PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA BASADA EN LA LÓGICA DIFUSA PARA EXPLICAR LOS RAZONAMIENTOS DE TIPO SORITES[1,2]

PROPOSAL OF A METHODOLOGY BASED ON FUZZY LOGIC TO EXPLAIN SORITES TYPE REASONING

Daniel Sebastián Buitrago Arria[3,4]

RESUMEN

La paradoja de sorites es ampliamente conocida por mostrar las consecuencias contradictorias que pueden tener razonamientos que involucren términos vagos. Importantes filósofos de la escuela analítica como Bertrand Russell y Gottlob Frege apoyan fuertemente la idea de que las contradicciones surgidas en situaciones como la de la paradoja de sorites se deben a la vaguedad del lenguaje común. Este trabajo pretende proponer una metodología basada en la lógica difusa que muestra que los razonamientos de tipo sorites, a pesar de tener términos vagos, pueden ser consistentes y válidos.

Palabras clave: Paradoja, sorites, lógica difusa, consistencia, validez.

ABSTRACT

The sorites paradox is widely known for showing the contradictory consequences that reasoning with vague terms might have. Important analytic philosophers like Bertrand Russell and Gottlob Frege strongly supported the idea that contradictions like those in the sorites paradox are due to the vagueness of common language. This work attempts to propose a methodology based on fuzzy logic that shows that the sorites type reasoning are consistent and sound however the vague terms it might contain.

Key words: Paradox, sorites, fuzzy logic, consistency, soundness.

---

[1] Recibido: 13 de febrero de 2017. Aceptado: 5 de mayo de 2017.

[2] Este artículo se debe citar: Buitrago Arria, Daniel. "Propuesta de una metodología basada en la lógica difusa para explicar los razonamientos de tipo sorites". *Rev. Colom. Filos. Cienc.* 18.36 (2018): 41-67.

[3] Matemático, Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Magíster en Filosofía Contemporánea, Universidad de San Buenaventura-Bogotá. Docente de tiempo completo, Universitaria Agustiniana-Bogotá. Correo electrónico: danielbuitrago1@yahoo.com

[4] Bogotá, Colombia.

1. Introducción y planteamiento del problema

La hoy denominada *paradoja de sorites* se llamó inicialmente *paradoja del montón* (*soros* = montón). De acuerdo con Rescher, la forma original de la paradoja es la siguiente:

> Claramente 1 es un número pequeño. Y si *n* es un número pequeño, también *n* + 1 lo será. Pero esto lleva directamente a tener que decir que un número obviamente grande (digamos muchos billones) es un número pequeño (79, nota al pie 6).

Más adelante, para darle mayor fuerza a la afirmación "1 es un número pequeño", se empleó la analogía con los granos de arena, ya que podría decirse que el número 1 se refiere a una tonelada de naranjas, que equivale a 1000 kilogramos, en donde ya no se estaría tan seguro de estar hablando de un número pequeño (¿pequeño respecto a qué?). Mientras que sí existiría un consenso al afirmar que un grano de arena es algo muy pequeño, más aun comparado con un montón de arena.

Así, la versión del montón de arena de la paradoja de sorites conocida comúnmente es la expuesta por Hájek y Novák:

> Un grano de arena no forma un montón. Agregando un grano a lo que todavía no es un montón, tampoco forma un montón. En consecuencia, no existen montones (1).

Lo primero que se advierte en esta forma de la paradoja es el uso ambiguo de la terminología clasificatoria. ¿Qué es un montón? Si se está cuantificando en granos de arena, ¿cuántos granos de arena forman un montón? ¿Cuántos granos de arena no lo forman? A primera vista podría pensarse que resolviendo estos interrogantes se puede solucionar la aparente contradicción que no parece ser más que un juego de ambigüedad de palabras. Pero, aunque encontrar un consenso general de cuántos granos de arena forman un montón es ya de por sí problemático, podría asignarse un número razonablemente grande (digamos un millón de granos de arena) para asociarlo (por el bien del argumento) con un montón, y a su vez acordar que un solo grano de arena claramente no forma un montón, con el fin de determinar si en efecto esto pone punto final a la cuestión. Esto formula una versión cuantificada de la paradoja de sorites, recogida por Kim & Sosa (565):

De acuerdo con ellos, la paradoja puede plantearse de dos formas: una positiva y una negativa. La primera de ellas es puesta, a manera de premisas-conclusión, de la siguiente manera:

Premisa 1: Una colección de un millón de granos de arena es un montón. (Hecho observable)

Premisa 2: Si una colección de *n* granos de arena es un montón, entonces también lo es una colección de *n* - 1 granos de arena. (Razonamiento evidente)

Conclusión: Cualquier colección de granos de arena forma un montón.

La forma negativa se basa en el siguiente razonamiento:

Premisa 1: Una colección de un grano de arena no forma un montón.

Premisa 2: Si una colección de *n* granos de arena no forma un montón, entonces una colección de *n* + 1 granos de arena tampoco lo forma.

Conclusión: Ninguna colección de granos de arena forma un montón.

Las conclusiones, en cada una de las dos formas, se obtienen mediante la aplicación sucesiva de la premisa 2 a la premisa 1. Este procedimiento argumentativo se conoce como *inducción*, y está debidamente justificado por la lógica proposicional clásica (LC, en adelante). Sin embargo, y a pesar de haber asignado valores concretos a los términos *montón* y *no montón* para evadir objeciones de ambigüedad, la contradicción continúa. Pero, ¿en dónde está exactamente la contradicción? Se sabe intuitivamente que, respecto a la conclusión en el primer caso, un grano de arena no puede llamarse un montón. Pero, para poder enunciar esto dentro del mismo esquema del razonamiento, se debe agregar una tercera premisa con el objeto de explicitar la contradicción dentro del razonamiento; una premisa que señale la existencia del límite semántico dentro del cual ocurre lógicamente la inconsistencia. Esto conduce a la formulación de la paradoja dada por Rescher en la que las formas negativa y positiva de la paradoja quedarían respectivamente de la siguiente manera:

Premisa 1: Una colección de un millón de granos de arena es un montón. (Hecho observable)

Premisa 2: Si una colección de *n* granos de arena es un montón, entonces también lo es una colección de *n* - 1 granos de arena. (Razonamiento evidente)

Premisa 3: Existe una colección de *x* granos de arena que no se considera un montón. (Hecho observable)

Conclusión (de las premisas 1 y 2): Cualquier colección de granos de arena forma un montón.

Contradicción entre la conclusión y la premisa 3.

La forma positiva se basa en el siguiente razonamiento:

Premisa 1: Una colección de un grano de arena no forma un montón. (Hecho observable)

Premisa 2: Si una colección de *n* granos de arena no forma un montón, entonces una colección de *n* + 1 granos de arena tampoco lo forma. (Razonamiento evidente)

Premisa 3: Existe una colección de *x* granos de arena que sí se considera un montón. (Hecho observable)

Conclusión (de las premisas 1 y 2): Ninguna colección de granos de arena forma un montón.

Contradicción entre la conclusión y la premisa 3.

Esta formulación de la paradoja permite poner de manifiesto las contradicciones lógicas a las que se llega, que son en realidad la razón por la cual se le llama *paradoja*.

