas a ciertas acciones se van modificando, ya que se generan preguntas y respuestas para evaluar las acciones que se han tomado anteriormente y así decidir si se cambia o no. Esto es debido a que los procesos presentan cierto grado de vaguedad, incertidumbre o probabilidad que pueden producir nuevas respuestas sobre las mismas acciones, lo que afirma la capacidad de adaptación que tienen los seres vivos. En general las personas aprenden que no todo es blanco o negro, sino que hay diferentes tipos de tonalidades de grises y este entendimiento a su vez depende de la forma en que son percibidas las experiencias.

Es de hacer notar que cuando se están resolviendo problemas complejos, el ser humano tiende a considerar homogeneidad, linealidad, uniformidad, entre otras, pero realmente el medio que nos rodea no es uniforme, ni homogéneo, ni regular. El cerebro de manera natural es capaz de dividir y clasificar todas las impresiones que a nosotros nos llegan, las divide en conjuntos, les anexa una etiqueta y además les agrega un grado o peso dentro del conjunto en la cual ha sido clasificado. La clasificación se hace de forma semántica y tiene un significado para cada ser humano de forma independiente; y va creando un modelo dentro del cerebro donde se van asociando con otros eventos, procesos o ideas para luego ser utilizadas de forma de tomar una acción. En general se presenta un proceso en el cual se crean reglas basadas en la información que se reciben, se desarrolla un modelo y se toman decisiones.

Un ejemplo sencillo sería la capacidad que puede tener un individuo si se detiene a la salida del metro, para clasificar a las personas que de él salgan, según su edad, sexo, altura, color de la tez, peso, etc. Así irá etiquetando según cada cualidad y creará conjuntos diferentes con cierto grado entre las diferentes características o podrá crear conjuntos combinando dichas características. En la Figura 1 se mues-

tra de forma general la clasificación de personas que difieren en peso o altura. Evidentemente luego se pueden crear reglas o modelos, que dependiendo de la entrada, producirán una salida. Debido a la gran importancia de esta teoría en diferentes áreas se presenta en este trabajo como se alcanza el desarrollo de la lógica difusa y el vínculo que posee con el pensamiento, ya que en la actualidad, el pensamiento difuso se ha convertido más en una norma que en la excepción.

2 El camino hacia la lógica difusa

En 1965, Lofti Zadeh publicó su trabajo "Fuzzy Sets" (Zadeh, 1965) y posteriormente "Fuzzy Algorithms" (Zadeh, 1968) en donde se describen los fundamentos matemáticos asociados a la teoría de conjuntos difusos y por extensión a la de lógica difusa. Zadeh nos presenta como se puede representar matemáticamente la vaguedad de diferentes eventos que están presentes en la vida diaria y además propone la creación de las funciones de membresía, donde los valores de VERDADERO y FALSO varían entre cero y uno. Se proponen operaciones para realizar cálculos con esta lógica. Para el momento, Zadeh era profesor de la Universidad de California, a pesar de esto, esta teoría no fue recibida con entusiasmo en USA y fue al otro lado del Pacífico, especialmente en Japón, Corea y China donde sus aplicaciones crecieron en forma acelerada.

La lógica difusa fue desarrollada de forma de poder expresar el comportamiento humano mediante reglas. Las reglas tratan de representar la ambigüedad, la experiencia, perdida de información y otras características que no pueden ser expresadas mediante la utilización de una teoría precisa. Éstas son asociaciones de ideas y son capaces de relacionar diferentes eventos.

Zadeh presentó una poderosa herramienta con la cual se podían manejar las percepciones. Con la lógica difusa se podían modelar percepciones como tamaño, edad, salud, confort u otra variable que no eran posible con la matemática tradicional.

Es posible decir que los orígenes de la lógica difusa fueron discutidos de alguna forma por los filósofos de la antigua Grecia, los cuales intentaron proponer y estudiar diferentes tipos de lógicas. Griegos como Pitágoras y Mileto enseñaron la importancia del estudio de los números para poder entender al mundo. Aristóteles y los filósofos que lo precedieron, hicieron un esfuerzo para desarrollar un matemática precisa y lógica. En sus esfuerzos para definir una teoría de lógica concisa se presentó la así llamada "Leyes del Pensamiento", entre la que se encuentra la "Ley del Medio Excluido", donde los estados que cada proposición solo puede ser Verdadera o Falsa. Incluso cuando Parménides propuso la primera versión de esta ley (alrededor del año 400 A.C.) había objeciones fuertes e inmediatas. Heráclito también estaba conciente de que no se podían clasificar elementos con múltiples características en dos grupos, por lo que propuso que estos podían ser simultáneamente clasificados como verdaderos y no verdaderos.

El aporte de los griegos a la matemática fue de gran valía, quienes afirmaban que el universo estaba gobernado por los números, pero no hubo mayores aportes en el mundo occidental por un lapso de unos 1200 años.

