

Marcos Argumentativos Etiquetados

Maximiliano C. D. Budán

Directores: **Guillermo R. Simari** y **Rosanna N. Costaguta**

Fecha de exposición: 16/12/2015

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur,
Departamento de Matemáticas, Universidad Nacional de Santiago del Estero,
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Av. Alem 1253, (B8000CPB) Bahía Blanca, Argentina
Tel: (0291) 459-5135 / Fax: (0291) 459-5136
e-mail: mcdb@cs.uns.edu.ar

Resumen

El área de la representación del conocimiento y el razonamiento rebatible en Inteligencia Artificial se especializa en modelar el proceso de razonamiento humano de manera tal de establecer qué conclusiones son aceptables en un contexto de desacuerdo. En términos generales, las teorías de la argumentación se ocupan de analizar las interacciones entre los argumentos que están a favor o en contra de una determinada conclusión, para finalmente establecer su aceptabilidad.

El objetivo principal del presente trabajo es expandir la capacidad de representación de los marcos argumentativos permitiendo representar las características especiales de los argumentos, y analizar cómo éstas se ven afectadas por las relaciones de soporte, agregación y ataque que se establecen entre los argumentos de un modelo que representa una determinada discusión argumentativa. Para ello, añadiremos un meta-nivel de información a los argumentos en la forma de etiquetas extendiendo así sus capacidades de representación, y brindaremos las herramientas necesarias para propagar y combinar las etiquetas en el dominio de la argumentación. Finalmente, utilizaremos la información proporcionada por las etiquetas para optimizar el proceso de aceptabilidad de los argumentos y brindar así resultados más refinados.

1. Introducción

El estudio de la teoría de la argumentación constituye un tema que desde la Grecia clásica ha atraído la atención de filósofos e investigadores relacionados a diferentes áreas de estudio. Este interés se debe, sin duda, a que la argumentación está presente en diversos aspectos de nuestras vidas, ya sea en aquellas situaciones cotidianas más sencillas o en aquellos debates más complejos. Descripto de una manera simple, la *argumentación* es un discurso expositivo que tiene como finalidad la intención de persuadir o convencer a alguien de dar apoyo a una “*postura*” o “*tesis*”, con la intención de ganar su asentimiento o adhesión a la causa argumentada. La argumentación tiene tres objetivos principales: *identificar*, *analizar* y *evaluar* argumentos que están a favor o en contra de una tesis. Es

usual utilizar el término *argumento* para referirse a la entrega de razones que apoyen o refuten una tesis, la cual debe ser cuestionable o abierta a duda. En un sentido lógico formal, un argumento está compuesto por tres elementos: una conclusión, un conjunto de premisas que respaldan dicha conclusión, y un mecanismo de inferencia que permite alcanzar la conclusión a partir del conjunto de premisas [2].

La argumentación discute las situaciones problemáticas del mundo real a través de un proceso analítico, denominado *proceso argumentativo*, el cual puede presentarse como un juego en donde intervienen tres entidades: un *proponente*, un *oponente* y un *juez* o *árbitro* o *jurado*. Por un lado, el *proponente* desempeña la función de introducir la tesis y brindar los argumentos que la soportan. Por otro lado, el rol del *oponente* es el de interponerse al propósito del proponente, y para ello, ofrece argumentos que contradicen o refutan la tesis, o los argumentos introducidos por el proponente. Los argumentos del proponente se denominan argumentos *pro* y los del oponente se denominan *op*. Un argumento ofrecido para batir a otro argumento se denomina *contra-argumento*. Así, el proceso argumentativo comienza cuando el proponente introduce una tesis junto a los argumentos *pro* que soportan la misma, luego es el turno del oponente quien ofrece sus contra-argumentos. En este momento, el proponente se transforma en oponente de su contrincante y ofrece contra-argumentos para los argumentos introducidos por su contrincante. El proceso continúa de esta manera hasta agotarse. Una vez que se tienen presentes todos los argumentos *op* y *pro*, entra en juego el papel del *arbitro* o *jurado* o *audiencia*, quien determina cual de estos argumentos serán aceptados, y pasarán a ser considerados como creencias o verdades. Finalmente, el conjunto de creencias que un agente o sistema inteligente posee es usado con diferentes propósitos, como ser solucionar alguna situación problemática del mundo real de una manera eficiente u óptima.