En filosofía, y en particular en filosofía del lenguaje, existen cuestionamientos como el anterior, que tienen ciertos componentes comunes que, abordados desde la lógica proposicional clásica, pueden llevar a aparentes paradojas. Tal es el caso de la paradoja de sorites, en la que Eubúlides (450-349 a.C.) se pregunta en qué momento una torre de arena deja de serlo al quitarle sucesivamente cierto número de granos. Podría pensarse que no deja de ser torre de arena si se quitan uno o dos granos. Tampoco si se quitan 10 o 50, o un número cualquiera. Pero esto implicaría, de manera inductiva, que nunca dejará de ser torre de arena. Una paradoja relacionada es la llamada falacia del continuo, en la que se concluye, por ejemplo, que 'Juan nunca será calvo' partiendo de que, si se le quita un pelo, dos pelos, tres pelos, diez pelos, o en general *n* pelos, no se le puede llamar calvo. Se sabe, sin embargo, que eventualmente una torre de arena dejará de serlo y Juan eventualmente se quedará calvo. ¿En qué fallan estos razonamientos?

Se pueden advertir al menos dos elementos que reúnen este tipo de paradojas:

1. Hablan de pequeños cambios cuantitativos que eventualmente representan cambios cualitativos.

2. Contienen terminología en apariencia ambigua (¿qué se entiende por *torre* de arena?, ¿por alguien *calvo*?)

Pero dar total claridad y rigurosidad a las definiciones tampoco parece ser una tarea fácil. Si, por ejemplo, se quisiera acordar una definición precisa de cuándo empieza a 'hacer frío' en términos de los grados de temperatura, muy seguramente no se llegaría a un consenso.
Este tipo de paradojas se conocen como paradojas o razonamientos tipo sorites. En la filosofía occidental se han dado diversas respuestas a este tipo de paradojas, desde el análisis de la ambigüedad de los términos (Russell), hasta la consideración de lógicas paraconsistentes (Jaśkowski) y estudios contextualistas (Kamp). Sin embargo, en muchas de estas respuestas se sacrifican atributos importantes del discurso que datan de Aristóteles; así, por ejemplo, la lógica paraconsistente sacrifica la consistencia de los razonamientos, mientras que el contextualismo lo hace con las reglas de inferencia lógica.

En una búsqueda de un esquema que conserve atributos como la consistencia, las reglas de inferencia y la validez de los razonamientos, se propone la lógica difusa como una estructura desde la cual se puedan analizar sucesos como los razonamientos tipo sorites y se puede explicar además cómo el carácter aparentemente contradictorio de estos razonamientos no existe. El objetivo de este artículo es entonces mostrar cómo puede utilizarse la lógica difusa para entender los razonamientos tipo sorites y cómo se aclara su carácter paradójico. Para esto, en la sección 2 se expondrán brevemente los elementos teóricos básicos de la lógica difusa, para luego resaltar, en la sección 3, el marco conceptual que se utilizará para aplicar la lógica difusa a los razonamientos de tipo sorites. El paso a seguir en la sección 4 será mostrar la aplicación de la lógica difusa a la paradoja de sorites en particular y generalizar este proceso en la sección 5 a todo tipo de razonamiento tipo sorites. En la sección 6 se formaliza y sintetiza el método utilizado en las dos secciones anteriores para presentar de manera completa la metodología propuesta para entender cualquier tipo de razonamiento tipo sorites desde la lógica difusa. Esta metodología, además de novedosa en el campo de la filosofía del lenguaje, tiene la ventaja de conservar la consistencia y validez de los razonamientos tipo sorites, lo que amplía el ámbito de estudio de los razonamientos en lenguaje cotidiano, así como otras áreas de investigación como la epistemología, la ontología y la filosofía del tiempo; aplicaciones que se discuten en las dos secciones finales.

2. PRELIMINARES DE LÓGICA DIFUSA

La lógica difusa (LD, en adelante) parte de la dificultad existente en la clasificación de objetos en clases en el mundo físico real, específicamente cuando los criterios de clasificación no son lo suficientemente precisos. Así, por ejemplo, no habría duda en clasificar un perro o un gato dentro de la clase de animales. Pero no existe la misma claridad en determinar la pertinencia de una estrella de mar, una planta carnívora o ciertos tipos de bacterias a esta clase. Podría decirse que estos últimos objetos se enfrentan a un *estado de ambigüedad* frente a la clase de animales.

Lotfi Zadeh (1965) plantea que el concepto de *conjunto difuso*, visto como una clase con grados continuos de pertenencia, puede ser una forma de resolver la dificultad al considerar la pertenencia no como una determinación binaria absoluta, sino mediante una escala de pertenencia. El creador de la lógica difusa tenía de hecho un marcado interés por mostrar que la lógica también puede promover avances en áreas como las humanidades y la lingüística, y no solo en la ciencia y en la técnica, con lo cual se oponía a la cientifización de las humanidades. El autor hace una crítica a la idea del conocimiento científico como una acumulación de conceptos matematizables cuyo aporte se basa únicamente en cálculos y en el descubrimiento de información cuantitativa:

> Uno de los principios fundamentales de la ciencia moderna es que de un fenómeno no puede decirse que está bien comprendido hasta que pueda ser caracterizado en términos cuantitativos. Visto desde esta perspectiva, gran parte de lo que constituye el núcleo del conocimiento científico puede ser considerado como un almacenamiento de conceptos y técnicas que pueden ser utilizadas para construir modelos matemáticos de varios tipos de sistemas y por lo tanto llevar a información cuantitativa acerca de su comportamiento (1975a 200).

Este comportamiento, sostiene Lotfi, lleva a venerar lo preciso y riguroso por encima de lo difuso y vago. Esto privilegia los avances centrados en cálculos, que han permitido, entre otras cosas, los avances en computación e informática en pos de una expansión de métodos cuantitativos de pensamiento en la gran mayoría de los campos del conocimiento humano, en donde las humanidades se han dejado de lado:

> Desafortunadamente, lo mismo no se puede decir sobre los sistemas humanos, que –al menos hasta ahora– han probado ser impermeables a los análisis matemáticos y a las simulaciones computacionales. De hecho, es ampliamente aceptado que el uso de computadoras no ha

> arrojado mucha luz en cuestiones fundamentales de filosofía, psicología, literatura, leyes, política, sociología y otros campos de las ciencias humanas (1975a 200).

Con esto Zadeh pretende poner a disposición de las humanidades herramientas lógico-matemáticas que posiblemente sirvan para abordar problemáticas relacionadas con razonamientos y formulación de conceptos, que permitan brindar una alternativa de claridad en el lenguaje propio de estas ciencias humanas en pos de fortalecer su sustento teórico.