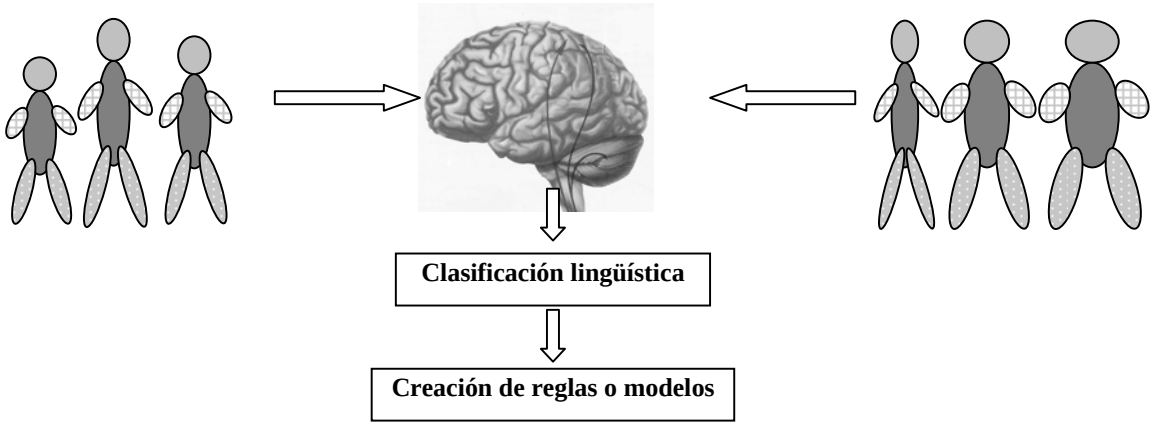


Fig. 1. Clasificación de algunas características del ser humano realizada por el cerebro.

En el siglo XVIII, David Hume (Hume, 1748), en su discerción sobre "ideas e impresiones", plantea que la razón puede ser limitada, pero que en realidad los sentidos y la experiencia, es decir las percepciones, proporcionan información y la razón se encarga de analizarla y transformarla. Hume clasifica los contenidos de la mente según su grado de vivacidad e intensidad, de esta forma presenta dos tipos, "impresiones" que son el resultado de la experiencia y la reflexión, y los "pensamientos o ideas", que son copias de las impresiones. Adicionalmente, las percepciones las clasifica en simples o complejas y en percepciones de sensación o reflexión.

Hume también establece relaciones entre los contenidos mentales, que se generan debido a combinaciones o

uniones de ambos tipos de contenidos, de forma que las clasifica y define tres leyes de asociación de ideas. La primera, la de semejanza en la cual, el cerebro nos impulsa a realizar asociaciones de ideas donde se presentan similitudes, la segunda, la ley de contigüidad espacio-temporal, donde una idea nos conduce a otra cuando ellas se producen próximas en espacio y tiempo. La última ley se refiere a la relación causa-efecto, en la cual la mente crea un vínculo entre dos hechos que sucedieron en el pasado y se espera que se repitan en el futuro.

Luego a finales del siglo XIX, Cantor presenta la teoría matemática del múltiple puro, la que se denominó "Teoría de Conjuntos", fijando una nueva orientación al pensamiento occidental. Según Badiou (García y col., 2009), cuando Cantor presenta dicha teoría consideraba haber definido la noción abstracta de conjuntos como "un agrupamiento en un todo de distintos objetos de la intuición o del pensamiento". De esta forma Cantor une todos los conceptos que la teoría de conjuntos excluye; el de "todo", el de "objeto", el de "distinción" y el de "intuición". Según esto, lo que hace a un conjunto ser tal no es la totalización, ni sus elementos son objetos, ni se puede establecer distinciones en colecciones infinitas de conjuntos, ni se posee ninguna intuición de cada elemento supuesto de un conjunto. De acuerdo a Badiou, de esta definición solamente se puede retener la noción de "pensamiento", por lo que se estaría retornando a las ideas de Parménides que dice que es lo mismo el pensar y el ser. De esta forma se engloba al "ser" dentro de un conjunto, algo que sustentan luego Frege y Russell convirtiendo este discurso en ontología. Evidentemente la teoría de Cantor tiene ciertas dificultades para manejar algunos escenarios como son las paradojas. Las cuales pueden ser resueltas introduciendo un límite inferior donde se puedan separar lo que pertenece y lo que no pertenece.

Se podría decir que fue Platón quien echó las bases fundamentales para lo que luego sería la lógica difusa, proponiendo la existencia de una tercera región, "más allá de lo verdadero y lo falso". Otros filósofos más modernos se hicieron eco de sus ideas, como Hegel, Marx y Engels. Pero fue en 1910 cuando Lukasiewicz propuso una alternativa semántica a la lógica bivalente de Aristóteles (Bishop, 2009). En su publicación denominada "Sobre el Principio de Contradicción en Aristóteles: Estudio Crítico", analizada por diferentes autores (Betti, 2005, Betti, 2002, Deaño, 1975, Leblanc, 2005, Raspa, 1999), indica que este principio es solamente posible si se asume que los objetos no son contradictorios. Pero si se acepta contradicción entre objetos, se presentarán casos en los cuales el principio es no válido. Consideró que expresiones o signos podrían ser verdaderos o falsos, pero lo referido a los fenómenos físicos no era posible enmarcarlos en esto, ya que las creencias no son objetos puramente lógicos sino que están relacionados con la experiencia.