Desde los años 80, la Inteligencia Artificial (IA) ha buscado producir avances frente al desafío de imitar el mecanismo de razonamiento que los seres humanos generalmente empleamos para debatir acerca de algún tema específico, ya sea con otros seres humanos o internamente con uno mismo, con el propósito de especificar una base de creencias que puede ser utilizada para razonar de manera inteligente frente a determinadas situaciones problemáticas. En este sentido, para lograr este comportamiento, es necesario identificar la situación problemática, representar el conocimiento disponible, y tratar de razonar sobre esta representación para alcanzar una óptima solución en base a la información disponible. Como se explicó anteriormente, es usual que el conocimiento relacionado a la situación planteada sea inconsistente. Es por ello que, se necesitan técnicas de representación y razonamiento que permitan abordar estos problemas. Existen dos visiones que se enfocan a solucionar o tratar el problema del conocimiento inconsistente, los cuales son: *restaurar* la consistencia, objeto de estudio de la *Revisión de Creencias*; o *razonar* en un modelo que contiene inconsistencia, construyendo y evaluando argumentos que soportan conclusiones contradictorias, objeto de estudio de la *Argumentación Rebatible* [16].

La argumentación rebatible es una formalización del razonamiento rebatible [17] donde se pone especial énfasis en la noción de argumento. En particular, un argumento para una conclusión *C* constituye una pieza de razonamiento tentativa que un agente inteligente está dispuesto a aceptar para explicar *C*. Si el agente adquiere luego nueva información, la conclusión *C* junto al argumento que la soporta podrían quedar invalidados. En un sistema argumentativo rebatible la validez de una conclusión *C* será garantizada, cuando exista un argumento que brinde una justificación válida para *C*. Este proceso involucra la construcción de un argumento *A*, para *C*, que no se encuentre derrotado. En este sentido, para verificar si el argumento *A* está derrotado, se construyen contra-argumentos que son posibles derrotadores de *A*. Como estos derrotadores son argumentos, se debe verificar que no estén a su vez derrotados, y así siguiendo. De esta manera se modela el proceso de razonamiento en el cual se producen y se evalúan argumentos a favor y en contra

de una conclusión para verificar la garantía de dicha conclusión [17]. Los formalismos argumentativos crean modelos argumentativos para representar y analizar las diferentes situaciones problemáticas del mundo real. Cada uno de estos modelos posee diferentes niveles de abstracción, dependiendo del dominio de estudio para el que dichos modelos son creados. Actualmente, los formalismos basados en la argumentación rebatible han sido aplicados con éxito a diferentes problemas de la IA, tales como negociación, razonamiento legal, sistemas de recomendación y de conciliación de ontologías, entre otros.

2. Motivaciones

Los formalismos argumentativos clásicos brindan la posibilidad de crear modelos que permiten representar el conocimiento en forma de argumentos, analizarlos, y evaluarlos para determinar cuáles son aptos para respaldar la toma de decisiones o realizar acciones de manera inteligente. En estos formalismos, el análisis y la evaluación de los argumentos se realiza en base a dos factores: las propiedades que determinan la solidez lógica de un argumento, y las relaciones definidas entre argumentos. Sin embargo, el mundo real es incierto e impreciso, es por esto que la realidad no puede estudiarse en términos absolutos con técnicas aplicables a situaciones ciertas, que en la búsqueda de la precisión, intentan ajustar el mundo real a modelos matemáticos rígidos y estáticos perdiendo con ello información valiosa. Por ello, según L. Zadeh, al abordar el estudio de fenómenos y a medida que la complejidad de un sistema aumenta, nuestra capacidad de realizar formulaciones precisas y significativas sobre su comportamiento disminuye hasta que se alcanza un umbral por debajo del cual la precisión y la relevancia se convierten en características mutuamente excluyentes [19]. En base a este análisis, los formalismos argumentativos deberían poseer la capacidad de representar no sólo las propiedades relacionadas a la solidez lógica de los argumentos, sino también otras propiedades dependientes del dominio de aplicación que proporcionen modelos argumentativos más representativos de la realidad con el objetivo de optimizar los procesos de razonamiento que se llevan a cabo sobre dichos modelos. Esta intuición sugiere que sería beneficioso aumentar la capacidad de representación de las estructuras argumentales para permitir modelar las cualidades especiales de los argumentos. La noción de valorar y ponderar argumentos, fue inicialmente introducida por Bench-Capon en [1], y ha comenzado a cobrar cada vez más importancia en los últimos años. Bench-Capon asocia su pensamiento al trabajo de jurisprudencia propuesto por Perelman [13], el cual puede ser tomado como fuente de ejemplos, donde las valoraciones asociadas a los argumentos se muestra como algo natural en el razonamiento humano.