Una de las grandes ventajas de la lógica difusa es que logra conservar la validez y consistencia de los razonamientos que contienen vaguedad en la terminología, por lo que es una de las mejores candidatas para resolver el carácter contradictorio de la paradoja de sorites. Sin embargo, como se mostrará en la sección 3, la adaptación de la lógica difusa a los razonamientos sobre cualidades implica asignar valores numéricos que las describan; valores asignados de forma incluso arbitraria y subjetiva. Teniendo esto en cuenta, la lógica difusa formulada por Zadeh se basa en los postulados que se explican a continuación

Conjunto difuso. Sea X una colección de objetos y x un objeto cualquiera de estos. Un conjunto difuso A (la clase) en X caracteriza un conjunto de objetos de X mediante la función de pertenencia $f_A(x)$ que asocia a un objeto x un número real en el intervalo $[0,1]$. Dicho número representa el *grado de pertenencia* (o de identificación) del objeto x a la clase A, donde 0 es un grado nulo de pertenencia (*i.e.*, el objeto x definitivamente no pertenece a la clase A) y 1 es un grado total de pertenencia (*i.e.*, el objeto x definitivamente pertenece a la clase A). De esta manera, si $f_A(x)$ toma un valor cercano a 0, esto indica un bajo grado de pertenencia a la clase A (o de identificación con ella), mientras que un valor cercano a 1 indicará un alto grado de pertenencia (o de identificación).

Conjunto difuso vacío. El conjunto difuso vacío es aquella clase con la cual ningún objeto tiene grado de pertenencia alguno. Por esto, la función de pertenencia vale 0 para cualquier objeto con respecto a esta clase. En símbolos, un conjunto difuso A es vacío si $f_A(x) = 0$ para todo objeto x de X.

Complemento de un conjunto difuso. El complemento de un conjunto difuso es la clase que define los valores complementarios con respecto a un cierto conjunto difuso en su función de pertenencia. Así, dado un conjunto difuso A, el complemento A', es aquel que se define mediante la función de pertenencia:

$$f_{A'}(x) = 1 - f_A(x)$$

Subconjunto o contenencia. Se define la contenencia de la siguiente manera: un conjunto difuso A es subconjunto de otro conjunto difuso B si los valores de la función de pertenencia del primero no superan respectivamente los valores de la función de pertenencia del segundo. En símbolos, $A \subseteq B$ si $f_A(x) \leq f_B(x)$ para todo objeto x de X.

Unión de conjuntos difusos. La unión de dos conjuntos difusos A y B es un conjunto difuso que se define mediante la función de pertenencia que toma el valor máximo entre las funciones de pertenencia de A y de B para cada objeto x. En símbolos, la unión $A \cup B = C$ donde C está definido mediante la función de pertenencia:

$$f_C(x) = máx[f_A(x), f_B(x)]$$

Intersección de conjuntos difusos. De forma similar, la intersección de dos conjuntos difusos A y B es un conjunto difuso que se define mediante la función de pertenencia que toma el valor mínimo entre las funciones de pertenencia de A y de B para cada objeto x. En símbolos, la intersección $A \cap B = C$ donde C está definido mediante la función de pertenencia:

$$f_C(x) = mín[f_A(x), f_B(x)]$$

Lógica difusa proposicional. Así como en la lógica proposicional clásica (LC), las proposiciones en lógica difusa se definen a partir de la pertenencia de un elemento a un conjunto (en este caso difuso). También es posible definir las operaciones básicas entre proposiciones conocidas de la LC: la negación, la disyunción, la conjunción y la implicación. Por otro lado, el valor de verdad de una proposición P está dado por el valor de la función de pertenencia, teniendo en cuenta que un valor de 1 está asociado al juicio verdadero y 0 al juicio falso de la lógica proposicional clásica. Tomando la forma básica para las proposiciones P: *x* es (o está en) A, Q: *x* es (o está en) B, siendo A y B en este caso conjuntos difusos, y dado que A es un conjunto difuso definido por la función de pertenencia $f_A(x)$, se establece entonces que el valor de verdad de P (es decir $T(P)$) es precisamente el valor de la función de pertenencia del elemento *x* con respecto al conjunto A, $f_A(x)$. En símbolos,

$$T(P) = f_A(x)$$

De acuerdo con esto, se establecen las siguientes operaciones junto con sus valores de verdad:

Proposición	**Valor de verdad**
Negación Símbolos: $\neg P$. Interpretación: *x* no es (o no está en) A.	$T(\neg P) = 1 - T(P)$
Disyunción Símbolos: $P \vee Q$ Interpretación: *x* es (o está en) A o B	$T(P \vee Q) = máx\big(T(P),\ T(Q)\big)$; el valor de verdad de una disyunción es el valor máximo entre los valores de verdad de las proposiciones involucradas.
Conjunción Símbolos: $P \wedge Q$ Interpretación: *x* es (o está en) A y B	$T(P \wedge Q) = mín\big(T(P),\ T(Q)\big)$; el valor de verdad de una conjunción es el valor mínimo entre los valores de verdad de las proposiciones involucradas.
Implicación Símbolos: $P \rightarrow Q$ Interpretación: Si *x* es A, entonces es B.	$T(P \rightarrow Q) = máx\big(T(\neg P),\ T(Q)\big)$; el valor de verdad de una implicación es el valor máximo entre el valor de verdad de la negación del antecedente y el valor de verdad del consecuente

Tabla 1. Proposiciones compuestas y su valor de verdad en lógica difusa

Ejemplo: supongamos los siguientes conjuntos difusos:

A: Personas altas

B: Personas flacas

Sobre los cuales se enuncian las siguientes proposiciones:

P: Javier es alto.

Q: Javier es flaco.

De acuerdo con la fórmula de valor de verdad,

$$T(P) = f_A(Javier)\ y\ T(Q) = f_B(Javier)$$

Es decir, el valor de verdad de cada proposición está dado por la función de pertenencia de Javier a los conjuntos Personas altas y Personas flacas, respectivamente. Supongamos ahora que el valor de estas funciones es:

$$f_A(Javier) = 0.7\ y\ f_B(Javier) = 0.6$$

Por tanto, el valor de verdad de la proposición P: 'Javier es alto' es 0.7 y el de la proposición Q: 'Javier es flaco' es 0.6.

El valor de verdad de las correspondientes operaciones de acuerdo con las fórmulas anteriores, es:

Negación:

$\neg P$: Javier no es alto: $1 - 0.7 = 0.3$

Disyunción:

$P \vee Q$: Javier es alto o Javier es flaco: $máx(0.7,\ 0.6) = 0.7$

Conjunción:

$P \wedge Q$: Javier es alto y es flaco: $mín(0.7,\ 0.6) = 0.6$

Implicación:

$P \rightarrow Q$: Si Javier es alto, entonces es flaco: $máx(0.3,\ 0.6) = 0.6$

3. Cómo adaptar la lógica difusa a los razonamientos de tipo sorites

Para realizar un abordaje completo de un razonamiento del tipo sorites mediante la lógica difusa es necesario introducir algunos conceptos adicionales. El primero de ellos es el de *variable lingüística* (Zadeh 1975a), entendida como un atributo (o cualidad) susceptible de calificación en categorías ordinales exhaustivas no necesariamente disjuntas. Es decir, se pueden traslapar; el número de categorías no tiene límite. Pueden ser incluso virtualmente infinitas (Zadeh 1975a).

Un ejemplo de variable lingüística es *estatura*. De acuerdo a su estatura, podemos calificar a una persona de muy baja, baja, estatura media, alta y muy alta. Estas categorías son ordinales porque una persona alta tiene una estatura mayor a una persona baja (es decir, las categorías pueden ordenarse de manera ascendente según la medida de la estatura de la persona). Además, estas categorías son exhaustivas porque cualquier persona sin importar su estatura puede clasificarse en alguna de ellas. Y son no disjuntas porque una persona que se clasifique en una de las categorías puede además pertenecer a la siguiente; es decir, una persona de *estatura media* también puede considerarse en la categoría Alta.