En 1913 (Raspa, 1999) Lukasiewiz menciona que no todas las proposiciones pueden ser verdaderas o falsas, que existen aquellas que presentan esas características, de forma de no negar completamente las ideas de Aristóteles. Años más tarde, en 1920, Lukasiewiz introdujo el primer sistema de lógica trivalente apoyado en un basamento matemático para su soporte. El tercer estado propuesto puede ser denominado con el término "posible" al cual le asignó un valor numérico entre Verdadero y Falso. Además en sus desarrollos propuso un sistema de notaciones y axiomas asociados a ella que apuntaban hacia una matemática moderna. Después, estudió lógicas de cuatro estados y de cinco estados, también declaró que no había nada que prevenir para la derivación de una lógica de infinitos estados. Finalmente, Lukasiewicz estableció una lógica de cuatro estados porque parecía ser fácilmente adaptable a la lógica Aristotélica.

Knuth propuso una lógica trivalente al igual que Lukasiewicz indicando que los conceptos matemáticos pudiesen tornarse más sencillos que utilizando la lógica bivalente. Propuso el uso de tres estados de la forma [-1, 0,+1] en vez de [0,1/2,1] de Lukasiewicz, su propuesta no tuvo mucha aceptación.

Por otro lado el término de vaguedad se hace presente en la filosofía de manera técnica a principios del siglo XX (Seising, 2005). De igual manera a inicios del siglo XX, el filósofo alemán Gottlob Frege presenta su trabajo "Leyes Básicas de la Aritmética", donde hace un llamado a presentar conceptos con límites precisos porque de lo contrario se pueden romper las reglas de la lógica o llegar a conclusiones que pueden ser falsas. Frege presenta la vaguedad como un fenómeno particular, influyendo así a otros matemáticos, filósofos y estudiosos de la lógica. De manera paralela, el filósofo norteamericano Charles Pierce (Bishop, 2009, Seising, 2005) presentó una definición de vaguedad. Para él, una proposición es vaga cuando hay posibles estados relacionados con incertidumbres intrínsecas y que todo lo existente es continuo, lo cual gobierna sobre el conocimiento.

Otro filósofo, matemático y estudioso de la lógica de importancia fue el inglés Bertrand Russell, quien hace un estudio de las paradojas y presenta su "Teoría de los Tipos" (Ferran, 2000, Mehta, 2000), donde divide las frases de forma de crear una inclusión o no en un conjunto, sin tener ningún término medio, lo que en definitiva lo convierte en una forma de bivalencia. En 1923 presentó su escrito sobre la vaguedad (Bishop, 2009, Seising, 2005, Russell, 1923), en donde indicaba que la vaguedad era algo solamente del lenguaje humano más que de los aspectos de la realidad. También dice que "quien habla de la vaguedad debe ser vago por si mismo", de igual forma que se puede concebir la precisión, en cambio la vaguedad, no, que es precisamente lo contrario a la precisión, donde indica estar de acuerdo con Platón. Precisa que una fotografía lejana o un mapa a pequeña escala pueden ser vagos, por lo que la vaguedad es una cuestión de grados, mientras la precisión es un límite ideal. Desde su punto de vista una representación es vaga cuando la relación entre el sistema representado y la representación del sistema no es uno a uno sino uno a varios. Así para los estudiosos de la lógica, la representación de los sistemas debe ser con palabras, pensamientos, percepciones u

otros tipos de representación pero de forma exacta.

En 1937, el filósofo y matemático Max Black, nacido en Bakú y de ascendencia judía, establecido en Inglaterra, publica un trabajo denominado "Vaguedad: un Ejercicio en Análisis Lógico" (Bishoop, 2009, Seising, 2005, Ferran, 2000, Ross, 2004), en este escrito indica que la vaguedad proviene de lo continuo y lo continuo implica grados. Planteó la discusión del concepto de vaguedad de términos o símbolos usando ejemplos donde no era claro si se podía o no utilizar un término para describir el caso. Conectó los trabajos de Russell y Pierce y distinguió entre ambigüedad, generalidad y lo indeterminado. Como ejemplo, él propuso una fila infinita de sillas hechas de madera donde se iba viendo los cambios de la silla hasta llegar a ser el pedazo de madera de la cual se derivó, por lo que sería difícil distinguir entre la silla y la no silla en un determinado momento. Pero los conceptos emitidos por Black no tuvieron mucha recepción y pasaron desapercibidos por mucho tiempo.

Los estudios realizados por Albert Einstein en mecánica cuántica y la relatividad donde el espacio absoluto y el tiempo fueron desapareciendo hicieron que se presentaran dudas sobre la manera de realizar formulaciones de los antiguos griegos. De esta manera los pensamientos científicos se movieron de lo absoluto a lo difuso.