Los procesos argumentativos que incorporan valoraciones asociadas a los argumentos pueden ser estudiados en dos etapas: la determinación de las valoraciones asociadas a los argumentos, y la selección de los argumentos aceptados. La valoración de un argumento puede ser obtenida independientemente de las interacciones definidas con otros argumentos, o puede ser dependiente de las relaciones que un argumento posee con los demás argumentos del modelo, tales como soporte, ataque, agregación y conflicto. En cuanto a la selección del conjunto de los argumentos que se encuentran aceptados, es posible realizar un análisis en dos direcciones: la aceptabilidad individual y la aceptabilidad colectiva. En el primer caso, la aceptabilidad de un argumento depende enteramente de sus atributos. En el segundo caso, la aceptabilidad de un conjunto de argumentos depende del cumplimiento de ciertas propiedades predefinidas.

En los últimos años, surgieron diversos formalismos modelando distintos aspectos del mundo real bajo distintos fines u objetivos. Por ejemplo, Cayrol y Lagasque-Schieh en [7] propusieron un marco argumentativo en donde persiguen como propósito introducir gradualidad en la selección de los mejores argumentos, presentando así diferentes niveles de aceptabilidad. En este caso, las valoraciones asociadas a los argumentos dependen de la re-

lación de ataque que se producen entre los mismos, es decir, a mayor número de atacantes menor es la fuerza del argumento atacado. Por otro lado, Joao Leite and Joao Martins en [11] presentan una extensión del marco argumentativo de Dung donde se incorporan votos sociales asociados a cada argumento; así, se añade el aspecto social a los modelos argumentativos representando el contexto en el cual se lleva a cabo el debate. De esta manera, es posible realizar votos a favor y en contra de cada argumento, afectando de manera positiva o negativa la fortaleza de cada uno de ellos. En este formalismo, todos los ataques definidos sobre los argumentos tienen el mismo impacto, es decir, la fuerza del ataque no tiene en cuenta los diferentes niveles de experticia de los votantes. En base a esta postura, Egilmez *et al.* en [8] presentan una extensión, en donde es posible asignar votos a los ataques, brindando la posibilidad de reflejar variaciones en la fuerza de los ataques producidos entre argumentos. Por otro lado, Pollock en [14] argumenta que en la mayoría de las semánticas para el razonamiento rebatible no se tienen en cuenta el hecho de que algunos argumentos son mejores que otros, ofreciendo así diferentes niveles de apoyo para sus correspondientes conclusiones.

En bases a estas líneas de investigación podemos concluir que los formalismos argumentativos necesitan contar con la capacidad de representar las características de los argumentos que son dependientes del dominio de aplicación, con el objetivo de crear modelos argumentativos más representativos del mundo real. En esta dirección, sería posible lograr una satisfactoria integración de la argumentación en los diferentes dominios de aplicación, tales como agentes autónomos en sistemas de soporte a las decisiones, búsqueda inteligente en la web, administración del conocimiento, sistemas de recomendación, y otros dominios de similar importancia.

3. Contribuciones y resultados de la tesis

El objetivo principal de esta línea de investigación es expandir la capacidad de representación de los formalismos argumentativos. En términos generales, en este trabajo, se presentan dos formalismos, cada uno de ellos con un cierto nivel de abstracción, que permiten considerar la meta-información dependiente del dominio de aplicación dentro del proceso de razonamiento argumentativo. Esta meta-información estará asociada a los argumentos tomando la forma de etiquetas, incrementando así su capacidad de representación. Dichas etiquetas pueden ser afectadas por las relaciones existentes entre los argumentos del modelo. Por esta razón, se define una estructura algebraica, llamada álgebra de etiquetas argumentales, que permite la combinación y propagación de la información asociada a los argumentos en el dominio de la argumentación. Así, la introducción de las etiquetas nos brinda la posibilidad de representar las características asociadas a los argumentos, tales como grado de incertidumbre, grado de confiabilidad, valores posibilísticos, valores probabilísticos, medidas de fuerza, o cualquier propiedad relevante, proporcionando la herramienta para refinar el proceso por el cual se determina la aceptabilidad de los argumentos, y la calidad de garantía de una determinada conclusión.