Surge entonces la pregunta de cómo clasificar una persona en alguna de estas categorías. Para esto se debe utilizar una *función semántica* (Zadeh 1975a), cuyo rol es determinar el grado de compatibilidad de un valor dado con las categorías definidas para la variable lingüística. Volviendo al ejemplo de la estatura, la función semántica se encargaría de determinar qué grado de compatibilidad tiene una estatura dada con las categorías de muy baja, baja, estatura media, etc.

Zadeh (1975a, 1975b) define esta función semántica a partir de valores numéricos de la misma manera en que se definió la función de pertenencia $f_A(x)$. Así, la función semántica es una regla que se establece *a priori* con el objeto de medir el grado de pertenencia de cierto valor con cierta categoría. Como se mencionó en la sección 2 en la explicación sobre conjunto difuso, el grado de pertenencia es un número entre 0 y 1, donde 0 indica una nula identificación con dicha categoría y 1 indica una total identificación con dicha categoría. Una posible función semántica para el ejemplo de la variable lingüística *estatura* se presenta en la tabla 2.

Estatura (cm)	**Grado de compatibilidad con cada categoría**				
	Muy baja	**Baja**	**Media**	**Alta**	**Muy alta**
152	0.9	0.6	0.2	0.01	0.001
158	0.8	0.7	0.4	0.02	0.002
164	0.7	0.8	0.5	0.1	0.01
167	0.3	0.9	0.6	0.2	0.02
173	0.1	0.3	0.9	0.6	0.5
177	0.01	0.1	0.8	0.7	0.4
183	0.01	0.02	0.2	0.9	0.5
188	0.001	0.002	0.1	0.7	0.8
190	0.001	0.001	0.1	0.6	0.9

Tabla 2. Posible función semántica para la variable lingüística *estatura*

En la tabla 2 puede observarse que, por ejemplo, una persona con una estatura de 152 cm se identifica mejor (o es más compatible con) la categoría Baja porque el grado de compatibilidad con esta categoría (que es de 0.9) es mayor que el grado de compatibilidad con las restantes. De forma similar, una persona de 183 cm de estatura, a pesar de tener un grado de compatibilidad alto con la categoría Muy alta, se identifica mejor con Alta.

La anterior es una ejemplificación idealizada, estrictamente numérica, de lo que podría verse como una función semántica. Sin embargo, esta idea de función semántica tiene numerosas falencias, por ejemplo: ¿cómo definir *a priori* las categorías o los grados de compatibilidad de cada categoría? ¿Es posible hacerlo así en todos los casos? Recuérdese que la lógica difusa surge como una metodología que logra un proceso de *gradación* del carácter binario (0-1, Falso-Verdadero) de la lógica proposicional clásica (LC) en un primer estadio.

A pesar de esto, en la siguiente sección se mostrará cómo evoluciona este concepto de función semántica para convertirse en una *regla* de asignación de grados de compatibilidad que se independiza de lo numérico. Esto permite que el razonamiento bajo este esquema se realice teniendo en cuenta un comportamiento ordinal de los grados de compatibilidad, más no la asignación de valores numéricos *a priori*. De este modo, lo único que se define *a priori* en la función semántica es la existencia de los *topes* máximos o mínimos de clasificación en las categorías definidas; estos topes, así como la existencia de categorías en una variable lingüística pueden incluso darse por sentado, ya que, para alguna característica dada, se puede pensar en casos en los que *se tiene* y casos en los que *no se tiene* la característica; esto ya conforma una función semántica.

Por otro lado, a pesar de que inicialmente la función semántica se define en términos numéricos, se puede obviar la parte cuantitativa del grado de compatibilidad, al decir simplemente que una persona de 164 cm es baja, pero sabiendo que existe una relación claramente definida entre el cambio cuantitativo de la estatura con el cambio cualitativo de la correspondiente categoría. Como se mostró, estos cambios no se realizan de manera súbita, sino gradual, lo cual permite dar un soporte lógico a los matices en los razonamientos y juicios, como se explicará a continuación a propósito de la variable lingüística *verdad*.

De acuerdo con Zadeh (1975a), el esquema de la lógica difusa (LD) permite que al trabajar el concepto de verdad como una variable lingüística, se constituya lo que él denomina un *razonamiento aproximado* que es, según él lo afirma, como los seres humanos razonamos en realidad con el lenguaje común. Es una forma de razonar relativa, gradual y con matices. No absoluta, calculadora y única, como lo enseña la LC. Por eso el concepto de verdad en ambas lógicas presenta diferencias sustanciales, y permite a la LD proponer un abordaje que representa un cambio importante en la forma como este concepto se puede ver, implicando toda una nueva manera de entender los razonamientos no solo en el lenguaje común sino en la filosofía misma.

Comprender el concepto de verdad como una variable lingüística es entenderla como un atributo definido por categorías ordinales con base en el grado de compatibilidad asignado por una función semántica. Esto cambia el paradigma de ver a la verdad lógica en términos absolutos de proposiciones verdaderas o no verdaderas, a todo un degradado (potencialmente infinito) de apreciaciones acerca de una sola proposición. La preferencia por lo verdadero y lo objetivo se debilita para darle paso a la multiplicidad de las valoraciones y a lo subjetivo en este marco lógico de la LD.

En la propuesta de Zadeh, la verdad como atributo se define a partir de categorías como No verdadero, Poco verdadero, Parcialmente verdadero, Muy verdadero y Totalmente verdadero, y una función semántica define previamente el grado de compatibilidad de cierta proposición con cada una de estas categorías. ¿Cómo se determina entonces el grado de veracidad de una proposición? Este proceso involucra inicialmente dos etapas: en la primera se determina el grado de compatibilidad de un sujeto con cierta categoría, a partir de lo cual se puede formular la proposición. Acto seguido se evalúa dicho grado de compatibilidad con respecto a las categorías de la variable *verdad* para determinar a qué categoría de verdad corresponde dicha proposición.

Para verlo en un ejemplo, se retomará la información sobre la variable *estatura* consignada en la tabla 2. Supongamos además que la variable *verdad* se distribuye como se muestra en la tabla 3.

Grado compatibilidad predicado	**Grado de compatibilidad con cada categoría**				
	No verdadero	**Poco verdadero**	**Parcialmente verdadero**	**Muy verdadero**	**Totalmente verdadero**
0.1	0.9	0.6	0.2	0.01	0.001
0.2	0.8	0.7	0.4	0.02	0.002
0.3	0.7	0.8	0.5	0.1	0.01
0.4	0.3	0.9	0.6	0.2	0.02
0.5	0.1	0.3	0.9	0.6	0.5
0.6	0.01	0.1	0.8	0.7	0.4
0.7	0.01	0.02	0.2	0.9	0.5
0.8	0.001	0.002	0.1	0.7	0.8
0.9	0.001	0.001	0.1	0.6	0.9

Tabla 3. Posible función semántica de la variable *verdad*

Supongamos ahora que hay un sujeto llamado Juan y que mide 183 cm y se quiere evaluar la veracidad de la proposición ‘Juan tiene una estatura media’. Al volver a la función semántica elaborada para la variable *estatura* (tabla 2), puede observarse que el grado de compatibilidad de la estatura de Juan con la categoría Media es de 0.2. A continuación este grado de compatibilidad se evalúa a la luz de la función semántica de la variable *verdad* (tabla 3). Se puede observar que la categoría de esta tabla que tiene el mayor grado de compatibilidad con el grado de 0.2 es la categoría No verdadero. Se concluye entonces que la proposición ‘Juan tiene una estatura media’ se identifica mejor con la apreciación de *no verdadera*. Si se hace otro ejercicio con la proposición ‘Juan tiene una estatura alta’, se encontrará que el grado de compatibilidad de la estatura de Juan con la categoría Alta es de 0.9, que en la tabla 3 corresponde a un grado de compatibilidad de 0.9 con la categoría de Totalmente verdadero, por lo que la proposición ‘Juan tiene una estatura alta’ es *totalmente verdadera*.

Sin embargo, estas dos etapas para evaluar la veracidad de una proposición en la LD se pueden abreviar en una sola. Obsérvese en el ejemplo que el grado de identificación de la estatura de Juan con la categoría del predicado ya está dando una apreciación de la veracidad de la proposición, de tal manera que podemos establecer una identificación entre el grado de compatibilidad del sujeto con el predicado y el grado de veracidad de dicha proposición; si el grado de compatibilidad de la estatura de Juan con la categoría Baja es muy pequeño, esto corresponderá a un valor pequeño en el grado de compatibilidad con las categorías más altas de verdad. De esta forma, el grado de compatibilidad del sujeto con el predicado está dando ya la valoración de verdad de la proposición; abreviando esta evaluación a un solo paso: la determinación del grado de compatibilidad del sujeto con el predicado. Este valor es entonces lo que se tratará acá como el *valor de verdad* de la proposición.

Con estos elementos planteados, en la siguiente sección se presentará cómo puede abordarse la paradoja de sorites desde la lógica difusa.

4. ABORDAJE DE LA PARADOJA DE SORITES DESDE LA LÓGICA DIFUSA

En la presente sección se expondrá el abordaje que se hace de la paradoja de sorites desde la lógica difusa. Este fue elaborado y desarrollado principalmente por Hájek y Novák utilizando un lenguaje matemático formal. Sin embargo, para el presente trabajo se ha realizado una adaptación de dicha solución preservando los conceptos y razonamientos principales, con el objeto precisamente de mostrar a la lógica difusa como una herramienta para el abordaje de problemas filosóficos.

Para esto, hay que realizar en primer lugar una diferenciación entre dos categorías de axiomas que surgen del abordaje mismo de la LD; y es que no solo es necesario especificar las premisas de las que se parte, sino también la forma de determinar el valor de verdad de las proposiciones involucradas en las inferencias. Esta diferenciación no era necesaria en la LC, ya que las inferencias traen de manera implícita su valor de verdad. Así, por ejemplo, si se tiene las premisas:

$$(1) \qquad P \rightarrow Q$$

$$(2) \qquad P$$

La proposición Q puede inferirse mediante la regla *modus ponendo ponens*. Pero este "puede inferirse" está aseverando la veracidad de la proposición Q. Es decir que el valor de verdad de la proposición Q es "verdadero" como consecuencia de que las premisas (1) y (2) son verdaderas. Esta propiedad de que la proposición deducida herede el carácter de "verdadero" en un sistema lógico se conoce como *validez*. En la LD, sin embargo, debido a que las proposiciones involucradas contienen un gran número de distintos valores de verdad, es necesario especificar la forma de determinar el valor de verdad de, por ejemplo, una proposición que se infiere mediante la misma regla de *modus ponendo ponens*. Esto se realiza a partir de la función semántica dada que, en este caso, se establece en un nuevo axioma por agregar en el planteamiento de la solución: un axioma para determinar el valor de verdad[5].

Los axiomas o premisas de las que parte el abordaje de la LD para plantear la paradoja de sorites son los siguientes:

1. Un solo grano de arena no forma un montón. (Hecho observable**)**

2. Si *n* granos de arena no forman un montón, entonces *n + 1* granos de arena tampoco forman un montón. (Razonamiento evidente)

3. Existe una colección de *x* granos de arena que sí se considera un montón. (Hecho observable)

4. Si *x* es un número menor que *y*, entonces el valor de verdad de la proposición '*x* granos de arena no forman un montón' es mayor que el de la proposición '*y* granos de arena no forman un montón'. (Función semántica)

Aquí podrá notarse que, partiendo de la premisa 1 y aplicando sucesivamente la premisa 2, se deducirá en cada paso la proposición '*x* granos de arena no forman un montón'. Sin embargo, la aplicación sucesiva de la premisa 4 a cada una de esas conclusiones garantiza que el valor de verdad irá reduciéndose de modo progresivo hasta que dicha proposición eventualmente alcance un valor de verdad cercano a 0 (es decir, como perteneciente a la categoría No verdad). La tabla 4 ilustra el razonamiento llevado a cabo con las anteriores premisas eligiendo unos valores de verdad arbitrarios que no influyen en las conclusiones obtenidas, ya que lo indispensable es que el valor de verdad vaya decreciendo (o creciendo) con cada iteración de la premisa 2 sin importar su valor de verdad. Este proceso de decrecimiento del valor de verdad está garantizado por la premisa 4.

[5] Es necesario aclarar que esto no quiere decir que se vaya a calcular el valor de verdad independientemente de la inferencia que se realiza, sino que, como se explicará más adelante, se hace precisamente a partir de los valores de verdad de las proposiciones (premisas) involucradas en dicha inferencia. Este proceso es similar al que se hace en la LC con las tablas de verdad. Esto es lo que en lógica difusa se conoce como la función semántica para la variable lingüística *verdad* (Zadeh 1975b).

N.º granos de arena	Proposición	Valor de verdad	Justificación
1	Una colección de 1 grano de arena no forma un montón (premisa 1)	1	Premisa 1
2	Una colección de 2 granos de arena no forma un montón.	0.999[6]	*Modus ponens* con base en las premisas 1 y 2, y la premisa 4 para el valor de verdad.
3	Una colección de 3 granos de arena no forma un montón.	0.998	*Modus ponens* con base en la proposición anterior y la premisa 2, y la premisa 4 para el valor de verdad.
999	Una colección de 999 granos de arena no forma un montón.	0.002	*Modus ponens* con base en la proposición anterior y la premisa 2, y la premisa 4 para el valor de verdad.
1000	Una colección de 1000 granos de arena no forma un montón.	0.001	*Modus ponens* con base en la proposición anterior y la premisa 2, y la premisa 4 para el valor de verdad.
1001	Una colección de 1001 granos de arena no forma un montón.	0	*Modus ponens* con base en la proposición anterior y la premisa 2, y la premisa 4 para el valor de verdad.

Tabla 4. Ilustración del razonamiento de la paradoja de sorites utilizando lógica difusa.

Como puede verse, el uso de la LD particulariza el valor de verdad de cada proposición inferida permitiendo la existencia de un matiz en los valores de verdad a lo largo del razonamiento a pesar de la regla de inferencia. Esto permite al fin de cuentas un cambio en el juicio de valor a medida que se modifica la cantidad de granos de arena al que se refiere la proposición. Una de las preguntas que podría surgir con el razonamiento ilustrado en la tabla es qué sucedería si se le agregan más de 1001 granos de arena. La respuesta es que, como se advirtió inicialmente, los valores utilizados son solo una ejemplificación del razonamiento general; una puesta a prueba de cómo funciona el razonamiento planteado. En general,

[6] Obsérvese que es irrelevante la tasa a la cual se reduce el valor de verdad; puede ir disminuyendo de a 0.01, o de a 0.001, etc. Esto debido a que, por la premisa 4, necesariamente el valor de verdad irá disminuyendo a alguna tasa. Y, por la premisa 3, se garantiza que eventualmente el valor de verdad de alguna de las proposiciones llegará a una cantidad que clasifica en la categoría opuesta; a saber, que *x* sí forma un montón de arena.

existen infinitos números reales entre 0 y 1, por lo que si se agregan más granos de arena, podría entonces extenderse el número de decimales de los valores de verdad, tomando por ejemplo 0.99999, 0.99998, etc. En realidad la disminución en el valor de verdad postulada por la premisa 3 no debe ser necesariamente en la misma proporción en la que aumenta el número de granos de arena. Tampoco es imprescindible llegar siempre al 0 absoluto con el último grano de arena que se agrega, por lo que la consistencia del razonamiento no depende de establecer valores de verdad dependientes de proporciones o de cantidades finales *a priori*.

Con respecto a la validez, puede notarse que el razonamiento presentado tiene la propiedad de ser *válido*, ya que cada una de las proposiciones que se puedan ver involucradas (como puede verse en la columna Justificación de la tabla 4) se deduce lógicamente de las premisas mediante la regla de inferencia *modus ponens*. Por otro lado, el razonamiento es lógicamente consistente debido a que, independientemente de la valoración que se le asigne a cada proposición deducida en cada paso del razonamiento, una misma proposición no tendrá dos valoraciones distintas (o contradictorias), ya que la definición de cada una depende del número de granos de arena que esté referenciando. Si este es diferente del número de granos de arena de otra proposición, por la premisa 4, su valor de verdad será distinto y nunca cambiará a menos que lo haga el número de granos de arena que esté referenciando.

Este ejercicio pone de manifiesto la utilidad de la lógica difusa como esquema para validar los razonamientos hechos en la paradoja de sorites; no solo muestra que de las mismas premisas de la formulación original de la paradoja no se deduce ninguna contradicción, sino que además logra reflejar el cambio gradual que sufre la valoración de una conclusión a medida que ocurre un cambio gradual en la realidad fáctica. En esa medida podría decirse que la lógica difusa es una lógica que no privilegia un instante espacio-temporal específico (como sí lo hace la lógica clásica), sino que permite que sus valoraciones *cambien* con el tiempo o con la dinámica de los hechos. Esta característica esencial es la que permite extender este razonamiento a todos los razonamientos de tipo sorites (*i.e.* la paradoja del calvo, del hombre alto, etc.), dando pie a la formulación de un esquema general que abarque todos los razonamientos de tipo sorites y que logre garantizar su validez y consistencia. Esta es la labor que se realizará en la siguiente sección.

5. Generalización a otros razonamientos tipo sorites

En esta sección, que constituye la parte principal del aporte del presente trabajo, se pretende generalizar el concepto de paradoja de sorites y la aplicación de la lógica difusa como abordaje de estas situaciones, con el fin de proporcionar un marco metodológico que garantice su consistencia y validez.

Actualmente existen numerosos planteamientos que intentan generalizar los razonamientos tipo sorites; uno de los más populares es el formulado por Hyde, que se basa en predicados sujetos a sucesiones ordenadas. Otros autores como Weber y Colyvan diferencian entre sucesiones discretas o continuas, dando pie incluso a formulaciones topológicas de los razonamientos tipo sorites. Sin embargo, ninguna de estas propuestas toma en cuenta el marco de la lógica difusa, lo cual permite que se continúe con la contradicción dada por el abordaje basado en la LC, en ámbitos más extensos. Por lo tanto, se pretende formular una conceptualización general de los razonamientos tipo sorites con base en el marco teórico planteado por Zadeh (1975a, 1975b), a fin de contribuir a un esquema coherente que no solo sirva para garantizar la consistencia y validez de la paradoja de sorites, sino de todos los razonamientos tipo sorites. Esto es un avance en el desarrollo de una herramienta para el análisis de la vaguedad en el lenguaje común que permita dar continuidad a estudios de mayor profundidad en la filosofía del lenguaje y de la lógica.

Para dar cumplimiento a este propósito, se partirá del concepto ya definido de variable lingüística y se estudiarán las condiciones bajo las cuales es posible formular un razonamiento tipo sorites.

Recuérdese que la variable lingüística se definía por medio de categorías ordinales que estaban sujetas mediante una función semántica a una variable numérica llamada variable base (Zadeh 1975a). En el ejemplo propuesto, la variable base era la medida de la estatura en centímetros y, de acuerdo a los valores del grado de compatibilidad asignados por la función semántica, dicha estatura podía corresponder a un calificativo de Muy baja, Media, Alta, etc.

Para que una variable lingüística pueda ser considerada en este análisis, debe estar definida al menos por dos categorías. Si además la variable base tiene por lo menos dos valores consecutivos que son atribuibles a la misma categoría, entonces es posible plantear un razonamiento del tipo sorites, ya que se puede formular el condicional general como premisa. En este punto, la paradoja surgirá si el razonamiento se evalúa bajo la lógica clásica. Pero será un razonamiento consistente y válido si se evalúa desde la lógica difusa.

Para mostrar el funcionamiento de este esquema con un ejemplo, se tomará la variable lingüística *estatura* definida en la sección 3. Puede observarse que cumple con las condiciones mencionadas: 1) la variable lingüística (estatura) está definida a partir de más de dos categorías y 2) la función semántica (tabla 3) asigna al menos dos valores consecutivos de la variable base (la estatura en centímetros) a cada categoría. El razonamiento tipo sorites se formula relacionando los valores de la variable base con su correspondiente categoría, pero a manera de un razonamiento inductivo. En la siguiente sección se explica la formulación general de un razonamiento tipo sorites.

6. Formulación general de un razonamiento tipo sorites

Sea L una variable lingüística y $c_1, c_2, \ldots$ sus correspondientes categorías. Supóngase que $b_1, b_2, \ldots$ son los valores de la variable base y por lo menos b_1 y b_2 son atribuibles a c_1. El razonamiento tipo sorites es entonces de la siguiente forma:

Premisa 1: b_1 pertenece a c_1.

Premisa 2: Si b_x pertenece a c_x, entonces b_{x+1} pertenece a c_x.

Premisa 3: Existe un b_i que no pertenece a c_x.

Aplicando la lógica clásica y su regla de inferencia *modus ponens*, se obtiene:

Conclusión (de las premisas 1 y 2): Para todo *n*, b_n pertenece a c_x.

Contradicción entre la conclusión y la premisa 3.

Para el ejemplo de la variable lingüística *estatura*, su formulación en forma de razonamiento tipo sorites quedaría de la siguiente manera:

Premisa 1: 152 cm es una estatura muy baja.

Premisa 2: Si *x* es una estatura muy baja, *x* + 1 también lo es.

Premisa 3: Existe un valor de *x* para el cual la estatura no es muy baja.

Conclusión (de las premisas 1 y 2): Para todo *x*, *x* es una estatura muy baja.

Contradicción entre la conclusión y la premisa 3.

O de manera más coloquial:

Premisa 1: Una persona de 152 cm de estatura es una persona muy baja.

Premisa 2: Si una persona que tiene *x* cm de estatura es una persona muy baja, una persona que tenga *x* + 1 cm de estatura también lo es.

Conclusión: Todas las personas son muy bajas.

Aplicando la lógica difusa y su regla de inferencia *modus ponens*, se obtiene que las conclusiones anteriormente mencionadas no son totalmente ciertas para todo *x*, sino que depende del valor de la variable base y la función semántica asignada. Para demostrar esto, se formulará un esquema general basado en lógica difusa que soporte cualquier razonamiento tipo sorites de la forma en que se planteó anteriormente.

7. Planteamiento de la metodología basada en lógica difusa para cualquier razonamiento de tipo sorites

Al partir de un razonamiento de tipo sorites como el especificado en el aparte anterior, se está hablando de una variable lingüística y un condicional general que se aplica como premisa que relaciona de manera consecutiva los valores de una variable base con una categoría específica de la variable lingüística. Con base en el concepto de *verdad* que propone Zadeh (1975a) y que se expuso anteriormente, la lógica difusa plantea que el valor de verdad de una proposición de la forma "*x* es A" o "*x* pertenece a A" no sea necesariamente el mismo para todo *x*. Más aun, sostiene que cada caso debe evaluarse de manera individual, valorando qué tanta relación tiene en realidad *x* con la categoría A. Ahora, en el caso específico de los razonamientos de tipo sorites, se sabe que la medida de esta relación está dada por un aspecto cuantitativo: ciertas cantidades se relacionan mejor con una categoría que con otra. De esta manera, si se sabe *a priori* que cierta cantidad específica se relaciona estrechamente con una categoría específica (que de hecho siempre se conoce esto por la premisa 1 del razonamiento tipo sorites), es razonable suponer que en la medida en que esta cantidad cambie, también se modifica la cercanía de su relación con la categoría. Sin embargo, si se parte del hecho de que una cantidad *n* guarda la mayor relación posible con cierta categoría (más que cualquier otra cantidad), entonces en el evento en que esta cantidad cambie, necesariamente su relación con la categoría se hará cada vez más distante, debilitando así la veracidad de la proposición "*x* es A" a medida que la cantidad que representa *x* cambia. Esta conclusión se puede enunciar finalmente como una premisa adicional al razonamiento tipo sorites, que se propone precisamente expresar la paradoja de sorites en términos de la lógica difusa. El esquema completo desde la lógica difusa queda planteado de la siguiente manera:

Sea L una variable lingüística y $c_1, c_2, \ldots$ sus correspondientes categorías. Supongamos que $b_1, b_2, \ldots$ son los valores de la variable base y por lo menos b_1 y b_2 son atribuibles a c_1 (es decir, su función de verdad arroja valores muy similares). El razonamiento es entonces el siguiente:

> **Premisa 1:** b_1 pertenece a c_1.
>
> **Premisa 2:** Si b_x pertenece a c_x, entonces b_{x+1} pertenece a c_x.
>
> **Premisa 3:** Existe un b_i que no pertenece a c_x.
>
> **Premisa 4:** Si b_x es un número distinto a b_y, entonces el valor de la función de verdad de la proposición de la forma 'b_x pertenece a c_x' es distinto al valor de la función de verdad de la proposición de la forma 'pertenece a c_x' en la misma proporción en que lo es la diferencia entre b_x y b_y.

Este esquema basado en la lógica difusa permite que el condicional general (premisa 2) sea cierto para valores de la variable base consecutivos y muy cercanos, pero impide que esto se generalice para cualquier valor de la variable base, logrando así que sea imposible concluir que "todo b_i pertenece a c_x" y eliminando de esta manera el resultado contradictorio de los razonamientos de tipo sorites sin sacrificar la consistencia o la validez del razonamiento: si se examina la premisa 2, esta establece que si un valor b_x se asocia con una categoría c_x, entonces el valor que le sigue, es decir b_{x+1}, también debe asociarse con la misma categoría c_x. Siguiendo a la premisa 1, b_1 pertenece a c_1. De donde se concluye, por *modus ponens*[7], que b_2 también pertenece a c_1. Sin embargo, de acuerdo a la premisa 4, esta asociación de b_2 con c_1 no es tan fuerte como la de b_1 con c_1. De modo similar, la asociación de b_3 con c_1 no será tan fuerte como la asociación de b_2 con c_1, y será mucho más débil que la asociación

[7] Es necesario recordar que este no es un condicional visto desde la lógica clásica con una conclusión absoluta. Es un condicional de la lógica difusa que da pie a un razonamiento aproximado. Por eso se sugiere leer la premisa 2 de la siguiente manera: Si b_x pertenece a c_x (en un grado dado por su función de pertenencia), entonces b_{x+1} pertenece a c_x (en un grado dado por su función de pertenencia).

que hay entre b_1 y c_1. De esta manera, eventualmente se llegará a un valor tan distinto de b_1 (por ejemplo b_{1000}), que su grado de asociación con la categoría c_1 será prácticamente nulo (de acuerdo con la premisa 4), y haciendo así el razonamiento coherente con la premisa 3. Este esquema es válido para cualquier razonamiento tipo sorites que, como se mencionó al inicio de la sección, se puede ver simplemente como una variable lingüística que relaciona cantidades y cualidades de cierta manera.

Como también se mostró, cualquier atributo que sea expresable como una variable lingüística, es susceptible de formularse a manera de razonamiento tipo sorites. Por lo que existen innumerables paradojas de sorites potenciales en el lenguaje común, que pueden dar lugar a deducciones equivocadas con base en las contradicciones que conlleva el abordarlas bajo la lógica clásica. Sin embargo, el esquema formulado en esta sección permite identificar las condiciones bajo las cuales un razonamiento puede caer en una paradoja tipo sorites y además brindar un soporte lógico que permita realizar adecuadamente las deducciones correctas del caso, que debe hacerse vinculando el aspecto cuantitativo de la variable base con el valor de verdad de la proposición (que en realidad es el grado de compatibilidad del sujeto con el predicado), como se mostró en la sección anterior. De esta manera, no solo se evita la contradicción potencial de la paradoja, sino que se devela el carácter gradual de las apreciaciones con términos vagos que relacionan cantidad y cualidad, y las precauciones que se deben tener para no confundirlas con apreciaciones absolutas.

Como puede deducirse a partir de su carácter general, el esquema planteado sirve de marco metodológico para abordar cualquier razonamiento de tipo sorites y, además, plantea alternativas para futuras investigaciones en el abordaje de la problemática de la vaguedad del lenguaje desde el concepto de variable lingüística vista desde la lógica difusa. En este sentido, el lenguaje común y la vaguedad inherente a sus términos no sería un impedimento para los razonamientos válidos y consistentes, como demostró en parte el presente trabajo.