Así en 1965, Lofti Zadeh presenta de manera formal la teoría de los conjuntos difusos, donde combina teorías axiomáticas de la probabilidad, la teoría estadística y la teoría de conjuntos clásicos. Se considera un aproximador universal donde toda proposición tiene un grado de pertenencia entre cero (0) y uno (1) dentro de un conjunto, por lo que puede pertenecer parcialmente a un conjunto. Esto hace que la lógica difusa se pueda considerar un campo relativamente nuevo y que sea tomada como una de las técnicas de Inteligencia Artificial (AI). La lógica difusa ha sido utilizada en aplicaciones en diferentes áreas (Feng, 2006) como la industria, la economía, estadística y otras áreas como la música (Yang y col., 2006), para explicar la moralidad (Wallace, 1997) o la forma de educación (Zekai, 2006). Algo que se le ha criticado a Zadeh es no haber incluido en la bibliografía de su primer artículo autores relacionados con el estudio de la multivalencia.

De esta forma la teoría de la lógica difusa dio la posibilidad de representar las expresiones lingüísticas en forma matemática, algo que debe ser reforzado cada vez más para convencer a aquellos que piensan que esta teoría es no rigurosa o carece de precisión.

3 El pensamiento y su vínculo con la lógica difusa

Como se mencionó anteriormente, la lógica difusa y sus aplicaciones tuvieron en sus inicios un mayor desarrollo en países asiáticos que en países occidentales, este trabajo trata de analizar especialmente la forma de pensar de Chinos, Japoneses y Coreanos, ya que pareciera ser que ésta es difusa, de alguna forma está relacionada con su cultura, esto es algo que posiblemente no es tan fácil de probar, pero que para soportar esta hipótesis se presentan algunos ejemplos que pueden ayudar a los propósitos de este planteamiento.

El primer ejemplo a mencionar sería el Profesor Lofti Zadeh, quien nació en Bakú, Azerbaiján y se graduó como Ingeniero Electricista en la Universidad de Teherán. Fue influenciado por diferentes culturas desde su niñez, pero como él menciona, poseía un forma imprecisa de pensar que era opuesta a algunos de sus profesores, los cuales fueron educados en Francia (Blair, 1994), y esta imprecisión pudiera deberse al ambiente en el cual el se estaba desarrollando.

Es posible que la influencia islámica haya sido importante para el desarrollo de la lógica difusa. Roshdi Rashed (Spagnolo, 2003), un estudioso de la historia de las matemáticas en el Islam, indica que las combinatorias son usadas en la fase de ajuste de la lengua Árabe, debido a la necesidad de poder establecer una relación entre las palabras y las voces. Luego, entre los siglos X y XIII, ésto finaliza, comenzándose a utilizar fundamentos del álgebra para la lengua. Lo que sugiere la existencia de una relación entre el lenguaje natural y el lenguaje matemático utilizado para la enseñanza.

En el Islam la matemática se usó en forma diferente a Grecia (Simon, 2006). La matemática debía ser algo útil y llevada bajo las reglas de la religión, por lo que la hicieron más práctica, desarrollando métodos de aproximación o métodos para resolver problemas con la religión.

Por otro lado en la antigua China, las diferentes corrientes filosóficas como son el Taoísmo, el Confucionismo y el Budismo, enfatizaban la armonía, el balance y la paradoja.

El Taoísmo (Ferran, 2000, Garant, 2003, Sang, 2004, Watts, 2003) ha sido importante dentro del pensamiento chino, concebido por Lao-tsé alrededor del 600 A.C. Tiene como representación el carácter chino "道", cuyo significado es "el camino". El Taoísmo se encarga del estudio del origen, la estructura y de la evolución del universo como un todo y es fundamental para la ciencia y tecnología China. También incluye la manera en como se percibe el mundo y la forma en que se interactúa con el mismo.

El Taoísmo presenta una visión completa del universo cuya dinámica total y todo lo que lo compone se mueven de manera interrelacionada en un ciclo sin fin entre dos polos, esto queda manifestado con el símbolo del Yin y el Yang, presentado en la Fig. 2. Cada sistema del Yin (negro) y Yang (blanco) contiene miles de subsistemas que lo componen y está contenido dentro de miles de subsistemas Yin-Yang. Se puede observar que uno da origen a otro, cuando uno decrece, el otro crece, sus actividades son siempre relativas, pero sus cualidades son complementarias. El Yin y el Yang no tienen bordes definidos, además la presencia de un círculo de color contrario en cada una de las partes indica la necesidad de uno con el otro, por lo que tiene la capacidad de representar cualquier fenómeno que se presente.

Fig. 2. Símbolo del Yin y Yang

El Taoísmo tiende a enfatizar las paradojas existentes mediante la utilización de un lenguaje difuso, ya que las expresiones lingüísticas son ambiguas y no claras, cada persona llegará a una conclusión diferente. Tiende a emplear métodos cualitativos e intuitivos como son metáforas, figuras o analogías para realizar descripciones (Garant, 2003). También se puede notar que en el Taoísmo no existe una deidad a la cual se venera como en otras religiones, sino que el universo representa el todo.