A continuación introduciremos brevemente los tres aportes principales que se realizan en esta tesis. En primer lugar, describiremos las estructuras y operaciones algebraicas que se utilizarán para representar y propagar las características especiales de los argumentos. Luego, presentaremos los formalismos argumentativos etiquetados (o valuados) que se desarrollaron con el objetivo de expandir la capacidad de representación de los formalismos argumentativos actuales, ampliando el alcance de los procesos argumentativos que es posible modelar a través de las teorías argumentativas. Los resultados de las contribuciones expuestas en esta tesis están incluidos en los artículos *Modelling time and reliability in structured argumentation frameworks* publicado en *The Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning* [6], *Modeling time and valuation in structured*

argumentation frameworks publicado en *The Journal Information Sciences An aif-based labeled argumentation framework* publicado en *The Conference on Foundations of Information and Knowledge Systems* [5], *A labeled argumentation framework* publicado en *The Journal of Applied Logic* [4], entre otras.

Álgebra de Etiquetas Argumentales

En esta tesis se propuso la formalización de un álgebra que consiste de un conjunto de etiquetas equipadas con una colección de operadores que permiten combinar y propagar estas etiquetas según las relaciones que se producen entre los argumentos, tales como soporte, conflicto y agregación. Así, se introduce el uso de etiquetas como una herramienta para ayudar a la caracterización y evaluación de los argumentos. Para ser de utilidad, estas etiquetas deben contener información distintiva de los argumentos, y la manera en la que éstos interactúan en el dominio de la argumentación. Una forma natural de representar esta información es la utilización de una escala que mida las características distintivas de los argumentos, como ser el grado de confiabilidad del mismo en base a la confiabilidad que se tiene de las fuentes que los proporcionan, la relevancia de la información que proporciona un argumento dependiendo de los puntos de análisis de un usuario, entre otros. En concreto, el álgebra de etiquetas se basa en un conjunto ordenado que permite la comparación de las *etiquetas argumentales*, y este conjunto se caracteriza de la forma más abstracta posible para adaptarse a los distintos requisitos que poseen las diferentes aplicaciones del dominio de la argumentación. Formalmente:

Definición 1 *Un Álgebra de Etiquetas Argumentales esta compuesta por una 7-tupla que tiene la forma $A = \langle A, \leq, \odot, \oplus, \ominus, \top, \perp \rangle$, donde:*

- A es un conjunto de etiquetas argumentales, llamado dominio de etiquetas;
- \top y \perp son dos elementos distintivos de A , tal que \top es el mayor elemento, mientras que \perp es el menos de ellos;
- \leq es una relación de orden parcial sobre el conjunto de etiquetas argumentales A , donde \leq es reflexiva, antisimétrica y transitiva;
- $\odot : A \times A \rightarrow A$ es denominado el operador de soporte *satisfaciendo las propiedades conmutativa, asociativa y monótona;*
- $\oplus : A \times A \rightarrow A$ es denominado el operador de agregación *satisfaciendo las propiedades conmutativa, asociativa y monótona;* y
- $\ominus : A \times A \rightarrow A$ es denominado el operador de conflicto *satisfaciendo las propiedades modulativa, uniforme y monótona.*

El operador de soporte, denotado como “ \odot ”, es usado para determinar la valuación de un argumento basado en las valuaciones de los argumentos que lo soportan. Esta dependencia debe ser invariante del orden con el cual se consideran los argumentos de apoyo, y por lo tanto, la operación de soporte debe ser conmutativa y asociativa. Asimismo, la propiedad de monotonocidad del operador “ \odot ” es justificada por el *principio del eslabón más débil*, puesto que si un argumento es soportado por un conjunto de argumentos, su valuación debe ser menor o igual a la menor valuación de los argumentos que lo soportan. Por otro lado, el operador de agregación, denotado como “ \oplus ”, es usado para determinar la valuación de una conclusión basada en las valuaciones de las diferentes fuentes “*independientes*” que la soportan. La agregación de argumentos fue cuidadosamente motivada dentro del dominio de la argumentación basándose en la siguiente intuición: mientras mayor sean las razones para soportar una determinada conclusión, mayor será la credibilidad de la misma [18, 15, 10]. La forma más natural de realizar la agregación de argumentos es

efectuando una adición de las valuaciones de las fuentes que soportan dicha conclusión, o aplicar alguna operación que sea una variación de la adición, dependiendo de la clase de información que se desea operar. El operador “ \oplus ” tiene algunas de las propiedades de la adición. De esta manera, “ \oplus ” debe ser conmutativa y asociativa, con \perp como elemento neutro tal que una fuente con dicha valuación no represente ningún significado en el momento de obtener la valuación agregada final. Finalmente, el operador de conflicto, denotado como “ \ominus ”, actúa como una clase de sustracción con respecto a la adición de los números reales en relación al operador de agregación “ \oplus ”. En un sentido general, el operador de conflicto determina las valuaciones de un argumento al momento de considerar las valuaciones asociadas a las razones contrapuestas. Así, un argumento puede ser debilitado, y en algunos casos derrotado, según la fuerza de sus contra-argumentos. Al caracterizar el operador de conflicto se establecieron todas las condiciones necesarias para garantizar una coherente resolución de los conflictos dentro del dominio de la argumentación. En este sentido, el operador satisface las propiedades: modulativa, uniforme y monótona.

Existen diferentes ejemplos de instanciación para el álgebra de etiquetas argumentales, y es importante determinar cual de ellas es la más apropiada para modelar los diferentes casos del mundo real. Esta selección es principalmente metodológica, por ello, es necesario analizar la semántica del dominio de diferentes maneras posibles, como ser: diseñar experimentos usando ejemplos donde se conoce la conclusión deseada, realizar pruebas utilizando la evaluación cognitiva de sujetos humanos aproximando sus evaluaciones a las valoraciones de argumentos obtenidos después de computar sus interacciones, entre otros. [?].

Marco Argumentativo Estructurado General Etiquetado

Se considera una sucesión de formalismos argumentativos que van evolucionando en nivel de detalle y capacidad de representación del mundo real, partiendo del marco argumentativo abstracto propuesto por Dung hasta llegar a un marco argumentativo estructurado general etiquetado (*Figura 1*).

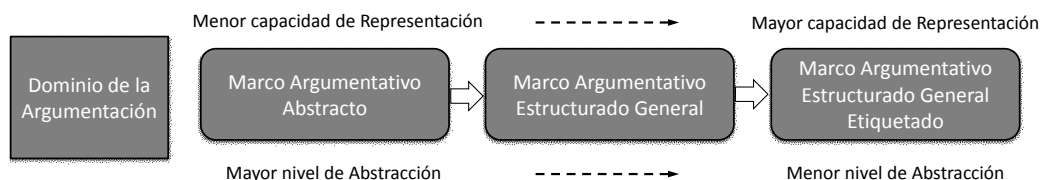


Figura 1: Marco argumentativo abstracto / Estructurado / Etiquetado

En primer lugar, se presenta un formalismo denominado *Marco Argumentativo Estructurado* (*GeSAF*, por su sigla en inglés), que permite representar la estructura interna de los argumentos a través de estructuras argumentales, y establecer diferentes tipos de relaciones entre ellas, tales como conflicto, preferencia y derrota. De esta manera, *GeSAF* mantiene un cierto grado de abstracción, permitiendo describir la estructura interna de los argumentos teniendo en cuenta la información que forma parte de sus estructuras, tales como pasos de razonamiento, suposiciones y evidencias. Existen dos razones que justifican el desarrollo de un formalismo que permite pasar de un marco argumentativo abstracto a un marco argumentativo estructurado. Por una parte, su introducción permite una generalización de diferentes sistemas argumentativos estructurados, tales como ABA [3], ASPIC+ [12], o DeLP [9], sin tener que comprometerse específicamente a uno de ellos; en segundo lugar, se pueden generalizar las nociones de aceptabilidad que capturan el proceso de aceptabilidad, posibilitando la adaptación de dicho proceso a los cambios del dominio de la aplicación, analizando así un mismo modelo argumentativo aplicando

diferentes semánticas. Luego, se introduce el desarrollo de un marco argumentativo estructurado general etiquetado (*L-GeSAF*, por su sigla en inglés), en el cual se incorpora las nociones y estructuras formales necesarias para asociar meta-información en forma de etiquetas a cada uno de los argumentos, tales como su grado de confiabilidad, votos sociales, entre otros. Por lo general, esta información no se encuentra asociada directamente a los argumentos sino que está relacionada a las piezas básicas del conocimiento a partir de las cuales son construidos. En este sentido, sería interesante determinar las cualidades de los argumentos que intervienen en una discusión argumentativa en base a las cualidades asociadas a las piezas de conocimiento que integran la misma con la intención de tener una noción de su fuerza colectiva. Por ello, usaremos un álgebra de etiquetas argumentales como la herramienta para posibilitar su correcta combinación y propagación dentro del dominio de la argumentación. En *L-GeSAF*, la información asociada a los argumentos puede ser usada de diversas formas dependiendo de los fines que se desea alcanzar, como ser proporcionar información adicional acerca de la aceptabilidad de los argumentos (por ejemplo, el nivel de confiabilidad de los argumentos, el valor posibilístico o probabilístico asociado a los argumentos, entre otros), establecer la calidad de garantía de una conclusión en base a la agregación de las cualidades de los argumentos que la soportan, y definir un umbral de garantía que establece las condiciones que una determinada conclusión debe satisfacer para ser considerada válida.

Marco Argumentativo Etiquetado

Se presenta un formalismo argumentativo etiquetado que permite representar las características de los argumentos del modelo que representa una situación problemática del mundo real, partiendo como base de un modelo argumentativo creado por una ontología argumentativa llamada *Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos* (Figura 2).

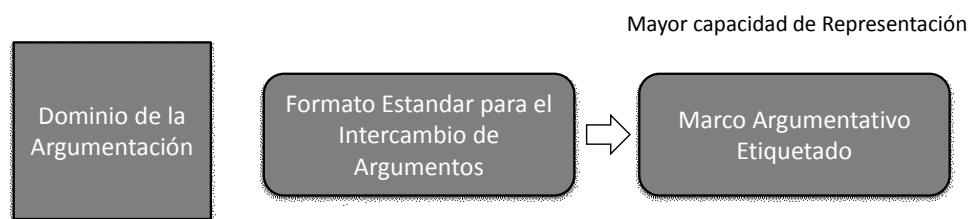


Figura 2: Marco Argumentativo Etiquetado

De esta manera, se introduce un formalismo argumentativo para facilitar la representación del conocimiento conocido como *Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos* (*AIF*, por su sigla en inglés), compuesto por un conjunto de conceptos de alto nivel relacionados con el dominio de la argumentación. En *AIF*, se introduce una ontología para expresar las relaciones entre estructuras argumentales con el objetivo de proporcionar un puente entre modelos lingüísticos, lógicos y formales de argumentación y razonamiento. Es importante notar que la ontología de *AIF* está pensada puramente como un lenguaje para expresar argumentos y representar las relaciones existentes entre ellos. Luego, se propone la construcción de un formalismo llamado *marco argumentativo etiquetado* (*LAF*, por su sigla en inglés), en donde se combina las capacidades de representación del conocimiento proporcionadas por *AIF* con el procesamiento de meta-información definido por el álgebra de las etiquetas argumentales. Este marco argumentativo nos permitirá representar argumentos teniendo en cuenta su estructura interna, modelar las diferentes relaciones entre argumentos, y adjuntar a los argumentos sus características especiales a través de etiquetas argumentales. Las interacciones entre argumentos tales como soporte, conflicto

y agregación, tienen asociadas operaciones en el álgebra de etiquetas argumentales permitiendo plasmar el comportamiento del conocimiento en el dominio de la argumentación. Finalmente, se utilizará la información proporcionada por dichas etiquetas para alcanzar diferentes propósitos, tales como proporcionar información adicional acerca de la aceptabilidad de los argumentos, establecer diferentes grados de aceptabilidad en base a las cualidades de los argumentos, definir un umbral de calidad en donde se establezcan las condiciones necesarias para que un argumento sea considerado lo suficientemente fuertes como para ser aceptado, brindar la posibilidad de analizar las posibles soluciones a un modelo argumentativo que representa una determinada situación problemática estableciendo los escenarios que optimicen la justificación de una determinada conclusión.

4. Conclusiones

En la actualidad, el estudio de la argumentación ha recobrado vigencia debido a la gran influencia que los medios de comunicación tienen sobre la sociedad. Esta influencia se manifiesta en el planteamiento de estrategias argumentativas para convencer al público acerca de ciertos valores e ideas. Ejemplo de esto son los discursos argumentativos relacionados con la publicidad o el pensamiento político. Así pues, la principal motivación del estudio de la argumentación consiste en establecer si el razonamiento planteado es verosímil, es decir, si quien es objeto de la argumentación estará dispuesto a aceptarla. En este sentido, los formalismos argumentativos deben poseer la capacidad de representar el discurso argumentativo que plasma una determinada situación problemática del mundo real, y determinar la validez de los argumentos participantes. No obstante, el mundo real es muy complejo e impreciso, es por ello que la realidad no puede estudiarse en términos absolutos. Es decir, la realidad no puede analizarse ni modelarse sin tener en cuenta ciertas características tales como la incertidumbre o la imprecisión de la información que poseemos sobre la situación del mundo real que pretendemos estudiar. Por ello, es correcto pensar que los formalismos argumentativos deberían poseer la capacidad de representar no sólo las propiedades relacionadas a la solidez lógica de los argumentos, sino también otras propiedades dependientes del dominio de aplicación, proporcionando modelos argumentativos más cercanos a la realidad con la intención de optimizar los procesos de razonamiento que se llevan a cabo sobre dichos modelos.

En este trabajo se introdujo el uso de etiquetas como una herramienta para ayudar a la caracterización y evaluación de los argumentos. En particular, definimos un *álgebra de etiquetas argumentales* como una estructura algebraica abstracta, donde se establece el conjunto de operaciones necesarias para manipular las características asociadas a los argumentos. En este sentido, los efectos del soporte, la agregación, y el conflicto entre argumentos se reflejan en las etiquetas argumentales que cada argumento tiene asociada. De esta manera, las etiquetas cumplen la función de informar cómo los argumentos se afectan entre sí. En este sentido, dentro de los formalismos presentados en esta tesis, las etiquetas argumentales que proporcionan información sobre las características de los argumentos son usadas para diversos fines, tales como: (i) evaluar los estados de aceptabilidad asociados a los argumentos, ya que la información proporcionada por las etiquetas argumentales colabora en el proceso de aceptabilidad capturando el comportamiento del conocimiento dentro del modelo argumentativo; (ii) especificar una *relación de preferencia*, ya sea parcial o total, sobre el conjunto de argumentos en base a sus características especiales; (iii) analizar la resolución de conflictos entre argumentos reflejando la disminución bidireccional de las cualidades; (iv) establecer diferentes grados de aceptabilidad usando la información asociada a los argumentos; (v) introducir un *umbral de calidad* con el objetivo de establecer los requerimientos mínimos que un argumento debe satisfacer

para formar parte de la justificación que sustenta una determinada afirmación, decisión o acción; (vi) analizar un conjunto de soluciones que representen las diferentes propagaciones de los atributos asociados a los argumentos que conforman un determinado modelo argumentativo con la intención de identificar aquella solución que optimice las cualidades de una determinada conclusión; y (vii) combinar diferentes características con la intención de proporcionar respuestas más contundentes sobre el estado de una conclusión.

5. Líneas de investigación futuras

A continuación se incluyen algunas líneas de investigación relacionadas a esta tesis sobre las cuales se pretende seguir trabajando:

- En *LAF* la complejidad para resolver el sistema de ecuaciones que modela el comportamiento del conocimiento está asociada a la selección de las operaciones que determinan cómo las etiquetas argumentales serán afectadas por las interrelaciones del conocimiento dentro del grafo argumentativo. La linealidad de un sistema admite ciertas suposiciones matemáticas y aproximaciones que permiten un cálculo más sencillo de los resultados ya que los sistemas no lineales son usualmente difíciles (o imposibles) de tratar, y sus comportamientos con respecto a una variable dada es extremadamente difícil de predecir. En futuros trabajos se pretende profundizar en la caracterización del álgebra de etiquetas argumentales con la intención de establecer las condiciones necesarias que aseguren la creación de un sistema de ecuaciones matemáticamente solubles y computacionalmente tratables.
- En ciertas situaciones del mundo real se necesita la representación de la disponibilidad temporal de los argumentos dentro del dominio de la argumentación con la intención de crear modelos argumentativos dinámicos que contemplen cómo los argumentos son afectados por los eventos del mundo en un momento determinado. En base a esta intuición, definiremos un álgebra de etiquetas temporales que nos permita manipular y propagar la disponibilidad temporal de las piezas de conocimiento que forman parte de la estructura interna de un argumento, creando así un modelo argumentativo dinámico que modele cambios en las relaciones establecidas entre las estructuras argumentales. Asimismo, se propone modelar la variación de los atributos de un argumento en el tiempo. De esta manera, se formalizará el proceso de aceptabilidad de los argumentos teniendo en cuenta las características asociadas a los argumentos, donde éstas poseen una variación o distribución temporal.
- Los sistemas argumentativos basados en reglas (SABR) son formalismos de argumentación en donde el conocimiento de un agente incluye un conjunto de reglas de inferencia a partir de las cuales se pueden construir argumentos a favor o en contra de una afirmación. Estos sistemas son de particular interés en el área de Inteligencia Artificial dado que este tipo de reglas de inferencia permiten representar conocimiento de sentido común, y la construcción de argumentos puede realizarse de manera automática. Como futuro trabajo se implementará un sistema argumentativo valorado estructurado, extendiendo las capacidades de representación de DeLP [9], donde las valuaciones de los argumentos puedan variar en el tiempo, y se analizará cómo éstas variaciones influyen en el proceso de aceptabilidad de los argumentos.

Referencias

- [1] Trevor J. M. Bench-Capon. Value-based argumentation frameworks. In Salem Benferhat and Enrico Giunchiglia, editors, *NMR*, pages 443–454, 2002.

- [2] Philippe Besnard and Anthony Hunter. *Elements of argumentation*, volume 47. MIT press Cambridge, 2008.
- [3] Philippe Besnard and Anthony Hunter. Constructing argument graphs with deductive arguments: a tutorial. *Argument & Computation*, 5(1):5–30, 2014.
- [4] Maximiliano CD Budán, Mauro Gómez Lucero, Ignacio Viglizzo, and Guillermo R Simari. A labeled argumentation framework. *Journal of Applied Logic*, 13(4):534–553, 2015.
- [5] Maximiliano CD Budán, Mauro J Gómez Lucero, and Guillermo Ricardo Simari. An aif-based labeled argumentation framework. In *Foundations of Information and Knowledge Systems*, pages 117–135. Springer, 2014.
- [6] Maximiliano Celmo Budán, Mauro Gómez Lucero, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Modelling time and reliability in structured argumentation frameworks. In *Thirteenth International Conference on the Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, 2012.
- [7] Claudette Cayrol and Marie-Christine Lagasque-Schiex. Graduality in argumentation. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 23:245–297, 2005.
- [8] Sinan Eğılmez, Joao Martins, and Joao Leite. Extending social abstract argumentation with votes on attacks. In *Proceedings of Theory and Applications of Formal Argumentation*, pages 16–31. Springer, 2014.
- [9] Alejandro J García and Guillermo R Simari. Defeasible logic programming: Delp-servers, contextual queries, and explanations for answers. *Argument & Computation*, 5(1):63–88, 2014.
- [10] Mauro J Gómez Lucero, Carlos I Chesñevar, and Guillermo R Simari. Modelling argument accrual in possibilistic defeasible logic programming. In *Proceedings of Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty*, pages 131–143. Springer, 2009.
- [11] Joao Leite and Joao Martins. Social abstract argumentation. In *Proceedings of International Joint Conferences on Artificial Intelligence*, pages 2287–2292, 2011.
- [12] Sanjay Modgil and Henry Prakken. The aspic+ framework for structured argumentation: a tutorial. *Argument & Computation*, 5(1):31–62, 2014.
- [13] Chaim Perelman. *Justice, Law and Argument*, volume 142 of *Synthese Library*. Reidel, Dordrecht, Holland, 1980.
- [14] John L. Pollock. Defeasible reasoning and degrees of justification. *Argument & Computation*, 1(1):7–22, 2010.
- [15] Henry Prakken. A study of accrual of arguments, with applications to evidential reasoning. In *Proceeding of International Conference on Artificial Intelligence and Law*, pages 85–94. ACM, 2005.
- [16] Iyad Rahwan and Guillermo R. Simari. *Argumentation in Artificial Intelligence*. Springer Verlag, 2009.
- [17] Guillermo R Simari and Ronald P Loui. A mathematical treatment of defeasible reasoning and its implementation. *Artificial intelligence*, 53(2):125–157, 1992.
- [18] B. Verheij. Accrual of arguments in defeasible argumentation. In *Proceedings of Workshop on Nonmonotonic Reasoning*, pages 217–224, 1995.
- [19] Lotfi A Zadeh, King-Sun Fu, and Kokichi Tanaka. Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes:. In *Proceedings of Seminar on Fuzzy Sets and Their Applications*. Academic press, 1974.