En cuanto a la filosofía del tiempo, el esquema formulado en esta sección da paso a otra alternativa de investigación si se considera el *tiempo* como una variable lingüística, y se piensa en sus categorías básicas definidas como Pasado, Presente y Futuro. Esto plantearía una perspectiva difusa del tiempo que no solo supera las dificultades que implicaba hablar de un instante específico en medio del continuo paso del tiempo, sino que permite considerar aquellas proposiciones cuyo valor de verdad cambia con el tiempo, o en general, poder hacer enunciaciones acerca de eventos específicos en el tiempo sin perder validez o consistencia.

8. Conclusiones

En el presente trabajo se estudió la formulación de la paradoja de sorites por parte de Eubúlides de Mileto. Desde la evolución de su contexto histórico, y después de encontrar una forma lo más refinada posible de esta paradoja, se analizó desde la lógica clásica por qué sucedía la contradicción. Surge más adelante el trabajo de Hájek y Novák, quienes toman las ideas de Lotfi Zadeh (1965) sobre una lógica difusa para abordar fenómenos de la vaguedad del lenguaje. Hájek y Novák se centraron en resolver la contradicción de la paradoja, pero de una forma matemática y sin un estudio del ámbito filosófico del lenguaje, que es de donde partió inicialmente la problemática. Esto llevó a que la solución propuesta por Hájek y Novák se quedara simplemente en una respuesta "matemática" a un problema esencialmente filosófico y del lenguaje. Era por tanto necesario devolver la problemática de sorites a su contexto original y aplicar los avances de estos autores a una formulación netamente lógica y filosófica, que permitiera definir en realidad un abordaje de la paradoja de sorites desde la filosofía, pero teniendo en cuenta los aportes que, como mostraron estos autores, la lógica difusa puede hacer.

Con esta ruta trazada, se logró construir todo un esquema lógico, con base en la lógica difusa, que verifica la consistencia y validez de los razonamientos de tipo sorites eliminando la famosa contradicción a la que se llegaba usando la lógica clásica. Además, a partir de las ideas de Zadeh (1975a, 1975b), se logró generalizar este tipo de paradojas particulares, definiendo un concepto para los razonamientos de tipo sorites que se utilizó para identificar las condiciones bajo las cuales puede suceder una paradoja de tipo sorites en el lenguaje común, por lo que la paradoja de sorites sirvió como pretexto para mostrar el funcionamiento de una técnica novedosa (la lógica difusa) en el tratamiento de la vaguedad en el lenguaje, y para señalar que la vaguedad no implica necesariamente razonamientos inválidos o inconsistentes como postulaban autores como Frege y Russell.

Los aportes desarrollados y presentados en este trabajo pretenden generar una reflexión filosófica en torno al concepto de vaguedad y el uso de razonamientos e inferencias que la involucran. Se ha establecido que el lenguaje común utiliza permanentemente términos vagos. Y el uso de una lógica absoluta, objetiva y unívoca en el lenguaje común puede llevar a deducciones equivocadas y a contradicciones con la realidad fáctica. Estas contradicciones implícitas en el discurso tienen como consecuencia falacias lógicas que son aparentemente indetectables en una mirada superficial o que, pero aún, son contradicciones lógicas que pueden ser explotadas deliberadamente con fines retóricos.

La propuesta presentada en este trabajo no pretende ser "la respuesta" a la problemática que suscita la paradoja de sorites; tampoco "una solución" a la paradoja. Tan solo cuenta como lo que en realidad es: una propuesta. Una alternativa sujeta por supuesto a debate, pero que busca mostrar la existencia de otras formas de abordar las contradicciones surgidas en el lenguaje común sin renunciar a la consistencia o validez de la lógica. Lo anterior evidencia la posibilidad de razonar de *otra forma* en filosofía, que quizás no se había contemplado desde Aristóteles, o quizás sí pero se había hecho sin saberlo o de una manera inadecuada.
El abordaje de razonamientos con base en la lógica difusa permite, como se mostró en este trabajo, ampliar el panorama de estudio de los fenómenos del lenguaje y de la forma en como los seres humanos pensamos y razonamos. Si se reflexiona sobre este punto, se llegará a la conclusión de que en realidad no razonamos a manera de premisas y conclusión, o de proposiciones atómicas de la forma "$p \rightarrow q$" como pretenden creer los lógicos. Sino que, por el contrario, puede ser que en realidad nuestra forma de razonar sea más bien como lo sostenía Zadeh (1975a), a manera de *razonamiento aproximado*. Con apreciaciones subjetivas y cualitativas; identificando grados de pertenencia a categorías para realizar juicios que, aunque puede que no se haga cuantitativamente como se representó en este trabajo, sí sea un ejercicio intuitivo que se desarrolle de manera muy similar al de la lógica difusa.

Este planteamiento de la lógica difusa como abordaje genera alternativas para ampliar la investigación en muchas vías: en la definición de la vaguedad del lenguaje, en la posibilidad de razonar con términos vagos, en el estudio de la definición de categorías y conceptos usando el lenguaje común (pilar del discurso filosófico) o simplemente en la continuación del debate sobre el uso de la lógica difusa. Esto sin mencionar la aplicación de este abordaje a conceptos específicos como el tiempo, la democracia, la pobreza, el ser o la diferencia, o en estudios éticos como la eliminación de la polarización y la posibilidad de convergencia a un consenso.

Con esto se muestra que las posibilidades que ofrece el abordaje de los razonamientos con la lógica difusa es un panorama amplio que no se debe ignorar, y que alcanza a tocar hasta los fundamentos mismos del discurso filosófico. Se espera que el presente trabajo haya servido para aportar en algo a la discusión en la filosofía del lenguaje y promover el interés y la reflexión en esta vía de investigación.

TRABAJOS CITADOS

Hájek, P., y Novák, V. "The Sorites Paradox and Fuzzy Logic". *International Journal of General Systems* 32.4 (2003): 373–383.

Hyde, Dominic y Raffman, Diana. "Sorites Paradox". 1997. Ser: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Ed. Edward N. Zalta. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2018. <http://plato.stanford.edu/entries/sorites-paradox/>

Jaśkowski, S. "On the Rules of Suppositions in Formal Logic". *Studia Logica* 1.1 (1934): 5–32.

Kamp, H. "The Paradox of the Heap". *Aspects of Philosophical Logic*. *Synthese Library* (*Studies in Epistemology, Logic, Methodology, and Philosophy of Science*). Ed. U. Mönnich. Dordrecht: Springer Netherlands, 1981. <http://doi.org/10.1007/978-94-009-8384-7>

Kim, Jaegwon y Ernest Sosa. *A Companion to Metaphysics*. Malden: Blackwell, 2009.

Rescher, N. *Paradoxes: Their Root, Range and Resolution*. Chicago, Illinois: Open Court Publishing, 2001. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Russell, B. "Vagueness". *Australasian Journal of Psychology and Philosophy* 1.2 (1923): 84–92. <http://doi.org/10.1080/00048402308540623>

Weber, Z., y Colyvan, M. "A Topological Sorites". *The Journal of Philosophy* 107.6 (2010): 311–325.

Zadeh, L. Fuzzy Sets. *Information and Control*. 8.3 (1965): 338-353. <http://doi.org/10.1109/2.53>

___. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning—I. *Information Sciences* 8.3 (1975a): 199-249. <https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90036-5>

___. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning—II. *Information Sciences* 8.4 (1975b): 301–357. <https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90046-8>