De esta forma, las paradojas y las ambigüedades no son evadidas, por otra parte la exclusividad, rigurosidad y las teorías cerradas son vistas como limitantes para el ser humano. Los matemáticos de la antigua China ya mencionaban haber propuesto soluciones a ecuaciones polinómicas, análisis combinatorios, métodos de interpolación entre otros. Según (Simon, 2006) la matemática china se caracteriza por:

- Comenzar por ejemplos específicos y luego generalizar.
- Llegar a conclusiones en un área de la matemática mediante comparaciones con otras áreas de la matemática.
- Usar la inducción antes de la deducción para llegar a pruebas.
- Usar la heurística a cambio de análisis rigurosos.
- Uso de métodos no lingüísticos para realizar pruebas matemáticas.

Filippo Spagnolo y algunos de sus colaboradores (Spagnolo, 2003, Ajello y col., 2002, Ajello y col., 2004, Spagnolo, 1986) han realizado estudios para analizar el razonamiento y el sentido común para la resolución de problemas matemáticos entre los europeos y los chinos específicamente. De estos estudios se ha concluido que el lenguaje es un factor muy importante en la forma de enfrentar dichos problemas. Además indicándose en sus artículos algo que es muy cierto, pero que no se presenta claro, los caracteres chinos son en gran porcentaje creados de la interpretación del mundo que nos rodea o de algún fenómeno natural, los cuales se pueden combinar para crear un nuevo carácter y todos a pesar de su complejidad ocupan el mismo espacio (Ej. 十: diez y 億: cien millones), presentando una estructura algebraica. Pero lo que es más interesante, es que en muchos casos a pesar de que alguien no sea capaz de leer una frase completa o no conocer la pronunciación de algún carácter dentro de la misma, pero sabiendo el significado, es posible entender parte o todo el contenido de dicha frase.

En los resultados presentados por Spagnolo, se confirma que la estructura de la forma de pensar no es vertical sino paralela, ya que esto permite moverse por diferentes caminos o crear nuevos, no sigue una secuencia y pueden existir varias soluciones al problema ya que no hay que justificar cada decisión. También se presenta en (Spagnolo, 2003) un esquema donde se intenta relacionar el lenguaje natural de oriente con el pensamiento difuso, pero sólo se utiliza el idioma chino dentro de este esquema. Realmente el esquema presentado pareciera estar incompleto, ya que no es solamente el idioma chino es el que tiene estas cualidades, se debería incluir el japonés y el coreano, que poseen características similares, como se mencionará más adelante. Además no es sólo el lenguaje, como se ha indicado anteriormente, lo que influye en la manera de pensar, sino también la cultura y las costumbres.

Confucio (Fernández, 2000) nacido alrededor del año 550 A.C., es la figura que ha marcado distintivamente la vida social, moral y cultural de China. Ha influido en el comportamiento, tendiéndose a no ser directo en las respuestas sino evasivo; la fuerza del grupo y en especial el de la familia está por encima de las individualidades, al contrario de la cultura occidental. Su filosofía y pensamientos han influenciado de igual forma a Japón y a Corea.

El Budismo (Sang, 2004), que llegó desde la India, pasó por China donde sufre algunas modificaciones, luego pasa a Corea y finalmente a Japón, donde se modificó una vez más, en lo que se conoce como Zen. Tiene como fundamento la utilización de paradojas para explicar sus ideas, además Buda indicaba que toda la vida terrenal depende del cuerpo, de los sentidos, de la imaginación, de la conciencia y de los instintos. De igual forma, divide la verdad en dos tipos, una verdad relativa y otra absoluta.

Otro punto donde se puede observar la diferencia entre el razonamiento asiático y el occidental, es en la medicina tradicional china (Reid, 1999). Los médicos tradicionales chinos consideran que el cuerpo humano es un sistema orgánico cuyas partes guardan interrelación funcional en virtud de las mismas fuerzas fundamentales que rigen la naturaleza y el cosmos. De esta forma al hacer un diagnóstico tratan todo el cuerpo humano, en lugar de preocuparse de sus partes por separado. Mientras en la medicina occidental, el cuerpo humano es una máquina compuesta por piezas independientes, que en algunos casos pueden ser sustituidas y el médico es el encargado de repararlas o sustituirlas. Se puede notar en este caso que la visión difusa y precisa del cuerpo humano que poseen tanto los médicos orientales como los occidentales.

Otra comparación entre la forma de pensar de los orientales y los occidentales (Ikasaka, 1978) se muestra en la Fig. 3, como se puede observar en la figura existe un área gris entre el "SI" y el "NO" en la forma de pensar de los orientales mientras que los occidentales no la presentan. Es posible decir que esta área difusa es en la cual las personas tienen un grado de decisión normal en el razonamiento

humano, en el caso occidental parece que existe un cambio abrupto. Este ejemplo puede ser extrapolado a diferentes zonas de Asia, donde no solamente el "SI" y el "NO" tienen un área gris, realmente muchas expresiones y comportamientos no están definidos de una forma precisa. En este caso se puede decir que a los orientales no les gusta expresar de manera tajante o precisa, "no" y tienden a ser evasivos. Así en el caso de que a una persona se le quiera reprender no se hará en forma directa sino que se le alabará en principio y se le indicará lo que debe hacer. Un ejemplo es un caso sucedido en Japón hace unos años, un empleado de una empresa decidió "descansar" un "lunes festivo" y salir con sus amigos, al día siguiente su jefe se dirigió a él, y le dijo que su trabajo había sido necesario el día anterior para desarrollar parte del proyecto que se venía realizando. Esta es una forma de indicarle que realmente él debía haber estado en el trabajo a pesar de ser un día festivo. Pero de igual forma sucedería en China si un padre desea reprender a su hijo, no lo hará directamente, primero le indicará de manera sutil donde ha errado y cómo debe mejorarse.

Algo interesante de hacer notar en las empresas japonesas es como se distribuyen los empleados en las oficinas comparado con los occidentales, mientras estos últimos tienden a tener oficinas individuales, en Japón se agrupan en un ala y por grupos dependiendo de las labores de los empleados, sin ningún tipo de barrera, frente a frente y a la cabeza de cada grupo se ubica el jefe del mismo, todos se pueden comunicar entre si y discutir acciones a tomar. El único que posee un área individual y se encuentra fuera de los grupos, es el jefe de sección por así decirlo, además de tener una asistente o secretaria personal, el resto comparten un número de secretarias para sus actividades. De igual forma se encuentra los archiveros, fotocopiadoras y demás implementos necesarios para su trabajo. En la Figura 4 se presenta un esquema de la ubicación de los empleados en las oficinas para ambas situaciones.

Esta forma de trabajar en grupo de los japoneses influyó en el desarrollo del mantenimiento total de la producción (Cuatrecasas, 2000, TPM, siglas en inglés) donde para llegar tener un producción más eficiente y con menos tropiezos, basado en que todos los empleados de una fábrica deben conocer donde se pueden producir problemas en diferentes equipos y ser capaces de reparar algunos daños menores en éstos y en caso que fuera algo más grave se encarga el grupo de mantenimiento, pero hay un grado de conocimiento del proceso en diferentes niveles. Esta teoría es contraria a la que había presentado anteriormente Deming, utilizado en Estados Unidos, donde cada individuo o grupo tenía una labor que realizar sin interferir con el resto.

Fig. 3. Representación del SI y el NO según occidente y oriente

Otra situación a ser mencionada, es en el área de negocios, en las empresas occidentales está bien definida en la estructura piramidal el rol y la jerarquía de cada empleado, donde en general las decisiones se toman de arriba hacia abajo. En tanto que en las orientales la estructura es realmente difusa, ya que no posee una estructura piramidal clara y hay situaciones en la cual determinar quien es el jefe o encargado de un proyecto resulta difícil de hacer. Las decisiones se van gestando en los grupos de trabajo y suben hasta llegar a los gerentes. Esto produce en muchas ocasiones un retardo en la toma de decisiones.

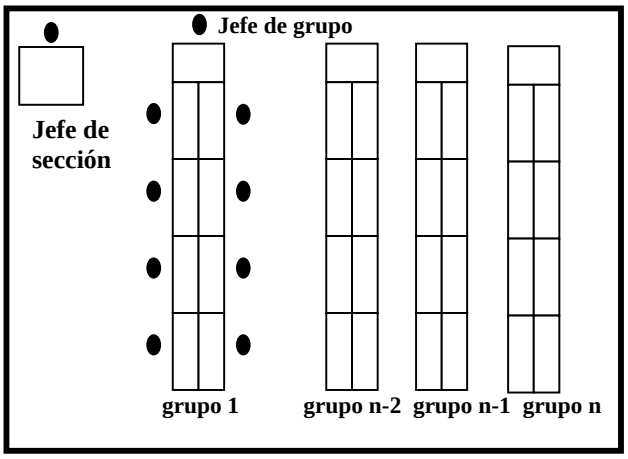
El pensamiento Coreano de igual forma presenta bases difusas, en (Sang, 2008) se presenta la filosofía *Han* como un sistema de creencia coreana única que no es dualista, ya que indica que conceptos culturales como el Taoísmo, Budismo o Logo son duales y que el *Han* es el único que mantiene un balance entre uno y todos. La palabra Han puede tener en Corea hasta 22 significados entre los cuales está grandioso, uno, blanco, luz, Dios. Han puede estar relacionado con diferentes conceptos de la lógica difusa, así se puede observar que es universal como el universo de discurso, es particular como los subconjuntos difusos, puede representar un grado de pertenencia o la difusificación.

La mentalidad Han representa un forma de poder mezclar las diferentes ideas llegadas desde el exterior a Corea, es difusa o ambigua y capaz de unir conceptos provenientes del Budismo, Confucionismo o del Marxismo.

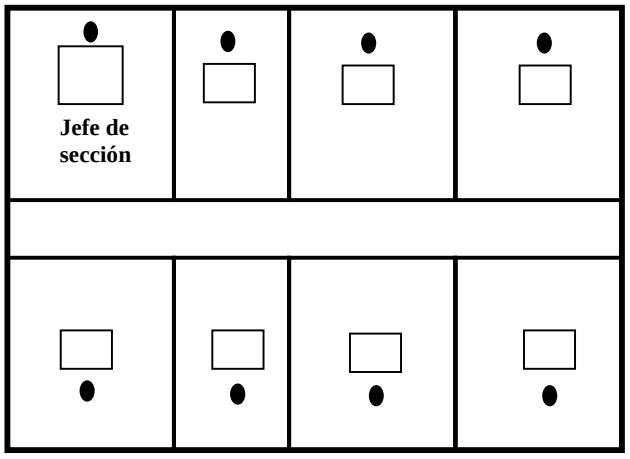
Como se puede notar el aprendizaje de la lógica difusa y de sus aplicaciones se podría desarrollar con mayor facilidad con personas de ascendencia asiática, evidentemente esto no se puede afirmar un cien por ciento porque en ese caso se podría caer en las ideas de Aristóteles, siempre habrá un grado de entre 0 y 1 para esto.

Se puede mencionar como último ejemplo, lo sucedido en un Curso de Control Difuso hace poco tiempo, al preguntarle a los estudiante al final del curso, que tan difícil les había sido entender la base de lo que esa lógica difusa, uno de los estudiantes respondió que se sentía más cómodo con el control clásico y a otro le había sido bastante fácil su entendimiento y aplicación, se puede acotar que el segundo estudiante es descendiente de chinos. Les hice un recordatorio de lo explicado en la primera clase, que es lo que he querido presentar en este artículo y les pareció interesante. Estos dos estudiantes podrían estar en los extremos del universo de discurso de facilidad de entender la lógica difusa, ya que evidentemente hubo respuestas de otros estudiantes que fueron intermedias y completarían los diferentes conjuntos en dicho universo.

El pensamiento difuso provoca que se aumenten las opciones haciendo que la imaginación se use de una forma más activa. Cuando se une el pensamiento difuso con el lógico es necesario razonar más, saber más y sentir más.



a) Área de trabajo de una empresa japonesa



b) Área de trabajo de una empresa occidental

Fig. 4. Diferencias entre oficinas japonesas (a) y occidentales (b)

4 Conclusiones

El ser humano es un sistema complejo, donde las emociones y la experiencia no pueden ser expresadas en forma exacta, además están relacionadas con diferentes factores, las cuales son clasificadas, analizadas y modificadas por el cerebro como refuerzo del aprendizaje.

La cultura, la religión y la filosofía oriental, donde el uso de paradojas y de expresiones vagas está más relacionadas con los conceptos de lógica difusa, ha producido que esta teoría pueda ser analizada, comprendida y aplicada de una forma más rápida que en occidente, donde la ciencia se ve más influenciada por el pensamiento y la filosofía de Aristóteles.

El estudio de la lógica multivalente como una alternativa de la bivalente, aunada al concepto de vaguedad, probabilidad o de la mecánica cuántica entre otros, permitieron concebir la lógica difusa como una herramienta capaz de representar eventos o fenómenos presentes en la vida diaria.

El pensamiento occidental y el oriental se desarrollaron en forma paralela unos 500 A.C., influenciando en el desarrollo del pensamiento humano bajo paradigmas opuestos, pero donde ambos se pueden ver reflejados en el nacimiento de la lógica difusa.

La ventaja de utilizar expresiones lingüísticas permite introducir premisas de razonamiento vagas, con incertidumbres o imprecisas, de procesos complejos, que en muchos casos son subjetivos y resultan en modelos más intuitivos y de mejor comportamiento. Esta ha sida implementada en diferentes áreas, obteniéndose buenos resultados, lo que es de gran valía.

5 Referencias

Ajello M, and Spagnolo F, 2002, Alcune osservazioni sperimentali fra senso commune e logica fuzzy, Quaderni di ricerca in didattica del G.R.I.M., n11- Palermo, pp. 98-109. http://math.unipa.it /~grim/ AjelloSpaQuad11.pdf.

Ajello M, Spagnolo F, and Xiaogui Z, 2004, Cultural differences in scholastic and non-scholastic environments: reasoning patterns and logical-linguistic questions in European and Chinese Culture. ICMI International Commission on Mathematical Instruction, Copenhagen.

Betti A, 2002, The Incomplete Story of Łukasiewicz and Bivalence. T. Childers & O. Majer (eds.), The Logica Yearbook 2001, Praha, Filosofia, pp. 21-36. http://www.fmag.unict.it/~polphil/PolPhil/Lukas/LukasBival.pdf.

Betti A, 2005 Łukasiewicz and Leśniewski on Contradiction Reports on Philosophy 22, pp. 247-271.

Bishop Bob. 2009 Shades of Realty,. http://www.simplecodeworks.com/KSCO/book/

Blair Betty, 1994 Interview with Lofti Zadeh. http://azer.com/aiweb/categories/magazine/24_folder/24_articles/24_fuzzylogic.html.

Cosmides L, and Tooby, J, 2000 Evolutionary Psychology

and the Emotions Handbook of Emotions, 2nd Edition M. Lewis & J. M. Haviland-Jones, Editors. NY: Guilford.

Cuatrecasas, L, 2000, Total Productive Maintenance (TPM). Hacia la Competitividad a través de la Eficiencia de los Equipos de Producción, Gestión 2000.

Deaño A, 1975 Estudios de Lógica y Filosofía, Jan Lukasiewicz". http://www. philosophia. cl/biblioteca/lukasiewicz/Lukasiewicz%20-%20 Estudios%20de%20L%F3gica%20y%20Filosof% EDa.pdf

Feng G, 2006 A Survey on analysis and Design of Model-Based Fuzzy Control Systems, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 14, No. 5, pp.676-697.

Fernández de Schäfer, M, 2000 Rasgos de la Cultura China, Editorial Serviprensa, C.A. Guatemala.

Ferran M, 2000, Lógica Difusa. Una concepción infinitesimal de la verdad http://personal.telefonica.terra.es/web/mir/ferran/kosko.htm

Garant C, 2003 Kansei, Design and the Tao, 6th Asian Design International Conference, Integration of Knowledge, Kansei and Industrial Power, Tsukuba International Congress Center, Japan. http: //www.idemployee.id.tue.nl /g.w.m.rauterberg/ conferences/CD_doNotOpen/ADC/ final_paper/123.pdf.

García P y Pérez RH, 2009, Ser y Conocer: La Perspectiva Fuzzy Frente al Punto de Vista Crisp y la Teoría de Conjuntos.
http://gandalf.fcee.urv.es/sigef/english/congressos/congres8/ pdf_ab/59.pdf.

Hume D, 1748 An Enquiry Concerning Human Understanding".

Ikasaska G, 1978, La expresión del idioma japonés, Editorial Kodansha Gendai Shinsho, Japón 1978, (versión original en japonés).

LeBlanc O, 2005 Lukasiewicz, Aristotle, and Contradiction" http://www. fmag.unict.it/ ~polphil/ PolPhil/ Lukas/LeBlanc.html.

Mamdani EH, 1974 Application of Fuzzy Algorithm for Control of a Simple Dynamic Plant, Proceeding of the IEEE, Vol. 121, pp. 1585-1588.

Mamdani EH, and Assilian S, 1975, A Fuzzy Logic Controller for a Dynamic Plant, International Journal of Man-Machine S, 7, pp. 1-13.

Mehta A, 2000, Essay an Attempt to Solve the Liar Paradox, http://homepage.mac.com/ardeshir/ ESSAY-OnTheLiarParadox.doc.

Raspa V, 1999, Lukasiewicz on the principle of Contradiction, Journal of Philosophical Research, XXIV, pp.58-112.

Reid D, 1999, Medicina tradicional China, Ediciones Uano, S.A., Barcelona, España.

Ross TJ, 2004, "Fuzzy Logic with Engineering Applications", Second Edition, John Wiley and Sons Ltd.

Russell B, 1923, "Vagueness" The Australasian Journal of Psychology and Philosophy, 1.

Sang Ji,. 2004, "La Religión en China". China Intercontinental Press.

Sang YK, 2008, "Overcoming Dualism and Unifying Korea: A Process View". http://www.ctr4process.org/publications/SeminarPapers/26_3%20Overcoming%20Dualism%20and%20Unifying%20Korea_Sang%20Yil%20Kim.pdf.

Seising, R, 2005, "Vagueness, Haziness and Fuzziness in Logic, Science and Medicine –Before and When Fuzzy Logic Began". BISCSE http://www-bisc.cs.berkeley.edu/BISCSE2005/Abstracts_Proceeding/Saturday/SA3/Rudi_Seising.pdf.

Simon D, 2006, "Truth, American Culture, and Fuzzy Logic". North American Fuzzy Information Processing Society Conference. http://academic. csuohio.edu/ simond/pubs/317101.pdf.

Spagnolo F, 1986, "Sull'impostazione di certi metodi risolutividei problemi nella tradizione cinese". L'insegnamento della matematica e delle Scienze Integrale, Vol. 9, No. 8.

Spagnolo, F, 2003, "Fuzzy Logic, Fuzzy Thinking and the teaching/learning of mathematics in multicultural situations". Proceedings of the International Conference The Decidable and the Undecidable in Mathematics Education Brno, Czech Republic.

Wallace J, 1997 "Fuzzy Morality". http://www.spectacle.org/297/

Watts A, 2003, "Qué es el Tao?" Editorial Diana, S.A. México.

Yang Y, Liu, Chia-Chu and Chen HH, 2006, "Music Emotion Classification: A Fuzzy Approach". MM'06, Santa Barbara, California, USA.

Zadeh L, 1965, "Fuzzy Sets". Information and Control, Vol. 8. pp. 338-353.

Zadeh L, 1968, "Fuzzy Algorithms". Information and Control, 12(2), pp.94-102.

Zekai S, 2006, "Fuzzy Philosophy of Science and Education". Proceedings of the 5th. International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems.