

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**Nociones de Similitud en Argumentación Bipolar Abstracta**

Paola Daniela Budán

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2020



# Prefacio

Esta Tesis es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Doctor en Ciencias de la Computación, de la Universidad Nacional del Sur, y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otras. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, durante el período comprendido entre octubre de 2016 a diciembre de 2019, bajo la dirección del Dr. Guillermo R. Simari, Profesor Emérito del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación de la Universidad Nacional del Sur, y la Dra. María Vanina Martinez, investigadora adjunta en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y miembro del Instituto de Ciencias de la Computación (CONICET-UBA).

Paola Daniela Budán

paola.budan@cs.uns.edu.ar

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Bahía Blanca, 16 de Diciembre de 2020



# Agradecimientos

A mi director Guillermo R. Simari quien me enseñó que lo más importante es el ser humano y luego, recién luego, me tendió el puente hacia la investigación. A María V. Martinez por haber dedicado un recurso tan precioso como el tiempo para acompañarme en este camino.

A la Universidad Nacional del Sur, por haberme brindado la oportunidad de desarrollar este ciclo de mis estudios, y a todas las personas que dejaron una huella en mi formación y en mi corazón. A mi Universidad de origen, la Universidad Nacional de Santiago del Estero, por alentar este paso en mi formación académica.

Especialmente a cada miembro de mi familia por su apoyo y afecto incondicionales. A mi esposo y gran compañero, a mis hijos, mis hermanos, y por supuesto a mis padres.

En resumen, gracias a todos los que hicieron que pueda transitar esta etapa en mi vida, gracias por ayudarme a crecer y a creer que siempre se puede ver el futuro con confianza, fe, y esperanza.

Paola Daniela Budán, 2020.



# Resumen

La similitud entre dos objetos, casos o situaciones ha sido ampliamente estudiada y los resultados de estos esfuerzos han sido aplicados en diferentes dominios de investigación, proponiéndose a lo largo de la historia modelos matemáticos y lógicos de diversa complejidad. Sin embargo, cuando lo que se quiere obtener es la similitud entre estructuras complejas que representan información rica semánticamente, como es el caso de los argumentos, estas herramientas son menos prevalentes. En términos generales, el cálculo de la similitud entre los argumentos que participan en una discusión, requiere encontrar un mecanismo con el cual se pueda medir, de alguna manera, la fortaleza del soporte que recibe una determinada conclusión, o del grado de ataque hacia la misma. Esto permite mantener en consideración algunos argumentos que, bajo enfoques más tradicionales o conocidos, son desestimados por considerarse completamente derrotados.

A otro nivel de abstracción, un mecanismo que permita determinar la similitud entre dos argumentos es útil para aproximar un patrón de razonamiento humano, en el que instintivamente se razona en base a información que se conoce sobre un determinado caso buscando similitudes con un caso nuevo, y así poder llegar a una decisión o tomar una postura al respecto.

El objetivo principal de este trabajo es proponer un mecanismo de cálculo de la similitud entre argumentos, que permita ponderar las relaciones de soporte y ataque entre ellos. De esta manera, se desarrolla un Marco Argumentativo Bipolar basado en Similitud (Similarity-Based Bipolar Argumentation Framework). Para ello, se propone un modelo matemático general para el cálculo de la similitud en relación al soporte y al ataque en un Marco Argumentativo Bipolar, lo que permitirá encontrar el grado de cohesión y de controversia, respectivamente, en un conjunto de argumentos relacionados. Este mismo modelo matemático es utilizado, posteriormente, para incrementar la representación computacional de ciertas estructuras inferenciales

que representan patrones de razonamiento empleados comúnmente, conocidas como *Esquemas de Argumentación*. Para esto, se diseña un Esquema de Argumentación basado en Similitud, que permite expresar las premisas y las conclusiones de los argumentos utilizando formalismos que agregan capacidad de cómputo al conocido Esquema de Argumentación basado en Analogías, constituyendo el segundo aporte de esta tesis.

# Abstract

Researchers of different application domains address representational aspects about the similarity between objects, cases, or situations. To do this, they proposed several mathematical and logical models of varying complexity. However, when we want to model the similarity between structures that contain semantic rich information, as is the case of the arguments, these representations become scarce. In general terms, the consideration of the similarity between arguments in a discussion involves finding a mechanism to measure, in some way, the strength of the support that receives a particular conclusion, or the degree of attack over it. This attention to similarity allows us to keep in mind some arguments that are dismissed as considered entirely defeated under more traditional or well-known approaches. At another level of representation and abstraction, a mechanism that allows us to determine the similarity between two arguments is useful for modeling a human reasoning pattern, in which we instinctively reason based on information that we know about a particular case, to look for similarities with a new case, and to be able to make a decision or a position about it.

The main objective of this work is to propose a mechanism for calculating the similarity between arguments, which allows us to weigh the support and attack relationships between these arguments. In this way, we develop a *Similarity-Based Bipolar Argumentation Framework*. For this, we propose a general mathematical model to calculate the similarity in the support and attacks relations of the Bipolar Argumentative Framework, which will allow us to find the cohesion and controversy degree, respectively, on a set of related arguments. This mathematical model for calculating the similarity between arguments is later used to increase the representation capabilities of certain devices called Argumentation Schemes that are used to represent common patterns of reasoning. To accomplish this, we propose an Argumentation Scheme based on Similarity, which allows us to express the premises and conclusions of the arguments using for-

malisms that add to the well-known Argumentation Scheme based on Analogies, constituting the second contribution of this thesis.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Ejemplo Motivador . . . . .	3
1.2. Objetivos y Contribuciones . . . . .	5
1.3. Publicaciones Surgidas de esta Tesis . . . . .	7
1.4. Estructura del Trabajo . . . . .	8
<b>2. El Concepto de Similitud</b>	<b>11</b>
2.1. Medidas de Similitud . . . . .	14
2.2. Medidas Aplicadas a la Argumentación . . . . .	16
2.3. Nuestra Perspectiva de Similitud . . . . .	18
2.4. Conclusión . . . . .	19
<b>3. Framework Argumentativo Bipolar</b>	<b>21</b>
3.1. Admisibilidad en <i>BAF</i> . . . . .	26
3.2. Análisis del Ejemplo . . . . .	28
3.3. Conclusión . . . . .	29

<b>4. Similitud en Frameworks Argumentativos Bipolares</b>	<b>31</b>
4.1. Especificando Descriptores para los Argumentos . . . . .	32
4.1.1. Estableciendo el Contexto . . . . .	35
4.1.2. Computando el Grado de Similitud entre Argumentos . . . . .	38
4.2. Framework Argumentativo Bipolar Basado en Similitud . . . . .	43
4.3. Conclusión . . . . .	54
<b>5. Semánticas de Admisibilidad en S-BAF</b>	<b>55</b>
5.1. Comportamiento de los conjuntos Libre de Conflicto y Seguros en S-BAF . . . . .	63
5.2. Comportamiento de las Semánticas en S-BAF . . . . .	67
5.3. Conclusión . . . . .	79
<b>6. Caso de Estudio</b>	<b>81</b>
6.1. Computando la Similitud en el <i>BAF</i> . . . . .	82
6.2. Analizando la Admisibilidad y la Aceptabilidad . . . . .	87
6.3. Conclusión . . . . .	90
<b>7. Esquema de Argumentación Basado en Similitud</b>	<b>91</b>
7.1. El Concepto de Analogía . . . . .	92
7.2. Esquemas de Argumentación desde la Analogía . . . . .	94
7.3. El Esquema de Argumentación Basado en Similitud . . . . .	95
7.4. Conclusión . . . . .	101
<b>8. Trabajos Relacionados</b>	<b>103</b>
8.1. Funciones de Similitud entre Argumentos Lógicos . . . . .	103
8.2. Máquinas de Argumentación . . . . .	105
8.3. <i>BAF</i> Construido a partir de Textos en Lenguaje Natural . . . . .	106
8.4. Enfoques Técnicos de Minería de Argumentos . . . . .	107





# Capítulo 1

## Introducción

El razonamiento humano enfocado en tomar una determinada decisión, por lo general pone en marcha un proceso cognitivo en el cual analiza un conjunto de alternativas que pueden ser contradictorias entre sí, desplegando ciertos mecanismos internos para explorar y encontrar soportes a dichas alternativas. El estudio de este proceso conduce al desarrollo de varios formalismos tendientes a modelar y a estudiar las propiedades del mecanismo de razonamiento. En tal sentido, la argumentación es una herramienta de gran impacto en el campo de la Inteligencia Artificial (IA), basada en la idea de identificar argumentos a favor y en contra de una afirmación y, luego, seleccionar aquellos argumentos aceptables, con el objetivo de resolver si el agente que está razonando puede aceptar la afirmación.

La Teoría de la Argumentación provee mecanismos de razonamiento para manejar información contradictoria en relación a cuestiones específicas, estudiando la relación entre los argumentos. Uno de los ejemplos clásicos al respecto es el Marco Argumentativo Abstracto (*Abstract Argumentation Framework (AF)*) de Dung [Dun95] que modela situaciones del mundo real representando las relaciones de *ataque* entre entidades abstractas llamadas *argumentos*, proporcionando diferentes *semánticas de aceptabilidad* para determinar los conjuntos de argumentos que son aceptables según la coherencia interna y externa del conjunto.

Posteriormente, Cayrol y Lagasquie-Schiex en [CLS05b] extienden el *AF* de Dung [Dun95] teniendo en cuenta dos tipos de interacciones entre los argumentos, denominadas relación de *ataque* y relación de *soporte*. El *Marco de Argumentación Bipolar (Bipolar Argumentation*

*Framework (BAF)*) resultante permite modelar, por ejemplo, situaciones en las cuales un argumento puede reforzar otro argumento, proporcionando más razones para creer en él; adaptando las semánticas de Dung [Dun95] de manera de incluir la noción de *soporte*, permitiendo calcular no solamente la aceptabilidad sino también la seguridad de un conjunto de argumentos [ACLS04].

Existen otros formalismos argumentativos desarrollados que consideran los atributos de los argumentos como información adicional que permite calcular la aceptabilidad de un conjunto [BC02, CLS05a, BGLVS15]. Sin embargo, sería interesante contar con un mecanismo cualitativo que permita analizar las relaciones existentes en el conjunto completo de argumentos, independientemente de la cantidad de elementos de dicho conjunto. Es decir, sería de utilidad contar con una herramienta que permita determinar qué tan *cohesivo* es el conjunto de los argumentos que se soportan o cuán *controversial* es el conjunto de los argumentos que contradicen la conclusión. Hasta el momento, no se encuentra este mecanismo en la literatura revisada.

A pesar de los recientes avances en la investigación en el campo de los Marcos Argumentativos<sup>1</sup>, existen varios aspectos representacionales del proceso de argumentación pendientes de estudio más profundo. Una herramienta muy natural empleada en el debate de afirmaciones controversiales, que debería ser reflejada en el razonamiento argumentativo, es la noción de *similitud*: durante un proceso de argumentación, a veces tendemos a agrupar naturalmente a los argumentos según sus características compartidas o a los temas centrales a los que se refieren. En este sentido, el proceso de argumentación involucra la consideración de un conjunto de argumentos y las relaciones entre ellos, pero existen elementos adicionales a considerar, como la definición de un contexto en el que la comparación de los argumentos adquiera significado [Hes66, CS02, SM03]. Es posible que los argumentos sean *similares* en un contexto dado, pero pueden ser completamente disimiles en otras circunstancias de análisis. El razonamiento argumentativo que enfatiza las similitudes entre piezas de conocimiento representa una forma natural de razonamiento humano cotidiano [Wal06, WRM08, Wal10a].

Dado que la argumentación computacional apunta a la definición de sistemas útiles basados en el sentido común, parece razonable y deseable formalizar la noción de similitud entre argumentos. Como sucede con el análisis de similitud en otros entornos donde se comparan las entidades siempre que tengan algunos aspectos esenciales en común, el rol de la definición

---

<sup>1</sup>En algunos casos se empleará el término en inglés *Framework* por razones de usos y costumbres.

de un contexto es permitir identificar los aspectos que son relevantes en la comparación, determinando su importancia en el análisis de la similitud. Encontrar y analizar los valores de similitud entre los argumentos permitiría dar respuesta al problema mencionado anteriormente sobre la cohesión y la controversia de un conjunto, ya que permitiría categorizar o clasificar las relaciones entre los argumentos.

A partir de las exploraciones relacionadas sobre el tema y de la utilidad práctica del razonamiento por similitud, se puede decir que en la literatura disponible no se ha explorado acabadamente este tipo de relación entre los argumentos. A los fines de esclarecer e ilustrar los alcances y la importancia de la presente tesis, se presenta a continuación un ejemplo motivador.

## 1.1. Ejemplo Motivador

El siguiente ejemplo sencillo será de utilidad para analizar y explicar todas las ideas desarrolladas en este trabajo. En él, una persona desea decidir qué actividades realizar, considerando las condiciones climáticas del lugar donde se encuentra. Esta persona posee cierta información y desea utilizarla para decidir si sale a caminar o si prefiere permanecer en su casa en un día lluvioso.

A: *En los días lluviosos deberíamos comer chocolates porque el chocolate levanta el ánimo y nos hace sentir felices.*

B: *Si estamos felices, deseamos salir a caminar.*

C: *Los días lluviosos nos hacen sentir felices y de buen humor, por lo tanto, nos vamos de shopping.*

D: *Los días lluviosos pueden ser deprimentes. Dado que hoy está lluvioso, prefiero quedarme en mi casa.*

E: *Los días soleados son óptimos para actividades al aire libre, ya que éstas ayudan a liberar endorfnas.*

F: *Si salimos a dar un paseo para relajarnos, podríamos lesionarnos el pie. Por eso, mejor no salir a caminar y mirar películas en casa.*

G: *Si vamos de shopping, damos un paseo y quemamos calorías, por lo tanto, es un buen plan.*

H: *Ordenar la casa es estresante ya que es un trabajo que requiere varios días, por lo tanto, es mejor contratar a alguien más para que lo haga.*

Este sencillo ejemplo ilustra cómo una persona (eventualmente, un agente inteligente artificial) puede estructurar la información que dispone acerca de una determinada situación, fenómeno u objeto, mediante ciertas entidades que denominaremos *argumentos*. Para tomar una decisión sobre un tema en particular, es necesario considerar tanto los argumentos en sí mismos como las relaciones entre ellos, y *cuán fuertes o débiles son esas conexiones*. En particular, este escenario muestra, por ejemplo, una relación de soporte entre los argumentos A, B y C. Sería interesante contar con una herramienta que permita determinar qué tan *cohesivo* es el conjunto de los argumentos que se soportan o cuán *controversial* es el conjunto de los argumentos que se contradicen. Una forma de lograrlo es analizar la similitud y la dis-similitud entre los argumentos, considerando un contexto dependiente del dominio de la aplicación, atento a las preferencias expresadas por el usuario. Esto permitiría comparar argumentos y caracterizar sus relaciones según diferentes usuarios o según diferentes necesidades de un mismo usuario, reflejando la naturaleza dinámica del proceso argumentativo. Por ejemplo, con respecto a la relación de conflicto entre los argumentos, C, D, y H, podemos analizar la (dis)similitud entre estos argumentos dado un contexto que dependerá del dominio de la aplicación; además, este proceso de comparación debe ser realizado bajo las preferencias expresadas por el usuario las cuales indican qué aspectos son más importantes que otros para comparar los argumentos.

Es importante notar que la percepción de la similitud entre los argumentos no es la única herramienta que se puede usar para definir la fortaleza de las relaciones de soporte y ataque. Sin embargo, esta es una alternativa natural que puede ayudar a ponderar las relaciones, de acuerdo a las diferentes situaciones en las que se presenten los argumentos.

A lo largo de esta tesis propondremos un *Marco Argumentativo Bipolar basado en Similitud (Similarity-Based Bipolar Argumentation Framework) S-BAF*, el cual proporciona un mecanismo para considerar el contexto de comparación entre argumentos, basado en un conjunto de *descriptores* que son comunes a los argumentos que están siendo analizados. Así, podemos representar y determinar similitudes entre argumentos introduciendo medios para enriquecer el significado de las relaciones entre ellos, y siendo capaces de distinguir entre argumentos débilmente relacionados de aquellos que se encuentran vinculados por una relación más fuerte. En

esta dirección, utilizaremos un grado de similitud, computado a partir de los descriptores en común que tienen los argumentos, combinados con el peso que esos descriptores tienen en el proceso de computación. Así, determinaremos una *medida de cohesión* entre los argumentos que se soportan y una *medida de controversia* entre los argumentos en conflicto. Es pertinente aclarar que el concepto de similitud que adoptamos en este trabajo, y que profundizaremos en la Sección 2, está basada en la manipulación de elementos provenientes del lenguaje natural, por lo que no es una similitud basada en la lógica tradicional, como es el caso de los trabajos [AD19, ABN18] detallados en la Sección 2.2.

En otra línea de investigación existen intentos por formalizar los patrones de razonamiento que hacen uso de las *analogías*, término muy vinculado al de *similitud*. El más clásico es el Esquema de Argumentación basado en Analogías propuesto por Walton [Wal06, WRM08, Wal10a], un dispositivo de razonamiento originalmente pensado para comparar dos casos legales, buscando similitudes entre ellos, y a partir de los cuales se puede deducir si una determinada conclusión es verdadera (o no) en relación a esos casos. Sin embargo, la forma en la cual se expresa este Esquema no es computable, y resultaría interesante contar con algún mecanismo que permita acercarlo a un dispositivo más útil para la IA.

En consonancia con lo anteriormente detallado, ya sea con respecto a la caracterización de las relaciones entre los argumentos o la computabilidad de los EA, se expresan a continuación los objetivos y las contribuciones de este trabajo.

## 1.2. Objetivos y Contribuciones

Como se ha expresado anteriormente y hasta donde llega nuestro conocimiento, la similitud entre argumentos como una medida de la calidad de las relaciones de ataque y soporte que existen entre ellos en un marco argumentativo, no ha sido tratada en profundidad. Si bien existen trabajos que proponen una medida para calcular la similitud entre argumentos [AD19, ABN18], no se encuentra en la literatura explorada algún mecanismo que permita determinar cuán cohesivo o controvertido es un conjunto de argumentos, según exista entre ellos una relación de soporte o de ataque. Por ello, el objetivo general de esta tesis es el *caracterización de un Marco Argumentativo Bipolar basado en Similitud, S-BAF*, como una herramienta para enriquecer la representación de las relaciones entre ellos, y ser capaz de distinguir entre argumentos

débilmente relacionados de aquellos cuya relación es más fuerte. Mientras que los objetivos específicos que se proponen para lograrlo son:

1. Explorar los marcos argumentativos actuales y sus potencialidades de representación (Capítulo 3).
2. Indagar el concepto de similitud como medida posible de caracterización de las relaciones entre argumentos (Capítulo 2).
3. Formalizar el concepto de similitud entre argumentos expresados en lenguaje natural (Sección 2.3).
4. Proponer un mecanismo que permita determinar la relación de similitud entre los argumentos de un sistema argumentativo (Capítulo 4).
5. Estudiar las propiedades del mecanismo propuesto (Capítulos 4 y 6).
6. Proponer un esquema de argumentación basado en similitud (Capítulo 7).

La contribución de esta tesis se destaca en dos ejes marcados por diferencias en el nivel de abstracción y en la forma de considerar los argumentos. Por un lado, como contribución principal, proponemos el uso de un grado de similitud, basado en cálculos de los descriptores que los argumentos tienen en común, combinados con la importancia que aquellos descriptores tienen en el proceso de comparación. De esta manera, es posible determinar una medida de cohesión entre argumentos de soporte y una medida de controversia entre argumentos en conflicto. En base a este análisis, se puede refinar el proceso de aceptabilidad proporcionando una nueva familia de semánticas de argumentación. Es importante aclarar que los descriptores considerados para cada argumento son elementos de representación de conocimiento que pertenecen a un dominio adicional. La asignación básica de valores particulares a los descriptores es una tarea que puede ser realizada de diferentes maneras. Por un lado, puede ser realizada en forma artesanal por un ingeniero en conocimiento, pero por otro lado, existen varias herramientas en el campo de la argumentación computacional desarrolladas en el marco de las técnicas de la minería de argumentos que nos sirven de referencia pero cuyo estudio excede los límites de este trabajo.

La rama de estudio que intenta incorporar la similitud en un *marco argumentativo bipolar* trabaja con argumentos de los cuales no diferencia la estructura interna de estas entidades, es

decir, no considera un argumento como una entidad compuesta por premisas y una conclusión. Sin embargo, parece interesante considerar otro tipo de representación del conocimiento, como lo son los Esquemas de Argumentación (EA) [Wal05, Wal06, WRM08, Wal12], profundizando las investigaciones realizadas en [Bud16]. Desde esta perspectiva, y tomando como base los EA basados en Analogías, presentaremos la formalización de un dispositivo de argumentación que considere las similitudes entre dos casos, objetos o situaciones, al que denominaremos Esquema de Argumentación basado en Similitud.

### 1.3. Publicaciones Surgidas de esta Tesis

Las siguientes publicaciones constituyen diferentes aproximaciones que enmarcan el trabajo que se presenta en esta oportunidad:

[BBS13] BUDÁN, P. D., BUDÁN, M. C., AND SIMARI, G. R. An approach to argumentation schemes that appeal to expert opinion. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial* 16, 52 (2013), 52–64.

Constituye una primera aproximación a una forma más computable para un EA que apela a la opinión del Experto [WRM08]. Propone un Framework de Argumentación Experto compuesto por argumentos, expertos y sus respectivas valoraciones, una relación entre los argumentos y los expertos que los esgrimen, y una relación de ataque entre estas entidades discursivas. En este Framework juega un papel fundamental la valoración que poseen los argumentos, dado que un argumento solamente puede ser rebatido por otro proveniente de una fuente mejor calificada. Si bien no se relaciona con la introducción de la similitud en el proceso argumentativo, sí constituye un antecedente en el que se agrega formalidad a un EA.

[BMBS15] BUDÁN, P. D., MARTINEZ, M. V., BUDÁN, M. C. D., AND SIMARI, G. R. Introducing analogy in abstract argumentation. *WL4AI-2015* (2015), 25.

Se presenta la definición de un *Framework de Argumentación basado en Analogías*, el cual comienza a aportar estructura computacional al EA basado en Analogías propuesto por Walton [WRM08]. En este trabajo, se introducen los *descriptores* o aspectos a los que

alude un argumento y empieza a tomar forma la idea de incorporar *restricciones de contextos* que permitan comparar argumentos, considerando aquellos descriptores que estas entidades tienen en común. Sin embargo, no se brinda un mecanismo para ordenar estas restricciones de contexto. Asimismo, se esboza una *función de similitud*, muy general, que da lugar a la interpretación de una *relación de analogías* entre argumentos.

[BBMS16] BUDÁN, P. D., BUDÁN, M. C. D., MARTINEZ, M. V., AND SIMARI, G. R. Introducing a context-aware scheme in an intelligent reasoning process. In *XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2016)* (2016).

Tomando como base la publicación anterior, se considera en esta oportunidad un mecanismo para establecer preferencias entre los descriptores de un dominio de aplicación específico y se redefine la relación de analogía a la luz de estas preferencias, partiendo de un contexto ordenado para realizar la comparación entre argumentos. Se utiliza esta nueva perspectiva para proponer una evolución computacional del EA basado en analogías [WRM08], al cual denominamos Esquema Basado en Contexto.

[BEGB<sup>+</sup>20] BUDÁN, P. D., ESCAÑUELA GONZALEZ, M. G., BUDÁN, M. C. D., MARTINEZ, M. V., AND SIMARI, G. R. Similarity notions in bipolar abstract argumentation. *Argument & Computation* 11, 1-2 (2020), 103–149.

Se integran los esfuerzos realizados durante esta investigación para redefinir el concepto de analogía y similitud, dando lugar a la propuesta de una medida de similitud entre argumentos que puede utilizarse para caracterizar la relación entre estas entidades discursivas abstractas. En este caso en particular, la similitud fue empleada para caracterizar el grado de coherencia y de controversia que existe en un conjunto de argumentos que se relacionan mediante soporte y ataques, respectivamente. Con estos elementos, se presenta un *Framework de Argumentación Valuado por Similitud*, y un conjunto de semánticas derivadas de considerar la coherencia y controversia del conjunto de argumentos.

## 1.4. Estructura del Trabajo

En el Capítulo 2 se delimita conceptualmente la noción de *similitud*, tanto desde un punto de vista general como su aplicación en el proceso de argumentación, detallando lo que enten-

demos en esta tesis por *similitud*. Seguidamente, se presenta el Marco Argumentativo Bipolar [CLS05b] en el Capítulo 3, dado que constituye el otro núcleo conceptual fundamental para el desarrollo de esta tesis. Los Capítulos 4 y 5 contienen las principales contribuciones de este trabajo de investigación. El Capítulo 4 está destinado al diseño de una Marco Argumentativo Bipolar basado en Similitud, como una extensión posible de un *BAF* en la cual se aplican métricas de similitud para ponderar las relaciones entre los argumentos. Mientras que en el Capítulo 5 se detalla un conjunto de semánticas acorde a las nuevas valuaciones y las propiedades principales de estas semánticas. En el Capítulo 6 se desarrolla un caso de estudio basado en argumentos extraídos de textos web reales. El Esquema de Argumentación basado en Similitud se desarrolla el Capítulo 7, traduciendo el esquema de argumentación basado en analogías propuesto por Walton [WRM08] a una aproximación más computable y útil para la IA. Este capítulo contiene la segunda contribución de esta investigación. Los trabajos relacionados con esta tesis se detallan en el Capítulo 8. Por último, las conclusiones generales resultantes de este trabajo se consignan en el Capítulo 9.



# Capítulo 2

## El Concepto de Similitud

El concepto de similitud, en general, ha sido estudiado en relación a la similitud entre dos textos. Así, la similitud semántica textual es una medida de la equivalencia del significado entre dos textos, que expresa la semejanza o el parecido entre los mismos [ADCGA12]. Sin embargo, esta semejanza puede hacer referencia a aspectos sintácticos o semánticos, motivos por los cuales es estudiada por diversas áreas de la IA tales como el procesamiento de lenguaje natural y la argumentación. Desde la perspectiva del procesamiento del lenguaje natural, son conocidas las técnicas para la desambiguación de palabras [AE07, LWJ<sup>+</sup>18, CJLA18], inducción del sentido de una palabra [CJA18, AŠP18, SMAPL17], para citar algunos ejemplos. Desde el campo de la argumentación, se sabe sobre numerosos avances en el área de la minería de argumentos tales como el desarrollo de técnicas enlazadas, en cierta medida, a los avances en el procesamiento del lenguaje natural [HG17, Moe18, LT16]. Sin embargo, cómo utilizar la medida de similitud entre argumentos para razonar en base a información incierta o potencialmente contradictoria, es un área en la que recientemente se están realizando algunas exploraciones [ADD19, BLOP19, ABD<sup>+</sup>18, AD18, MEW17].

La Figura 2.1 sintetiza las posturas generales para definir la similitud y las posturas definidas en el ámbito de la argumentación basadas en dichas concepciones. Las tres grandes posturas generales son las *basadas en definiciones*, las que consideran la *estructura* de los objetos a comparar (generalmente, grafos) y aquellas *basadas en el contenido de la información*. Cada una de estas posturas encuentran su aplicación en el campo de la argumentación. Por ejemplo, la medi-

da de similitud que proponemos en esta tesis hace uso de funciones matemáticas, encuadrándose en las medidas basadas en definiciones.

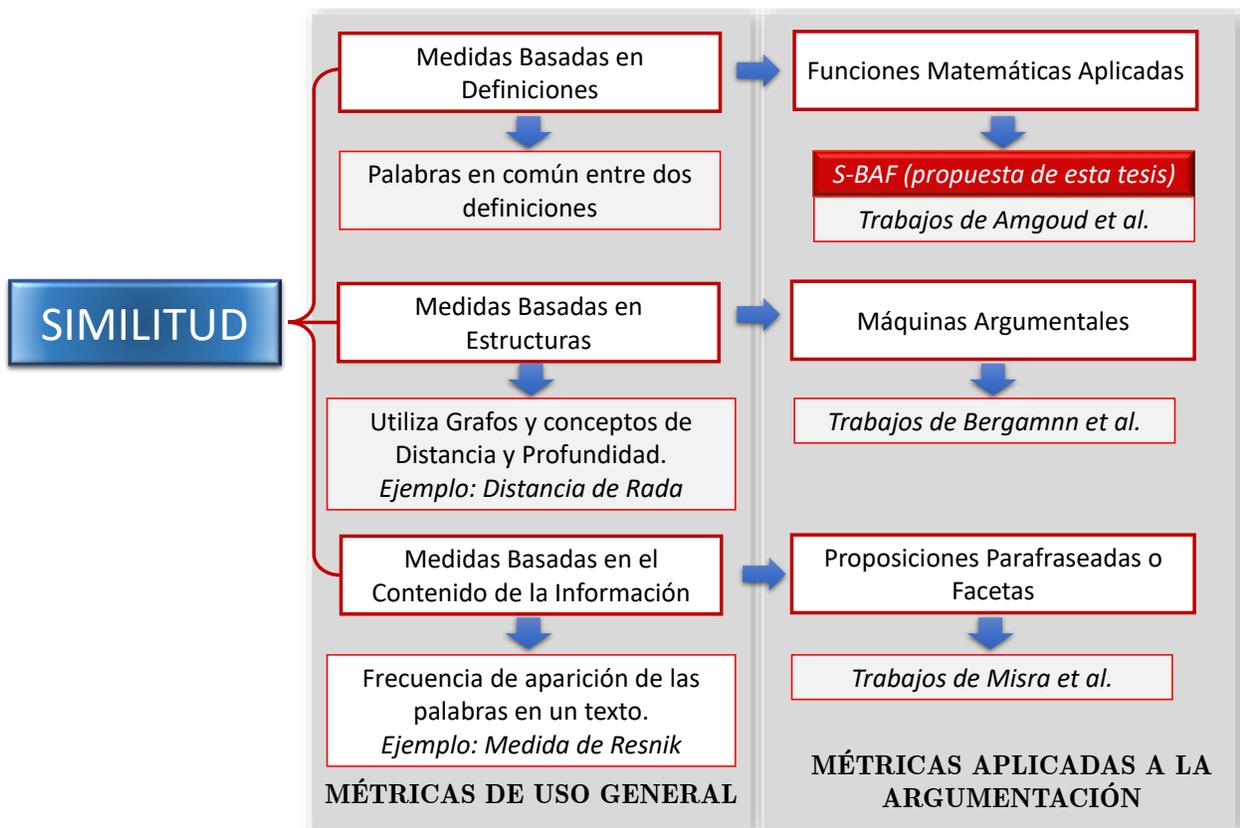


Figura 2.1: Posturas sobre el concepto de Similitud

En cuanto al término “*similitud*”, en [Lin98] se presenta una interesante definición independiente del dominio, basada en la cantidad de información común (denotada como  $I$ ) entre dos objetos  $A$  y  $B$ , en base a lo que propone la Teoría de la Información [CT12]. En [Lin98] los autores sostienen que es importante establecer, además, una medida de diferencia entre los objetos que se desean comparar, puesto que cuanto más diferencias existan entre los objetos, menos similares éstos son. Más precisamente, las características entre dos objetos  $A$  y  $B$  se puede calcular, teniendo en cuenta seis suposiciones:

- *Suposición 1* “ $I(\text{comun}(A, B))$ ”: Es posible calcular la cantidad de información contenida en una proposición que establece las similitudes entre los objetos  $A$  y  $B$ . Este valor se puede calcular en base a la función logaritmo [CT12].

- *Suposición 2* “ $I(\text{descripcion}(A,B)) - I(\text{comun}(A,B))$ ”: Es factible calcular la diferencia entre la cantidad de información de la proposición que expresa la similitud y otra proposición que expresa las diferencias entre los objetos  $A$  y  $B$ , donde  $\text{descripcion}(A,B)$  es una proposición que describe lo que son  $A$  y  $B$  y también se puede calcular en base a la función logaritmo [CT12].
- *Suposición 3* “ $\text{simil}(A,B) = s(I(\text{comun}(A,B)), I(\text{descripcion}(A,B)))$ ”: La similitud entre dos objetos  $A$  y  $B$  es una función  $s$  aplicada sobre los elementos considerados en la suposición 2, donde  $I(\text{descripcion}(A,B)) \geq I(\text{comun}(A,B))$ , con ambos valores mayores o iguales a 0.
- *Suposición 4* “ $\text{simil}(A,A) = 1$ ”: Cuando la información contenida en la descripción de ambos objetos es idéntica a la información contenida en la proposición de las similitudes, significa que los objetos son idénticos. En este caso, se establece que  $\text{simil}(A,A) = 1$ . Por otro lado, cuando la  $I(\text{comun}(A,B)) = 0$ , no interesa cuán diferente son los objetos y se establece que  $\text{simil}(A,B) = 0$  en este caso.
- *Suposición 5*: Dos objetos pueden ser comparados desde múltiples perspectivas y, en cada comparación, el valor de la similitud parcial entre ellos puede variar teniendo en cuenta los elementos que intervienen en cada perspectiva.
- *Suposición 6*: En base a los valores parciales de similitud obtenidos según las diferentes perspectivas de comparación de los objetos, se puede obtener una similitud general promediando y ponderando los valores de similitud parciales obtenidos.

Basándose en estas suposiciones, Lin et al. [Lin98] proponen calcular la similitud entre dos objetos  $A$  y  $B$  a partir de la relación entre los dos conceptos claves que se vienen mencionando: el promedio de la información contenida en la descripción entre los objetos según las diferentes perspectivas y el promedio de la información referida a sus aspectos comunes. Formalmente:

$$\text{simil}(A,B) = \frac{\log P(I(\text{comun}(A,B)))}{\log P(I(\text{descripcion}(A,B)))}$$

En [Lin98] los autores afirman que esta medida de similitud es general y, por ello, puede aplicarse en diferentes dominios como en la determinación de la similitud semántica en una

taxonomía, o en el cálculo de la similitud entre las palabras de un texto según la distribución que sigan las palabras en el mismo, o su aplicación en los vectores de características, de amplio uso en técnicas de aprendizaje automático para encontrar aquellas palabras que se derivan de la misma raíz.

Tomando como base estas consideraciones teóricas, se pueden sintetizar diversas medidas o métricas de similitud, a lo cual se dedica la siguiente sección.

## 2.1. Medidas de Similitud

Numerosos estudios se han abocado a encontrar una medida de similitud entre objetos, según el dominio de aplicación al cual pertenecen dichos objetos. Una de las medidas más conocidas es la *similitud coseno* [Hua08] a partir de la representación de las entidades en el formato BOW (*Bag-Of-Words*) [LM14]. El formato BOW consiste en encontrar un conjunto de palabras que describen una entidad (por ejemplo, aquellas que están presentes en un texto) a las cuales se les asocia un peso que representa la importancia de la palabra para describir la entidad [LM14]. El formato BOW permite calcular la similitud entre dos entidades utilizando la *medida de similitud coseno*, y es especialmente útil para la recuperación de información [Hua08]. Más claramente, en cada texto se pueden identificar las palabras que formarán parte de la *Bag-Of-Words*, y el peso de cada palabra puede ser la frecuencia de aparición de la misma en el texto; de esta manera, los términos que aparecen con mayor frecuencia en el texto son los que tendrán un peso mayor en la representación.

En [TMS08] se propone un uso práctico del formato BOW para comparar dos entidades utilizando una ontología, determinando la similitud semántica entre dichas entidades. En este caso específico, el proceso se lleva a cabo para encontrar la similitud semántica entre dominios, utilizando dos conjuntos de palabras obtenidos de la aplicación de técnicas de minería web en sistemas de búsqueda y recomendación. A partir de la ontología, aplicando un proceso de difusión o *spread process*, es viable encontrar conceptos relacionados a las entidades en consideración.

En una dirección semejante, en Rusu et al. [RFM14] se presenta un resumen de diferentes *métricas* posibles para determinar la similitud entre conceptos en una ontología, resaltando los

*modelos teóricos* que propone la *sicología cognitiva*. Entre las *métricas* propiamente dichas se mencionan:

- *Medidas basadas en definiciones*: Son extensiones del *algoritmo Lesk* [Les86], el cual establece que la similitud entre dos conceptos se calcula como la cantidad de palabras que las definiciones de dichos conceptos tienen en común.
- *Medidas basadas en estructuras*: Parten de la representación de una ontología mediante un grafo y utilizan el concepto de distancia o profundidad entre los nodos para definir la similitud entre dos conceptos. Por ejemplo, la *distancia de Rada* [RMBB89] es una medida que simplemente considera el camino mínimo entre dos conceptos. Dentro de este grupo también se encuentran la *similitud de Leacock and Chodorow* [LMC98], y la medida de *Wu and Palmer* [WP94] que considera la profundidad de los conceptos, es decir, el número de conceptos en el camino entre un concepto y el concepto raíz.
- *Medidas basadas en el contenido de la información*: Se relacionan con la probabilidad de aparición de un concepto en una taxonomía, calculada a partir de la frecuencia de aparición de las palabras en el texto, como por ejemplo la *medida de Resnik* [Res95], en la cual el contenido de información de un concepto se define en base a la función logaritmo. Por su parte, en la propuesta de Jiang et al. [JC97], se combina el valor del contenido de la información con con la *distancia de Rada* [RMBB89] para calcular la distancia entre dos conceptos. Estos autores no mencionan el término *similitud*. Sin embargo, Lin [Lin98] toma como base la distancia entre dos conceptos de Jiang [JC97] conjugándola con el conjunto de características comunes a ambos conceptos para obtener la similitud entre ellos.

Las medidas mencionadas anteriormente tienen su origen en los modelos *geométrico* [CQ69] o de *coincidencia de rasgos* o características [Tve77]. El primero representa los conceptos y las relaciones entre ellos, almacenados en una memoria de computadora que simula la memoria humana, utilizando tres niveles jerárquicos de almacenamiento: el concepto, su categoría y sus propiedades. Collins [CQ69] sostiene que un mecanismo de almacenamiento de información semántica puede utilizar las propiedades de la representación jerárquica para proponer métricas de comparación de conceptos en las ontologías, principalmente basadas

en la distancia entre los puntos del grafo. En cuanto al modelo de *coincidencia de rasgos* o características [Tve77], menciona la comparación entre objetos de cualquier naturaleza para encontrar similitudes y disimilitudes entre ellos, más allá de la distancia entre puntos, mediante la comparación de rasgos característicos. Principalmente el enfoque detallado en [Tve77] se basa en que la mayoría de las veces la similitud se trata como una relación simétrica (como sucede en el modelo geométrico), pero no siempre lo es.

La propuesta específica de Rusu et al. [RFM14] se basa en la métrica de distancia, pero agregando pesos a los conceptos de la ontología, lo cual permite ponderar los conceptos según estos sean más o menos abstractos. Además, también se asignan pesos a las relaciones entre los conceptos adyacentes, y con estos elementos se calcula la similitud entre conceptos según el peso del camino más corto entre ellos. De esta manera, la métrica de Rusu et al. [RFM14] mejora los resultados de la métrica de distancia básica.

Estas medidas generales y aplicables en diferentes dominios constituyen la base para proponer medidas específicas de similitud entre argumentos, acotando el dominio de aplicación. Nos referiremos a estas medidas a continuación, por ser antecedentes relevantes para la propuesta de esta tesis.

## 2.2. Medidas Aplicadas a la Argumentación

Al explorar los avances del tratamiento de la similitud entre argumentos, específicamente, podemos observar tres grandes líneas de investigación: aquellas que tratan a los argumentos como entidades expresadas en lógica proposicional [AD18], otras que tienden a implementaciones de máquinas argumentales [BLOP19], y aquellas restringidas a dominios de aplicación muy específicos [MEW17].

Unos de los trabajos más recientes en el área es el de Amgoud et al. [AD18], quienes exploran varias medidas de similitud entre argumentos lógicos y definen una función muy general llamada *medida de similitud Simil*, la cual le asigna valores entre 0 y 1 a cualquier par de argumentos lógicos de un lenguaje proposicional  $L$ . Formalmente:

$$Simil : Arg(L) \times Arg(L) \rightarrow [0, 1],$$

donde  $Arg(L)$  es el conjunto de todos los argumentos que se pueden construir a partir de  $L$ . Al ser una función muy general, se establecen una serie de propiedades que la misma debe cumplir, denominadas principios básicos que cualquier medida de similitud debe satisfacer<sup>1</sup>.

Estas propiedades son importantes cuando se quieren diseñar medidas o funciones de similitud nuevas. Mientras que en [ADD19] los autores trabajan con entidades lógicas que representan la estructura de un argumento y proponen un mecanismo para calcular la similitud utilizando un proceso de refinamiento, *depurando* los argumentos y dejando en ellos solamente la información útil en las premisas a partir de la cual inferir la conclusión. Continuando con el trabajo realizado en [AD18], los autores mantienen la función de similitud general definida con sus propiedades, pero agregan la noción de *argumento conciso*, que se obtiene de someter el argumento a un proceso de refinamiento en el que se elimina la información inútil contenida en las fórmulas lógicas del soporte o premisas.

Además, en [ABD<sup>+</sup>18] la similitud se utiliza para analizar los argumentos expresados en proposiciones lógicas, las relaciones de ataque entre ellos, y poder establecer nuevas semánticas que deben satisfacer un conjunto de propiedades. Se trata de una propuesta normativa, en la que se establecen las propiedades deseables en las semánticas asociadas a los argumentos estructurados. Parten de un grafo en el que solamente se consideran relaciones de ataque entre los argumentos y que, eventualmente, puede contener valuaciones que representen la incertidumbre de un argumento, o los votos que recibe un determinado argumento, por citar algunos ejemplos. En esta propuesta en particular, detectar argumentos que son similares según sus premisas debilita la fortaleza de los atacantes.

En [MEW17], los autores proponen un mecanismo para encontrar argumentos similares a través de las *facetas* de un argumento. El término *facetas* representa a las proposiciones parafraseadas (estructuras textuales de significado similar, re-escritas) que se pueden detectar en múltiples conversaciones, por lo que el proceso para encontrarlas requiere extraer las sentencias existentes en los diálogos de las redes sociales, y luego clasificarlas según las similitudes con otros argumentos ya encontrados. Es una propuesta que toma en consideración las oraciones individuales detectadas en diálogos sociales y políticos y que aplica técnicas de aprendizaje automático.

---

<sup>1</sup>Por más detalle, consultar la Sección 8

Finalmente, la línea de investigación que explora el uso de las máquinas argumentales relacionadas con la similitud [BLOP19], combina estrategias de recuperación de información proveniente de la web para responder consultas de un usuario cualquiera, combinando métodos de razonamiento basado en casos y de argumentación computacional. Por lo general, en estas estrategias los argumentos se representan mediante grafos resultantes de explorar automáticamente y procesar la información disponible en fuentes web, especialmente en los textos argumentativos del tipo microtextos anotados<sup>2</sup> [PS15a]. La similitud de los argumentos se detecta comparando la similitud en sus grafos representativos, tanto desde el punto de vista estructural como semántico, dado que los nodos albergan la información semántica pertinente. Por el momento, el desarrollo de la técnica depende de un experto humano que colabore en la tarea de clasificar los argumentos a comparar.

### 2.3. Nuestra Perspectiva de Similitud

Habiendo presentado lo que se entiende por similitud desde un punto de vista general, y cómo se trabaja desde el punto de vista de la argumentación computacional, la Figura 2.2 sintetiza la perspectiva que tiene el concepto de similitud en el desarrollo de esta tesis.

Más allá de considerarla una métrica tan simple o tan elaborada como el dominio de la situación bajo estudio lo requiera, en este trabajo la *similitud* representa un proceso de búsqueda de semejanzas y diferencias entre entidades, *argumentos* en particular, que adquieren sentido en un contexto de comparación específico. Cabe resaltar que esta investigación está focalizada a la argumentación computacional; no obstante, la concepción de la similitud computable como una medida basada en funciones matemáticas que hace uso de la cantidad de descriptores (aspectos a los que hace referencia un argumento) que las entidades pueden tener en común, es aplicable en otros dominios, por ejemplo, textos que no están estructurados como argumentos, expresiones de casos legales, casos de estudio médicos, para ejemplificar. En otras palabras, se busca desarrollar el concepto computable de *similitud* de una manera general para poder ser aplicada en cualquier dominio que involucre información textual.

De esta manera, se desea enfocar la *similitud* como una medida con interpretaciones y usos en diferentes niveles de abstracción, es decir, coeficientes o grados de similitud tan generales

---

<sup>2</sup><https://github.com/peldszus/arg-microtexts>

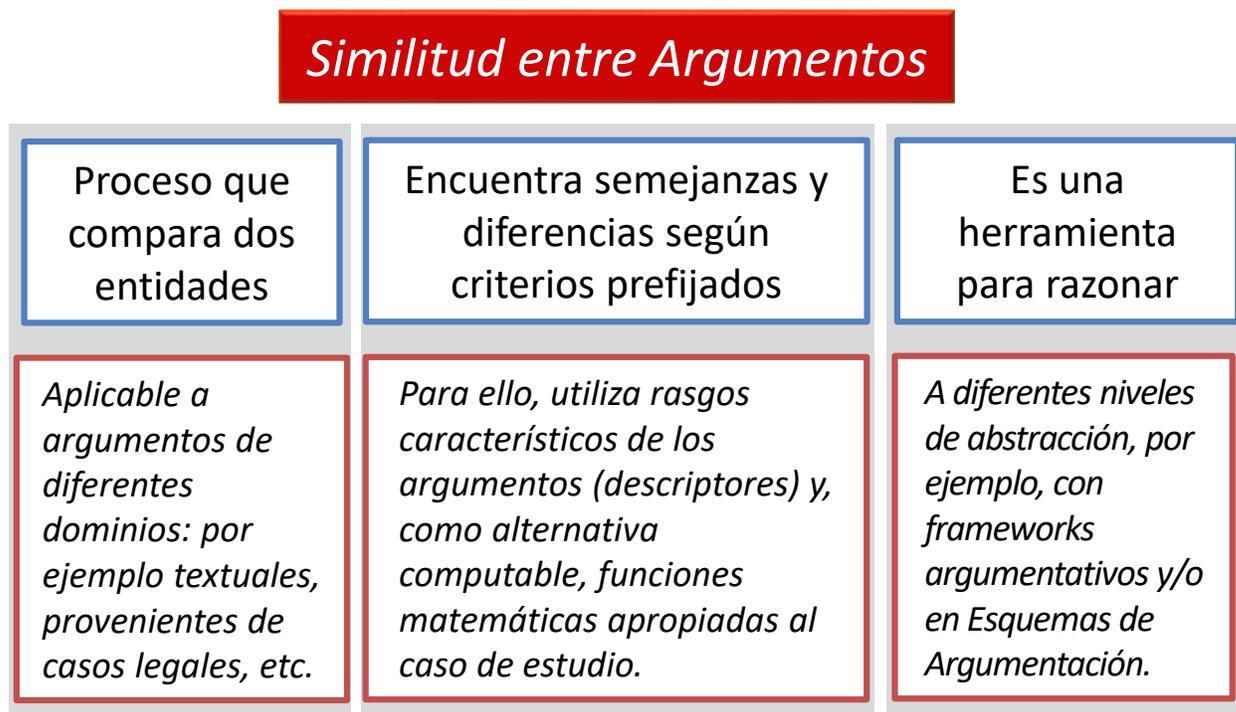


Figura 2.2: La Similitud entendida como Proceso

que puedan ser empleadas de diversas maneras, como por ejemplo, para valorar un framework argumentativo estructurado o bien, para caracterizar un dispositivo abstracto de razonamiento como es un Esquema de Argumentación.

## 2.4. Conclusión

En este capítulo hemos presentado una base conceptual importante para enmarcar el presente trabajo. Principalmente, delimitamos el término “similitud”, desde diferentes puntos de vista, encuadrados en los modelos teóricos de la psicología cognitiva. Condesando algunas medidas de similitud basadas en definiciones, en estructuras o en el contenido de la información, resumimos las diferentes perspectivas que dan lugar a las definiciones de uso práctico del concepto en cuestión. Posteriormente, sintetizamos las medidas diseñadas en el dominio de la argumentación, las cuales constituyen un punto de vista alternativo al presentado en esta tesis. Por último,

delimitamos la postura conceptual que utilizaremos a lo largo de este trabajo de investigación, en el que también proponemos una medida de similitud aplicable a argumentos.

# Capítulo 3

## Framework Argumentativo Bipolar

Al momento de tomar una determinada decisión o al analizar una situación, el ser humano utiliza un proceso de razonamiento basado en razones a favor o en contra de una afirmación que supone válida. Estas razones reciben el nombre de “*argumentos*”, y en el proceso de razonamiento, los argumentos se relacionan entre sí para permitir al agente arribar a una determinada conclusión. Un posible análisis de esta relación es el denominado comportamiento *bipolar*, en el cual se consideran, además de las relaciones de ataque propuestas por Dung [Dun95], otro tipo de relaciones denominadas *soporte* o razones a favor de un determinado argumento. Es decir, en una discusión, el agente puede identificar razones positivas o negativas, en favor o en contra de determinada una conclusión.

Este enfoque fue presentado como *Framework Argumentativo Bipolar* (BAF, por sus siglas en inglés), y fue propuesto por Cayrol & Lagasque-Schiex en [CLS05b], extendiendo la noción de aceptabilidad de Dung al distinguir dos tipos de interacciones entre los argumentos: el *soporte* y el *ataque*.

La Figura 3.1 resume los conceptos fundamentales de este marco. A continuación, formalizaremos estos conceptos:

**Definición 1 (Framework Argumentativo Bipolar (BAF))** *Un Framework Argumentativo Bipolar es una 3-tupla  $\Theta = \langle \text{Arg}, R_a, R_s \rangle$ , donde Arg es un conjunto de argumentos,  $R_a$  y  $R_s$  son dos relaciones binarias disjuntas definidas sobre Arg denominadas ataque y soporte, respectivamente.*

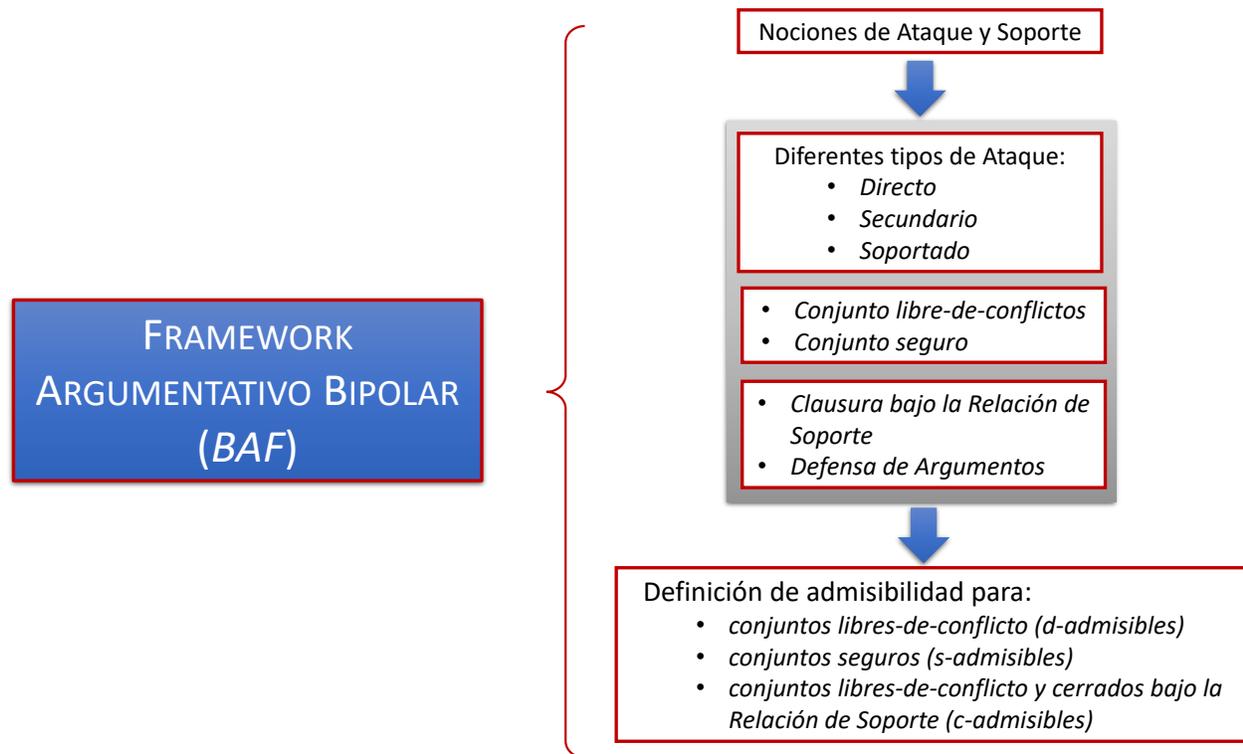


Figura 3.1: Conceptos Fundamentales del *BAF*

Para proveer una representación gráfica de un *BAF*, Cayrol & Lagasquie-Schiex extienden los grafos argumentales presentados por Dung [Dun95], agregando la representación de las relaciones de soporte entre los argumentos. La Figura 3.2 es una representación de un *BAF*, en el que se pueden apreciar las relaciones de ataque en color rojo y líneas sólidas, y las relaciones de soporte en color celeste y líneas punteadas. La flecha parte del argumento atacante (para las flechas rojas) y termina en el argumento atacado. Se puede realizar un análisis similar para la flecha que representa al soporte.

Con estos agregados, el modelo de argumentación bipolar representa un punto de partida para analizar el razonamiento humano, constituyéndose en una herramienta de modelado de los aspectos bipolares que naturalmente tienen lugar en cualquier debate. Esto es posible gracias a las nociones introducidas por Cayrol & Lagasquie-Schiex en [CLS05b] denominadas *ataques soportados* y *ataques secundarios*, las cuales combinan una secuencia de *soporte* con un *ataque directo* considerando las interacciones entre argumentos que se atacan o que se soportan. Estas

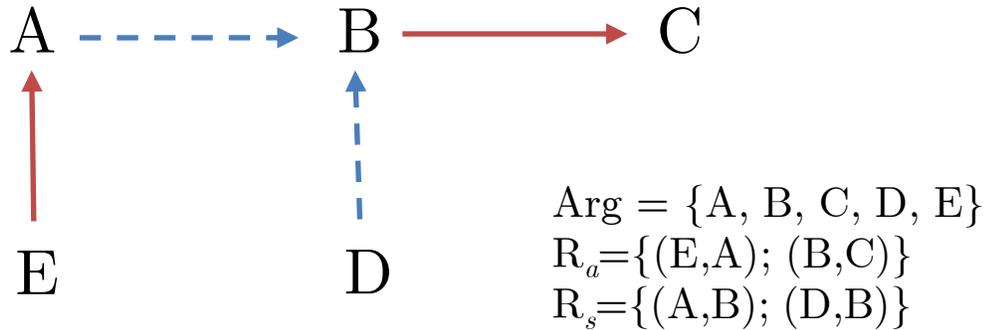


Figura 3.2: Representación de las relaciones de soporte y de ataque en *BAF*

relaciones se definen de la siguiente manera:

**Definición 2 (Ataques en BAF)** Sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, R_a, R_s \rangle$  un *BAF*, y sean  $A, B \in \text{Arg}$  dos argumentos. Entonces:

- Un ataque de  $A$  a  $B$  es directo si  $A R_a B$ .
- Un ataque de  $A$  a  $B$  es un ataque soportado si existe una secuencia  $A_1 R_1 \dots R_{n-1} A_n$ , con  $n \geq 3$ , donde  $A_1 = A$  y  $A_n = B$ , tal que  $\forall i = 1 \dots n-2$ ,  $R_i = R_s$  y  $R_{n-1} = R_a$ .
- Un ataque de  $A$  a  $B$  es secundario si existe una secuencia  $A_1 R_1 \dots R_{n-1} A_n$ , con  $n \geq 3$ , donde  $A_1 = A$  y  $A_n = B$ , tal que  $R_1 = R_a$  and  $\forall i = 2 \dots n-1$ ,  $R_i = R_s$ .

Intuitivamente,  $A$  ataca a través del soporte a  $B$  si existe un ataque basado previamente en una cadena de soporte; y  $A$  ataca en forma secundaria a  $B$  si existe un ataque indirecto de  $A$  a  $B$ , en el cual el eslabón inicial en la cadena entre  $A$  y  $B$  es un ataque, seguido por eslabones de soporte que terminan en  $B$ .

La Figura 3.3 ilustra los tipos de ataques considerados en esta extensión. Las flechas azules de líneas punteadas representan las relaciones de soporte, mientras que las flechas de líneas llenas rojas representan las relaciones de ataque. Las flechas curvas de líneas punteadas muestran los diferentes tipos de ataque. Por ejemplo,  $E$  ataca a  $B$  mediante  $A$  en forma secundaria. Por otra parte,  $D$  ataca a través del soporte a  $C$ , pasando por  $B$ .

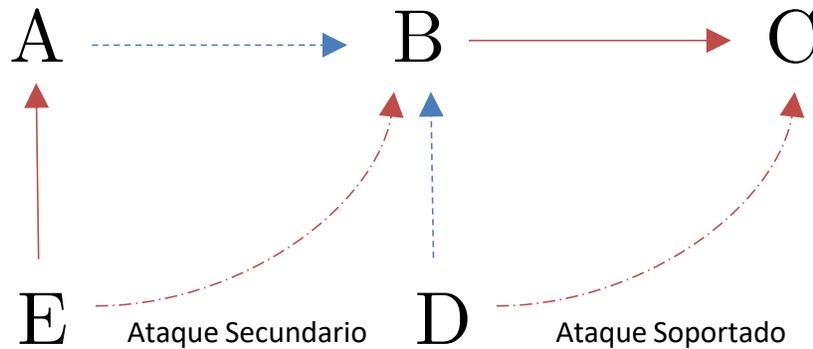


Figura 3.3: Tipos de relaciones de ataque en *BAF*

Cayrol & Lagasquie-Schiex [CLS05b] establecen que un conjunto de argumentos debe mantener una coherencia mínima para modelar adecuadamente aspectos de una discusión razonable. Así, proponen establecer dos tipos de coherencia: una *interna*, que relaciona la aceptabilidad de un conjunto de argumentos con el hecho de que los argumentos no se ataquen entre sí en dicho conjunto, y otra *externa* que completa la noción de aceptabilidad al requerir que el conjunto bajo análisis no posea un soporte y un ataque simultáneo a un mismo elemento externo a dicho conjunto. Para asegurar la coherencia interna, los autores extienden la definición de *conjunto libre de conflicto* de Dung [Dun95], y capturan la noción de coherencia externa mediante el denominado conjunto *seguro*.

**Definición 3 (Conjunto libre de conflicto y Conjunto Seguro en *BAF*)** Sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, R_a, R_s \rangle$  un *BAF*, y sea  $S \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos. Se dice que  $S$  es un conjunto libre de conflicto si  $\nexists A, B \in S$  tal que  $A R_a B$  (ya sea directo, soportado o un ataque secundario).

Se dice que  $S$  es seguro si  $\nexists A \in \text{Arg}$  y  $\nexists B, C \in S$  tal que  $B R_a A$  (ya sea directo, a través del soporte o secundario) a la vez que  $C R_s A$ , o  $A \in S$ .

Cayrol & Lagasquie-Schiex en [CLS05b], demuestran que la noción de seguridad de un conjunto de argumentos es más poderosa que la de un conjunto libre de conflictos, ya que si

un conjunto de argumentos es seguro, también es libre de conflictos. Además, presentan un concepto referido únicamente a las relaciones de soporte, denominado *clausura bajo  $R_s$* .

**Definición 4 (Propiedad de Clausura en BAF)** Sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, R_a, R_s \rangle$  un BAF. Sea  $S \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos.  $S$  es cerrado en  $R_s$  ssi  $\forall A \in S, \forall B \in \text{Arg}$  si  $A R_s B$  entonces  $B \in S$ .

**Ejemplo 1** Dado el conjunto de argumentos  $\text{Arg} = \{A, B, C, D, E\}$  y la relaciones entre ellos representadas en la Figura 3.3, el subconjunto  $S = \{A, B, D\}$  es libre de conflictos, seguro y cerrado bajo la relación de soporte. Como podemos apreciar, no existen relaciones de soporte externas al subconjunto, ni ataques entre sus elementos, como así tampoco sucede que algún elemento de  $S$  ataque y soporte, a la vez, algún elemento externo a él.

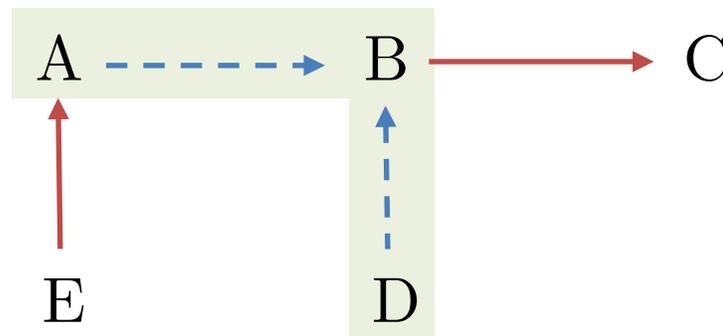


Figura 3.4: Conjunto libre de conflictos, seguro y cerrado bajo la  $R_s$  en BAF

A partir de todos estos elementos, Cayrol and Lagasque-Schiex en [CLS05b] extienden las nociones de defensa para un argumento con respecto a un conjunto dado, donde se toman en consideración tanto las relaciones de soporte como las de ataque.

**Definición 5 (Defensa desde un conjunto de argumentos  $S$  a un único argumento  $A$  en BAF)** Sea  $S \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos, y sea  $A \in \text{Arg}$  un argumento. Se dice que  $S$  defiende colectivamente a  $A$  ssi  $\forall B \in \text{Arg}$  si  $B$  es un atacante (directo, a través del soporte o secundario) para  $A$  entonces  $\exists C \in S$  tal que  $C$  es un atacante (directo, a través del soporte o secundario) para  $B$ . En este caso, se dice que el argumento  $C$  defiende al argumento  $A$  del ataque del argumento  $B$ .

Con estos elementos definidos, los autores establecen una familia de semánticas basadas tanto en la coherencia interna como externa de un conjunto de argumentos, donde la propiedad de clausura bajo  $R_s$  tiene un rol importante. Dado que estas familias de semánticas son importantes para el desarrollo de este trabajo de investigación, le dedicaremos la siguiente sección.

### 3.1. Admisibilidad en *BAF*

En [CLS05b], los autores proponen tres definiciones de admisibilidad, basadas en diferentes niveles de generalidad. La más general se equipara con la admisibilidad de Dung [Dun95], denominada *d-admisibilidad*, y captura la idea de coherencia interna a través de la propiedad de libre de conflicto. Así, los autores redefinen la noción de d-admisibilidad en dos sentidos: por un lado, considerando la *seguridad* y dando lugar a la *s-admisibilidad* que captura la noción de coherencia externa, por otro lado, proponiendo la *c-admisibilidad* que considera la propiedad de clausura sobre un conjunto libre de conflicto. Dando formalidad a estas intuiciones, tenemos:

**Definición 6 (Nociones de Admisibilidad en *BAF*)** Sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, R_a, R_s \rangle$  un *BAF*. Sea  $S \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos. Entonces la admisibilidad de  $S$  se define como sigue:

- $S$  es *d-admisible* ssí  $S$  es libre de conflicto y defiende a todos sus elementos.
- $S$  es *s-admisible* ssí  $S$  es seguro y defiende a todos sus elementos.
- $S$  es *c-admisible* ssí  $S$  es libre de conflicto, cerrado bajo  $R_s$ , y defiende a todos sus elementos.

Podemos notar que, la extensión *c-admisible* representa a un conjunto libre de conflicto que es cerrado bajo la relación de soporte. Naturalmente, esta extensión es d-admisible dado que no posee ataques internos y defiende todos sus elementos. Además, los argumentos que pertenecen a esta extensión no pueden atacar a argumentos que ellos mismos soportan, porque de hacerlo, estarían violando la propiedad de libre de conflicto. De esta manera, una extensión *c-admisible* satisface la coherencia externa, asegurando ser una extensión s-admisible al mismo tiempo. Por otra parte, una extensión *s-admisible* satisface la propiedad de conjunto libre de conflicto, ya que un conjunto seguro no posee ataques internos y además satisface la coherencia externa.

Conviene notar que una extensión *d*-admisibile se refina al considerar la coherencia externa en un conjunto *s*-admisibile y condición de clausura bajo la relación de soporte de un conjunto *c*-admisibile.

A continuación, la Tabla 3.1 sintetiza las condiciones que deben cumplir las extensiones mencionadas.

Tipo de Conjunto	Libre de Conflicto (Def.3)	Seguro (Def.3)	Cerrado en $R_s$ (Def.4)	Defensor (Def.5)
<i>d</i> -admisibile (Def.21)	X			X
<i>s</i> -admisibile (Def.21)		X		X
<i>c</i> -admisibile (Def.21)	X		X	X

Cuadro 3.1: Propiedades que cumplen las Extensiones Admisibles en *BAF*

A partir de las nociones previas, Cayrol and Lagasque-Schiex en [CLS05b] proponen diferentes semánticas para computar la aceptabilidad de un conjunto de argumentos. Estas semánticas consideran las definiciones previas de admisibilidad, y redefinen las semánticas clásicas propuestas por Dung [Dun95].

**Definición 7 (Extensión Estable en *BAF*)** Sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, R_a, R_s \rangle$  un *BAF*, y sea  $S \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos. *S* es una extensión estable de  $\Theta$  si *S* es libre de conflicto y,  $\forall A \notin S$ , existe un atacante (directo, a través del soporte o secundario) para *A* en *S*.

**Definición 8 (Extensión Preferida en *BAF*)** Sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, R_a, R_s \rangle$  un *BAF*, y sea  $S \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos. *S* es una extensión *d*-preferida (respectivamente *s*-preferida, *c*-preferida) si *S* es el subconjunto *d*-admisibile maximal de *Arg* (por inclusión de conjuntos, respectivamente *s*-admisibile, *c*-admisibile).

Hasta aquí, un framework de argumentación bipolar obtiene un conjunto aceptable de argumentos en base a un análisis específico de las relaciones de soporte y de conflicto involucradas en una disputa. Sin embargo, este formalismo no provee herramientas de análisis adecuadas para determinar cuán cohesivo o controversial es un conjunto de argumentos en una discusión. En el siguiente capítulo, extenderemos el *BAF* clásico para redefinir el análisis argumentativo en este sentido.

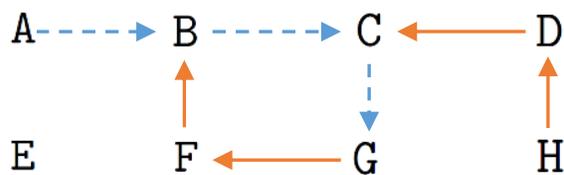
### 3.2. Análisis del Ejemplo

Nuestro Ejemplo 1.1 puede ser representado por un *BAF*, caracterizado por  $\Theta = \langle \text{Arg}, R_a, R_s \rangle$ , donde:

$$\text{Arg} = \{A, B, C, D, E, F, G, H\}$$

$$R_a = \{(F, B), (G, F), (H, D), (D, C)\}$$

$$R_s = \{(A, B), (B, C), (C, G)\}$$



Extensión	$\{A, E, F, H\}$	$\{A, B, C, G, E, H\}$
d-admisible	X	X
s-admisible		X
c-admisible		X
d-preferida	X	X
s-preferida		X
c-preferida		X
estable	X	X

Figura 3.5: Representación de las relaciones de soporte y de ataque en *BAF*

La Figura 3.5 representa las relaciones de ataque y de soporte entre los argumentos, usando flechas sólidas y flechas punteadas, respectivamente. Podemos observar una relación de ataque a través del soporte de A a F, un ataque secundario de F a G y un ataque secundario de D a G. Además, el conjunto  $S_1 = \{A, B, D, E\}$  es libre de conflicto pero no es seguro dado que B soporta a C, que es atacado por D; también  $S_1$  no es cerrado bajo la  $R_s$ ; asimismo  $S_1$  no es d-admisible dado que no existe un argumento en dicho conjunto que defienda a D del ataque de H.

Por otro lado, el conjunto  $S_2 = \{A, B, C, G, H, E\}$  es libre de conflicto, seguro y cerrado bajo la  $R_s$ ; adicionalmente,  $S_2$  es d-admisibile, s-admisibile, y c-admisibile, dado las características ya analizadas y considerando que H defiende a C del ataque de D y G defiende a B del ataque de F. Entonces,  $S_2$  es una extensión estable, d-preferida, s-preferida y c-preferida de  $\Theta$ . Además, el conjunto  $S_3 = \{A, F, H, E\}$  es libre de conflicto, pero no es seguro ni cerrado bajo el  $R_s$  ya que F ataca a B que, a su vez, es soportado por A. Así,  $S_3$  es solamente d-admisibile. Entonces,  $S_3$  es una extensión estable y d-preferida de  $\Theta$ .

### 3.3. Conclusión

En este capítulo se ha presentado una base conceptual importante para enmarcar el presente trabajo. Principalmente, se ha presentado el “*BAF*”, propuesto por Cayrol & Lagasquie-Schiex en [CLS05b], extendiendo la noción de aceptabilidad de Dung [Dun95] al distinguir dos tipos de interacciones entre los argumentos: el *soporte* y el *ataque*. Asimismo, se han detallado cuáles son las nociones de admisibilidad clásica cuando existen este tipo de interacciones. Como podemos notar, no existe ninguna gradualidad en esta familia de semánticas.



## Capítulo 4

# Similitud en Frameworks Argumentativos Bipolares

Cuando un agente analiza un conjunto de argumentos para poder determinar la similitud entre ellos, a fin de ejercer un proceso de razonamiento basado en analogías, suele hacer uso de la *definición de condiciones* bajo las cuales comparar esos argumentos [Wal10a]. En [Lin98], D. Lin afirma que el problema principal que existe con las medidas de similitud es que asumen un modelo de dominio particular, es decir, consideran preexistentes las condiciones en base a las cuales se calcula la similitud. Como se ha detallado en el Capítulo 2, dos objetos, casos, o situaciones son similares si comparten ciertas características y difieren en otras. Sin embargo, cuando las entidades que se desean comparar son argumentos, la determinación de la similitud es un proceso altamente ligado a la percepción del agente, a sus creencias, influencias de variables externas, entre otros elementos. Todos estos factores conforman un *contexto* que afecta el proceso de comparación. Estas intuiciones son esenciales para definir la *medida de similitud entre argumentos*.

Considerando este punto de partida, podríamos decir que un método para comparar dos argumentos y determinar la similitud entre ellos, según un contexto dado, constaría de tres etapas: (i) *la especificación de los descriptores de los argumentos*, (ii) *la configuración del contexto, basada en los descriptores de los argumentos*; y (iii) *el cómputo del grado de similitud entre los argumentos que están siendo comparados*.

A continuación, presentaremos y desarrollaremos cada una de estas etapas.

## 4.1. Especificando Descriptores para los Argumentos

Tal como se viene indicando, un *descriptor* es una *palabra* o *etiqueta* que representa algún aspecto al cual el argumento está, de alguna manera, conectado [BMBS15]. En este sentido, el conjunto de descriptores compuesto por los descriptores asociados con cada uno de los argumentos en una discusión representan el *dominio*. Encontrar el conjunto de descriptores a los cuales se refiere un argumento, implica la utilización de técnicas prácticas de la minería de argumentos, tema al que se le dedican numerosos esfuerzos en el área de la argumentación computacional. El proceso de coleccionar estas etiquetas o palabras puede ser realizado mediante diferentes técnicas que exceden los límites de esta tesis, que se circunscribe al estudio de la similitud entre los argumentos. Sin embargo, es oportuno citar en el área de los trabajos de [FVLM19, Moe18, BR19] quienes se dedican al abordaje de la minería de argumentos desde diferentes perspectivas.

Desde nuestro punto de vista, se asume que el conjunto de descriptores correspondientes a cada argumento es información que ya se tiene disponible, como así también el mapeo de esos descriptores a los valores en el dominio de aplicación correspondiente. Además, dado que esta propuesta se enmarca en la argumentación abstracta, en esta etapa no nos interesa la estructura interna de un argumento, sino a aquellos aspectos a los cuales el argumento hace referencia, sin entrar en los detalles de su lógica interna.

Para facilitar la lectura, es necesario realizar algunas convenciones notacionales. Denotaremos con  $\mathcal{D}$  el conjunto de todos los posibles descriptores que representan las características de un dominio de argumentación específico, y con  $\mathcal{V}$  el conjunto de valores semánticos asociados a los descriptores en  $\mathcal{D}$ . Dado  $d \in \mathcal{D}$ ,  $\mathcal{V}_d$  será el conjunto de los valores semánticos asociados a un descriptor  $d$  en el dominio de aplicación. Los descriptores y sus valores caracterizan una conceptualización del dominio, y pueden ser, por ejemplo, palabras en lenguaje natural o, en forma más compleja, conceptos provistos por una ontología [GOS09].

A partir de estas consideraciones, podemos definir un argumento enriquecido:

**Definición 9 (Argumento Enriquecido)** *Dado un conjunto de argumentos  $\text{Arg}$ , un argumento enriquecido es un par  $A = \langle A, \delta_A \rangle$ , donde  $A$  es un argumento abstracto en  $\text{Arg}$ ,  $\delta_A$  es un conjunto finito y no vacío de pares  $(d, \mathcal{V}_d^A)$  tal que  $d \in \mathcal{D}$  y  $\mathcal{V}_d^A \subseteq \mathcal{V}_d$ , y dado dos pares  $(d, \mathcal{V}_d^A)$  y*

$(d', \mathcal{V}_{d'}^A)$  en  $\delta_A$ , se tiene que  $d \neq d'$ . Denotamos con  $\mathbb{A}rg$  al conjunto de todos los argumentos enriquecidos con respecto a  $\mathbb{A}rg$ .

Intuitivamente, un argumento enriquecido  $A = \langle A, \delta_A \rangle$  consiste de un argumento actual  $A$  y una estructura adicional  $\delta_A$ , esto es un conjunto de pares que representan los descriptores a los cuales  $A$  hace referencia y un conjunto de valores semánticos asociados a cada descriptor.

Dado un conjunto de argumentos enriquecidos  $\mathbb{S} \subseteq \mathbb{A}rg$ , existirán ocasiones en las cuales tengamos que hacer referencia específicamente al conjunto de argumentos clásicos involucrados en él, tal como se ilustra en la Figura 4.1.

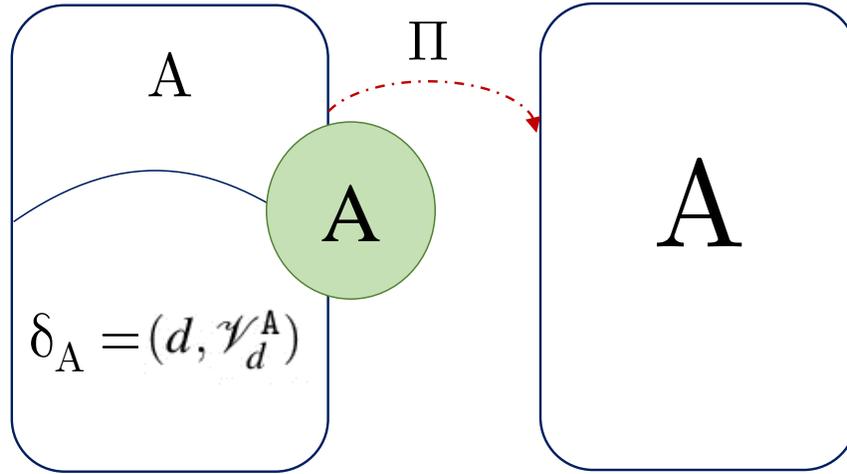


Figura 4.1: Obtención de un Argumento a partir de un Argumento Enriquecido

A partir de esta intuición, introduciremos la siguiente definición que permitirá obtener los argumentos asociados a un conjunto de argumentos enriquecidos:

**Definición 10 (Argumentos a partir de un conjunto de argumentos enriquecidos)** Sea  $\Theta = \langle \mathbb{A}rg, R_a, R_s \rangle$  un framework argumentativo bipolar subyacente y sea  $\mathbb{A}rg$  el conjunto de argumentos enriquecidos desde  $\mathbb{A}rg$ . Dado  $\mathbb{S} \subseteq \mathbb{A}rg$ , introduciremos la función  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$ , definida como  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S}) = \{A \mid \langle A, \delta_A \rangle \in \mathbb{S}\}$ , que permitirá obtener el conjunto de argumentos  $\mathbb{S} \subseteq \mathbb{A}rg$  involucrados en el conjunto de argumentos enriquecidos  $\mathbb{S}$ .

Seguidamente, analizaremos nuestro ejemplo presentado en la introducción para identificar los descriptores asociados a cada argumento, y los valores de esos descriptores según la información provista por los argumentos.

**Ejemplo 2** Continuando con nuestro Ejemplo Motivador 1.1 presentado en la introducción, podemos instanciar el universo de descriptores para este dominio específico como el conjunto:

$$\mathcal{D} = \{\text{condiciones\_climaticas}, \text{actividad\_general}, \text{estado\_de\_animo}, \\ \text{comida}, \text{accion\_comida}, \text{consecuencia\_actividad}\}.$$

Luego, podemos consignar el conjunto de los descriptores y la estructura correspondiente para los argumentos enriquecidos, de la siguiente manera:

$$\delta_A = \{(\text{condiciones\_climaticas}, \{\text{dia\_lluvioso}\}); (\text{actividad\_general}, \{\text{comer}\}); (\text{comida}, \\ \{\text{chocolate}\}); (\text{accion\_comida}, \{\text{levanta\_animo}\}); (\text{estado\_de\_animo}, \{\text{feliz}\})\}$$

$$\delta_B = \{(\text{actividad\_general}, \{\text{salir}, \text{caminar}\}); (\text{estado\_de\_animo}, \{\text{feliz}\})\}$$

$$\delta_C = \{(\text{condiciones\_climaticas}, \{\text{dia\_lluvioso}\}); (\text{actividad\_general}, \{\text{salir}, \text{shopping}\}); \\ (\text{estado\_de\_animo}, \{\text{feliz}, \text{buen\_humor}\})\}$$

$$\delta_D = \{(\text{condiciones\_climaticas}, \{\text{dia\_lluvioso}\}); (\text{estado\_de\_animo}, \{\text{deprimido}\}); \\ (\text{actividad\_general}, \{\text{quedar\_en\_casa}\})\}$$

$$\delta_E = \{(\text{condiciones\_climaticas}, \{\text{dia\_soleado}\}); (\text{actividad\_general}, \{\text{actividades\_aire\_libre}\}); \\ (\text{consecuencia\_actividad}, \{\text{liberar\_endorfinas}\})\}$$

$$\delta_F = \{(\text{actividad\_general}, \{\text{caminar}, \text{mirar\_peliculas}, \text{salir}\}); (\text{consecuencia\_actividad}, \\ \{\text{lesionar\_pie}\})\}$$

$$\delta_G = \{(\text{actividad\_general}, \{\text{salir}, \text{shopping}, \text{caminar}, \text{quemar\_calorias}\})\}$$

$$\delta_H = \{(\text{actividad\_general}, \{\text{ordenar\_casa}\}); (\text{estado\_de\_animo}, \{\text{estresado}\})\}$$

Todos los argumentos, excepto E, F, y G, comparten el descriptor “estado\_de\_animo”, por lo que sirve para compararlos. Además, el valor de “estado\_de\_animo” es el mismo para los argumentos A y B pero solamente coincide con uno de los valores que corresponde a “estado\_de\_animo” para el argumento C. Por otra parte, el valor que toma “estado\_de\_animo” es totalmente diferente para los argumentos D y H. Estas diferencias significan que, aunque

*los argumentos poseen los mismos descriptores, y por lo tanto pudieran ser comparados al respecto, esto no garantiza que sean entidades similares. La razón de esto es que los valores que toma un descriptor puede ser diferente para argumentos particulares, en el mismo dominio de aplicación. Este análisis puede replicarse considerando cada uno de los descriptores asociados a los argumentos.*

Dado que un argumento puede tener asociado diferentes descriptores, se vuelve necesario establecer un contexto en el cual realizar la comparación, así como también priorizar los descriptores en tal comparación. En un trabajo previo a este escrito [BMBS15], delineamos los elementos formales del mecanismo para computar la similitud entre argumentos; sin embargo, en esa oportunidad no se puso en evidencia un mecanismo para juzgar la importancia de los descriptores en la comparación. A continuación proponemos un mecanismo para establecer una comparación basada en el contexto, en el cual cada descriptor tiene asociado un peso o grado de importancia.

#### **4.1.1. Estableciendo el Contexto**

Los descriptores de los argumentos pueden hacer referencia a diferentes tópicos, un hecho que hace más complicado el proceso de comparación. Por esta razón, como parte de la tarea de representación del conocimiento, debería ser esencial establecer correctamente el contexto en el que se evaluarán las similitudes y diferencias entre los argumentos. Por ejemplo, podríamos decidir comparar los argumentos del Ejemplo 2 solamente por los *estado\_de\_animo*, o podríamos necesitar compararlos por *condiciones\_climaticas*, o tal vez por ambos.

Siguiendo esta idea, el establecimiento de un contexto define un conjunto de restricciones sobre el proceso de comparación. Como un requerimiento inicial, dos argumentos pueden ser comparados solamente si tienen en común al menos un descriptor. En [BMBS15], la noción propuesta de contexto se limita a un conjunto de descriptores. Una extensión natural de este enfoque es reconocer que la comparación entre argumentos requiere que los diferentes descriptores tengan un impacto distinto sobre el análisis de la similitud, conviniendo que en el proceso de comparación, el significado de algunos aspectos de los argumentos son más (o menos) relevantes para la comparación que otros. A partir de ahora, la definición de un contexto incorpora

los descriptores con un peso relevante, incrementando las capacidades de representación del framework argumentativo.

**Definición 11 (Contexto)** Sea  $\mathcal{D}$  un conjunto de descriptores, un contexto  $\mathbb{C}$  será representado como  $\mathbb{C} = \{(d, w_d) \mid d \in \mathcal{D}, w_d \in [0, 1]\}$ , i.e., un contexto es un conjunto de pares ordenados donde  $d \in \mathcal{D}$  es un descriptor y  $w_d \in [0, 1]$  es el peso o grado de relevancia asociado con  $d$ . Denotaremos con  $\mathcal{D}_{\mathbb{C}} \subseteq \mathcal{D}$  el conjunto de los descriptores mencionados en el contexto  $\mathbb{C}$ , i.e.,  $\mathcal{D}_{\mathbb{C}} = \{d \mid (d, w_d) \in \mathbb{C}\}$ .

Es importante notar que, dado un conjunto de descriptores, podemos comparar los argumentos teniendo en cuenta múltiples contextos, los cuales pueden ser conjuntos disjuntos o no. Dicho de otro modo, dado un conjunto de descriptores, es posible establecer múltiples contextos de comparación a partir de ellos, tal como se visualiza en la Figura 4.2.

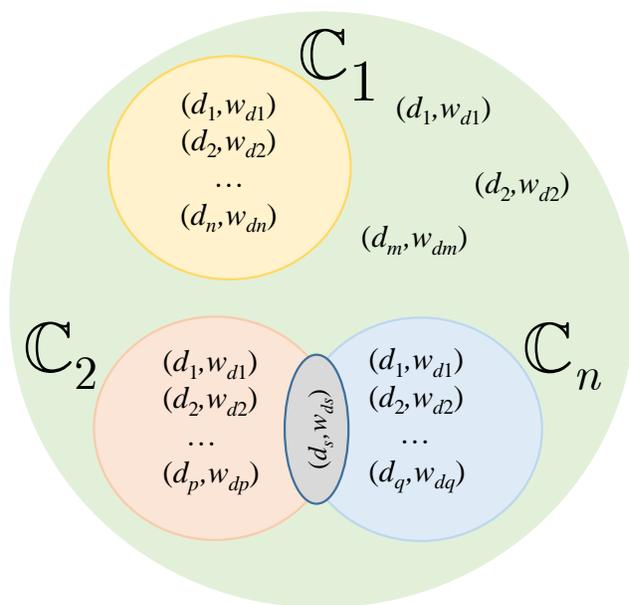


Figura 4.2: Representación gráfica de los Contextos de comparación

A los fines de ejemplificar la definición anterior, continuaremos desarrollando nuestro ejemplo.

**Ejemplo 3** *Retomando el Ejemplo 2 tenemos el siguiente dominio:*

$$\mathcal{D} = \{\text{condiciones\_climaticas}, \text{atividad\_general}, \text{estado\_de\_animo}, \\ \text{comida}, \text{accion\_comida}, \text{consecuencia\_actividad}\}$$

*Supongamos que se desean comparar los argumentos del ejemplo considerando las condiciones climáticas y su influencia sobre la decisión de elegir una actividad general a realizar. El contexto podría ser instanciado en diferentes maneras, como por ejemplo:*

$$\mathbb{C}_1 = \{(\text{condiciones\_climaticas}, 0,7), (\text{atividad\_general}, 0,3)\}$$

*o tal vez como*

$$\mathbb{C}_2 = \{(\text{condiciones\_climaticas}, 0,1), (\text{atividad\_general}, 0,8)\}.$$

*Estos contextos ofrecen los mismos descriptores para comparar los argumentos, pero cada uno le asigna diferentes pesos a estos descriptores: el descriptor condiciones\_climaticas es el más importante en el  $\mathbb{C}_1$ , mientras que el descriptor atividad\_general es el más importante en el  $\mathbb{C}_2$ . Supongamos que los argumentos  $\langle A, \delta_A \rangle$  y  $\langle B, \delta_B \rangle$  no comparten el descriptor condiciones\_climaticas, pero sí comparten el descriptor atividad\_general con diferentes valores, reflejando que es menos importante para la comparación si la misma se efectúa bajo el contexto  $\mathbb{C}_1$  y más importante si la comparación se realiza considerando el  $\mathbb{C}_2$ . En este caso, la similitud entre estos argumentos será más baja en el  $\mathbb{C}_1$  y más alta si se utiliza el  $\mathbb{C}_2$ . Así, el peso asociado a un descriptor establece una relación de relevancia sobre los elementos del contexto, afectando la forma en como se computa la comparación.*

Para mantener esta definición tan general como sea posible, no se establecen condiciones acerca de cómo asociar los pesos a los diferentes elementos del contexto. Sin embargo, muy superficialmente, podemos presentar algunas ideas exploradas en la literatura que permiten llevar a cabo valuaciones en diferentes dominios. Por un lado, podemos analizar la valuación de los descriptores desde el mismo punto de vista que el del voto social en los frameworks de argumentación basados en valores [BC02, Mod09, AC98], donde las evaluaciones dependen principalmente del usuario o la audiencia que participa en la discusión. Por lo tanto, se incorporan las preferencias

del usuario o del público en el framework, pero no se realiza ningún análisis semántico sobre los descriptores. Por otro lado, podemos decir que los descriptores asociados con los argumentos no son independientes entre sí, y podrían relacionarse mediante una red semántica. Así, podemos proponer una representación matemática donde los nodos son tópicos y la conexión entre los nodos (o arcos) es una conexión semántica entre ellos. Luego, se puede lograr una evaluación inicial de acuerdo al número de veces que esos descriptores se utilizan en la discusión. Una posible mejora de esta idea es la aplicación de una técnica de “page rank” a la ontología del descriptor. Por lo tanto, la valoración inicial se puede fortalecer por el enlace semántico entre los descriptores a través de la aplicación de un algoritmo de page ranking [DSB09]. Con los elementos definidos hasta aquí, podemos computar la similitud entre argumentos y formalizarla como sigue.

#### 4.1.2. Computando el Grado de Similitud entre Argumentos

Más allá de proveer un mecanismo que permita decidir si dos argumentos son (o no) similares, nuestra propuesta se enfoca a evaluar los descriptores de los argumentos en un contexto dado  $\mathbb{C}$  para especificar un *grado de similitud* entre los argumentos, dependiendo del contexto. Para esto, examinamos la cantidad de valores de los descriptores del contexto  $\mathbb{C}$  que coinciden: cuanto más alto es el número de valores que coinciden por descriptor, más alto será el grado de similitud, ponderado por la relevancia que cada descriptor proporciona en la definición del contexto. Establecemos que dos argumentos son incomparables en un contexto dado  $\mathbb{C}$  cuando ningún descriptor asociado con ellos pertenece al  $\mathbb{C}$ . Es importante notar que un par de argumentos puede ser incomparable en un  $\mathbb{C}$  dado, pero puede ser perfectamente comparable en otro diferente.

A continuación, dado un argumento enriquecido  $A = \langle A, \delta_A \rangle$ , denotamos con  $\mathcal{D}_A$  el conjunto de todos los descriptores que aparecen en  $\delta_A$ , *i.e.*,  $\mathcal{D}_A = \{d \mid (d, \mathcal{V}^A) \in \delta_A\}$  y con  $\mathcal{V}_d^A$  el conjunto de los valores asociados al descriptor  $d \in \mathcal{D}_A$ .

**Definición 12 (Coeficiente de Similitud para un Descriptor)** *Sea  $\mathbb{A}rg$  un conjunto de argumentos enriquecidos,  $A = \langle A, \delta_A \rangle$  and  $B = \langle B, \delta_B \rangle$  dos argumentos enriquecidos en  $\mathbb{A}rg$ , y  $\mathbb{C}$  un contexto. Definimos el coeficiente de similitud por cada descriptor  $d \in \mathcal{D}_A \cap \mathcal{D}_B \cap \mathcal{D}_{\mathbb{C}}$ ,*

denotado  $\text{Coef}_d(A, B)$ , como sigue:

$$\text{Coef}_d(A, B) = \begin{cases} \frac{|\mathcal{V}_d^A \cap \mathcal{V}_d^B|}{|\mathcal{V}_d^A \cup \mathcal{V}_d^B|} \cdot w_d & \text{Si } |\overline{\mathcal{V}_d^A \cap \mathcal{V}_d^B}| \neq 0 \\ w_d & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

Intuitivamente, encontrar el coeficiente de similitud entre dos argumentos para un mismo descriptor, requiere encontrar la cantidad de valores comunes a los descriptores para ambos argumentos y dividirlo por la cantidad de valores diferentes a los descriptores de los argumentos en comparación para luego ponderar el valor resultante según la relevancia que el descriptor posee en la definición del contexto considerado.

**Definición 13 (Grado de Similitud entre Argumentos)** Sea  $\text{Arg}$  un conjunto de argumentos enriquecidos, sean  $A = \langle A, \delta_A \rangle$  and  $B = \langle B, \delta_B \rangle$  dos argumentos enriquecidos en  $\text{Arg}$ , y sea  $\mathbb{C}$  un contexto. Definimos el grado de similitud entre argumentos en un contexto  $\mathbb{C}$ , denotado  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$ , como  $\text{Sim}_{\mathbb{C}} : \text{Arg} \times \text{Arg} \rightarrow [0, 1]$ , tal que:

$$\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, B) = \begin{cases} \alpha_n & \text{Si } \mathcal{D}_A \cap \mathcal{D}_B \cap \mathcal{D}_{\mathbb{C}} = \{d_1, \dots, d_n\} \\ 0 & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

donde  $\alpha_1 = \text{Coef}_{d_1}(A, B)$  and  $\alpha_i = \odot(\alpha_{i-1}, \text{Coef}_{d_i}(A, B))$  with  $2 \leq i \leq n$ ,

y,  $\odot$  debería ser una t-norma satisfaciendo las siguientes propiedades: conmutativa, asociativa, monotonía creciente, y con el 1 como elemento neutro; o  $\odot$  debería ser una t-conorma, que satisface las siguientes propiedades: conmutativa, asociativa, monotonía creciente, y teniendo el 0 como elemento neutro.

**Observación 1 (Coeficiente de Similitud para un Descriptor).** La función coeficiente opera considerando el número de valores en común de un mismo descriptor perteneciente al contexto. Por esta razón, el límite inferior de la función es cero, mientras que no es posible determinar *a priori* el límite superior de la función, pero es finito y positivo.

**Observación 2 (Grado de Similitud entre Argumentos).** La función de similitud es operada bajo una  $t$ -norma o bajo una  $t$ -conorma, satisfaciendo las propiedades conmutativas y asociativas. Por esta razón, el orden en el cual se opera con los descriptores del conjunto  $\{d_1, \dots, d_n\}$  no afecta la medida final de la similitud, por lo tanto, podemos asumir un orden arbitrario para calcular esta medida.

El uso de las  $t$ -normas es ampliamente reconocido en diversos dominios de aplicación. Por ejemplo, Dubois y Prade [DP82] utilizan  $t$ -normas para modelar la incertidumbre asociada a la evidencia subjetiva en el análisis de casos legales. Asimismo, Lukasiewicz y Straccia [LS08] analizan la eficiencia de las  $t$ -normas para modelar la incertidumbre y la precisión de la información en la Web Semántica. También podemos encontrar ejemplos de uso de  $t$ -conormas en diversos dominios de aplicación. Por ejemplo, Grabisch et al. [GOY98] presentan diferentes maneras de realizar la agregación de argumentos basadas en las preferencias del usuario modeladas con  $t$ -conormas. Otro ejemplo es el trabajo de Fox et al. [FKEG93] quienes introducen una serie de criterios para realizar la agregación de argumentos que dan soporte a una conclusión en particular en un sistema de soporte a las decisiones, y consideran un nivel de incertidumbre inicial asociado al conjunto de argumentos. Los autores resaltan el uso de las  $t$ -conormas como una manera sensible de obtener el nivel de incertidumbre de una conclusión soportada por múltiples argumentos. En una manera más general, Budán et al. [BCMS17, BCMS20] muestran la aplicación de estas operaciones en sistemas legales, recomendadores y sistemas de soporte a las decisiones de diferentes dominios.

Es importante notar que  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$  está parametrizada por el contexto  $\mathbb{C}$  y el operador  $\odot$ . La razón detrás de una definición tan general para  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$  es dar la posibilidad de personalizar el operador al considerar los requerimientos de la aplicación, según la meta de cada comparación particular entre argumentos. Por ejemplo, se puede requerir aplicar  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$  bajo diferentes contextos, o con diferentes supuestos sobre cómo combinar los valores de cada descriptor en un contexto dado, y estos objetivos se pueden lograr en forma independiente. En lo sucesivo, a veces no incluiremos explícitamente uno o ambos parámetros siempre que estén claros en el texto. Además, la función de similitud propuesta satisface las siguientes propiedades como consecuencia de estar basada en una función  $t$ -norma o en una función  $c$ -norma.

Sea  $\mathbb{C}$  un contexto, entonces para todos  $A = \langle A, \delta_A \rangle, B = \langle B, \delta_B \rangle \in \text{Arg}$ , se tiene que:

- *Positividad*:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, B) \geq 0$ .
- *Simetría*:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, B) = \text{Sim}_{\mathbb{C}}(B, A)$ .
- *Maximalidad*:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, A) \geq \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, B)$ .

**Ejemplo 4** *En nuestro ejemplo motivador, nos enfocamos en los valores que cada uno de los descriptores toman para cada argumento, considerando el siguiente contexto:*

$$\mathbb{C} = \{(condiciones\_climaticas, 0,5), (actividad\_general, 0,3), (estado\_de\_animo, 0,2)\}.$$

*En la Figura 4.3, sintetizamos los grados de similitud correspondientes al conjunto de argumentos enriquecidos mostrados en el Ejemplo 2.*

*En este caso, basándonos en los descriptores de los argumentos establecidos en el Ejemplo 2, se define  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$  utilizando una t-conorma máxima como una instanciación optimista de la función de similitud. La Figura 4.3 muestra cómo se computa el grado de similitud entre pares de argumentos. Por ejemplo, en la sexta fila, para calcular  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(D, C)$  se tiene:*

*$\text{Coef}_{condiciones\_climaticas}(D, C) = 1 \times 0,5 = 0,5$ , dado que el conjunto de valores asociados a este descriptor es único (dia\_lluvioso) para ambos argumentos.*

*$\text{Coef}_{actividad\_general}(D, C) = \frac{0}{3} \times 0,3 = 0$ , ya que el conjunto de valores asociados a este descriptor es diferente para los argumentos involucrados en la comparación (para el argumento D el valor es quedar\_en\_casa, mientras que para el argumento C los valores son salir y shopping).*

*$\text{Coef}_{estado\_de\_animo}(D, C) = \frac{0}{3} \times 0,2 = 0$ , porque el conjunto de valores asociados a este descriptor es diferente para los argumentos involucrados en la comparación (para el argumento D el valor es deprimido mientras que para el argumento C son feliz y buen\_humor).*

*Finalmente, instanciamos la función de similitud con una t-conorma máxima como se detalla a continuación:*

$$\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, B) = \begin{cases} \alpha_n & \text{Si } \mathcal{D}_A \cap \mathcal{D}_B \cap \mathcal{D}_C = \{d_1, \dots, d_n\} \text{ con } n \geq 1 \\ 0 & \text{Para los demás casos} \end{cases}$$

Sim <sub>C</sub>	C		
	(condiciones_climaticas, 0.5)	(actividad_general, 0.3)	(estado_de_animo, 0.2)
Sim <sub>C</sub> (A, B) = max(0, max(0, 0.2)) = 0.2	0	$\frac{0}{3} \times 0.3 = 0$	$1 \times 0.2 = 0.2$
Sim <sub>C</sub> (B, C) = max(0, max(0.15, 0.2)) = 0.2	0	$\frac{1}{2} \times 0.3 = 0.15$	$\frac{1}{1} \times 0.2 = 0.2$
Sim <sub>C</sub> (C, G) = max(0, max(0.3, 0)) = 0.3	0	$\frac{2}{2} \times 0.3 = 0.3$	0
Sim <sub>C</sub> (G, F) = max(0, max(0.2, 0)) = 0.2	0	$\frac{2}{3} \times 0.3 = 0.2$	0
Sim <sub>C</sub> (F, B) = max(0, max(0.6, 0)) = 0.6	0	$2 \times 0.3 = 0.6$	0
Sim <sub>C</sub> (D, C) = max(0.5, max(0.5, 0)) = 0.5	$1 \times 0.5 = 0.5$	$\frac{0}{3} \times 0.3 = 0$	$\frac{0}{3} \times 0.2 = 0$
Sim <sub>C</sub> (H, D) = max(0, max(0.3, 0)) = 0.3	0	$1 \times 0.3 = 0.3$	$\frac{0}{2} \times 0.2 = 0$

Figura 4.3: Grados de Similitud para el conjunto de Argumentos Enriquecidos del Ejemplo 2

donde  $\alpha_1 = \text{Coef}_{d_1}(A, B)$  y  $\alpha_i = \max(\alpha_{i-1}, \text{Coef}_{d_i}(A, B))$ .

Luego, si se computa sucesivamente el max entre los tres valores obtenidos, se tiene que  $\text{Sim}_C(D, C) = 0,5$ .

En la siguiente sección, analizaremos cómo aplicar la función de similitud para caracterizar las relaciones de conflicto y de soporte en un *BAF*. En particular, instanciaremos la función de similitud para presentar una postura optimista (o pesimista) en la interpretación del proceso que se realiza sobre un *BAF*.

A partir de los elementos presentados en esta sección, abordaremos seguidamente un mecanismo para interpretar las relaciones de soporte y de conflicto o ataque en un *BAF*. Nuestro

objetivo principal es determinar la cohesión de un conjunto de argumentos que se soportan y la controversia asociada con un conjunto de argumentos que se atacan.

## 4.2. Framework Argumentativo Bipolar Basado en Similitud

Con los elementos previamente definidos, estamos en condiciones de extender las nociones de soporte y de ataque sobre frameworks de argumentación abstractos hacia argumentos enriquecidos. La Figura 4.4 sintetiza las nociones que desarrollaremos en el resto de la sección.

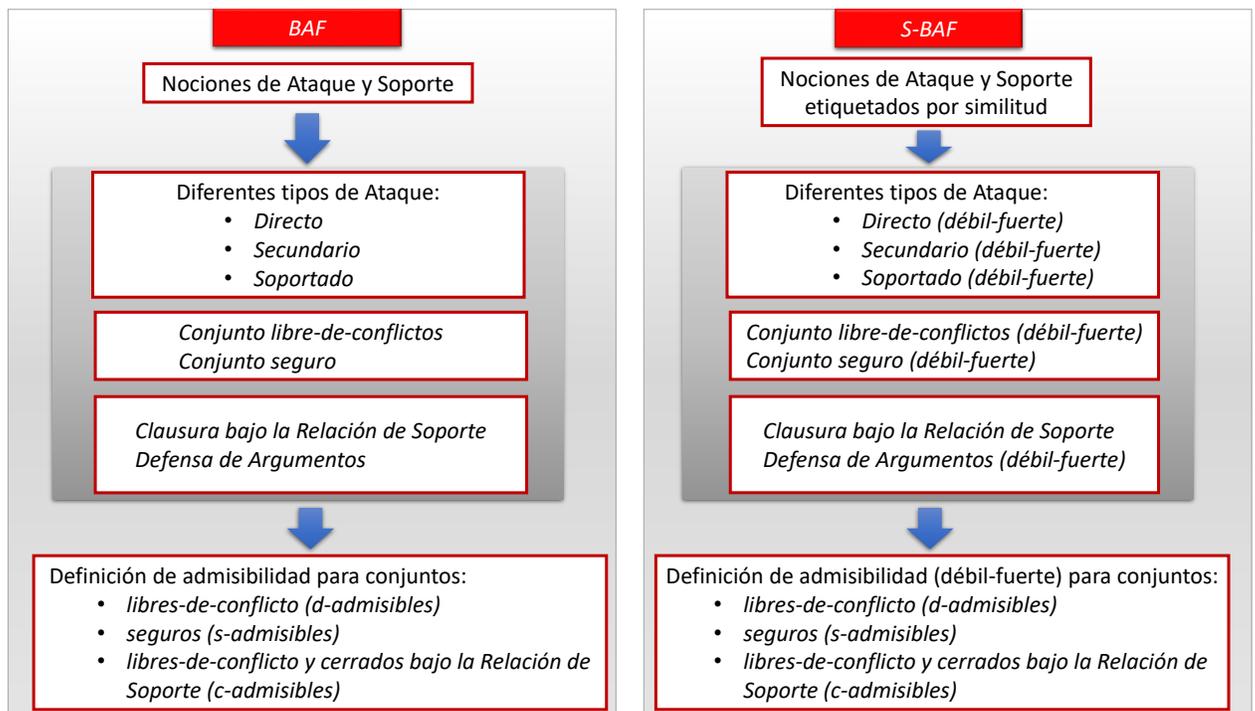


Figura 4.4: Conceptos Fundamentales del S-BAF

Así, dos argumentos enriquecidos  $\langle A, \delta_A \rangle$  y  $\langle B, \delta_B \rangle$  están relacionados a través de una relación de soporte (ataque) sí y solamente sí los argumentos abstractos subyacentes A y B están relacionados a través de una relación de soporte (ataque). Formalmente, esto se expresa de la siguiente manera:

**Definición 14 (Soporte y Ataques entre Argumentos Enriquecidos)** Sea

$\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_a, \mathbb{R}_s \rangle$  un framework de argumentación bipolar, y sea  $\text{Arg}$  el conjunto de todos los argumentos enriquecidos con respecto a  $\text{Arg}$ . Entonces,

- La relación de ataque entre los argumentos enriquecidos, denotada como  $\mathbb{R}_a$ , se define como  $\mathbb{R}_a : \text{Arg} \times \text{Arg}$  tal que  $(\langle A, \delta_A \rangle, \langle B, \delta_B \rangle) \in \mathbb{R}_a$  ssí  $(A, B) \in \mathbb{R}_a$ ; y
- La relación de soporte entre argumentos enriquecidos, denotada como  $\mathbb{R}_s$ , se define como  $\mathbb{R}_s : \text{Arg} \times \text{Arg}$  tal que  $(\langle A, \delta_A \rangle, \langle B, \delta_B \rangle) \in \mathbb{R}_s$  ssí  $(A, B) \in \mathbb{R}_s$ .

Es importante notar que estas nociones constituyen una extensión asociada al *BAF* subyacente  $\Theta$ . En consecuencia, usamos el grafo de argumentación bipolar asociado a  $\Theta$  para representar los argumentos enriquecidos y las relaciones entre ellos.

En [BMBS15] y en la Sección 4.1.2, se presenta un formalismo para computar la similitud entre dos argumentos, siempre que posean *descriptores* en común. La idea subyacente en esta propuesta es que para determinar el grado de similitud entre entidades, es necesario que estas entidades tengan aspectos comparables en común en el contexto en el cual se está llevando a cabo el proceso de comparación. Sin embargo, es posible utilizar la similitud entre argumentos para analizar más efectivamente las relaciones entre ellos, al especificar una *evaluación de la controversia* inherente a una relación de ataque, y una *evaluación de la cohesión* en una relación de soporte, proveyendo una medida de la fuerza de los conflictos y de los soportes, respectivamente. Esto significa que los valores de controversia o de cohesión asociados con dos argumentos que se encuentran relacionados en un ataque o en un soporte debería ser alta siempre que esos argumentos hagan referencia a los mismos aspectos en el debate, en un sentido específico. Siguiendo esta intuición, examinaremos estos problemas enmarcados en un *BAF*, introduciendo la similitud entre argumentos como un dispositivo para enriquecer las necesidades de análisis de la argumentación, proponiendo una herramienta para distinguir entidades débilmente relacionadas de aquellas cuya relación es más sólida.

**Definición 15 (Operador de Cohesión)** Sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_a, \mathbb{R}_s \rangle$  un framework de argumentación bipolar definido, sea  $\text{Arg}$  el conjunto de los argumentos enriquecidos correspondientes a los argumentos en  $\Theta$ , y sean  $\mathbb{R}_a$  y  $\mathbb{R}_s$  las correspondientes relaciones de ataque y de soporte para  $\text{Arg}$ . Para cualquier  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  y contexto  $\mathbb{C}$ , sea  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$  la función de similitud para  $\mathbb{C}$ ,

entonces el operador de cohesión de  $\mathbb{S}$ , denotado por  $\text{Coh}_{\mathbb{C}}(\mathbb{S})$ , se define como  $\text{Coh}_{\mathbb{C}}(\mathbb{S}) \geq 0$ , donde:

$$\text{Coh}_{\mathbb{C}}(\mathbb{S}) = \begin{cases} \beta_n & \text{Si } \mathbb{R}_s^{\mathbb{S}} = \{(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)\} \subseteq \mathbb{R}_s \\ 0 & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

para  $\beta_1 = \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_1, B_1)$  y  $\beta_i = \oplus(\beta_{i-1}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i))$  para  $2 \leq i \leq n$ .

Al igual que la función de similitud  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$  puede ser instanciada de diferentes maneras, según las intenciones de modelado del usuario, el operador  $\oplus$  puede ser instanciado según las necesidades del usuario. Por ejemplo, si se decide por una postura pesimista para analizar la cohesión asociada a un *BAF*, entonces  $\oplus$  debería ser instanciada a través de una t-norma para el modelado del principio de enlace débil, mientras que una t-conorma implementa una postura optimista modelando un principio de composición fuerte. Así, una posible instanciación del operador de Cohesión a través de una Suma de Einstein (t-conorma) es de utilidad para analizar las relaciones entre argumentos, de la siguiente manera:

$$\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\mathbb{S}) = \begin{cases} \beta_n & \text{Si } \mathbb{R}_s = \{(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)\} \\ 0 & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

donde  $\beta_1 = \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_1, B_1)$  y  $\beta_i = \frac{\beta_{i-1} + \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i)}{1 - \beta_{i-1} \times \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i)}$  para  $n \geq 2$ .

**Definición 16 (Operador de Controversia)** Sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_a, \mathbb{R}_s \rangle$  un framework de argumentación bipolar definido, sea  $\text{Arg}$  el conjunto de los argumentos enriquecidos correspondientes a los argumentos en  $\Theta$ , y sean  $\mathbb{R}_a$  y  $\mathbb{R}_s$  las correspondientes relaciones de ataque y de soporte para  $\text{Arg}$ . Para cualquier  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  y contexto  $\mathbb{C}$ , sea  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$  la función de similitud para  $\mathbb{C}$ , entonces el operador de controversia de  $\mathbb{S}$ , denotado por  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}(\mathbb{S})$ , se define como  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}(\mathbb{S}) \geq 0$ , donde:

$$\text{Cont}_{\mathbb{C}}(\mathbb{S}) = \begin{cases} \gamma_n & \text{Si } \mathbb{R}_a^{\mathbb{S}} = \{(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)\} \subseteq \mathbb{R}_a \\ 0 & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

donde  $\gamma_1 = \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_1, B_1)$  y  $\gamma_i = \otimes(\gamma_{i-1}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i))$  para  $2 \leq i \leq n$ .

Al igual que la función de similitud  $\text{Sim}_c$  puede ser instanciada de diferentes maneras, el operador  $\otimes$  también puede ser instanciado según las necesidades del usuario, por ejemplo, mediante la suma Probabilística (t-conorma), como se describe a continuación.

$$\text{Cont}_c^{\bar{\Theta}}(\mathbb{S}) = \begin{cases} \gamma_n & \text{Si } \mathbb{R}_a = \{(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)\} \\ 0 & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

donde  $\gamma_1 = \text{Sim}_c(A_1, B_1)$  y  $\gamma_i = \gamma_{i-1} + \text{Sim}_c(A_i, B_i) - \gamma_{i-1} \times \text{Sim}_c(A_i, B_i)$  para  $n \geq 2$ .

Los operadores de cohesión y de controversia deben satisfacer las propiedades de conmutatividad, de monotonía y de asociatividad. Es importante notar que el uso de las t-normas es ampliamente reconocido en diferentes dominios de aplicación; por ejemplo, Dubois and Prade [DP82] usan t-normas para modelar la incertidumbre asociada con la evidencia subjetiva en el análisis de los casos legales. En otra rama de investigación, Lukasiewicz and Straccia [LS08] analizan la eficiencia de las t-normas para modelar la incertidumbre y la precisión de la información de la Web Semántica. Por otro lado, los operadores t-conormas también son empleados en diferentes dominios de aplicación; por ejemplo, Grabisch *et al.* [DP82] presentan diversas maneras de realizar la agregación de argumentos basada en las referencias del usuario a través de las t-conormas. Otro ejemplo es el trabajo de Krause *et al.* [LS08], quien introduce una serie de criterios para realizar la agregación de argumentos que soportan una conclusión particular en los sistemas de soporte a la toma de decisión, tomando en consideración el nivel de incertidumbre asociado con estos argumentos. Los autores resaltan el uso de t-conormas como un mecanismo sensible para obtener el nivel de incertidumbre de una conclusión soportada por múltiples argumentos. Además, en un sentido general, Budán *et al.* en [BCMS17, BSVS17, Pal18] muestran la aplicación de estas operaciones (t-conormas y t-normas) en la argumentación como herramienta sensible en diferentes dominios, tales como los sistemas de soporte a la decisión, sistemas de recomendación, y sistemas legales.

En un contexto dado, los valores de la cohesión y de la controversia son dos valores distintos derivados de la función de similitud, y pueden ser interpretados en forma independiente o conjunta, dependiendo del dominio en el cual son aplicados. Durante el desarrollo de este escrito, la cohesión representa el grado de soporte que un argumento recibe desde un conjunto de argumentos de soporte, mientras que la controversia expresa cuánto resiste un conjunto par-

ticular de argumentos al ataque de otro argumento, de acuerdo a condiciones de comparación pre-establecidas.

Así, en un análisis bipolar estas nociones se utilizan, por ejemplo, para examinar los ataques analizar ataques a través del soporte, en los cuales se conjugan relaciones de conflicto y de soporte (ver Figura 4.7). Asimismo, al analizar la coherencia interna y externa de un conjunto de argumentos haremos uso de ambos conceptos para identificar los niveles de cohesión y controversia asociados con el conjunto de argumentos (ver Figura 5.2). Además, la información proporcionada por los argumentos enriquecidos es fundamental en la examinación del proceso argumentativo.

En lo siguiente, definiremos un *S-BAF*, como una extensión del *BAF* clásico [ACLS04], al incorporar las herramientas para interpretar las relaciones entre los argumentos en el proceso argumentativo, bajo una luz diferente. En particular, este framework proporciona un sentido al cómputo de la similitud entre argumentos relacionados, al decidir cuáles ataques (soportes) deben ser considerados en una discusión, dado su grado de controversia (cohesión, respectivamente).

**Definición 17 (Framework de Argumentación Bipolar basado en Similitud)** *Dado un framework de argumentación bipolar  $\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_a, \mathbb{R}_s \rangle$  y un contexto  $\mathbb{C}$ , un Framework de Argumentación Bipolar basado en Similitud (*S-BAF*) se define como una tupla*

$$\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}} \rangle$$

donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es un framework de argumentación bipolar enriquecido,  $\text{Arg}$  es el conjunto de argumentos enriquecidos correspondientes a los argumentos en  $\text{Arg}$ ,  $\mathbb{R}_s$  y  $\mathbb{R}_a$  son las relaciones de soporte y de ataque para  $\text{Arg}$  proporcionadas por  $\Theta$ ; además,  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$  es una función de similitud para los argumentos enriquecidos en  $\Phi$ , y  $\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}$  y  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}$  son, respectivamente, el operador de cohesión y el operador de controversia en  $\Phi$ , en el contexto  $\mathbb{C}$ .

La definición del *S-BAF* admite la utilización de diferentes funciones para calcular la similitud y comparar los argumentos. Está basada en el uso de la función  $\text{Sim}$  al como se propone en la Definición 13, e instanciada según las necesidades del contexto específico en la cual se aplicarán la función y el operador  $\odot$ . Dicho de otro modo, estos parámetros se deben configurar

de acuerdo a las necesidades del usuario. A partir de ahora, asumiremos que se fija de antemano un único contexto (pero arbitrario) para todas las comparaciones que se quieran realizar en el análisis del  $S$ -BAF, *i.e.*, los usuarios seleccionan el conjunto de descriptores mediante los cuales desean analizar las relaciones existentes entre los argumentos. De ahora en adelante, dado un contexto  $\mathbb{C}$ , la definición de un  $S$ -BAF  $\Phi$  será expandida a  $\langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}} \rangle$ , desempaquetando  $\bar{\Theta}$  cuando sea necesario para expresarlo por sus componentes  $\langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$ .

Es importante notar que, en el framework argumentativo, una vez que se determina (o se fija) la función de similitud que se utilizará para computar la similitud entre los argumentos relacionados, los valores de la similitud asociados a estas relaciones no se van a modificar, aún cuando la discusión se extienda. Esto es, si se agregan argumentos a la discusión, los valores de similitud para los pares de argumentos del conjunto original no variarían, dado que la función de similitud ya fue fijada. Esta idea se formaliza en la siguiente proposición.

**Proposición 1** *Sea  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}} \rangle$  un  $S$ -BAF donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el BAF subyacente enriquecido, y sea  $\Phi' = \langle \bar{\Theta}', \text{Sim}'_{\mathbb{C}}, \text{Coh}'_{\mathbb{C}}, \text{Cont}'_{\mathbb{C}} \rangle$  un  $S$ -BAF extendido donde  $\bar{\Theta}' = \langle \text{Arg}', \mathbb{R}'_s, \mathbb{R}'_a \rangle$  es un BAF Extendido y Enriquecido tal que  $\text{Arg} \subseteq \text{Arg}'$ ,  $\mathbb{R}_s \subseteq \mathbb{R}'_s$ ,  $\mathbb{R}_a \subseteq \mathbb{R}'_a$ , y la función de similitud es operada bajo  $\odot$ . Podemos decir que, si  $A, B \in \text{Arg}$ , entonces  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, B) = \text{Sim}'_{\mathbb{C}}(A, B)$ .*

**Prueba:** Por hipótesis,  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}} \rangle$  es un  $S$ -BAF donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$ ,  $\Phi' = \langle \bar{\Theta}', \text{Sim}'_{\mathbb{C}}, \text{Coh}'_{\mathbb{C}}, \text{Cont}'_{\mathbb{C}} \rangle$  es un  $S$ -BAF extendido donde  $\bar{\Theta}' = \langle \text{Arg}', \mathbb{R}'_s, \mathbb{R}'_a \rangle$ , tal que  $\text{Arg} \subseteq \text{Arg}'$ ,  $\mathbb{R}_s \subseteq \mathbb{R}'_s$ ,  $\mathbb{R}_a \subseteq \mathbb{R}'_a$  y las funciones de similitud operan bajo  $\odot$ . Dado que cada argumento posee un conjunto de descriptores y un mapeo desde esos descriptores a sus respectivos valores en el dominio de aplicación correspondiente (Sección 4.1), y considerando además que por Definición 13 el grado de similitud entre dos argumentos en un contexto dado  $\mathbb{C}$  se computa a partir de los valores de los descriptores que esos argumentos poseen en común, podemos concluir que  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, B) = \text{Sim}'_{\mathbb{C}}(A, B)$  para todos  $A, B \in \text{Arg} \subseteq \text{Arg}'$ .

El resultado expresado en la Proposición 1 establece que podemos analizar un framework de argumentación una vez, y si en el futuro deseamos considerar una expansión del conjunto de argumentos, no será necesario re-computar todos los valores de similitud entre los argumentos relacionados previamente a la expansión, *i.e.*, siempre que la función de similitud no cambie,

bastará con computar las nuevas relaciones. Este resultado potencialmente nos brinda una forma de trabajar en el proceso de argumentación de forma dinámica e incremental cuando sea necesario. Bajo este nuevo framework, analizaremos cómo los ataques entre los argumentos deben ser considerados en un *BAF* Enriquecido tomando en consideración la función de similitud definida anteriormente. A continuación, propondremos una manera de clasificar los ataques basados en similitud, controversia y cohesión. Informalmente al comienzo, usaremos las nociones de “fuerte” y “débil”, para referirnos a estos grados, pero formalmente estableceremos un significado apropiado más adelante.

- *Ataque Directo*: Un ataque entre dos argumentos A y B se evalúa considerando la medida de similitud asociada a ellos. Así, si la similitud entre A y B es alta (baja), podemos asumir que la controversia entre estos argumentos es alta (baja) dado que estos argumentos hacen referencia a aspectos relacionados (no relacionados). Esto se ilustra en la Figura 4.5.

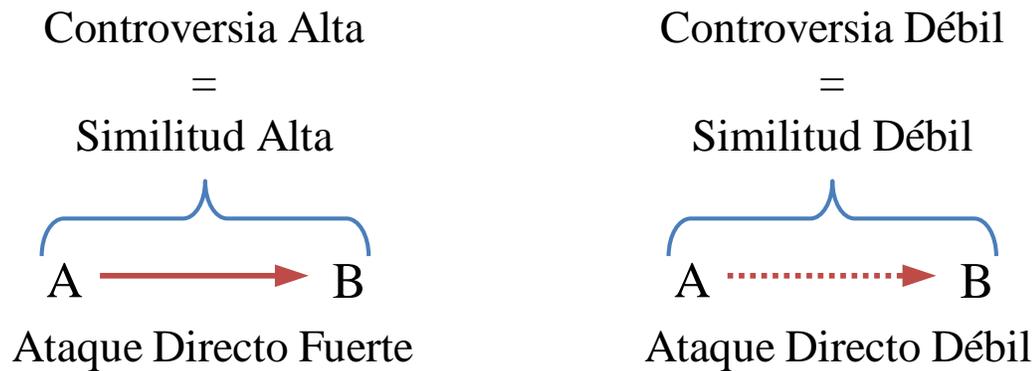


Figura 4.5: Análisis de los Ataques Directos bajo la Medida de Similitud

- *Ataque a través del Soporte*: Sea  $A_1 \mathbb{R}_1 \dots \mathbb{R}_{n-1} A_n$  una secuencia de argumentos enriquecidos, con  $n \geq 3$ , tal que  $\mathbb{R}_i = \mathbb{R}_s, 1 \leq i \leq n - 2$  y  $\mathbb{R}_{n-1} = \mathbb{R}_a$ . Primero, analizaremos el valor de la cohesión asociado con la cadena de soporte que interviene en el ataque (en este caso, la cadena  $A_1 \mathbb{R}_s \dots \mathbb{R}_s A_{n-1}$ ). Así, si la cohesión es alta, la fuerza asociada al ataque producido por el argumento enriquecido  $A_1$  se establece de acuerdo a la fuerza asociada al ataque directo entre  $A_{n-1}$  y  $A_n$  (fuerte o débil, dependiendo del valor de la controversia). Por otro lado, si la cohesión es baja, entonces se le asocia una fuerza débil al ataque producido por el argumento enriquecido  $A_1$ , dado que los argumentos involucrados en la cadena de soporte no se refieren a tópicos similares (ver Figura 4.6).

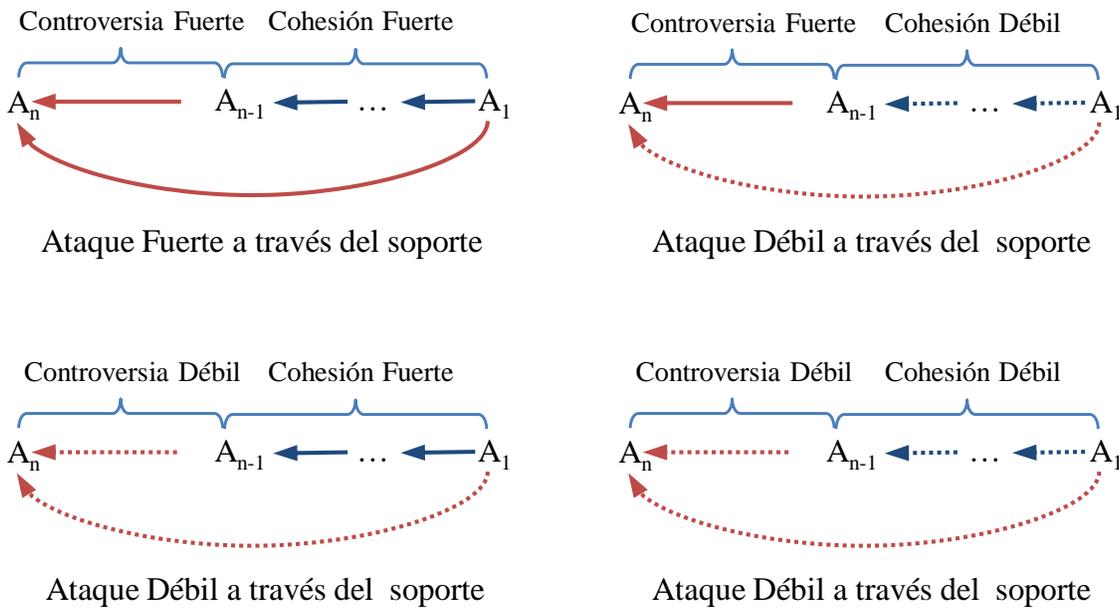


Figura 4.6: Análisis de los Ataques a través del Soporte bajo una Medida de Similitud

- *Ataque Secundario*: Sea  $A_1 \mathbb{R}_1 \dots \mathbb{R}_{n-1} A_n$  una secuencia de argumentos enriquecidos, con  $n \geq 3$ , tal que  $\mathbb{R}_1 = \mathbb{R}_a$  y  $\mathbb{R}_i = \mathbb{R}_s$ ,  $2 \leq i \leq n-1$ . Primero, la controversia asociada al ataque directo entre los argumentos enriquecidos  $A_1$  y  $A_2$  se analiza basándonos en la similitud entre los argumentos involucrados. Entonces, este ataque se distribuye considerando los valores de cohesión asociados con la cadena de soporte asociada al ataque (en este caso, la cadena  $A_2 \mathbb{R}_s \dots \mathbb{R}_s A_n$ ). Así, si la cohesión es fuerte, entonces el ataque desde  $A_1$  hacia  $A_n$  se realiza con la fuerza correspondiente (fuerte o débil según el valor de la controversia). Por otro lado, si la cohesión es débil, entonces el ataque solamente puede ser realizado con una fuerza débil, ya que los argumentos involucrados en la cadena de soporte no se refieren a tópicos similares (ver Figura 4.7).

En el análisis presentado, nos referimos a valores de cohesión y de controversia altos o bajos. Para tal fin, se puede establecer un umbral que determina los valores de cohesión o controversia mínimos asociados con los argumentos involucrados. Formalmente:

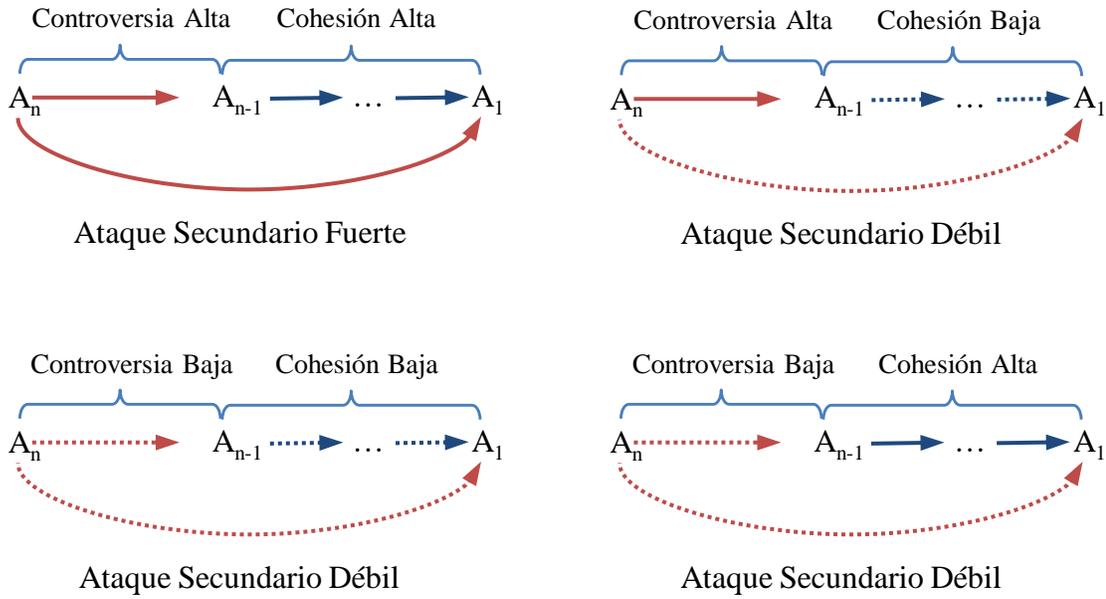


Figura 4.7: Análisis de los Ataques Secundarios bajo una Medida de Similitud

**Definición 18 (Interpretación de Ataques y Soporte en S-BAF)** Sea un S-BAF  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}} \rangle$  donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es un framework de argumentación bipolar enriquecido, y sea  $\tau \in [0, 1]$  un umbral dado. Entonces:

- (i) Existe un **soporte fuerte** desde A hacia B si  $(A, B) \in \mathbb{R}_s$  y  $\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A, B\}) \geq \tau$ .
- (ii) Existe un **soporte débil** desde A hacia B si  $(A, B) \in \mathbb{R}_s$  y  $0 \leq \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A, B\}) < \tau$ .
- (iii) Existe un **ataque directo fuerte** desde A hacia B si  $(A, B) \in \mathbb{R}_a$  y  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A, B\}) \geq \tau$ .
- (iv) Existe un **ataque directo débil** desde A hacia B si  $(A, B) \in \mathbb{R}_a$  y  $0 \leq \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A, B\}) < \tau$ .
- (v) Existe un **ataque fuerte a través del soporte** desde A hacia B si existe una secuencia  $A_1 \mathbb{R}_1 \dots \mathbb{R}_{n-1} A_n$ , con  $n \geq 3$ , donde  $A_1 = A$  y  $A_n = B$ , tal que  $\mathbb{R}_i = \mathbb{R}_s$ ,  $1 \leq i \leq n-2$  y  $\mathbb{R}_n = \mathbb{R}_a$ , verificando que  $\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A_1, \dots, A_{n-1}\}) \geq \tau$  y  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A_{n-1}, A_n\}) \geq \tau$ .
- (vi) Existe un **ataque débil a través del soporte** desde A hacia B si existe una secuencia  $A_1 \mathbb{R}_1 \dots \mathbb{R}_{n-1} A_n$ , con  $n \geq 3$ , donde  $A_1 = A$  y  $A_n = B$ , tal que  $\mathbb{R}_i = \mathbb{R}_s$ ,  $1 \leq i \leq n-2$  y  $\mathbb{R}_{n-1} = \mathbb{R}_a$ , verificando que  $0 \leq \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A_1, \dots, A_{n-1}\}) < \tau$  o  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A_{n-1}, A_n\}) < \tau$ .

- (vii) Existe un **ataque secundario fuerte** desde A hacia B si existe una secuencia  $A_1 \mathbb{R}_1 \dots \mathbb{R}_{n-1} A_n$ , con  $n \geq 3$ , donde  $A_1 = A$  y  $A_n = B$ , tal que  $\mathbb{R}_1 = \mathbb{R}_a$  y  $\mathbb{R}_i = \mathbb{R}_s$ ,  $2 \leq i \leq n-1$  verificando que  $\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A_2, \dots, A_n\}) \geq \tau$  y  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A_1, A_2\}) \geq \tau$ .
- (viii) Existe un **ataque secundario débil** desde A hacia B si existe una secuencia  $A_1 \mathbb{R}_1 \dots \mathbb{R}_{n-1} A_n$ , con  $n \geq 3$ , donde  $A_1 = A$  y  $A_n = B$ , tal que  $\mathbb{R}_1 = \mathbb{R}_a$  y  $\mathbb{R}_i = \mathbb{R}_s$ ,  $2 \leq i \leq n-1$ , verificando que  $0 \leq \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A_2, \dots, A_n\}) < \tau$  o  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{A_1, A_2\}) < \tau$ .

A continuación, aclararemos las nociones presentadas con el desarrollo de nuestro ejemplo.

**Ejemplo 5** A partir del Ejemplo 2 el cual se representa en la Figura 4.8, computaremos la similitud entre los argumentos relacionados considerando el contexto  $\mathbb{C} = \{(condiciones\_climaticas, 0,5), (actividad\_general, 0,3), (estado\_de\_animo, 0,2)\}$  establecido en el Ejemplo 4. Para ello, introduciremos una posible instanciación de los operadores de Cohesión y Controversia a través de una Suma de Einstein ( $t$ -conorma) y la suma Probabilística ( $t$ -conorma) respectivamente, para analizar las relaciones entre los argumentos presentados.

$$\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\mathbb{S}) = \begin{cases} \beta_n & \text{Si } \mathbb{R}_s = \{(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)\} \\ 0 & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

donde  $\beta_1 = \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_1, B_1)$  y  $\beta_i = \frac{\beta_{i-1} + \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i)}{1 - \beta_{i-1} \times \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i)}$  con  $n \geq 2$ .

$$\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\mathbb{S}) = \begin{cases} \gamma_n & \text{Si } \mathbb{R}_a = \{(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)\} \\ 0 & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

donde  $\gamma_1 = \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_1, B_1)$  y  $\gamma_i = \gamma_{i-1} + \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i) - \gamma_{i-1} \times \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i)$  con  $n \geq 2$ .

Para facilitar la interpretación práctica de los conceptos enunciados, la figura 4.8 nos resulta de utilidad:

Así, para este ejemplo y si consideramos el umbral de  $\tau = 0,4$ , podemos identificar las siguientes relaciones:

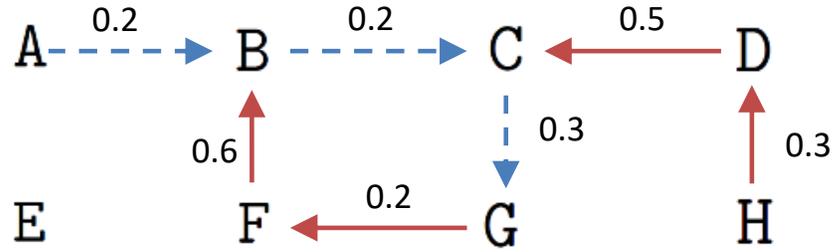


Figura 4.8: Representación de las relaciones de ataque y de soporte en *S-BAF*

H es un atacante directo débil para D, dado que  $\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(H,D)\}) = 0,3$

G es un atacante directo débil para F, dado que  $\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(G,F)\}) = 0,2$

D es un atacante directo fuerte para C, dado que  $\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(D,C)\}) = 0,5$

C es un atacante débil a través del soporte para F, dado que  $\text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\{(C,G)\}) = 0,3$

F es un atacante directo fuerte para B, dado que  $\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(F,B)\}) = 0,6$

B es un atacante débil a través del soporte para F, dado que  $\text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\{(B,C), (C,G)\}) = 0,53$ , sin embargo

$$\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(G,F)\}) = 0,2$$

A ataca débilmente a través del soporte a F, ya que  $\text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\{(A,B), (B,C), (C,G)\}) = 0,82$ , pero

$$\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(G,F)\}) = 0,2$$

D es un atacante débil a través del soporte para G, ya que  $\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(D,C)\}) = 0,5$ , sin embargo

$$\text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\{(C,G)\}) = 0,3$$

F es un atacante secundario débil para C, dado que  $\text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\{(B,C)\}) = 0,2$

F es un atacante secundario fuerte para G, dado que  $\text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\{(B,C), (C,G)\}) = 0,53$ , y

$$\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(F,B)\}) = 0,6$$

Con el análisis de este ejemplo sencillo, podemos detallar cómo es flexibilizar la interpretación a las relaciones existentes entre los argumentos de un conjunto, mientras esta flexibilización se mantenga dentro de un umbral lógico coherente. Esto nos permitirá calcular otro tipo de semánticas de aceptabilidad del conjunto de argumentos y establecer una serie de relaciones entre los nuevos conjuntos que se obtienen con estas semánticas, a lo que dedicaremos el capítulo siguiente.

### 4.3. Conclusión

Hasta aquí hemos presentado un *Framework de Argumentación Bipolar basado en Similitud*, que considera principalmente en contexto de comparación de los argumentos, a través de un conjunto de descriptores que los argumentos a comparar tienen en común. En esta dirección, usamos una herramienta para enriquecer la representación de las relaciones entre los argumentos, siendo capaz de determinar y representar las similitudes entre ellos, distinguiendo entre argumentos débilmente relacionados de aquellos con una relación más sólida. Así, determinamos un *valor de cohesión* entre los argumentos que se soportan y un *valor de controversia* entre argumentos en conflicto, como medidas de la calidad de las relaciones entre los argumentos.

En el capítulo siguiente determinaremos cómo podemos utilizar las nociones presentadas para mejorar el proceso de aceptabilidad de un conjunto de argumentos, considerando un umbral que especifica cuán permisiva será la calidad de la relación entre dichos argumentos.

# Capítulo 5

## Semánticas de Admisibilidad en S-BAF

En el capítulo anterior presentamos cómo utilizar medidas basadas en similitud para ponderar las relaciones entre los argumentos, como un camino que permite evaluar los ataques y las relaciones de soporte en un contexto de comparación dado. De esta manera, una vez evaluados apropiadamente los ataques, podemos analizar la coherencia de un conjunto de argumentos enriquecidos.

Como en [ACLS04], la coherencia interna se captura por la definición de un *conjunto libre de conflicto*, y la *coherencia externa* se captura con la noción de conjunto *seguro*. En este caso particular, la noción clásica de conjunto libre de conflicto puede ser debilitada por la existencia de ataques débiles, que permiten un cierto grado de tolerancia a la inconsistencia de la información (ver Figura 5.1). Así, podemos especificar conjuntos libres de conflicto graduales: conjunto fuertemente-libre-de-conflicto o conjunto sin conflicto, un conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto o conjunto que solamente admite conflictos débiles mientras que el valor asociado a la controversia del conjunto completo no exceda el límite  $\tau$ , y conjunto débilmente-libre-de-conflicto que es aquel más general, en el cual es posible admitir cualquier ataque débil en el dominio.

Asimismo, la noción clásica de conjunto *seguro* puede ser debilitada si se consideran ataques y soportes débiles simultáneos a argumentos externos. Es importante notar que, en la Figura 5.2,  $\mathbb{S}'_2$  y  $\mathbb{S}'_3$  están compuestos por argumentos utilizados para soportar un argumento externo, mientras que  $\mathbb{S}''_2$  y  $\mathbb{S}''_3$  poseen solamente los argumentos implicados en el ataque al argumento externo, sea este ataque directo, a través del soporte o secundario. De este modo, podemos especificar un

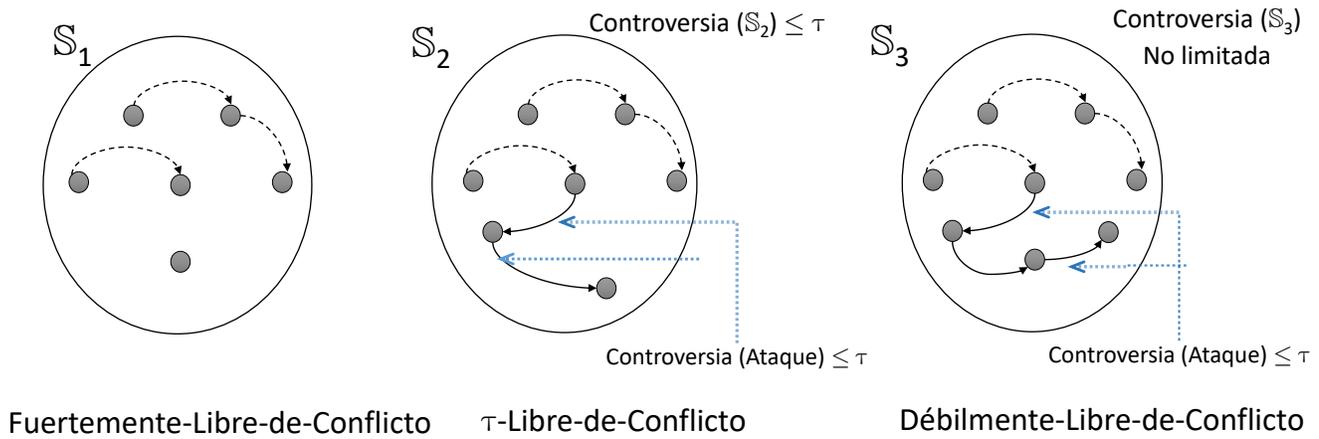


Figura 5.1: Interpretación de los Conjuntos Libres de Conflicto (Conflict-Free Strength)

conjunto *fuertemente-seguro* el cual no posee argumentos que ataquen y soporten simultáneamente un argumento externo, un  $\tau$ -seguro en el que no existen argumentos que realicen ataques fuertes y soportes fuertes, *i.e.*, el valor de la cohesión asociada a la cadena de soporte no excede el umbral  $\tau$ , mientras que el valor de la controversia del conjunto no excede el valor del umbral  $\tau$ , y un conjunto *débilmente-seguro* que es aquel en el que no existen argumentos que realicen tanto un ataque fuerte como un soporte fuerte sobre un elemento externo al conjunto.

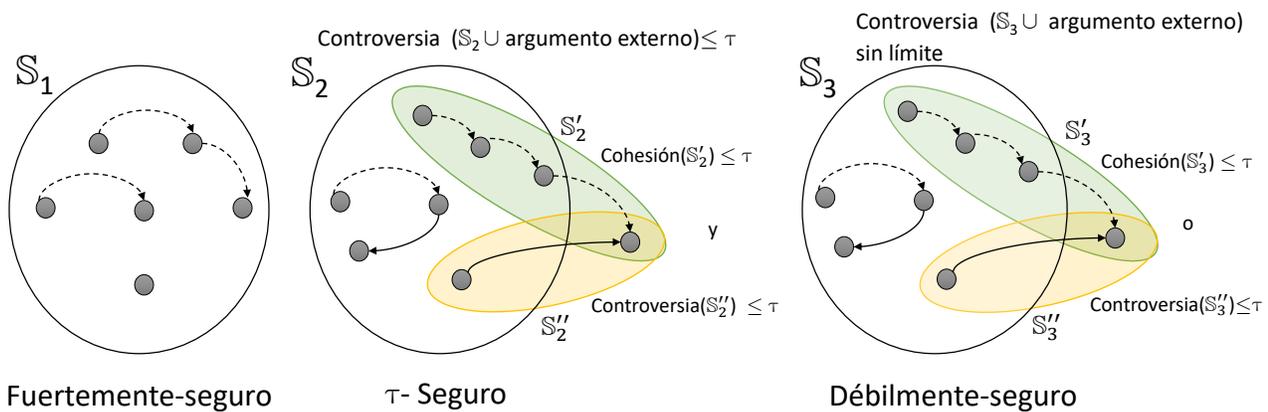


Figura 5.2: Interpretación de Conjuntos Seguros (Fortaleza de la Seguridad)

Dando formalidad a estos conceptos, tenemos:

**Definición 19 (Conjuntos-Libres-de-Conflicto y Seguros en S-BAF)** Dado un S-BAF  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}} \rangle$  donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es un framework de argumentación bipolar enriquecido, y  $\tau \in [0, 1]$  un umbral dado. Entonces:

- $\mathbb{S}$  es un conjunto **fuertemente-libre-de-conflictos** ssí no existe  $A, B \in \mathbb{S}$  tal que exista un ataque fuerte o débil (directo o través del soporte o secundario) de A hacia B.
- $\mathbb{S}$  es un conjunto  **$\tau$ -libre-de-conflicto** ssí no existe  $A, B \in \mathbb{S}$  tal que exista un ataque fuerte (directo o través del soporte o secundario) de A hacia B y  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\mathbb{S}) > \tau$ .
- $\mathbb{S}$  es un conjunto **débilmente-libre-de-conflicto** ssí no existe  $A, B \in \mathbb{S}$  tal que existe un ataque fuerte (directo o través del soporte o secundario) de A hacia B.
- $\mathbb{S}$  es un conjunto **fuertemente-seguro** ssí no existe  $A \in \text{Arg}$  y no existe un par  $B, C \in \mathbb{S}$  tal que ocurra un ataque fuerte o débil (directo o través del soporte o secundario) de B hacia A, y tampoco existe una secuencia de soporte de C hacia A, o  $A \in \mathbb{S}$ .
- $\mathbb{S}$  es un conjunto de  **$\tau$ -seguro** ssí no existe  $A \in \text{Arg}$  y no existe un par  $B, C \in \mathbb{S}$  tal que ocurre un ataque fuerte (directo o través del soporte o secundario) de B hacia A,  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\mathbb{S} \cup A) > \tau$ , y tampoco existe una secuencia de soporte de C hacia A tal que  $\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(C, \dots, A) > \tau$ , o  $A \in \mathbb{S}$ .
- $\mathbb{S}$  es un conjunto de **débilmente-seguro** ssí no existe  $A \in \text{Arg}$  y no existe un par  $B, C \in \mathbb{S}$  tal que ocurre un ataque fuerte (directo o través del soporte o secundario) de B hacia A y tampoco existe una secuencia de soporte de C hacia A tal que  $\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(C, \dots, A) > \tau$ , o  $A \in \mathbb{S}$ .

A continuación, presentaremos un ejemplo que aclarará las intuiciones de este enfoque en el que se puede apreciar principalmente los diferentes *tipos de ataque* y la flexibilización de los *conjuntos libres de conflicto y seguros* siempre que se garantice la coherencia interna y externa con respecto a un umbral.

**Ejemplo 6** Continuando con el Ejemplo 5 que establece el grado de ataque y de soporte inherente a las relaciones existentes en el conjunto de argumentos, podemos ahora examinar dos conjuntos diferentes libres-de-conflicto posibles de obtener con el análisis del framework presentado: El conjunto  $\mathbb{S}_1 = \{A, B, C, E, G, H\}$  es fuertemente-libre-de-conflicto dado que el

valor de la controversia asociada al conjunto es cero. Esto significa que no existen argumentos en conflicto en  $\mathbb{S}_1$ . Por otro lado, el conjunto  $\mathbb{S}_2 = \{A, B, D, E, H, G\}$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto dado que la controversia asociada al conjunto es  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\theta}}(\mathbb{S}_2) = 0,3 < \tau$  (contiene un ataque directo débil desde H hacia D con  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\theta}}(\{(H, D)\}) = 0,3$ ), mientras que el conjunto  $\mathbb{S}_3 = \{A, D, E, F, G, H\}$  es débilmente-libre-de-conflicto con un valor de controversia asociado a  $\mathbb{S}_3$  igual a 0,44, y tenemos que (H es un atacante directo débil para D y que G es un atacante directo débil para F con  $\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\theta}}(\{(G, F)\}) = 0$ ).

Por otro lado, si analizamos la coherencia externa de los conjuntos, tenemos que:  $\mathbb{S}_1$  es un conjunto fuertemente-seguro, mientras que  $\mathbb{S}_3$  es débilmente-seguro dado que existen argumentos que pertenecen al conjunto  $\mathbb{S}_3$  que soportan y atacan simultáneamente a un argumento externo (existe un ataque directo fuerte desde F hacia B con un valor de controversia igual a 0,6 y un soporte débil desde A hacia B con un valor de cohesión igual a 0,2). Además,  $\mathbb{S}_2$  es un conjunto débilmente-seguro debido a que existen argumentos que pertenecen a  $\mathbb{S}_2$  que soportan y atacan argumentos externos al conjunto (existe un ataque directo fuerte desde D hacia C con un valor de controversia igual a 0,5 y un soporte fuerte desde A hacia C a través de B con un valor de cohesión igual a 0,41).

A continuación, extenderemos las nociones de defensa de un argumento con respecto a un conjunto de argumentos, donde consideraremos las relaciones de ataque introducidas en la Definición 18.

**Definición 20** Sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos, y sea  $A \in \text{Arg}$  un argumento. Entonces:

- $\mathbb{S}$  es una **defensa fuerte** para A ssí para todo  $B \in \text{Arg}$  tal que si B es un atacante fuerte o débil (directo o a través del soporte o secundario) de A, entonces existe  $C \in \mathbb{S}$  donde C es un atacante fuerte (directo o a través del soporte o secundario) de B.
- $\mathbb{S}$  es una **defensa débil** para A ssí para todo  $B \in \text{Arg}$  tal que si B es un atacante fuerte o débil (directo o a través del soporte o secundario) de A, entonces existe  $C \in \mathbb{S}$  donde C es un atacante débil (directo o a través del soporte o secundario) de B.

Presentaremos ahora diferentes definiciones para la admisibilidad, desde la más general y fuerte hasta la más específica y débil. La más general está basada en la noción clásica de admisibi-

lidad, donde solamente se consideran relaciones de ataque (ya sean fuertes o débiles). Luego, se extienden las nociones tomando en consideración la coherencia externa y considerando los diferentes grados de ataque y de soporte entre los argumentos. Finalmente, se fortalece la coherencia externa al requerir la clausura bajo la relación  $\mathbb{R}_s$ .

**Definición 21** Sea  $\Phi = \langle \overline{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}} \rangle$  un S-BAF donde  $\overline{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, y sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces:

- $\mathbb{S}$  es **fuertemente-d-admisible** ssí  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y defiende fuertemente a todos sus elementos.
- $\mathbb{S}$  es  **$\tau$ -d-admisible** ssí  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto y existe una defensa fuerte o débil para todos sus elementos.
- $\mathbb{S}$  es **débilmente-d-admisible** ssí  $\mathbb{S}$  es débilmente-libre-de-conflicto y existe una defensa fuerte o débil para todos sus elementos, o  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y defiende débilmente todos sus elementos.
- $\mathbb{S}$  es **fuertemente-s-admisible** ssí  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro y defiende fuertemente a todos sus elementos.
- $\mathbb{S}$  es  **$\tau$ -s-admisible** ssí  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -seguro y existe una defensa fuerte o débil para todos sus elementos.
- $\mathbb{S}$  es **débilmente-s-admisible** ssí  $\mathbb{S}$  es débilmente-seguro y existe una defensa fuerte o débil para todos sus elementos, o  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro y defiende débilmente a todos sus elementos.
- $\mathbb{S}$  es **fuertemente-c-admisible** ssí  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto, cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$  y defiende fuertemente a todos sus elementos.
- $\mathbb{S}$  es  **$\tau$ -c-admisible** ssí  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto, cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$  y existe una defensa fuerte o débil para todos sus elementos.
- $\mathbb{S}$  es **débilmente-c-admisible** ssí  $\mathbb{S}$  es débilmente-libre-de-conflicto, cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$  y existe una defensa fuerte o débil para todos sus elementos, o  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto, cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$  y defiende fuertemente a todos sus elementos.

Presentado de esta manera, la admisibilidad de un conjunto de argumentos es una característica que puede evaluarse de diferentes perspectivas. Los conjuntos admisibles más restrictivos son aquellos que no admiten conflictos y que defienden a todos sus elementos con valores de controversia superiores al umbral dado (ataques fuertes). Una propiedad de admisibilidad más flexible acepta un cierto nivel de controversia asociado al conjunto, limitado por el valor del umbral. En este caso, la defensa relacionada a los argumentos del conjunto puede oscilar entre una defensa débil y una fuerte. Por último, el mayor grado de flexibilización se alcanza en aquel conjunto que permite la incorporación de conflictos donde la controversia asociada a estos conflictos es estrictamente menor al valor del umbral; *i.e.*, el valor de la controversia se analiza para cada uno de los conflictos existente entre los argumentos. Es importante notar que, en los dos últimos casos, la defensa relacionada a los argumentos puede oscilar entre una defensa débil y una fuerte.

Tomando las nociones de coherencia tanto interna como externa y de admisibilidad, podemos introducir diferentes semánticas de aceptabilidad. Primero, definiremos extensiones *fuertemente-estables*,  $\tau$ -*estables*, y *débilmente-estables*. Una extensión *fuertemente-estable* indagada por un conjunto fuertemente-libre-de-conflictos y la existencia de ataques fuertes hacia cada elemento que no pertenece a la extensión. Mientras que una extensión *débilmente-estable* podría ser un conjunto maximal débilmente-libre-de-conflicto, con ataques fuertes (directos, a través del soporte o secundarios) sobre cada elemento externo a la extensión o, alternatively, podría ser un conjunto fuertemente-libre-de-conflictos y desde el cual se ataque a cada elemento externo a la extensión pero con al menos un ataque débil (en forma directa, a través del soporte o en forma secundaria). En otras palabras, una extensión fuertemente-estable garantiza la inconsistencia con todos los elementos externos a la extensión. Una extensión  $\tau$ -*estable* es una extensión razonablemente desestabilizada dado que permite algún grado de inconsistencia tanto como esta no exceda el umbral determinado.

**Definición 22** Sea  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}} \rangle$  un S-BAF donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es un framework de argumentación bipolar enriquecido, y sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces:

- $\mathbb{S}$  es una **extensión fuertemente-estable** de  $\Phi$  si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y para cualquier  $A \notin \mathbb{S}$ , existe un ataque fuerte (directo, a través del soporte o secundario)

de  $A$  en  $\mathbb{S}$ .

- $\mathbb{S}$  es una **extensión  $\tau$ -estable** de  $\Phi$  si  $\mathbb{S}$  es un conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto maximal tal que para cualquier  $A \notin \mathbb{S}$  existe un ataque débil o fuerte (directo, a través del soporte o secundario) de  $A$  en  $\mathbb{S}$ .
- $\mathbb{S}$  es una **extensión débilmente-estable** de  $\Phi$  si  $\mathbb{S}$  es un conjunto débilmente-libre-de-conflicto maximal tal que para cualquier  $A \notin \mathbb{S}$  existe un ataque fuerte (directo, a través del soporte o secundario) de  $A$  en  $\mathbb{S}$ , o  $\mathbb{S}$  es un conjunto fuertemente-libre-de-conflicto maximal tal que para cualquier  $A \notin \mathbb{S}$  existe un ataque (directo, a través del soporte o secundario) de  $A$  en  $\mathbb{S}$  y al menos un argumento  $A \notin \mathbb{S}$  es únicamente débilmente atacado por  $\mathbb{S}$ .

En general, una extensión será estable cuando pueda asegurar su coherencia interna y externa y la defensa de todos sus elementos. Esto tiene diferentes implicaciones, que se detallan a continuación. Primero, está claro que una extensión fuertemente estable es equivalente a una extensión estable en *BAF*. Dado que la controversia del conjunto no puede exceder el valor de  $\tau$ , la extensión  $\tau$ -estable puede ser nula (cuando el valor del umbral es muy cercano a cero, o es cero). Si esto sucede, debe existir al menos un ataque débil a un elemento ajeno al conjunto. Flexibilizando las condiciones, es posible que no existan ataques internos en una extensión débilmente-estable, en cuyo caso el conjunto debe atacar débilmente cada elemento externo a él. Sin embargo, si la extensión tiene ataques internos, en donde cada ataque individual no excede el umbral, es suficiente con que el conjunto ataque fuertemente cada elemento externo a él. En lo siguiente, propondremos una definición más refinada de las extensiones preferidas.

**Definición 23** Sea  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}} \rangle$  un *S-BAF* donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces:

- $\mathbb{S}$  es una fuertemente-d-preferida (resp. fuertemente-s-preferida, fuertemente-c-preferida) de  $\Phi$  si  $\mathbb{S}$  es el conjunto maximal (por inclusión) fuertemente-d-admisibile (resp. fuertemente-s-admisibile, fuertemente-c-admisibile) entre los subconjuntos de  $\text{Arg}$ .
- $\mathbb{S}$  es una extensión d- $\tau$ -preferida (resp. s- $\tau$ -preferida, c- $\tau$ -preferida) de  $\Phi$  si  $\mathbb{S}$  es el conjunto maximal (por inclusión) d- $\tau$ -admisibile (resp. s- $\tau$ -admisibile, c- $\tau$ -admisibile) entre los subconjuntos de  $\text{Arg}$ .

- $\mathbb{S}$  es una extensión débilmente-d-preferida (resp. débilmente-s-preferida, débilmente-c-preferida) de  $\Phi$  si  $\mathbb{S}$  es el conjunto maximal (por inclusión) débilmente-d-admisibles (resp. débilmente-s-admisibles, débilmente-c-admisibles) entre los subconjuntos de  $\text{Arg}$ .

**Ejemplo 7** Continuando con el Ejemplo 4, analizaremos la extensión que caracteriza al framework de argumentación bipolar basado en similitud. Para ello, considerando el conjunto  $\mathbb{S}_1 = \{E, A, B, C, G, H\}$  podemos decir que  $\mathbb{S}_1$  es el conjunto fuertemente-libre-de-conflicto maximal y que defiende débilmente los argumentos C y B (existe un ataque directo débil desde H hacia D y existe un ataque directo débil desde G hacia F). Entonces,  $\mathbb{S}_1$  es débilmente-d-admisibles. Asimismo,  $\mathbb{S}_1$  es débilmente-s-admisibles, ya que es fuertemente-seguro y contiene defensas débiles para sus elementos. Finalmente,  $\mathbb{S}_1$  es débilmente-c-admisibles, dado que es cerrado bajo  $R_s$  y contiene defensas débiles para sus elementos. En consecuencia,  $\mathbb{S}_1$  es una extensión débilmente-estable, a débilmente-d-preferida, débilmente-s-preferida y es una extensión débilmente-c-preferida.

Por otro lado,  $\mathbb{S}_2 = \{A, B, D, E, H, G\}$  es el maximal conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto que defiende débilmente al argumento B (existe un ataque directo débil desde G hacia F). Asimismo  $\mathbb{S}_2$  es  $d$ - $\tau$ -admisibles. Sin embargo,  $\mathbb{S}_2$  no es  $c$ - $\tau$ -admisibles ya que no es cerrado bajo la  $R_s$ . Continuando con el análisis,  $\mathbb{S}_2$  es débilmente-s-admisibles porque es débilmente-seguro y defiende a todos sus elementos. Analizando estas características, tenemos que  $\mathbb{S}_2$  es una extensión  $\tau$ -estable,  $d$ - $\tau$ -preferida, y débilmente-s-preferida.

Acerca del conjunto  $\mathbb{S}_3 = \{A, D, E, F, G, H\}$  podemos deducir que es el conjunto maximal débilmente-libre-de-conflicto que ataca fuertemente a todos los argumentos externos al conjunto. Así,  $\mathbb{S}_3$  es una extensión débilmente estable. Además, en este caso se asume que el conjunto defiende fuertemente todos sus elementos, por lo tanto, es una extensión débilmente-d-admisibles y débilmente-s-admisibles. Sin embargo,  $\mathbb{S}_3$  no es cerrado bajo  $R_s$ , por lo que no puede ser una extensión débilmente-c-admisibles.

Una vez presentada todas las extensiones en el marco de S-BAF, dedicaremos las siguientes secciones a detallar algunos resultados y su importancia.

## 5.1. Comportamiento de los conjuntos Libre de Conflicto y Seguros en S-BAF

En esta sección destacaremos las principales propiedades de los conjuntos *libres de conflictos* y *seguros* y su importancia. En algunas ocasiones también realizaremos vinculaciones con *BAF*. Así, la Proposición 2 expresa las relaciones entre un conjunto libre-de-conflicto-fuerte y las versiones de seguridad con respecto a la propuesta clásica.

**Proposición 2** *Sea  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_c, \text{Coh}_c^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_c^{\bar{\Theta}} \rangle$  un S-BAF donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es un framework de argumentación bipolar enriquecido, sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_a, \mathbb{R}_s \rangle$  el framework de argumentación bipolar subyacente y sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces:*

- (I) *Si  $\mathbb{S}$  es libre-de-conflicto-fuerte, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es libre-de-conflicto en  $\Theta$ ; y*
- (II) *Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es seguro en  $\Theta$ .*

donde  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S}) = \{A \mid \langle A, \delta_A \rangle \in \mathbb{S}\}$ .

Prueba: Esta demostración se realizará en dos partes:

(i) *Si  $\mathbb{S}$  es libre-de-conflicto-fuerte, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es libre-de-conflicto.* Suponga que  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S}) \subseteq \text{Arg}$  no es un conjunto libre de conflicto. Por lo tanto, existen dos argumentos  $A, B \in \mathbb{S}$  tales que  $A$  ataca en forma directa, secundaria o soportada a  $B$ . Ya que tenemos una proyección desde  $\Theta$  hacia  $\bar{\Theta}$  (por Definición 9 y por Definición 14) y dado que  $\mathbb{S}$  es libre-de-conflicto-fuerte, entonces no existen dos argumentos  $A, B \in \mathbb{S}$  tales que exista entre ellos un ataque débil o fuerte (directo, soportado o secundario) de  $A$  hacia  $B$ , lo cual contradice la suposición.

(ii) *Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es seguro.* Suponga que  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S}) \subseteq \text{Arg}$  no es un conjunto-seguro. Por lo tanto, existen tres argumentos  $A \in \text{Arg}$  y  $B, C \in \mathbb{S}$  tales que existe un ataque (directo, soportado o secundario) desde  $B$  hacia  $A$ , y una secuencia de soporte desde  $C$  hacia  $A$  o  $A \in \mathbb{S}$ . Dado que tenemos una proyección desde  $\Theta$  hacia  $\bar{\Theta}$  (por Definición 9 y por Definición 14) y que  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro, entonces no existen tres argumentos  $A \in \text{Arg}$  y  $B, C \in \mathbb{S}$  tales que exista un ataque débil o fuerte (directo, soportado o secundario) desde  $B$  hacia  $A$ , y una secuencia de soporte desde  $C$  hacia  $A$ , o  $A \in \mathbb{S}$ , llevándonos a una contradicción.

La Proposición 2 es la base para demostrar una serie de resultados que se basan en la propiedad de conjunto libre-de-conflicto, como por ejemplo, la Proposición 3, que establece la conexión entre la seguridad, la propiedad libre-de-conflicto y la propiedad de clausura bajo  $\mathbb{R}_s$ .

**Proposición 3** *Sea  $\Phi = \langle \overline{\Theta}, \text{Arg}, \text{Sim}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}} \rangle$  un S-BAF donde  $\overline{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es un framework de argumentación bipolar enriquecido, y sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces:*

- (I) *Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro, entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto;*
- (II) *Si  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -seguro, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ -libre-de-conflicto;*
- (III) *Si  $\mathbb{S}$  es débilmente-seguro, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente-libre-de-conflicto;*
- (IV) *Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro;*
- (V) *Si  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ -seguro; y*
- (VI) *Si  $\mathbb{S}$  es débilmente-libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente seguro.*

Prueba: Separaremos la prueba en seis partes:

(i) *Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro, entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto.* Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es fuertemente-libre-de-conflicto. Entonces  $\exists B, C \in \mathbb{S}$  tales que existe un ataque débil o fuerte (directo, secundario o soportado) desde B hacia C. Por la hipótesis,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro. Así, por la Definición 19,  $\nexists A \in \text{Arg}$  y  $\nexists B, C \in \mathbb{S}$  tales que existe un ataque débil o fuerte (directo, secundario o soportado) desde B hacia A, y una secuencia de soporte desde C hacia A, o  $A \in \mathbb{S}$ . Esto nos deja en una contradicción ya que ningún argumento que pertenece a  $\mathbb{S}$  o que es soportado por  $\mathbb{S}$  puede ser atacado por  $\mathbb{S}$  según la definición de conjunto fuertemente-seguro.

(ii) *Si  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -seguro, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ -libre-de-conflicto.* Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es  $\tau$ -libre-de-conflicto. Entonces,  $\exists B, C \in \mathbb{S}$  tales que existe un ataque fuerte (directo, soportado, o secundario) desde B hacia C o  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}}(\mathbb{S}) > \tau$ . Por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -seguro. Así, por la Definición 19,  $\nexists A \in \text{Arg}$  y  $\nexists B, C \in \mathbb{S}$  tales que existe un ataque fuerte (directo, soportado o

secundario) desde B hacia A,  $\text{Cont}_C^{\overline{\Theta}}(\mathbb{S} \cup A) > \tau$ , y una secuencia de soporte desde C hacia A tal que  $\text{Coh}_C^{\overline{\Theta}}(C, \dots, A) > \tau$ , o  $A \in \mathbb{S}$ . Esto nos deja frente a una contradicción ya que ningún argumento que pertenece a  $\mathbb{S}$  puede ser atacado fuertemente por  $\mathbb{S}$ , únicamente puede ser débilmente atacado por  $\mathbb{S}$  bajo la condición que  $\text{Cont}_C^{\overline{\Theta}}(\mathbb{S}) \leq \tau$ , la cual se satisface.

(iii) Si  $\mathbb{S}$  es débilmente-seguro, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente-libre-de-conflicto. Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es débilmente-libre-de-conflicto. Entonces,  $\exists B, C \in \mathbb{S}$  tal que existe un ataque fuerte (directo, soportado o secundario) de B hacia C. Por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es débilmente-seguro. Así, según la Definición 19,  $\nexists A \in \text{Arg}$  y  $\nexists B, C \in \mathbb{S}$  tal que exista un ataque fuerte (directo, soportado o secundario) de B hacia A, y una secuencia de soporte desde C hacia A tal que  $\text{Coh}_C^{\overline{\Theta}}(C, \dots, A) > \tau$ , o  $A \in \mathbb{S}$ . Esto nos deja en una contradicción, dado que ningún argumento de  $\mathbb{S}$  puede ser atacado por  $\mathbb{S}$ .

(iv) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro. Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es fuertemente-seguro. Así,  $\exists A \in \text{Arg}$  y  $\exists B, C \in \mathbb{S}$  tales que existe un ataque fuerte o débil (directo, soportado o secundario) desde B hacia A, y una secuencia de soporte desde C hacia A, o  $A \in \mathbb{S}$ . Por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto. Así, por Definición 19,  $\nexists B, A \in \mathbb{S}$  tal que existe un ataque débil o fuerte (directo, soportado o secundario) desde B hacia A. Además, la propiedad de clausura establece que  $\forall A \in \mathbb{S}, \forall B \in \text{Arg}$  si  $A \mathbb{R}_s B$  entonces  $B \in \mathbb{S}$ . Esto nos deja en una contradicción, ya que ningún argumento soportado por  $\mathbb{S}$  y que a su vez pertenece a  $\mathbb{S}$  puede ser atacado por  $\mathbb{S}$  que, además, es fuertemente-libre-de-conflicto.

(v) Si  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ -seguro. Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es  $\tau$ -seguro. Así,  $\exists A \in \text{Arg}$  y  $\exists B, C \in \mathbb{S}$  tal que existe un ataque fuerte (directo, soportado o secundario) desde B hacia A,  $\text{Cont}_C^{\overline{\Theta}}(\mathbb{S} \cup A) > \tau$ , y una secuencia de soporte desde C hacia A tal que  $\text{Coh}_C^{\overline{\Theta}}(C, \dots, A) > \tau$ , o  $A \in \mathbb{S}$ . Por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto. Así, por la Definición 19,  $\nexists A, B \in \mathbb{S}$  con un ataque fuerte (directo, secundario o soportado) desde A hacia B con  $\text{Cont}_C^{\overline{\Theta}}(\mathbb{S}) > \tau$ . Asimismo, la propiedad de clausura establece que  $\forall B \in \text{Arg}$  si  $A \mathbb{R}_s B$  entonces  $B \in \mathbb{S}$ . Esto nos deja en una contradicción, ya que ningún argumento soportado por  $\mathbb{S}$  perteneciente a  $\mathbb{S}$  puede ser atacado por  $\mathbb{S}$  que, además, es  $\tau$ -libre-de-conflicto satisfaciendo que  $\text{Cont}_C^{\overline{\Theta}}(\mathbb{S}) \leq \tau$ .

(vi) Si  $\mathbb{S}$  es débilmente-libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente-seguro. Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es débilmente-seguro. Así,  $\exists A \in \text{Arg}$  y  $\exists B, C \in \mathbb{S}$  tal que existe un ataque fuerte (directo, soportado o secundario) desde  $B$  hacia  $A$  y una secuencia de soporte desde  $C$  hacia  $A$  tal que  $\text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(C, \dots, A) > \tau$ , o  $A \in \mathbb{S}$ . Por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es débilmente-libre-de-conflicto. Así, por la Definición 19,  $\nexists A, B \in \mathbb{S}$  tal que existe un ataque fuerte (directo, soportado o secundario) desde  $A$  hacia  $B$ . Asimismo, la propiedad de clausura establece que  $\forall A \in \mathbb{S}, \forall B \in \text{Arg}$  si  $A \mathbb{R}_s B$  entonces  $B \in \mathbb{S}$ . Esto nos deja en una contradicción, ya que ningún argumento soportado por  $\mathbb{S}$  pertenece a  $\mathbb{S}$  que es débilmente-libre-de-conflicto aceptando solamente ataques débiles.

Es importante notar que, las propiedades de libre-de-conflicto y seguridad son expansiones de la versión clásica para flexibilizar los conjuntos. En este sentido, se pueden introducir ataques débiles dentro de los conjuntos de argumentos; en consecuencia, estos nuevos argumentos pueden ser atacantes fuertes de los anteriores (ver Figura 5.3). Así, no existe una relación es-

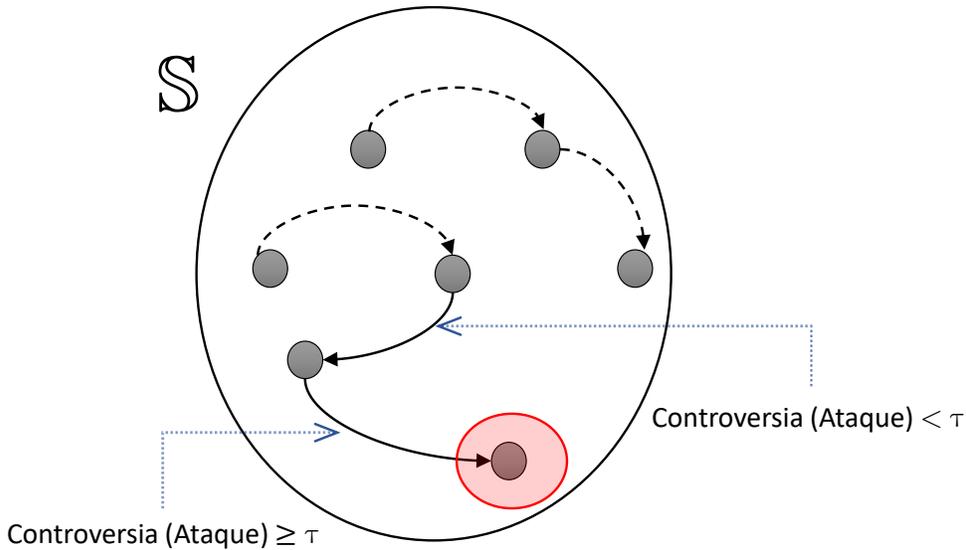


Figura 5.3: Reincorporación de Argumentos con Ataques fuertes en conjuntos  $\tau$ -libre-de-conflicto y débilmente-libre-de-conflictos

tricta de inclusión entre los diferentes tipos de conjuntos libre-de-conflicto. La intuición es que, si elevamos la tolerancia del ataque hasta el umbral  $\tau$  lo suficiente, pueden aparecer atacantes fuertes y eliminar argumentos que se defienden débilmente.

## 5.2. Comportamiento de las Semánticas en S-BAF

Los frameworks de argumentación conocidos y tradicionales [Dun95, ACLS04, CLS05b] buscan encontrar el conjunto maximal que garantice tanto la coherencia interna como externa de ese grupo de argumentos. Cuando el framework ofrece cierto grado de flexibilidad en la propiedad de admisibilidad (como en otras propiedades), es pertinente examinar todas aquellas propiedades de inclusión de conjuntos. Así, la Proposición 4, detalla las relaciones entre las versiones fuertes de la admisibilidad y la versión clásica.

**Proposición 4** Sea  $\Phi = \langle \overline{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}} \rangle$  un S-BAF donde  $\overline{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_a, \mathbb{R}_s \rangle$  el framework de argumentación bipolar subyacente y sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces:

- (I) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-d-admisibile, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es d-admisibile en  $\Theta$ ;
- (II) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-s-admisibile, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es s-admisibile en  $\Theta$ ; y
- (III) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-c-admisibile, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es c-admisibile en  $\Theta$ .

donde  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S}) = \{A \mid \langle A, \delta_A \rangle \in \mathbb{S}\}$ .

Prueba: Separaremos la prueba en tres partes:

(i) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-d-admisibile, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es d-admisibile en  $\Theta$ . Supongamos que  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  no es d-admisibile en  $\Theta$ . Así,  $\exists A, B \in \mathbb{S}$  tal que A ataca a B, o A es atacado por un argumento  $C \notin \mathbb{S}$ . Entonces, A no es defendido por S (no existe un argumento en S que ataca a C). Primero, sabemos que por Definición 10 y Definición 14 tenemos una proyección desde  $\Theta$  hacia  $\overline{\Theta}$ . Asimismo, por hipótesis, sabemos que  $\mathbb{S}$  es fuertemente-d-admisibile. Así, por Definición 19,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y defiende fuertemente todos sus elementos. Entonces,  $\nexists A, B \in \mathbb{S}$  tal que existe un ataque fuerte o débil (directo, soportado o secundario) desde A hacia B. Además,  $\forall A \in \mathbb{S}$  si  $\forall B \in \text{Arg}$  tal que B es un ataque fuerte o débil (directo, soportado o secundario) de A, entonces  $\exists C \in \mathbb{S}$  donde C es un atacante fuerte (directo, soportado o secundario) de B. Esto nos deja en una contradicción.

(ii) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-s-admisibile, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es s-admisibile en  $\Theta$ . Supongamos que  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  no es s-admisibile en  $\Theta$ . Por lo tanto, un argumento  $A \in \text{Arg}$ , es soportado por una secuencia de argumentos  $B_1, B_2, \dots, B_n$  que pertenece a S o  $A \in \mathbb{S}$ , y existe un ataque (directo,

soportado o secundario) desde un argumento  $C \in \mathbb{S}$  hacia  $A$ . Primero, sabemos que a partir de la Definición 10 y de la Definición 14 tenemos una proyección desde  $\Theta$  hacia  $\bar{\Theta}$ . Además, por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-s-admisibile. Así, según Definición 19,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro y defiende fuertemente a todos su elementos. Entonces,  $\nexists A \in \text{Arg}$  y  $\nexists B, C \in \mathbb{S}$  tal que existe un ataque fuerte o débil (directo, soportado o secundario) desde  $B$  hacia  $A$ , y una secuencia de soporte desde  $C$  hacia  $A$  donde la cohesión asociada a dicha cadena de soporte excede el umbral  $\tau$ , o  $A \in \mathbb{S}$ . Asimismo,  $\forall A \in \mathbb{S}$  si  $\forall B \in \text{Arg}$  tal que  $B$  es un atacante débil o fuerte (directo, soportado o secundario) para  $A$ , entonces  $\exists C \in \mathbb{S}$  donde  $C$  es un atacante fuerte (directo, soportado o secundario) para  $B$ . Esto nos deja ante una contradicción.

(iii) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente-c-admisibile, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es c-admisibile en  $\Theta$ . Supongamos que  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  no es c-admisibile en  $\Theta$ . Por lo tanto, existen dos argumentos  $A$  y  $B$  in  $\mathbb{S}$  tal que estos argumentos están en conflicto, o  $A$  es atacado por un argumento  $C$  tal que no pertenece a  $\mathbb{S}$ , donde  $A$  no es defendido por  $\mathbb{S}$  (no existen argumentos en  $\mathbb{S}$  que ataquen a  $C$ ), o  $A$  soporta a  $B$  donde  $B$  no pertenece a  $\mathbb{S}$ . Primero, sabemos que por la Definición 10 y por la Definición 14 tenemos una proyección desde  $\Theta$  hacia  $\bar{\Theta}$ . Además, por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-c-admisibile. Así, por Definición 19,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto, cerrado para la  $R_s$  y defiende fuertemente a todos sus elementos. Entonces,  $\nexists A, B \in \mathbb{S}$  tal que existe un ataque fuerte o débil (directo, soportado o secundario) desde  $A$  hacia  $B$ . Además,  $\forall A \in \mathbb{S}$  si  $\forall B \in \text{Arg}$  tal que  $B$  es un atacante débil o fuerte (directo, soportado o secundario) de  $A$ , entonces  $\exists C \in \mathbb{S}$  donde  $C$  es un atacante fuerte (directo, soportado o secundario) de  $B$ . Asimismo,  $\forall A \in \mathbb{S}$ ,  $\forall B \in \text{Arg}$  si  $A \mathbb{R}_s B$  entonces  $B \in \mathbb{S}$ . Esto nos deja ante una contradicción.

Esta proposición garantiza que los conjuntos más restrictivos son los más coherentes tanto en su comportamiento interno al no permitir ataques, como en lo que respecta a su comportamiento externo, ya sea por no permitir ataques y defensas simultáneas a elementos externos al conjunto, como por defender los propios elementos.

Además, en la Proposición 5, identificamos la manera de relacionar las propiedades de libre-de-conflicto, seguridad y clausura con la noción de admisibilidad.

**Proposición 5** Sea  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_{\bar{\Theta}}, \text{Coh}_{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_{\bar{\Theta}} \rangle$  un S-BAF donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, y sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces:

- (I) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente- $c$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente- $s$ -admisibile;
- (II) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente- $s$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente- $d$ -admisibile;
- (III) Si  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ - $c$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ - $s$ -admisibile;
- (IV) Si  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ - $s$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ - $d$ -admisibile;
- (V) Si  $\mathbb{S}$  es débilmente- $c$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente- $s$ -admisibile; y
- (VI) Si  $\mathbb{S}$  es débilmente- $s$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente- $d$ -admisibile.

Prueba: Separaremos esta prueba en seis partes:

(i) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente- $c$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente- $s$ -admisibile. Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente- $c$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto, cerrado bajo  $R_s$  y defiende fuertemente a todos sus elementos. Asimismo, por Proposición 3-(iv), todo conjunto fuertemente-libre-de-conflicto cerrado bajo  $R_s$  es un conjunto fuertemente-seguro. Así,  $\mathbb{S}$  es un conjunto fuertemente-seguro que defiende fuertemente a todos sus elementos, correspondiendo con la noción de conjunto fuertemente- $s$ -admisibile.

(ii) Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente- $s$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente- $d$ -admisibile. Si  $\mathbb{S}$  es fuertemente- $s$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro y defiende fuertemente a todos sus elementos. Asimismo, por Proposición 3-(i), todo conjunto fuertemente-seguro es fuertemente-libre-de-conflicto. Así,  $\mathbb{S}$  es un conjunto fuertemente-libre-de-conflicto que defiende fuertemente a todos sus elementos, correspondiendo con la noción de conjunto fuertemente- $d$ -admisibile.

(iii) Si  $\mathbb{S}$  es  $c$ - $\tau$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ -admisibile. Si  $\mathbb{S}$  es  $c$ - $\tau$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto, cerrado bajo  $R_s$  y existen defensas fuertes o débiles para todos sus elementos. Asimismo, por Proposición 3-(v), todo conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto cerrado bajo  $R_s$  es al menos un conjunto  $\tau$ -seguro. Así,  $\mathbb{S}$  es un conjunto  $\tau$ -seguro donde existen defensas fuertes o débiles para todos sus elementos, correspondiendo con la noción de conjunto  $s$ - $\tau$ -admisibile.

(iv) Si  $\mathbb{S}$  es  $s$ - $\tau$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $d$ - $\tau$ -admisibile. Si  $\mathbb{S}$  es  $s$ - $\tau$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -seguro y existen defensas fuertes o débiles para todos sus elementos. Asimismo, por Proposición 2-(ii), todo conjunto  $\tau$ -seguro es al menos un conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto. Así,  $\mathbb{S}$  es un conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto donde existen defensas débiles o fuertes para todos sus elementos, correspondiendo con la noción de conjunto  $d$ - $\tau$ -admisibile.

(v) Si  $\mathbb{S}$  es débilmente-c-admisibles, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente-s-admisibles. Si  $\mathbb{S}$  es débilmente-c-admisibles, entonces  $\mathbb{S}$  es débilmente-libre-de-conflicto, cerrado bajo  $R_s$  y defiende débilmente todos sus elementos. Asimismo, por Proposición 3-(vi), todo conjunto débilmente-libre-de-conflicto cerrado bajo  $R_s$  es al menos un conjunto débilmente-seguro. Así,  $\mathbb{S}$  es un conjunto débilmente-seguro que defiende todos sus elementos, correspondiendo con la noción de conjunto débilmente-s-admisibles.

(vi) Si  $\mathbb{S}$  es débilmente-s-admisibles, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente-d-admisibles. Si  $\mathbb{S}$  es débilmente-s-admisibles, entonces  $\mathbb{S}$  es débilmente seguro y defiende débilmente a todos sus elementos. Asimismo, por Proposición 3-(iii), todo conjunto débilmente-seguro es al menos débilmente-libre-de-conflicto. Así,  $\mathbb{S}$  es un conjunto débilmente-libre-de-conflicto que defiende débilmente a todos sus elementos, correspondiendo con la noción de conjunto débilmente-d-admisibles.

A continuación, la Proposición 6 detalla la relación entre una extensión fuertemente-estable y la extensión estable en *BAF*.

**Proposición 6** Sea  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_C, \text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_C^{\bar{\Theta}} \rangle$  un S-BAF donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, R_s, R_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, R_a, R_s \rangle$  el framework de argumentación bipolar subyacente y sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  el conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces, si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S}) = \{A \mid \langle A, \delta_A \rangle \in \mathbb{S}\}$  es una extensión estable en  $\Theta$ .

Prueba: Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable, entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es una extensión estable en  $\Theta$ . Supongamos que  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  no es una extensión estable en  $\Theta$ . Por lo tanto,  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  no es libre-de-conflicto o no contiene un argumento  $B \in \Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  tal que  $B$  ataca a  $A$ . Primero, sabemos que por Definición 10 y por Definición 14 tenemos una proyección desde  $\Theta$  hacia  $\bar{\Theta}$ . Asimismo, por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable. Entonces, por Definición 22,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y para todo  $A \notin \mathbb{S}$ , existe un ataque fuerte o débil (directo, soportado o secundario) de  $A$  en  $\mathbb{S}$ . Esto nos deja frente a una contradicción, por Proposición 2 un conjunto que es fuertemente-libre-de-conflicto es también libre-de-conflicto, y para todo  $A \notin \mathbb{S}$  existe un ataque fuerte o débil (directo, soportado o secundario) de  $A$  en  $\mathbb{S}$ .

Seguidamente, la Proposición 7 presenta la propiedad de unicidad, asociada a la extensión fuertemente-estable, equivalente a la presentada por Cayrol and Lagasquie-Schiex [CLS05b] para un *BAF*.

**Proposición 7** *Sea  $\Phi = \langle \overline{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}} \rangle$  un S-BAF donde  $\overline{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_a, \mathbb{R}_s \rangle$  el framework de argumentación bipolar subyacente y sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  el conjunto de argumentos enriquecidos. Se tiene que, si existe una extensión fuertemente-estable en  $\mathbb{S}$ , entonces  $\mathbb{S}$  es única.*

Prueba: *Si existe una extensión  $\mathbb{S}$  fuertemente-estable, entonces  $\mathbb{S}$  es única.* Supongamos que  $\mathbb{S}$  y  $\mathbb{S}'$  son dos extensiones fuertemente-estables de  $\Theta$ . Así, por Definición 22, sabemos que  $\mathbb{S}$  y  $\mathbb{S}'$  son fuertemente-libre-de-conflicto y tenemos que: para todo  $\mathbb{A} \notin \mathbb{S}$  existe un ataque fuerte (directo, soportado o secundario) desde  $\mathbb{S}$  hacia  $\mathbb{A}$  y para todo  $\mathbb{B} \notin \mathbb{S}'$  existe un ataque fuerte (directo, soportado o secundario) desde  $\mathbb{S}'$  hacia  $\mathbb{B}$ . Por lo tanto, si  $\mathbb{S} \neq \mathbb{S}'$ , entonces existe un argumento  $\mathbb{C} \notin \mathbb{S}$  y  $\mathbb{C} \in \mathbb{S}'$ . Así, existe un ataque fuerte (directo, soportado o secundario) desde  $\mathbb{S}$  hacia  $\mathbb{C}$ ; sin embargo, esto es una contradicción porque  $\mathbb{S}'$  es un conjunto fuertemente-libre-de-conflicto.

En la Proposición 8 explicitamos el caso en el cual una extensión estable combinada con la propiedad de seguridad resulta en un conjunto cerrado bajo el soporte, y las circunstancias en las cuales una extensión estable combinada con la cerradura bajo el soporte resulta en un conjunto seguro.

**Proposición 8** *Sea  $\Phi = \langle \overline{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\overline{\Theta}} \rangle$  un S-BAF donde  $\overline{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  el conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces:*

- (I) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable, entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente segura sí y sólo sí si  $\mathbb{S}$  es cerrada bajo  $\mathbb{R}_s$ ; y*
- (II) *Si  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -estable y cerrada bajo  $\mathbb{R}_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ -segura.*
- (III) *Si  $\mathbb{S}$  es débilmente-estable y cerrada bajo  $\mathbb{R}_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente-segura.*

Prueba: Separaremos la prueba en tres partes:

(i) Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable, entonces  $\mathbb{S}$  es fuertemente-segura sí y sólo sí  $\mathbb{S}$  es cerrada bajo  $\mathbb{R}_s$ .

$\Rightarrow$ ) Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es cerrada bajo  $\mathbb{R}_s$ . Por lo tanto, existe un argumento  $A \in \mathbb{S}$  que soporta a otro argumento  $B \notin \mathbb{S}$ . Por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable la cual es fuertemente-segura. Entonces, por Definición 22,  $\forall A \notin \mathbb{S}$  existe un ataque fuerte o débil (directo o soportado o secundario) de  $A$  en  $\mathbb{S}$  donde  $A$  no es soportado por  $\mathbb{S}$  satisfaciendo la condición de fuertemente-seguro. Esto nos deja ante una contradicción.

$\Leftarrow$ ) Por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-estable. Así, por Definición 22,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y  $\forall A \notin \mathbb{S}$ , existe un ataque fuerte o débil (directo, soportado o secundario) de  $A$  en  $\mathbb{S}$ . Asimismo, tenemos que  $\mathbb{S}$  es cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ . Así,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ . Por lo tanto, por Proposición 3-(iv),  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro.

(ii) Si  $\mathbb{S}$  es una extensión  $\tau$ -estable cerrada bajo  $\mathbb{R}_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ -segura. Por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es una extensión  $\tau$ -estable. Entonces, por Definición 22,  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto y  $\forall A \notin \mathbb{S}$ , existe un ataque débil o fuerte (directo, soportado, o secundario) de  $A$  en  $\mathbb{S}$ . Además, tenemos que  $\mathbb{S}$  es cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ . Así,  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ . Por lo tanto, por proposición 3-(v),  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ -segura.

(iii) Si  $\mathbb{S}$  es una extensión débilmente-estable cerrada bajo  $\mathbb{R}_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente-segura. Por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es una extensión débilmente-estable. Entonces, por Definición 22,  $\mathbb{S}$  es débilmente-libre-de-conflicto y  $\forall A \notin \mathbb{S}$  existe un ataque fuerte (directo, soportado o secundario) de  $A$  en  $\mathbb{S}$ , o  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto tal que  $\forall A \notin \mathbb{S}$  existe un ataque (directo, soportado o secundario) de  $A$  en  $\mathbb{S}$  y de la menos un argumento  $A \notin \mathbb{S}$  es solamente débilmente atacado por  $\mathbb{S}$ . Además, tenemos que  $\mathbb{S}$  es cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ . Así,  $\mathbb{S}$  es débilmente-libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$  o  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ . Por lo tanto, por Proposición 3-(vi)  $\mathbb{S}$  es al menos débilmente-seguro o, por Proposición 3-(iv)  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro.

Intuitivamente, la proposición anterior indica el hecho de que una extensión estable sea cerrada bajo la  $\mathbb{R}_s$ , asegura que esa extensión tiene, al menos, un grado de seguridad mínima o débil.

En lo que sigue, la Proposición 9, nos permite mostrar las relaciones entre las versiones fuerte de la extensión preferida y la clásica en *BAF*, mientras que el Corolario 1 identificamos las condiciones bajo las cuales las extensiones fuertemente-preferidas son iguales a las extensiones preferidas en *BAF*. Este resultado es importante dado que representa un nexo entre ambos formalismos.

**Proposición 9** *Sea  $\Phi = \langle \overline{\Theta}, \text{Sim}_c, \text{Coh}_c^{\overline{\Theta}}, \text{Cont}_c^{\overline{\Theta}} \rangle$  un S-BAF donde  $\overline{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_a, \mathbb{R}_s \rangle$  el framework de argumentación bipolar subyacente, y sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  el conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces, si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-d-preferida (resp. fuertemente-s-preferida, fuertemente-c-preferida), entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S}) = \{A \mid \langle A, \delta_A \rangle \in \mathbb{S}\}$  es un subconjunto de la extensión d-preferida (resp. s-preferida, c-preferida)  $\mathbb{S}$  en  $\Theta$ .*

Prueba: Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-d-preferida (resp. fuertemente-s-preferida, fuertemente-c-preferida), entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es un subconjunto de una extensión d-preferida (resp. s-preferida, c-preferida) en  $\Theta$ . Por hipótesis,  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-d-preferida (resp. fuertemente-s-preferida, fuertemente-c-preferida). Entonces, por Definición 23,  $\mathbb{S}$  es un subconjunto maximal (con respecto a la inclusión) entre subconjuntos de  $\text{Arg}$  fuertemente-d-admisibles (resp. fuertemente-s-admisibles, fuertemente-c-admisibles). Asimismo, por Proposición 4, sabemos que si  $\mathbb{S}$  es un conjunto fuertemente-d-admisibles (resp. fuertemente-s-admisibles, fuertemente-c-admisibles), entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  es un conjunto d-admisibles (resp. s-admisibles, c-admisibles) en  $\Theta$ . Así, solamente necesitamos probar que  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S}) \subseteq S'$ . Supongamos que  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S}) \not\subseteq S'$ . Por lo tanto, existe un argumento  $A$  que pertenece a  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S})$  pero no a  $S'$ . Por lo tanto,  $A$  es fuertemente defendido por  $\mathbb{S}$  o no tiene atacantes en  $\text{Arg}$ . Esto nos deja frente a una contradicción, ya que por Definición 8,  $S'$  es un conjunto maximal (con respecto a la inclusión) entre extensiones d-admisibles. Así,  $S'$  es libre-de-conflicto y defiende todos sus elementos. En caso en que  $A$  no tenga atacantes,  $A$  debe pertenecer a  $S'$ , mientras que si  $A$  es fuertemente defendido por  $\mathbb{S}$  en  $\overline{\Theta}$  es defendido por  $S'$  en  $\Theta$  dado que  $S'$  contiene toda clase de defensores (fuertes o débiles).

Es importante notar que, para poder asegurar una equivalencia entre un extensión fuertemente-preferida y la clásica en *BAF*, las relaciones entre los argumentos en *S-BAF* deben ser más altas que el valor del umbral. Se impone esta condición principalmente por la

caracterización de defensa en *S-BAF*. Esto es, supongamos un *BAF* en el que existe un conjunto libre de conflicto que defiende todos sus elementos; en este escenario no es posible diferenciar la clase de defensores que el conjunto posee, mientras que en un *S-BAF* se requiere una defensa fuerte.

**Corolario 1** *Sea  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_C, \text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_C^{\bar{\Theta}} \rangle$  un *S-BAF* donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_a, \mathbb{R}_s \rangle$  el framework de argumentación bipolar subyacente, sea  $\tau$  el umbral, sea  $\text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\text{Arg}) > \tau$ , y sea  $\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\text{Arg}) > \tau$ . Bajo estas condiciones, si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-d-preferida (resp. fuertemente-s-preferida, fuertemente-c-preferida), entonces  $\Pi_{\Theta}(\mathbb{S}) = \{A \mid \langle A, \delta_A \rangle \in \mathbb{S}\}$  es una extensión d-preferida (resp. s-preferida, c-preferida) en  $\Theta$ .*

En la Proposición 10, podemos identificar algunas maneras posibles en las que se relacionan las propiedades de libre-de-conflicto, segura y la clausura bajo el soporte con las extensiones preferidas.

**Proposición 10** *Sea  $\Phi = \langle \Theta, \text{Sim}_C, \text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_C^{\bar{\Theta}} \rangle$  un *S-BAF* donde  $\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, y sea  $\mathbb{S} \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces:*

- (I) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-c-preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-s-preferida;*
- (II) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-s-preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-d-preferida;*
- (III) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión c- $\tau$ -preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos una extensión s- $\tau$ -preferida;*
- (IV) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión s- $\tau$ -preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos una extensión d- $\tau$ -preferida;*
- (V) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión débilmente-c-preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos una extensión débilmente-s-preferida; y*
- (VI) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión débilmente-s-preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos una extensión débilmente-d-preferida.*

Prueba: Separaremos la prueba en seis partes:

(i) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-c-preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-s-preferida.* Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-c-preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es un conjunto maximal (con respecto a la inclusión) entre subconjuntos de  $\text{Arg}$  fuertemente-c-admisibles. Por Proposición 5-(i), un conjunto fuertemente-c-admisibles también un conjunto fuertemente-s-admisibles. De esta manera, solamente necesitamos probar que  $\mathbb{S}$  es un conjunto fuertemente-s-admisibles maximal. Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es un conjunto fuertemente-s-admisibles maximal. Por lo tanto, contiene un argumento  $A \notin \mathbb{S}$  tal que no existe un ataque débil o fuerte (directo, secundario, o soportado) desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  y una secuencia de soporte desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$ . Además,  $A$  es defendido por  $\mathbb{S}$ . Contradicción,  $\mathbb{S}$  es el conjunto fuertemente-c-admisibles maximal, por lo que  $\mathbb{S}$  es el conjunto fuertemente-libre-de-conflicto maximal cerrado bajo  $R_s$ . Así,  $A$  debe pertenecer a  $\mathbb{S}$ .

(ii) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-s-preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-d-preferida.* Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-s-preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es un conjunto maximal (con respecto a la inclusión) entre los subconjuntos de  $\text{Arg}$  fuertemente-s-admisibles. Por Proposición 5-(ii), un conjunto fuertemente-s-admisibles es también un conjunto fuertemente-d-admisibles. Así, únicamente necesitamos probar que  $\mathbb{S}$  es un conjunto fuertemente-d-admisibles maximal. Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es conjunto fuertemente-d-admisibles maximal. Por lo tanto, contiene un argumento  $A \notin \mathbb{S}$  tal que no existe un ataque desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  que es defendido por  $\mathbb{S}$ . Contradicción,  $\mathbb{S}$  es un conjunto fuertemente-s-admisibles, entonces  $\mathbb{S}$  es un conjunto fuertemente-seguro maximal. Así, si no contiene un ataque fuerte o débil (directo, secundario o soportado) desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  y una secuencia de soporte desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$ , entonces  $A$  debe pertenecer a  $\mathbb{S}$ .

(iii) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión c- $\tau$ -preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos una extensión s- $\tau$ -preferida.* Si  $\mathbb{S}$  es una extensión c- $\tau$ -preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es un conjunto maximal (con respecto a la inclusión) entre subconjuntos de  $\text{Arg}$  c- $\tau$ -admisibles. Por Proposición 5-(iii), un conjunto c- $\tau$ -admisibles es al menos un conjunto s- $\tau$ -admisibles. Así, solamente tenemos que probar que  $\mathbb{S}$  es un conjunto s- $\tau$ -admisibles maximal. Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es un conjunto s- $\tau$ -admisibles maximal. Por lo tanto, contiene un argumento  $A \notin \mathbb{S}$  tal que no existe un ataque fuerte o débil (directo, secundario, o soportado) desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  con  $\text{Cont}_c^{\overline{\theta}}(\mathbb{S} \cup A) > \tau$  y una secuencia de soporte desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  con  $\text{Coh}_c^{\overline{\theta}}(C, \dots, A) > \tau$ . Asimismo,  $A$  es defendido por  $\mathbb{S}$ . Contradic-

ción,  $\mathbb{S}$  es un conjunto  $c$ - $\tau$ -admisibile maximal, entonces  $\mathbb{S}$  es un conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto maximal cerrado bajo  $R_s$ . Así,  $A$  debe pertenecer a  $\mathbb{S}$ .

(iv) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión  $s$ - $\tau$ -preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos una extensión  $d$ - $\tau$ -preferida.* Si  $\mathbb{S}$  es una extensión  $s$ - $\tau$ -preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es un conjunto maximal (con respecto a la inclusión) entre subconjuntos de  $\text{Arg}$   $s$ - $\tau$ -admisibles. Por Proposición 5-(iv), un conjunto  $s$ - $\tau$ -admisibile es al menos un conjunto  $d$ - $\tau$ -admisibile. Así, solamente necesitamos probar que  $\mathbb{S}$  es un conjunto  $d$ - $\tau$ -admisibile maximal. Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es un conjunto  $d$ - $\tau$ -admisibile maximal. Por lo tanto, contiene un argumento  $A \notin \mathbb{S}$  tal que no existe un ataque desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  con  $\text{Cont}_c^{\bar{\theta}}(\mathbb{S} \cup A) > \tau$  y es defendido por  $\mathbb{S}$ . Contradicción,  $\mathbb{S}$  es un conjunto  $s$ - $\tau$ -admisibile, entonces  $\mathbb{S}$  es un conjunto  $\tau$ -seguro maximal. Así, si no existe un ataque débil o fuerte (directo, secundario o soportado) desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  con  $\text{Cont}_c^{\bar{\theta}}(\mathbb{S} \cup A) > \tau$  y una secuencia de soporte desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  con  $\text{Coh}_c^{\bar{\theta}}(C, \dots, A) > \tau$ , entonces  $A$  debe pertenecer a  $\mathbb{S}$ .

(v) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión débilmente- $c$ -preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos una extensión débilmente- $s$ -preferida.* Si  $\mathbb{S}$  es una extensión débilmente- $c$ -preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es el conjunto maximal (con respecto a la inclusión) entre subconjuntos de  $\text{Arg}$  débilmente- $c$ -admisibles. Por Proposición 5-(v), un conjunto débilmente- $c$ -admisibile es al menos un conjunto débilmente- $s$ -admisibile. Así, solamente necesitamos probar que  $\mathbb{S}$  es el conjunto débilmente- $s$ -admisibile maximal. Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es un conjunto débilmente- $s$ -admisibile maximal. Por lo tanto, existe un argumento  $A \notin \mathbb{S}$  tal que no existe un ataque fuerte (directo, secundario, o soportado) desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  y una secuencia de soporte desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  con  $\text{Coh}_c^{\bar{\theta}}(C, \dots, A) > \tau$ . Además,  $A$  es defendido por  $\mathbb{S}$ . Contradicción,  $\mathbb{S}$  es un conjunto débilmente- $c$ -admisibile maximal, entonces  $\mathbb{S}$  es el conjunto débilmente-libre-de-conflicto maximal cerrado bajo  $R_s$ . Así,  $A$  debe pertenecer a  $\mathbb{S}$ .

(vi) *Si  $\mathbb{S}$  es una extensión débilmente- $s$ -preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos una extensión débilmente- $d$ -preferida.* Si  $\mathbb{S}$  es una extensión débilmente- $s$ -preferida, entonces  $\mathbb{S}$  es un conjunto maximal (con respecto a la inclusión) entre subconjuntos de  $\text{Arg}$  débilmente- $s$ -admisibles. Por Proposición 5-(vi), todo conjunto débilmente- $s$ -admisibile es, al menos, un conjunto débilmente- $d$ -admisibile. Así, solamente tenemos que probar que  $\mathbb{S}$  es el conjunto maximal débilmente- $d$ -admisibile. Supongamos que  $\mathbb{S}$  no es un conjunto maximal débilmente- $d$ -admisibile. Entonces, existe un argumento  $A \notin \mathbb{S}$  tal que no existe un ataque desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  y es defendido por  $\mathbb{S}$ .

Contradicción,  $\mathbb{S}$  es un conjunto débilmente-d-admisibles, entonces  $\mathbb{S}$  es el conjunto maximal débilmente-seguro. Así, si no existe un ataque fuerte (directo, secundario o soportado) desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  y tampoco existe una secuencia de soporte desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$  con  $\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\mathbb{C}, \dots, A) > \tau$ , entonces  $A$  debe pertenecer  $\mathbb{S}$ .

Seguidamente, la Proposición 11 es de utilidad para identificar la relación entre las extensiones preferida y estable en *S-BAF*.

**Proposición 11** Sea  $\Phi = \langle \bar{\Theta}, \text{Sim}_{\mathbb{C}}, \text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}, \text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}} \rangle$  un *S-BAF* donde  $\bar{\Theta} = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_s, \mathbb{R}_a \rangle$  es el framework de argumentación bipolar enriquecido, sea  $\Theta = \langle \text{Arg}, \mathbb{R}_a, \mathbb{R}_s \rangle$  el framework de argumentación bipolar subyacente, y sea  $\mathbb{S}, \mathbb{S}' \subseteq \text{Arg}$  un conjunto de argumentos enriquecidos. Entonces:

- (I) Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-c-preferida ( $c$ - $\tau$ -preferida o débilmente-c-preferida) y  $\mathbb{S}'$  es una extensión fuertemente-estable ( $\tau$ -estable o débilmente-estable, respectivamente), entonces  $\mathbb{S} \subseteq \mathbb{S}'$ ;
- (II) Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-s-preferida ( $s$ - $\tau$ -preferida o débilmente-s-preferida) y  $\mathbb{S}'$  es una extensión fuertemente-estable ( $\tau$ -estable o débilmente-estable, respectivamente), entonces  $\mathbb{S} \subseteq \mathbb{S}'$ ; y
- (III) Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable y satisface que  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro, entonces  $\mathbb{S}$  es la única extensión fuertemente-c-preferida y fuertemente-s-preferida.

Prueba: Separaremos la prueba en tres partes:

i) Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-c-preferida, entonces por Definición 23 sabemos que  $\mathbb{S}$  es el conjunto maximal entre los subconjuntos fuertemente-c-admisibles de  $\text{Arg}$ . Así, por Definición 21 tenemos que  $\mathbb{S}$  es el conjunto maximal fuertemente-libre-de-conflicto, cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$  y defiende fuertemente a todos sus elementos. Además, por hipótesis sabemos que  $\mathbb{S}'$  es una extensión fuertemente-estable. Así, por Definición 22 sabemos que  $\mathbb{S}'$  es el conjunto maximal fuertemente-libre-de-conflicto y, para cualquier  $A \notin \mathbb{S}'$  existe un ataque fuerte (directo, secundario o soportado) desde  $\mathbb{S}'$  hacia  $A$ . Supongamos que  $\mathbb{S} \not\subseteq \mathbb{S}'$ , entonces existe un argumento  $A \in \mathbb{S}$  tal que  $A \notin \mathbb{S}'$ . Así, existe un ataque fuerte (directo, secundario o soportado) desde  $B \in \mathbb{S}'$  hacia  $A$ . Ahora, si  $B \in \mathbb{S}$ , esto nos deja ante una contradicción ya que  $\mathbb{S}$  es el conjunto fuertemente-libre-de-conflicto maximal. Mientras que si  $B \notin \mathbb{S}$  y  $A \in \mathbb{S}$ , entonces existe un

argumento  $C \in \mathbb{S}$  que defiende fuertemente a  $A$  del ataque de  $B$  (existe un ataque fuerte desde  $C$  hacia  $B$ ). Ahora, si  $C \in \mathbb{S}'$ , esto nos deja ante una contradicción ya que  $\mathbb{S}'$  es el conjunto fuertemente-libre-de-conflicto maximal. Mientras que, si  $C \notin \mathbb{S}'$ , entonces existe un ataque fuerte (directo, secundario o soportado) desde  $D \in \mathbb{S}'$  hacia  $C$ . Continuando con este análisis, podemos arribar a las siguientes contradicciones: no existe una defensa para un argumento atacado en  $\mathbb{S}$  o no existe un atacante para un argumento externo de  $\mathbb{S}'$ . Así, podemos deducir que  $\mathbb{S} \subseteq \mathbb{S}'$ . Las pruebas para las otras dos relaciones son análogas.

*ii)* Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-s-preferida, entonces por Definición 23 sabemos que  $\mathbb{S}$  es el conjunto maximal entre los subconjuntos fuertemente-s-admisibles de  $\text{Arg}$ . Así, por Definición 21 tenemos que  $\mathbb{S}$  es el conjunto maximal entre los conjuntos fuertemente-seguros y que defiende fuertemente a todos sus elementos. Asimismo, por hipótesis sabemos que  $\mathbb{S}'$  es una extensión fuertemente-estable. Así, por Definición 22 tenemos que  $\mathbb{S}'$  es el conjunto maximal fuertemente-libre-de-conflicto y, para cualquier  $A \notin \mathbb{S}'$  existe un ataque fuerte (directo, secundario o soportado) desde  $\mathbb{S}'$  hacia  $A$ . Supongamos que  $\mathbb{S} \not\subseteq \mathbb{S}'$ , entonces existe un argumento  $A \in \mathbb{S}$  tal que  $A \notin \mathbb{S}'$ . Así, existe un ataque fuerte (directo, soportado o secundario) desde  $B \in \mathbb{S}'$  hacia  $A$ . Ahora, si  $B \in \mathbb{S}$ , estamos ante una contradicción ya que  $\mathbb{S}$  es el conjunto fuertemente-seguro maximal y por Proposición 3 todo conjunto fuertemente-seguro es también un conjunto fuertemente-libre-de-conflicto. Mientras que, si  $B \notin \mathbb{S}$  y  $A \in \mathbb{S}$ , entonces existe un argumento  $C \in \mathbb{S}$  que defiende fuertemente a  $A$  del ataque de  $B$  (existe un ataque fuerte desde  $C$  hacia  $B$ ). Ahora, si  $C \in \mathbb{S}'$ , estamos frente a una contradicción dado que  $\mathbb{S}'$  es el conjunto fuertemente-libre-de-conflicto maximal. Mientras que, si  $C \notin \mathbb{S}'$ , entonces existe un ataque fuerte (directo, secundario o soportado) desde  $D \in \mathbb{S}'$  hacia  $C$ . Continuando con el análisis, se nos presentan las siguientes contradicciones: no existe una defensa para un argumento atacado en  $\mathbb{S}$  o no existe un atacante para un argumento externo a  $\mathbb{S}'$ . Así, podemos deducir que  $\mathbb{S} \subseteq \mathbb{S}'$ . Las pruebas para las otras dos relaciones son análogas.

*iii)* Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable y satisface que  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro, entonces  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-c-preferida y fuertemente-s-preferida única. Podemos separar esta prueba en dos partes:

(a) Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable y satisface que  $\mathbb{S}$  es fuertemente-segura, entonces  $\mathbb{S}$  es la única extensión fuertemente-c-preferida. Primero, por Proposición 7, sabemos que

la extensión fuertemente-estable es única. Por hipótesis, tenemos que  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable. Así, por Definición 22,  $\mathbb{S}$  es el conjunto fuertemente-libre-de-conflicto y para todo argumento  $A \notin \mathbb{S}$  existe un ataque fuerte (directo, secundario o soportado) desde  $\mathbb{S}$  hacia  $A$ . Asimismo,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro, entonces por Definición 19 sabemos que no existe  $A \in \text{Arg}$  ni un par  $B, C \in \mathbb{S}$  tal que ocurra un ataque fuerte o débil (directo, soportado o secundario) desde  $B$  hacia  $A$ , y tampoco existe una secuencia de soporte desde  $C$  hacia  $A$ , o  $A \in \mathbb{S}$ . Así, si un argumento  $A \in \mathbb{S}$  soporta a otro argumento  $B \in \text{Arg}$ ,  $B$  entonces deben pertenecer a  $\mathbb{S}$ . Supongamos que  $B \notin \mathbb{S}$ , entonces  $B$  es atacado y soportado al mismo tiempo por  $\mathbb{S}$ . Pero  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro. Esto nos deja ante una contradicción. Así,  $\mathbb{S}$  es fuertemente-libre-de-conflicto y cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$ . Asimismo, el conjunto ataca todos los argumentos que no pertenecen a  $\mathbb{S}$ . Así,  $\mathbb{S}$  defiende fuertemente a todos los elementos. Entonces, podemos concluir que  $\mathbb{S}$  es la extensión fuertemente-c-preferida.

- (b) Si  $\mathbb{S}$  es una extensión fuertemente-estable y satisface que  $\mathbb{S}$  es fuertemente-seguro, entonces  $\mathbb{S}$  es la única extensión fuertemente-s-preferida. Por (a) sabemos que si  $\mathbb{S}$  es la extensión fuertemente-estable y satisface que  $\mathbb{S}$  es fuertemente-segura, entonces  $\mathbb{S}$  es la única extensión fuertemente-c-preferida. Además, por la Proposición 10 podemos decir que la extensión fuertemente-c-preferida es también la extensión fuertemente-s-preferida.

Con los resultados detallados en el desarrollo de esta sección, podemos plasmar un camino, una alternativa para flexibilizar la conformación de los conjuntos de argumentos admisibles, lo que nos permite caracterizar de una manera diferente las extensiones estables, seguras y preferidas.

### 5.3. Conclusión

Hasta aquí hemos presentado un *Framework de Argumentación Bipolar basado en Similitud*, que considera principalmente en contexto de comparación de los argumentos, a través de un conjunto de descriptores que los argumentos a comparar tienen en común. En esta dirección, usamos una herramienta para enriquecer la representación de las relaciones entre los argumentos, siendo capaz de determinar y representar las similitudes entre ellos, distinguiendo entre argumentos débilmente relacionados de aquellos con una relación más sólida. Así, determina-

mos un *valor de cohesión* entre los argumentos que se soportan y un *valor de controversia* entre argumentos en conflicto, como medidas de la calidad de las relaciones entre los argumentos. En base a este análisis, mejoramos el proceso de aceptabilidad considerando un umbral que especifica cuán permisiva será la calidad de la relación entre los argumentos. Más específicamente, especificamos cuán cohesivo debe ser el soporte a los argumentos y cuánta controversia es posible admitir en un conjunto de argumentos aceptados. En el dominio de argumentación, estamos interesados por aquellos conjuntos de argumentos que poseen una cohesión fuerte y una posición controversial baja. Desde esta propuesta, las nociones de cohesión y de controversia asociadas a un conjunto aceptable de argumentos se consideran en forma independiente, a pesar de trabajar conjuntamente. De hecho, solo se tiene en cuenta un umbral para refinar las relaciones entre los argumentos y llevar a cabo el proceso de aceptabilidad. Uno de los caminos para refinar la familia de las semánticas presentadas es caracterizando los argumentos aceptables de la siguiente manera: en un extremo del espectro los argumentos aceptables que poseen un mayor grado de cohesión que de controversia, y en el otro extremo, aquellos argumentos que poseen un menor grado de cohesión que de controversia, y por lo cual son rechazados. Asimismo, dedicamos gran parte del capítulo a plasmar en propiedades el comportamiento de los conjuntos flexibilizados de semánticas y a demostrar esas propiedades.

En el capítulo siguiente, presentaremos un ejemplo concreto en el que se aplica nuestro formalismo.

# Capítulo 6

## Caso de Estudio

Dedicaremos este capítulo al examinar un escenario real, en el cual un usuario Marcos, preocupado por los efectos sobre su salud, decide investigar sobre los beneficios posibles relacionados con la ingesta de suplementos antioxidantes. Naturalmente, presentamos una perspectiva simplificada del problema pero con los elementos suficientes como para mostrar el uso del *framework* propuesto en esta tesis. Citando de *MedlinePlus* (ver nota al pie):

*“Los antioxidantes son sustancias naturales o artificiales que pueden prevenir o retrasar algunos tipos de daño celular. Los antioxidantes se encuentran en varios alimentos, incluyendo las frutas y verduras. También están disponibles como suplementos dietarios.”*

A los fines de decidir si es aconsejable (o no) consumir estos suplementos, Marcos examina la siguiente información nutricional proveniente de diferentes páginas web calificadas sobre el tema. <sup>1</sup>

A Los antioxidantes pueden proteger a las células del daño de radicales libres, mejorando el sistema inmune. Así, pueden ser una elección saludable para incorporar a una dieta.

---

<sup>1</sup>Por ejemplo:

<https://medlineplus.gov/antioxidants.html>,  
<https://www.verywellfit.com/what-are-the-benefits-of-antioxidants-2507083>,  
<https://www.nutrex-hawaii.com/blogs/learn/benefits-of-antioxidants>,  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3249911/>,  
<https://www.webmd.com/vitamins/ai/ingredientmono-964/vitamin-a>

- B Los antioxidantes dietarios pueden dañar la salud cuando son consumidos por largos períodos, y pueden interactuar negativamente con ciertos medicamentos.
- C Si incorporas antioxidantes a tu dieta, disminuyes los riesgos de padecer infecciones. Especialmente, la vitamina ‘A’ la cual es importante para mejorar el sistema inmune.
- D Incrementar la ingesta de antioxidantes es esencial para lograr una salud óptima, especialmente en el mundo contaminado de hoy, porque el cuerpo no puede mantener la producción suficiente de antioxidantes. Es recomendable consumir vegetales congelados.
- E Al ser comidas funcionales, los antioxidantes dietarios ayudan al control de las enfermedades en los humanos, protegiendo las células del daño de los radicales libres y reduciendo el estrés oxidativo.
- F La ingesta de vitamina ‘A’ puede incrementar el colesterol y aumenta la posibilidad por intoxicación de vitamina ‘A’. Por lo tanto, esta vitamina puede afectar el sistema inmune general.
- G Los antioxidantes dietario pueden ser denominados balas mágicas porque ayudan a mantener una vida saludable sin interferir con ningún medicamento. Estos físico-químicos se encuentran abundantemente en frutas y verduras, particularmente en las variedades de colores brillantes.

Estos ejemplos describen el conocimiento expresado por un conjunto de argumentos de un dominio particular. Además, necesitamos considerar las interacciones lógicas entre ellos; entonces, podemos analizar el conjunto para decidir cuáles de estos argumentos sobreviven a la luz de estas relaciones. Para hacerlo, y siguiendo el mecanismo de razonamiento propuesto en este trabajo, podemos determinar la fortaleza de estas relaciones, basándonos en el concepto de similitud entre argumentos.

## 6.1. Computando la Similitud en el *BAF*

En el *framework* propuesto, se consideran interacciones de soporte (por ejemplo,  $D \mathbb{R}_s C$ ) o de conflicto (por ejemplo,  $E \mathbb{R}_a B$ ), relaciones que pueden ser evaluadas reconociendo un contexto que provee la semántica destinada al proceso de comparación de los argumentos. A

continuación, describiremos el escenario presentado anteriormente en términos de las relaciones de soporte y de ataque, tal como se evalúa en un *BAF*:

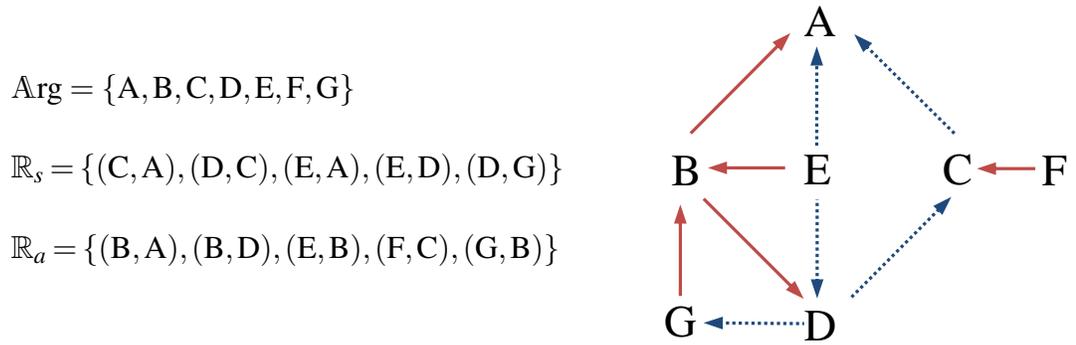


Figura 6.1: Modelo de Argumentación Bipolar

Supongamos que en estos argumentos extraídos de diferentes páginas web, Marcos identifica los siguientes aspectos referidos a las *opciones* para la ingesta de *sustancias antioxidantes*, *fuentes* en donde se encuentran las mismas, el *impacto* de los antioxidantes sobre la salud, beneficios, y desventajas de su consumo. Así, es posible determinar los descriptores para estos argumentos y podríamos hacerlo como sigue:

$$\delta_A = \{(sustancia, \{antioxidantes\}),$$

$$(impacto\_salud, \{daño\_celular\_radicales, sistema\_inmune\})\}$$

$$\delta_B = \{(sustancia, \{antioxidantes\}), (impacto\_salud, \{estado\_salud, interacciones\_droga\})\}$$

$$\delta_C = \{(sustancia, \{antioxidantes, vitamina\_A\}), (impacto\_salud, \{riesgo\_infeccion, sistema\_inmune\})\}$$

$$\delta_D = \{(sustancia, \{antioxidantes\}), (impacto\_salud, \{estado\_salud\}), (factores\_externos, \{polucion\}),$$

$$(fuente\_sustancia, \{vegetales\})\}$$

$$\delta_E = \{(sustancia, \{antioxidantes\}),$$

$$(impacto\_salud, \{daño\_celular\_radicales, estres\_oxidativo\})\}$$

$$\delta_F = \{(sustancia, \{vitamina\_A\}), (impacto\_salud, \{sistema\_inmune, colesterol, envenenamiento\})\}$$

$$\delta_G = \{(sustancia, \{antioxidantes\}), (impacto\_salud, \{estado\_salud, interacciones\_droga\}),$$

$$(fuente\_sustancia, \{vegetales\})\}$$

Por otro lado, consideremos el siguiente contexto con el cual Marcos elegirá aquellas condiciones necesarias para llevar a cabo una comparación adecuada de alternativas. Este contexto está ordenado por un grado de relevancia que representa sus preferencias.

$$\mathbb{C} = \{(sustancia, 0,3), (impacto\_salud, 0,6), (factores\_externos, 0,1)\}.$$

Una vez que tenemos especificados los argumentos, los descriptores asociados a cada uno de ellos y el contexto, podemos instanciar una función de similitud, el operador de cohesión, el operador de controversia y un umbral para analizar el *BAF* representado en la Figura 6.1. En este caso, establecemos el umbral en  $\tau = 0,45$  que representa una postura de tolerancia, vinculado con los requerimientos de similitud entre los argumentos, en un dominio específico de aplicación. Además, usamos una instanciación optimista de la función de similitud, empleado la *suma probabilística*, que nos permite considerar el coeficiente de similitud para cada descriptor tal como fue presentado en la Definición 12, de la siguiente manera:

$$\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, B) = \begin{cases} \alpha_n & \text{if } \mathcal{D}_A \cap \mathcal{D}_B \cap \mathcal{D}_{\mathbb{C}} = \{d_1, \dots, d_n\} \text{ with } n \geq 1 \\ 0 & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

where  $\alpha_1 = \text{Coef}_{d_1}(A, B)$  and  $\alpha_i = \alpha_{i-1} + \text{Coef}_{d_i}(A, B) - \alpha_{i-1} \times \text{Coef}_{d_i}(A, B)$ .

Así, por ejemplo, para calcular la  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, B)$  tenemos:

- $\text{Coef}_{substance}(A, B) = \frac{|\gamma_d^A \cap \gamma_d^B|}{|\gamma_d^A \cup \gamma_d^B|} \times 0,3 = 1 \times 0,3 = 0,3$ , dado que el conjunto de valores asociados a cada descriptor es único (*antioxidantes*) para ambos argumentos.
- $\text{Coef}_{impacto\_salud}(A, B) = \frac{0}{4} \times 0,6 = 0$ , considerando que el conjunto de valores asociados a los descriptores son diferentes para los argumentos involucrados en la comparación (para el argumento A los valores son *daño\_celular\_radicales* y *sistema\_inmune* mientras que para el argumento B tenemos *estado\_salud* y *interacciones\_drogas*).
- $\text{Coef}_{external\_factors}(A, B) = 0$ , porque ninguno de estos argumentos hace referencia a este descriptor (los argumentos A y B tienen asociados los descriptores *sustancia* e *impacto\_salud* pero no tienen asociado el descriptor *factores\_externos*).

Así, por computaciones sucesivas la *suma probabilística* entre los tres valores obtenidos es  $Sim_C(A, B) = 0,3$ . Siguiendo el método propuesto, la Figura 6.2 describe el grado de similitud entre los argumentos presentados del dominio de argumentación específico. A continuación,

Sim <sub>C</sub>	C		
	(sustancia, 0.3)	(impacto_salud, 0.6)	(factores_externos, 0.1)
Sim <sub>C</sub> (A, B) = 0.3 Estado 1: 0.3 + 0 - 0.3 x 0 = 0.3 Estado 2: 0.3 + 0 - 0.3 x 0 = 0.3	1 x 0.3 = 0.3	$\frac{0}{4} \times 0.6 = 0$	0
Sim <sub>C</sub> (A, C) = 0.51 Estado 1: 0.3 + 0.3 - 0.3 x 0.3 = 0.51 Estado 2: 0.51 + 0 - 0.51 x 0 = 0.51	$\frac{1}{1} \times 0.3 = 0.3$	$\frac{1}{2} \times 0.6 = 0.3$	0
Sim <sub>C</sub> (D, C) = 0.3 Estado 1: 0.3 + 0 - 0.3 x 0 = 0.3 Estado 2: 0.3 + 0 - 0.3 x 0 = 0.3	$\frac{1}{1} \times 0.3 = 0.3$	$\frac{0}{3} \times 0.6 = 0$	0
Sim <sub>C</sub> (B, D) = 0.72 Estado 1: 0.3 + 0.6 - 0.3 x 0.6 = 0.72 Estado 2: 0.72 + 0 - 0.72 x 0 = 0.72	1 x 0.3 = 0.3	$\frac{1}{1} \times 0.6 = 0.6$	0
Sim <sub>C</sub> (E, A) = 0.4 Estado 1: 0.3 + 0.15 - 0.3 x 0.15 = 0.4 Estado 2: 0.4 + 0 - 0.4 x 0 = 0.4	1 x 0.3 = 0.3	$\frac{1}{2} \times 0.3 = 0.15$	0
Sim <sub>C</sub> (E, B) = 0.3 Estado 1: 0.3 + 0 - 0.3 x 0 = 0.3 Estado 2: 0.3 + 0 - 0.3 x 0 = 0.3	1 x 0.3 = 0.3	$\frac{0}{4} \times 0.6 = 0$	0
Sim <sub>C</sub> (E, D) = 0.3 Estado 1: 0.3 + 0 - 0.3 x 0 = 0.3 Estado 2: 0.3 + 0 - 0.3 x 0 = 0.3	1 x 0.3 = 0.3	$\frac{0}{3} \times 0.6 = 0$	0
Sim <sub>C</sub> (F, C) = 0.44 Estado 1: 0.3 + 0.2 - 0.3 x 0.2 = 0.44 Estado 2: 0.44 + 0 - 0.44 x 0 = 0.44	1 x 0.3 = 0.3	$\frac{1}{3} \times 0.6 = 0.2$	0
Sim <sub>C</sub> (D, G) = 0.75 Estado 1: 0.3 + 0.6 - 0.3 x 0.6 = 0.72 Estado 2: 0.72 + 0.1 - 0.72 x 0.1 = 0.75	1 x 0.3 = 0.3	$\frac{1}{1} \times 0.6 = 0.6$	$\frac{1}{1} \times 0.1 = 0.1$
Sim <sub>C</sub> (G, B) = 0.72 Estado 1: 0.3 + 0.6 - 0.3 x 0.6 = 0.72 Estado 2: 0.72 + 0 - 0.72 x 0 = 0.72	1 x 0.3 = 0.3	0.6	0

Figura 6.2: Grados de similitud en el conjunto de argumentos

en la Figura 6.3, presentaremos el grafo de argumentación bipolar en el que cada relación se etiqueta con el correspondiente grado de similitud. Esto es de utilidad para poder continuar con un análisis más refinado. Esto requiere, en primer lugar, instanciar el operador de cohesión utilizando una t-norma Producto mientras que el operador de controversia se instancia con una

t-conorma suma probabilística.

$$\text{Coh}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\mathbb{S}) = \begin{cases} \beta_n & \text{if } \mathbb{R}_s = \{(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)\} \\ 0 & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

donde  $\beta_1 = \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_1, B_1)$  y  $\beta_i = \beta_{i-1} \times \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i)$  con  $n \geq 2$ .

$$\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\mathbb{S}) = \begin{cases} \gamma_n & \text{if } \mathbb{R}_a = \{(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)\} \\ 0 & \text{En los demás casos} \end{cases}$$

donde  $\gamma_1 = \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_1, B_1)$  y  $\gamma_i = \gamma_{i-1} + \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i) - \gamma_{i-1} \times \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A_i, B_i)$  con  $n \geq 2$ .

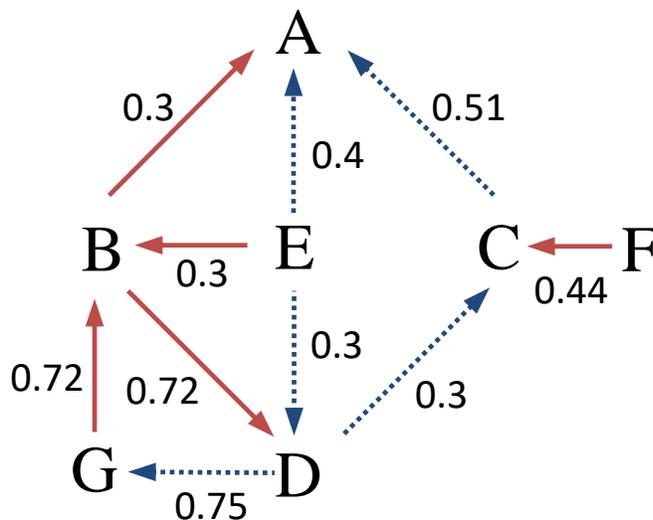


Figura 6.3: Modelo de Argumentación S-BAF

De esta manera, y considerando un umbral  $\tau = 0,45$  para este ejemplo en particular, podemos identificar las siguientes relaciones:

B recibe un ataque directo débil de A, ya que  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{(B, A)\}) = 0,3$

B recibe un ataque directo fuerte de D, ya que  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{(B, D)\}) = 0,72$

E recibe un ataque directo débil de B, ya que  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{(E, B)\}) = 0,3$

F recibe un ataque directo débil de C, ya que  $\text{Cont}_{\mathbb{C}}^{\bar{\Theta}}(\{(F, C)\}) = 0,44$

G recibe un ataque directo fuerte de B, ya que  $\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(G, B)\}) = 0,72$

F recibe un ataque secundario débil de A, ya que

$$\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(F, C)\}) = 0,44 \text{ y } \text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\{(C, A)\}) = 0,51$$

B recibe un ataque secundario fuerte de G, ya que

$$\text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(B, D)\}) = 0,72 \text{ y } \text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\{(D, G)\}) = 0,75$$

D recibe un ataque soportado fuerte de B, ya que

$$\text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\{(D, G)\}) = 0,75 \text{ y } \text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(G, B)\}) = 0,72$$

E recibe un ataque soportado débil de B, ya que

$$\text{Coh}_C^{\bar{\Theta}}(\{(E, D), (D, G)\}) = 0,225 \text{ y } \text{Cont}_C^{\bar{\Theta}}(\{(G, B)\}) = 0,72.$$

A partir del análisis preliminar presentado dedicaremos la siguiente sección a presentar en detalle cómo la incorporación del conocimiento extra obtenido nos permite mejorar el proceso de aceptabilidad sobre un *BAF*.

## 6.2. Analizando la Admisibilidad y la Aceptabilidad

A continuación, y teniendo en cuenta el análisis realizado hasta el momento, nos centraremos en los conjuntos maximales con respecto a la operación de inclusión, lo que nos lleva a considerar los siguientes conjuntos:

- $\mathbb{S}_1 = \{F, E, G, D\}$ , es el conjunto fuertemente-libre-de-conflicto maximal. Además,  $\mathbb{S}_1$  es un conjunto  $\tau$ -seguro ya que contiene un ataque directo débil desde F hacia C con un valor de controversia de 0,44 y un soporte débil desde D hacia C con un valor de cohesión de 0,3. Podemos observar que  $\mathbb{S}_1$  es también un conjunto libre-de-conflicto, en concordancia con lo expresado en el ítem *i*) de la Proposición 2.
- $\mathbb{S}_2 = \{F, E, G, D, A, C\}$ , es el conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto maximal que satisface la clausura bajo la  $R_s$ . Es importante notar que no es posible agregar controversia al conjunto sin exceder el valor de  $\tau$ . Así, podemos establecer que el conjunto es  $\tau$ -seguro, verificando el ítem *v*) de la Proposición 3: “Si  $\mathbb{S}$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto y cerrado bajo la  $R_s$ , entonces  $\mathbb{S}$  es al menos  $\tau$ -seguro”. Además, dado que el conjunto es  $\tau$ -seguro, también es un conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto, en concordancia con el ítem *ii*) de la Proposición 3.

- $\mathbb{S}_3 = \{A, B, C, E, F\}$ , es el conjunto débilmente-libre-de-conflicto maximal, ya que su controversia es  $0,73 > \tau$ , pero la controversia asociada a cada ataque en  $\mathbb{S}_3$  es menor que  $\tau$  y no es posible agregar ataques individuales con una controversia  $< \tau$ . Además, es el conjunto débilmente-seguro maximal dado que  $B \in \mathbb{S}_3$  ataca en forma directa y fuerte a  $D \notin \mathbb{S}_3$  con un valor de controversia de 0,72 y, a su vez, existe un soporte desde  $E \in \mathbb{S}_3$  hacia  $D \notin \mathbb{S}_3$  con un valor de cohesión de 0,3. Por lo tanto, esto es consistente con lo expresado en el ítem iii) de la Proposición 3: “Si  $\mathbb{S}$  es débilmente-seguro, entonces  $\mathbb{S}$  es al menos un conjunto débilmente-libre-de-conflicto”.

En lo que respecta a la noción de admisibilidad y teniendo en cuentas las características detalladas para cada conjunto, tenemos que:

- $\mathbb{S}_1$  es *fuertemente-d-admisibile*, ya que G ataca en forma fuerte y directa a B, quien ataca en forma fuerte y directa a D. De esta manera,  $\mathbb{S}_1$  es una defensa fuerte para todos sus elementos. Asimismo, y considerando el ítem i) de la Proposición 4, es un conjunto d-admisibile dado que es el conjunto libre-de-conflictos maximal que defiende a todos sus elementos. También, el conjunto es  $\tau$ -s-admisibile. Por otro lado,  $\mathbb{S}_1$  no es cerrado bajo la  $R_s$ , ya que existe  $E R_s A$ , y  $A \notin \mathbb{S}_1$ .
- $\mathbb{S}_2$  es  $\tau$ -d-admisibile,  $\tau$ -s-admisibile, y  $\tau$ -c-admisibile dado que, además de las características ya analizadas, G realiza un ataque directo fuerte sobre B, quien ataca a A y a D. Así,  $\mathbb{S}_2$  defiende fuertemente a todos sus elementos. En este ejemplo real, se satisfacen los ítems iii) y iv) de la Proposición 5.
- $\mathbb{S}_3$  es un conjunto *débilmente-d-admisibile* ya que B es el único elemento del conjunto atacado por un elemento externo G pero, al mismo tiempo, B recibe un ataque secundario fuerte por parte de G. Además,  $\mathbb{S}_3$  es *débilmente-s-admisibile* pero no es débilmente-c-admisibile porque no cumple la propiedad de ser cerrado bajo la  $R_s$ , ya que contiene a  $E R_s D$ , y  $D \notin \mathbb{S}_3$ . Dado que el conjunto reúne estas dos condiciones sobre la admisibilidad, se satisface el ítem vi) de la Proposición 5.

Analizando las nociones de aceptabilidad y considerando detalladamente las características señaladas sobre cada conjunto, podemos afirmar que:

- $\mathbb{S}_1$  es una extensión *fuertemente-estable*, ya que es un conjunto fuertemente-libre-de-conflicto, que ataca a cada elemento externo a él; además,  $\mathbb{S}_1$  es una extensión *fuertemente-d-preferida* por tratarse del conjunto maximal fuertemente-d-admisibile, y  $\mathbb{S}_1$  es una extensión  *$\tau$ -s-preferida* dado que es el conjunto  $\tau$ -s-admisibile maximal. A partir de este análisis, y basándonos en la Proposición 6, podemos deducir que  $\mathbb{S}_1$  es una extensión estable. Por otro lado, es especialmente interesante el análisis del ítem iv) de la Proposición 10. Sabemos que  $\mathbb{S}_1$  es *fuertemente-d-preferida* pero también es un conjunto  *$\tau$ -seguro* maximal. En este caso específico, el conjunto es una extensión *fuertemente-d-preferida* como un caso particular de una extensión  *$\tau$ -d-preferida* ya que el valor de  $\tau$  es cero.
- $\mathbb{S}_2$  es una extensión  *$\tau$ -estable*, dado que el conjunto es  $\tau$ -libre-de-conflicto y ataca a B que es el único elemento externo al conjunto. Así, por el ítem ii) de la Proposición 8 tenemos que el conjunto es cerrado bajo la  $R_s$  y  $\tau$ -seguro. También,  $\mathbb{S}_2$  es  *$\tau$ -d-preferida*,  *$\tau$ -s-preferida* y  *$\tau$ -c-preferida*. De esta manera, en este ejemplo práctico se cumplen los ítems iii) y iv) de la Proposición 10.
- $\mathbb{S}_3$  ataca a cada elemento externo al conjunto, tenemos que el conjunto es *una extensión débilmente-estable*, *débilmente-d-preferida*, y *débilmente-s-preferida* de  $\Phi$ . Así, la relación postulada en el ítem vi) de la Proposición 10 se cumple en este conjunto.

En este ejemplo simple pero que analiza argumentos reales podemos visualizar la utilidad un mecanismo que permite introducir cierto grado de flexibilidad cuando se analiza la admisibilidad de un conjunto de argumentos. Podemos comparar los conjuntos  $\mathbb{S}_1$  y  $\mathbb{S}_2$ , y veremos que este último se diferencia del primero solamente porque posee dos argumentos más: A y C. Con estos dos argumentos adicionales, se agrega un grado de conflicto al conjunto  $\mathbb{S}_1$ , dando lugar a un nuevo conjunto ( $\mathbb{S}_2$ ) con una controversia asociada al mismo que no supera el umbral. Así,  $\mathbb{S}_1$  es fuertemente-libre-de-conflicto mientras que  $\mathbb{S}_2$  es  $\tau$ -libre-de-conflicto. Ambos son conjuntos maximales, y atacan a los elementos externos. De esta manera, se interpretan como extensiones *fuertemente-estable* y  *$\tau$ -estable*, respectivamente. Si recordamos que las extensiones fuertes son

equivalentes a las extensiones en *BAF*, podemos concluir que la extensión  $\tau$ -estable flexibiliza a una extensión estable. Un análisis similar puede realizarse para una *extensión débilmente-estable*.

### 6.3. Conclusión

Dedicamos este capítulo a ilustrar cómo es posible utilizar una medida de similitud para expresar la cohesión del soporte y la controversia del ataque. Esto da lugar a estudiar el comportamiento de ambas medidas combinadas en los ataques indirectos, logrando cierto grado de flexibilidad práctica que permite incluir en un proceso de decisión habitual argumentos que podrían ser descartados si son analizados bajo la perspectiva de un *BAF* clásico. Sin embargo, esto debe hacerse en un marco de coherencia del proceso argumentativo, por lo cual se permitirá incorporar a dicho proceso argumentos con algún grado de contradicción, siempre que ese umbral se mantenga.

# Capítulo 7

## Esquema de Argumentación Basado en Similitud

Los Esquemas de Argumentación (EA) propuestos por Walton [Wal05, Wal06, Wal10a, WRM08], adquieren un rol importante al momento de expresar de alguna manera semi-computable los mecanismos que el cerebro del ser humano pone en marcha para razonar sobre un determinado tema en particular, aunque su grado de formalización resulta insuficiente para realizar alguna tarea de cómputo. Es por ello que en [Bud16] presentamos un mecanismo inicial para traducir los EA a esquemas en Programación en Lógica Rebatible (*DeLP*, por sus iniciales en inglés) [GS14], haciéndolos herramientas computables. Este trabajo, titulado *Los Esquemas de Argumentación y el Pensamiento crítico en la Inteligencia Artificial*, constituye el principal antecedente de estudio sobre los Esquemas de Argumentación.

Informalmente, un EA es un patrón de razonamiento que sigue el ser humano para argumentar sobre un asunto determinado, ya sea en la vida cotidiana como en la vida profesional. Contiene premisas, conclusión y plantea conjunto de preguntas críticas o criterios que permiten determinar en qué medida se ajusta un razonamiento a un determinado patrón. Un argumento que se ajusta a un determinado patrón de razonamiento puede ser un argumento fuerte o débil. Es fuerte cuando el proponente logra sobreponer su argumento a las preguntas críticas, y es débil en caso contrario.

No encontramos en la literatura explorada una definición general y formal de EA, por lo que en [Bud16] presentamos la siguiente, como una primera aproximación:

**Definición 24 (Esquema de Argumentación)** *Un esquema de argumentación EA es una tupla  $\langle P, C, CQ \rangle$  donde  $P$  es el conjunto de premisas del cual se deriva la conclusión  $C$  configurando un patrón de razonamiento, y  $CQ$  es el conjunto de pregunta críticas a las que debe sobreponerse dicho patrón para considerarse exitoso.*

Dependiendo del esquema del cual se trate, la tupla  $\langle P, C, CQ \rangle$  adquiere particularidades, como por ejemplo, una cantidad variable de premisas, y un conjunto  $CQ$  que se adapta a cada esquema en particular.

Los EA se pueden expresar como diagramas con estructuras de árbol, en donde se muestran los vínculos y dependencias entre los argumentos, constituyendo un mapa de relaciones. Una de las clasificaciones más detalladas y utilizadas en el área de la argumentación son los EA propuestos por Douglas Walton [Wal05, Wal06, Wal12].

De todos estos EA, el EA basado en Analogías provee la estructura básica para formalizar un EA basado en Similitud, de manera de lograr una estructura más expresiva computacionalmente. Es por ello que, a continuación, nos dedicaremos a clarificar el concepto *analogía*, para luego referirnos a los EA basados en este patrón de razonamiento.

## 7.1. El Concepto de Analogía

El término *analogía*, sus usos y significados han sido estudiados ampliamente, desde diferentes puntos de vista [GHK01, GC10, DS13, PR14]. Algunos aspectos a destacar sobre el uso del concepto a través del tiempo se sintetizan a continuación:

- Es un término que naturalmente se explica por sí mismo, y que algunas veces se confunde con igualdad. Sin embargo, para que dos objetos o situaciones se consideren análogos, deben compartir aspectos en común pero también deben diferenciarse. Esta es una distinción exquisita que en el uso del término puede perderse [Hes66].
- Es un término intuitivo, a tal punto que dos cosas se consideran análogas cuando se ven o se aprecian similares. Sin embargo, no es sencillo establecer un mecanismo que permita definir claramente cómo realizar la comparación cuando lo que se quiere determinar es la similitud entre argumentos [Wal10b].

- El término analogía está relacionado con la forma en la que un agente representa información o conocimiento repetitivo. La identificación de un patrón repetitivo es fundamental para decidir cómo actuar cuando el patrón se repite nuevamente, en la forma de un nuevo caso o de un nuevo estímulo del entorno [GHK01].

Uno de los trabajos que sienta las bases para delimitar el término y su tratamiento desde el punto de vista técnico, es la propuesta de Carbonell [Car83], en la cual se plantea una técnica útil para resolver un nuevo problema a partir de información obtenida de experiencias previas, en donde es prioritario considerar un conjunto de restricciones de contexto que determinarán si la solución que se obtiene es factible para el problema planteado o no. Otro abordaje técnico es el de Sowa [SM03] quien aduce que es posible realizar una comparación entre dos argumentos expresados en lógica formal, estableciendo una función de similitud o correspondencia entre ellos, denominada *función de estimación*. Esta función debería permitir encontrar las diferencias entre los argumentos comparados. Esta propuesta se basa en que la lógica formal es una herramienta para formalizar la discusión de algún tema a partir de la cual aplicar una inducción, deducción o abducción. El aspecto analógico de la deducción, por ejemplo, es permitir comparar aspectos conocidos sobre el tema en tratamiento con la premisa de alguna implicación; si nos referimos a la inducción, por medio de un razonamiento basado en analogías, la generalización permite obtener implicaciones más amplias sobre una proposición.

Claramente, el estudio de la analogía ha derivado en diferentes líneas de investigación. Brevemente, podemos resumir diciendo que dos objetos o situaciones son análogas cuando tienen algunas propiedades similares, manteniendo otras propiedades diferentes. La analogía se relaciona con las propiedades compartidas entre dos objetos o situaciones que se comparan. Sin embargo, cuando lo que se quiere comparar son argumentos, el proceso de comparación depende de la percepción del agente, que puede ser influenciada por sus creencias, objetivos o por el entorno externo. Tal como lo venimos sosteniendo a lo largo de todo este trabajo, estos factores componen un conjunto de restricciones de contexto que influyen en el proceso de comparación de los argumentos para establecer la similitud y las diferencias entre ellos.

A continuación detallaremos una propuesta semiformal centralizada en la analogía entre argumentos, denominada *Esquemas de Argumentación desde la Analogía*.

## 7.2. Esquemas de Argumentación desde la Analogía

Los *EA basados en analogías* [Wal06, Wal10a] son utilizados para resolver situaciones problemáticas nuevas, en función de experiencias ya vividas, con las cuales existe cierto grado de similitud. Estos esquemas implican una comparación de caso, objetos, situaciones o individuos, según propiedad(es) definida(s). La forma más general de estos EA es un patrón de razonamiento que tiende a evaluar la similitud y las diferencias entre dos casos, determinando si es plausible aplicar una solución conocida a un problema nuevo, siempre que exista una similitud significativa entre ambos casos. Generalmente encuentran aplicación en el área legal.

Sean  $C_1$  y  $C_2$  dos casos, situaciones u objetos que se quieren comparar, y sea  $A$  la premisa en cuestión (es decir, la propiedad que se desea corroborar que cumplan los casos), el esquema de argumentación general desde la analogía se resume en las siguientes premisas:

- Premisa de similitud:  $C_1$  es similar a  $C_2$ .
- Premisa de base:  $A$  es verdadera (falsa) en  $C_1$ .
- Conclusión:  $A$  es verdadera (falsa) en  $C_2$ .

Las tres preguntas críticas que guían este esquema son:

- 1) ¿Existen diferencias entre los casos  $C_1$  y  $C_2$  que puedan indeterminar la similitud entre ambos?
- 2) ¿ $A$  es verdadera (falsa) en  $C_1$ ?
- 3) ¿Existe un caso  $C_3$  similar a  $C_1$ , pero en el cual  $A$  es falsa (verdadera)?

La tercer pregunta indica la existencia de una contra-analogía, mientras que la primera pregunta es la que se vuelve imprescindible cuando se utiliza este tipo de razonamiento. Ahora bien, las comparaciones indicadas se realizan en un contexto y los casos a comparar pertenecen a un dominio particular. Dos casos pueden ser similares en cierto contexto y pueden ser diferentes si éste cambia.

Una variante de este esquema consiste en considerar:

- Premisa principal: Generalmente el  $C_1$  es similar al  $C_2$ .
- Premisa relevante de similitud: La similitud observada entre  $C_1$  y  $C_2$  es relevante.

- Premisa menor: La proposición A es verdadera (falsa) en  $C_1$ .
- Conclusión: La proposición A es verdadera (falsa) en  $C_2$ .

Otorgar un grado de relevancia a la similitud observada entre dos situaciones permite establecer una clasificación de situaciones que se ajustan a una determinada categoría (la similitud).

**Ejemplo 8** *Supongamos que Marcos y Manuel son dos niños que asisten a la misma sala de jardín, comienzan a hablar asiduamente y utilizan un conjunto de palabras particulares sobre un juego de mesa:*

- *Premisa de similitud: Marcos utiliza un vocabulario muy similar al que usa Manuel.*
- *Premisa de base: Marcos adquiere un gran vocabulario de los dibujos animados.*
- *Conclusión: Manuel adquiere un gran vocabulario de los dibujos animados.*

*Una diferencia crítica que puede indeterminar la similitud entre ambas premisas es que Marcos no vea dibujos animados, por ejemplo, con lo que el esquema presentado no podría sobreponerse a las preguntas críticas 1) y 2).*

Los patrones de razonamiento basados en analogías encuentran aplicación cuando se comparan la similitud y las diferencias entre dos situaciones, objetos, casos o argumentos. La premisa de similitud que se formula puede ser una herramienta útil para evaluar argumentos desde la analogía. Para establecer esta premisa de forma que esté soportada por evidencia, los argumentos tienen que ser comparables en un contexto dado. Sin embargo, tal como están expresados, son herramientas poco computables. Es por ello que considerando las características propias de este EA y los elementos desarrollados en esta tesis, dedicaremos la siguiente sección a proponer un EA con mayor utilidad computacional práctica, que se adhiera a la similitud entre los argumentos que se comparan.

### **7.3. El Esquema de Argumentación Basado en Similitud**

El uso de los EA basados en analogías es importante para guiar el razonamiento basado en casos. Sin embargo, la expresión de estos dispositivos de razonamiento aún no es fácilmente

computable. Una forma de resolver este problema es utilizar los conceptos desarrollados a lo largo de este trabajo. En este caso, aplicaremos las nociones de contexto, descriptores y similitud a los elementos que componen el EA como detallaremos más abajo.

Para ello, tomaremos como base el EA basado en Analogías presentado en la Sección 7.2, y consideraremos como punto de partida inicial la expresión de los casos  $C_1$  y  $C_2$  mediante argumentos enriquecidos, o bien, si estuvieran expresados en lenguaje natural, consideraremos un proceso caja negra que lo convierta a argumentos enriquecidos. Es importante aclarar el alcance de la palabra *caso* en el EA basado en Similitud, ya que hace referencia a cualquier objeto que se desea comparar con otro. Este EA no se limita a la comparación de casos legales, tal como inicialmente fue concebido el EA basado en Analogías[Wal10b].

La idea general que nos permitirá transformar los EA basados en analogías en su expresión más general a un EA con mayor posibilidad de cómputo, al que denominaremos EA basado en Similitud, se resume en la Figura 7.1.

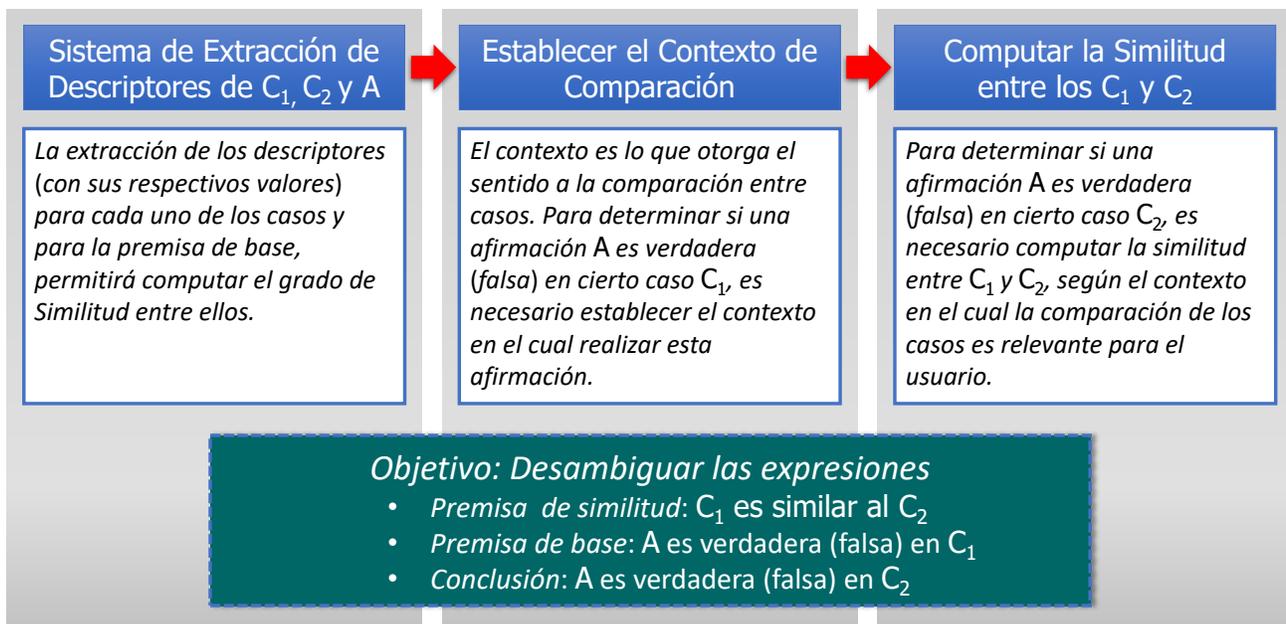


Figura 7.1: Intuiciones de un EA basado en Similitud

De forma similar a lo propuesto para los argumentos no estructurados, el *Sistema de Extracción de Descriptores* es una caja negra que entrega como resultado las etiquetas a las que hacen

referencia tanto los casos  $C_1$  y  $C_2$  como la afirmación  $A$ . Luego, el *Establecimiento del Contexto de Comparación* es lo que permitirá llevar a cabo las comparaciones entre los casos, y entre los casos y la premisa de base, tal como propone el EA original. Clarifiquemos esta propuesta con un ejemplo:

**Ejemplo 9** Consideremos los  $C_1$  y  $C_2$  y una premisa de base  $A$  expresados como sigue<sup>1</sup>:

- $C_1$ : *El estudio de Anderegg de 2010 encontró que el 97-98% de los investigadores climáticos publican que están de acuerdo en que la actividad humana es la principal responsable del cambio climático global.*
- $C_2$ : *Las revisiones de Cook de 2013 sostienen que sobre 11.944 estudios revisados, solamente 78 estudios (0.7%) rechazan explícitamente la posibilidad de que los humanos sean responsables del calentamiento global.*
- $A$ : *Un consenso científico abrumador dice que la actividad humana es la principal responsable para el cambio climático global.*

Tengamos en cuenta los siguientes conjuntos de descriptores para  $C_1$ ,  $C_2$  y  $A$ , respectivamente:

- $\delta_{C_1} = \{(basado\_evidencia, sí); (refiere\_cambio\_climatico, sí); (responsabilidad\_humana, sí); (otra\_perspectiva, no)\}$
- $\delta_{C_2} = \{(basado\_evidencia, sí); (refiere\_cambio\_climatico, sí); (responsabilidad\_humana, sí); (otra\_perspectiva, sí)\}$
- $\delta_A = \{(basado\_evidencia, sí); (refiere\_cambio\_climatico, sí); (responsabilidad\_humana, sí); (otra\_perspectiva, no)\}$

Compararemos  $C_1$ ,  $C_2$  y  $A$  en función del contexto:

$$\mathbb{C} = \{(basado\_evidencia, 0.4); (refiere\_cambio\_climatico, 0.4); (responsabilidad\_humana, 0.2)\}.$$

*Este es un contexto en el cual interesan estudiar aquellas afirmaciones que están basadas en la evidencia, que refieren al cambio climático y en las que hay se hace responsable al humano sobre estos cambios, en alguna medida.*

<sup>1</sup>Extraídos de <https://climatechange.procon.org/>

Para formalizar la comparación entre los casos  $C_1$ ,  $C_2$  y la premisa de base  $A$ , consideraremos la función de similitud  $\text{Sim}_C$  establecida en la Definición 13, aclarando que en vez de considerar los descriptores de argumentos en el sentido general de la palabra, instanciaremos la función con los descriptores de  $C_1$ ,  $C_2$  y de la afirmación  $A$ . También necesitaremos establecer umbrales de comparación: por un lado, un umbral que permita expresar cuándo la similitud entre  $C_1$  y  $C_2$  indicará que los casos son similares (o no) en un contexto de comparación coherente  $C$ . Por razones de simplicidad, mantendremos la denominación de este umbral como  $\tau$ . Por otro lado, necesitamos comparar cada uno de los casos con la premisa de base, de manera de determinar en qué grado cada caso se ajusta a la propiedad que se quiere corroborar. Llamaremos a este umbral  $\tau'$ . Es importante notar que se necesitan establecer dos valores de coherencia dado que, en primer lugar se comparan los dos casos entre sí para encontrar similitudes y diferencias entre ellos, pero luego cada uno de esos casos se compara con la misma premisa que expresa el cumplimiento (o no) de una propiedad. En el EA basado en Analogías esta comparación solo puede tomar uno de dos valores: 1, cuando esa propiedad es una verdad a la que se ajustan ambos casos, ó 0 cuando sucede lo contrario. Sin embargo, en el EA basado en Similitud la evaluación de la premisa de base y de la conclusión no siempre será dicotómica, dando lugar a otra interpretación del esquema. Es decir, el ajuste entre el  $C_1$  y la premisa de base  $A$  dará por resultado:

- 0 cuando la propiedad expresada en dicha premisa no se verifique en el  $C_1$ ,
- 1 cuando la propiedad expresada se verifique por completo en el caso,
- Una cierto grado de ajuste entre 0 y 1, que se interpreta como una similitud cuando la evaluación de la expresión supere el umbral  $\tau'$ .

Esta última situación no está prevista en el EA basado en Analogías. Un análisis similar puede realizarse con respecto al  $C_2$  y su correspondencia con la premisa de base. Así, queda aclarado porqué se necesita diferenciar  $\tau$  de  $\tau'$ , lo que se resume diciendo que el significado de los umbrales es diferente.

Realizadas estas aclaraciones, el EA basado en Similitud que se propone es el siguiente:

**Definición 25** Sean  $C_1$  y  $C_2$  dos casos, situaciones u objetos que se quieren comparar y sean  $\delta_{C_1}$  y  $\delta_{C_2}$  el conjunto de los descriptores asociados a cada caso, respectivamente. Sea  $A$  la

premisa de similitud de base y  $\delta_A$  el conjunto de los descriptores asociados a ella, sea  $\mathbb{C}$  el contexto definido para la comparación de  $C_1$  y  $C_2$ , sea  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$  la función que permite calcular el grado de similitud entre los argumentos, y sean  $\tau$  y  $\tau'$  los umbrales de aceptación para el cálculo de la similitud. El EA basado en Similitud se define como:

- Premisa de similitud:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(C_1, C_2) \geq \tau$ .
- Premisa de base:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_1) \geq \tau'$ .
- Conclusión:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_2) \geq \tau'$ .

O bien,

- Premisa de similitud:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(C_1, C_2) \geq \tau$ .
- Premisa de base:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_1) < \tau'$ .
- Conclusión:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_2) < \tau'$ .

Las tres preguntas críticas que guían este esquema son:

1. ¿ $C_1$  y  $C_2$  son incomparables dado que  $\delta_{C_1} \cap \delta_{C_2} = \emptyset$ ?
2. ¿ $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_1) \geq \tau' \wedge \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_2) < \tau'$ ? o ¿ $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_1) < \tau' \wedge \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_2) \geq \tau'$ ? (A es verdadera (falsa) en  $C_1$  y es A es falsa (verdadera) en  $C_2$ , o viceversa)
3. ¿Existe un caso  $C_3$ , tal que  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(C_3, C_1) \geq \tau$ , en el que se verifica que  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_3) \geq \tau' \wedge \text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_1) < \tau'$  o viceversa?

Al igual que en el EA basado en Analogías, la primera pregunta es la que se vuelve imprescindible cuando se utiliza este tipo de razonamiento, mientras que la segunda pregunta es la que vuelve rebatible al EA propuesto, considerando la existencia de un  $C_3$  que pueda indeterminar la similitud entre los otros dos casos.

Clarifiquemos esta propuesta continuando con el desarrollo del ejemplo 9:

**Ejemplo 10** Consideremos los  $C_1$ ,  $C_2$  y la premisa de base  $A$  ya presentadas, al igual que sus conjuntos de descriptores:  $\delta_{C_1}$ ,  $\delta_{C_2}$  y  $\delta_A$ . Recordemos que el contexto de comparación seleccionado es:

$$\mathbb{C} = \{(basado\_evidencia, 0.4); (refiere\_cambio\_climatico, 0.4); (responsabilidad\_humana, 0.2)\}.$$

Instanciaremos la función de similitud  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}$  con la suma probabilística ( $t$ -conorma). Para determinar la  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(C_1, C_2)$ , podemos expresar la función como sigue:

$$\text{Sim}_{\mathbb{C}}(C_1, C_2) = \begin{cases} \alpha_n & \text{Si } \mathcal{D}_{C_1} \cap \mathcal{D}_{C_2} \cap \mathcal{D}_{\mathbb{C}} = \{d_1, \dots, d_n\} \\ 0 & \text{Para los demás casos} \end{cases}$$

donde  $\alpha_1 = \text{Coef}_{d_1}(C_1, C_2)$  y  $\alpha_i = \alpha_{i-1} + \text{Coef}_{d_i}(C_{1i}, C_{2i}) - \alpha_{i-1} \times \text{Coef}_{d_i}(C_{1i}, C_{2i})$  con  $n \geq 2$ .

Utilizando esta función tenemos que:

- $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(C_1, C_2) = 0,71$  ya que:

$$\alpha_1 = 0,4;$$

$$\alpha_2 = 0,4 + 0,4 - 0,16 = 0,64;$$

$$\alpha_3 = 0,64 + 0,2 - 0,128 = 0,71$$

- $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_1) = 0,71$  ya que:

$$\alpha_1 = 0,4;$$

$$\alpha_2 = 0,4 + 0,4 - 0,16 = 0,64;$$

$$\alpha_3 = 0,64 + 0,2 - 0,128 = 0,71$$

- $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_2) = 0,71$  ya que:

$$\alpha_1 = 0,4;$$

$$\alpha_2 = 0,4 + 0,4 - 0,16 = 0,64;$$

$$\alpha_3 = 0,64 + 0,2 - 0,128 = 0,71$$

Considerando un  $\tau = 0,65$  y un  $\tau' = 0,7$  tendremos que:

- Premisa de similitud:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(C_1, C_2) \geq \tau$ .
- Premisa de base:  $\text{Sim}_{\mathbb{C}}(A, C_1) \geq \tau'$ .

- *Conclusión:*  $\text{Sim}_c(A, C_2) \geq \tau'$ .

*Este resultado es previsible según los valores de los descriptores que tenemos asociados al dominio y el contexto de comparación elegido en el marco de una discusión coherente. Con las condiciones planteadas, los  $C_1$  y  $C_2$  superan las preguntas críticas.*

*Supongamos ahora la existencia de un  $C_3$  que intenta socavar la similitud entre  $C_1$  y  $C_2$ :*

*$C_3$ : Los niveles crecientes de CO2 atmosférico no necesariamente causan el calentamiento global, lo cual contradice la tesis central del cambio climático causado por el hombre. Donde:*

$\delta_{C_3} = \{(basado\_evidencia, no); (refiere\_cambio\_climatico, sí); (responsabilidad\_humana, no); (otra\_perspectiva, sí)\}$

*Necesitamos evaluar entonces el valor de la  $\text{Sim}_c(C_3, C_1)$ . Tenemos que considerar:*

$\text{Sim}_c(C_3, C_1) = 0,4 < \tau$  ya que  $\alpha_1 = 0$ ;  $\alpha_2 = 0 + 0,4 - 0 = 0,4$  y  $\alpha_3 = 0,4 + 0 - 0 = 0,4$

*De esta manera, la similitud entre los dos primeros casos se mantiene.*

Como podemos apreciar con este sencillo ejemplo que instancia el EA basado en Similitud propuesto, el uso de la función  $\text{Sim}_c$  aplicada para comparar dos casos y una premisa de base no necesariamente significa que la similitud obtenida en cada paso de la comparación deba entregar el mismo resultado, incluso cada una de las comparaciones puede tener un resultado diferente. Puede suceder que los casos sean similares, con lo que la premisa de similitud obtenga un valor superior al umbral y, sin embargo, la comparación con la premisa de base devuelva un valor menor a  $\tau$ . Esto se interpreta como que no existe coincidencia entre los casos comparados y la premisa de base. Sin embargo, lo que podría rebatir la similitud en este esquema es que la similitud entre  $C_1$  y  $C_2$  sea mayor al umbral, y que al momento de comparar cada caso con la premisa de base, para una de las comparaciones se obtenga un valor menor al umbral y para la otra suceda al contrario.

## 7.4. Conclusión

En este capítulo presentamos una manera de hacer que un EA basado en Analogías se traduzca a un dispositivo con mayor capacidad de cómputo, denominado EA basado en Similitud.

Para ello, tomamos en cuenta la definición de la función de similitud propuesta a lo largo de esta tesis, y la aplicamos sobre argumentos denominados casos. El valor obtenido fue comparado con cierto umbral como instrumento de coherencia para el EA propuesto. Para que dos casos se consideren similares, la comparación entre ellos en cierto contexto debe ofrecer un valor superior al umbral. Este constituye el segundo aporte de esta investigación en el que el concepto de medida de similitud y de la función diseñada para obtener su valor, son aplicables también a argumentos que poseen estructura como lo es un patrón de razonamiento expresado a través de premisas y conclusiones.

# Capítulo 8

## Trabajos Relacionados

En el Capítulo 2 abordamos diversos trabajos relacionados con esta tesis, especialmente las posturas asociadas al término *similitud*, ya sean métricas de uso general (sección 2.1) como algunas referidas específicamente al campo de la argumentación (sección 2.2), posturas necesarias para delimitar nuestra propia concepción del término. En lo que sigue, exploraremos en más detalle otros trabajos que se desarrollan desde una perspectiva diferente a la nuestra, como por ejemplo enfoques basados en argumentos estructurados en lenguaje proposicional, o basados en la estructuración de argumentos mediante grafos, o un procedimiento para extraer argumentos de un texto en particular y construir el *BAF* a partir de ellos. Por último, y para completar la lectura, presentamos una muy breve reseña de técnicas de minería de argumentos.

### 8.1. Funciones de Similitud entre Argumentos Lógicos

Tal como lo detallamos en la Sección 2.2 al introducir diferentes perspectivas sobre el término *similitud*, en el dominio de la *argumentación* Amgoud et al [AD18] definen una función *Simil* muy general que le asigna a cualquier par de argumentos lógicos  $Arg(L)$  valores entre 0 y 1, donde  $L$  es un lenguaje proposicional. Formalmente:

$$Simil : Arg(L) \times Arg(L) \rightarrow [0, 1],$$

donde  $Arg(L)$  es el conjunto de todos los argumentos que se pueden construir a partir de  $L$ .

Al ser una función muy general, se establecen una serie de propiedades que la misma debe cumplir, denominadas principios básicos deseables para cualquier medida de similitud, y que se detallan a continuación:

- P1 *Independencia de la sintaxis*: Dados dos argumentos cualesquiera, el valor de la similitud entre ellos es independiente del nombre de las variables que representan a dichos argumentos.
- P2 *Maximalidad*: Todo argumento es similar a sí mismo. Una medida de similitud cualquiera  $S$  aplicada a cualquier argumento  $a \in Arg(L)$ , da como resultado  $S(a, a) = 1$ .
- P3 *Simetría*: Una medida de similitud cualquiera  $S$  aplicada a cualquier par de argumentos  $a, b \in Arg(L)$ , da como resultado  $S(a, b) = S(b, a)$ .
- P4 *Sustitución*: Indica que cuando una medida de similitud se aplica a cualquier par de argumentos, y da como resultado 1, la medida de similitud aplicada a un tercer argumento no ha de variar. Es decir, si  $S(a, b) = 1$ , entonces,  $S(a, c) = S(b, c)$
- P5 *Monotonía*: Establece que la similitud entre dos argumentos será mayor en cuanto crezcan las fórmulas comunes en los soportes de dichos argumentos.
- P6 *Dominancia*: La similitud entre dos argumentos lógicos también depende de las conclusiones de los mismos. La similitud aumenta en cuanto las conclusiones de los argumentos comparten consecuencias en común.

Estas propiedades son muy importantes cuando se quieren diseñar nuevas medidas de similitud. Es por ello que nos resulta interesante evaluarlas a la luz de nuestra propuesta. Por un lado, tenemos que la *maximalidad* y la *simetría* se cumplen sin que sea necesaria una explicación mayor. Por otro lado, sabemos que la similitud entre dos argumentos será mayor cuanto más valores en común posean estos argumentos en relación a los descriptores que forman parte del contexto de comparación. En consecuencia, la medida cumple con la *monotonía* y la *dominancia*, solo que, en este caso en particular, no se diferencia entre premisas y conclusiones de un argumento.

## 8.2. Máquinas de Argumentación

En [BLOP19] los autores proponen usar medidas de similitud entre argumentos expresados mediante grafos, como una técnica importante al momento de recuperar información. A partir de la exploración automática de textos provenientes de la web, idean un mecanismo para procesar la información que de ellos se deriva. Los tipos de textos que se exploran son de tipo argumentativos y con contenido fáctico sobre un tema en discusión. La traducción de un texto a argumentos es fundamental para poder operar con máquinas argumentales, puesto que se trata de dispositivos capaces de razonar a partir de información estructurada de esta manera. Los grafos argumentales se utilizan para poder estructurar las consultas que permitirán recuperar los argumentos; sin embargo, una consulta puede dejar de lado alguna parte del argumento, como por ejemplo su conclusión, para recuperarla desde el argumento más similar. Es por ello que para poder poner en práctica la máquina argumental, el caso base debe estar almacenado en forma de argumentos. Para poder transferir una parte de un argumento a otro similar, los autores proponen utilizar trabajos previos [BG14, BSDO18] en los que se evalúa la similitud entre dos grafos argumentales mediante la utilización de flujos de trabajo anotados semánticamente, detectando palabras embebidas procedentes del lenguaje natural.

En este enfoque, los grafos argumentales están basados en el *Formato de Intercambio de Argumentos* (AIF- por sus siglas en Inglés) [WVS<sup>+</sup>05, CMR<sup>+</sup>06, RR09] y en la representación propuesta en [BG14], según las cuales un grafo argumental se define mediante una quintupla, de la siguiente manera :

$GA = \langle N, E, \zeta, \lambda, t \rangle$ , donde:

- $N$  es el conjunto de nodos,
- $E \subseteq N \times N$  es el conjunto de aristas,
- $\zeta$  es una función que le asigna un tipo de nodo a cada nodo, según AIF:  $\zeta : N \rightarrow \mathcal{T}$ , en donde:
  - un NODO (I) contiene la información textual,
  - los NODOS(S) caracterizan la relación entre dos NODOS(I), y se dividen en dos tipos de nodos: los de Reglas de Aplicación de Inferencia (conocidos como NODOS-RA) y los de Aplicación de Conflictos (conocidos como NODOS-CA)

- $\lambda$  es una función que mapea los nodos a etiquetas que representan el contenido textual:  $\lambda : N \rightarrow \mathcal{L}$ . Esta función se utiliza para vincular un nodo texto con su NODO (I), y
- $t \in \mathcal{L}$  es una etiqueta que representa el tema general del grafo argumental. Es un vector que representa la semántica del grafo completo.

Con respecto al tema que nos ocupa en esta investigación doctoral, para calcular la similitud semántica del texto, según la propuesta de [BLOP19], es necesario construir vectores utilizando diferentes técnicas, como por ejemplo palabras embebidas [LM14]. A partir de ellos, la similitud entre dos NODOS-I se obtiene utilizando la medida tradicional de similitud coseno aplicada a los vectores correspondientes a los dos grafos completos inherentes a los dos argumentos en consideración. Además, el vector  $t$  se obtiene al concatenar la información contenida en los NODOS-I. Así, es posible calcular la similitud entre dos grafos argumentales correspondientes a dos argumentos completos, aplicando la medida de similitud coseno a los dos vectores  $t$  respectivos. Esta forma de calcular la similitud se basa en el contenido textual, pero se ignora la estructura del argumento.

Esta aproximación resulta muy interesante cuando los argumentos se expresan como grafos, y cuando se decide utilizar el AIF. La medida de similitud que proponemos en nuestro trabajo de investigación puede ser aplicada para determinar la similitud entre dos NODOS(I), reemplazando la similitud coseno.

### 8.3. *BAF* Construido a partir de Textos en Lenguaje Natural

En [CT17] se presenta un trabajo muy interesante en el cual se detalla un procedimiento que permite extraer argumentos de un texto en particular, identificar las relaciones entre estos argumentos y, finalmente, construir el *BAF*.

Para llevarlo a cabo, los autores proponen una serie de pasos en los que se emplean diferentes técnicas, tales como identificación de tópicos, identificación y eliminación de palabras no significativas, algunas técnicas de *aprendizaje automático* (ML, por sus siglas en inglés), entre otras. Específicamente, en [CT17] se presenta cómo abordar los resúmenes de los textos que se refieran a un tema en particular, dividirlos en sentencias que se distinguen en temporalmente

más cercanas durante el análisis o temporalmente más lejanas, identificar los argumentos y las relaciones entre ellos (ataque, soporte o ninguna relación) para, finalmente, construir el *BAF*.

Así, el primer paso para construir el *BAF* es dividir el texto en oraciones, para lo cual los autores utilizan un identificador de tokens pre-entrenado en inglés; además, se identifican oraciones con sentimientos polarizados al detectar frases con sentimientos diferentes mediante la búsqueda de palabras tales como *sin embargo*, *aunque*, *pero*, entre otras. En esta tarea es de utilidad el uso de un analizador léxico que permita detectar los adjetivos usados frecuentemente en los resúmenes ya anotados con esta polaridad. Ahora bien, para construir un *BAF* dependiente de un tópico en particular, es imprescindible que se identifique el tópico en los resúmenes bajo análisis. Independientemente de la técnica que se emplee en esta tarea para el análisis de resúmenes en línea, si un tópico es controversial o debatible, al menos será mencionado por pocos usuarios, ya sea a favor o en contra de un argumento dado. Luego, los autores proponen identificar los argumentos relacionados en los resúmenes con los sustantivos relacionados con el tópico en consideración. Una vez que se identifican los argumentos, se pueden emplear técnicas de aprendizaje de máquina con clasificación de etiquetas para poder determinar el tipo de relación entre los argumentos (ataque, soporte o sin relación). Esto se logra comparando pares de oraciones y requiere que las oraciones estén clasificadas según un orden temporal y que se encuentre las relaciones entre las piezas de texto más recientes con aquellas más lejanas (pero no al revés). La intuición detrás de la aproximación basada en tópicos es que los argumentos que refieren a diferentes tópicos es muy poco probable que se relacionen; mientras que la intuición detrás del ordenamiento temporal permite establecer límites en el número de relaciones a considerar en el *BAF*. De esta manera, se van encontrando los argumentos y las relaciones entre ellos para obtener el *BAF*.

## 8.4. Enfoques Técnicos de Minería de Argumentos

Una de las áreas de investigación importantes relacionadas con esta tesis es la minería de argumentos. Al respecto, es oportuno citar en el área de los trabajos de [FVLM19, Moe18, BR19] quienes se dedican al abordaje de la minería de argumentos desde diferentes perspectivas. Por ejemplo, en [Moe18] los autores indagan los métodos para mapear argumentos desde el lenguaje humano a alguna forma de representación del conocimiento, tendiendo a utilizar técnicas no

supervisadas para el aprendizaje de conceptos en grandes colecciones de datos. En este trabajo, reconocen que la mayoría de los esfuerzos en las investigaciones del área trabajan con textos anotados manualmente, y que lentamente se está automatizando la tarea al incorporar técnicas de *deep-learning* con redes neuronales, entre otras maneras. La complejidad del tema radica en que independientemente del tipo de aprendizaje que se utilice (supervisado o no), se requiere mucho conocimiento del minimundo o dominio, sentido común y conocimiento general sobre el tema en cada texto que se analiza. Es por eso que las investigaciones suelen acotarse a dominios muy específicos. Por ejemplo, en [FVLM19], los autores trabajan en el reconocimiento de entidades nombradas de documentos de dominio financiero y biomédico, combinando técnicas de *deep-learning* con redes neuronales. Algunos esfuerzos más antiguos en el tiempo, como el de [PS15b] constituyen propuestas para tomar textos cortos escritos en alemán o en inglés, en el que se hayan identificado previamente las denominadas *Unidades Argumentales de un Discurso* y relacionarlas a través de un grafo en el que se representan ataques y soportes. Esto se lleva a cabo aplicando diferentes técnicas predictivas y de parsers. Si bien es un área muy interesante, de constantes avances y sus resultados pueden emplearse en este trabajo, sólo mencionamos algunas aproximaciones dado que el desarrollo y la implementación de estas técnicas exceden los límites de esta tesis.

# Capítulo 9

## Conclusiones y Trabajo Futuro

La Teoría de la Argumentación provee mecanismos de razonamiento para interpretar entidades abstractas denominadas *argumentos*, para analizar y modelar las relaciones entre ellos, para estructurarlos, o para obtener nueva información a partir del conjunto de argumentos, entre otras cuestiones investigables. Bajo los enfoques más clásicos, los argumentos pueden vincularse mediante una relación de *ataque*, tal como propone el *Framework Argumentativo Abstracto (AF)* de Dung [Dun95], o se puede considerar además otro tipo de interacción entre los argumentos denominada relación de *soporte*, como propone el *Framework de Argumentación Bipolar* de Cayrol y Lagasquie-Schiex en [CLS05b]. A partir de un AF es posible obtener conjuntos de argumentos aceptables que poseen coherencia interna y externa, mediante las denominadas *semánticas de aceptabilidad*. Mientras que un *BAF* extiende las nociones de un AF, incorporando los conjuntos *seguros* de argumentos. Por otro lado, existen enfoques menos clásicos o formalismos desarrollados que consideran los atributos de los argumentos como información adicional que permite calcular la aceptabilidad de un conjunto [BC02, CLS05a, BGLVS15].

Sin embargo, en todos estos enfoques los argumentos que se aceptan son aquellos que sobreviven a los ataques de los demás, en un sentido general y simplificado del análisis. Explicado de otro modo, no se encuentra en la literatura un enfoque o criterios que permitan decidir si un argumento atacado puede formar parte de un conjunto aceptable o admisible, y en vez de considerarse atacado solamente se considere debilitado, impactando en la aceptabilidad y seguridad (fuerte o débil) del conjunto. Esta postura implica el diseño de un mecanismo para analizar la calidad de las relaciones existentes en el conjunto completo de argumentos, inde-

pendientemente de la cantidad de elementos de dicho conjunto. Expresado en términos más específicos al dominio lingüístico, uno de los caminos que podemos seguir para llevar a cabo lo dicho anteriormente, es determinar qué tan *cohesivo* es el conjunto de los argumentos que se soportan o cuán *controversial* es el conjunto de los argumentos que se contradicen. Una herramienta natural del razonamiento humano para aproximarnos a una solución práctica al respecto es la noción de *similitud* aplicada a los argumentos ya que nos permite agrupar argumentos según sus características compartidas o los temas a los que se refieren, noción que requiere establecer un mecanismo de comparación entre estas entidades y elementos adicionales como la definición de un contexto en el que la comparación de los argumentos adquiriera significado [Hes66, CS02, SM03]. Este último elemento es fundamental, dado que los argumentos pueden ser similares en un contexto dado, pero pueden ser completamente diferentes bajo otras circunstancias de análisis.

De esta forma, en esta tesis y en pos de definir un sistema útil basado en el sentido común para encontrar la cohesión y la controversia de un conjunto de argumentos:

- Se formalizó la noción de *similitud entre argumentos*, partiendo de la definición de un contexto en el que es importante identificar los aspectos que son relevantes en la comparación, determinando la importancia de cada uno de ellos en el análisis de la similitud.
- Se propuso la noción de un *argumento enriquecido*, es decir, un argumento con una estructura adicional de información. Esta estructura contiene los aspectos a los cuales hace referencia el argumento, denominados *descriptores*, y los valores que esos descriptores toman para ese argumento.
- Se estableció que, para que los argumentos sean comparables, es necesario que tengan descriptores en común dentro del contexto de comparación inherente al proceso argumentativo bajo análisis.
- Se utilizó la similitud como una herramienta para caracterizar las relaciones de ataque y de soporte existentes entre el conjunto de argumentos analizados.
- Se propuso un *S-BAF* como una extensión de un *BAF* a partir de la cual se puedan categorizar o clasificar las relaciones entre los argumentos.

Basándonos en el grado de similitud entre los argumentos y en el tipo de relaciones entre ellos, pudimos redefinir las mismas considerando un cierto umbral  $\tau$ , que es un valor establecido por el usuario y que permite que la interpretación del grado de la similitud entre los argumentos sea coherente. Esto da lugar a una nueva clasificación y caracterización de las relaciones entre los argumentos extendidos. Mientras que en un *BAF* solamente se tienen *relaciones de soporte*, *ataque directo*, *ataque secundario* y *ataque soportado*, en *S-BAF* tenemos:

- *Soporte Fuerte*: El grado de la similitud o cohesión entre los argumentos soportados es mayor o igual al umbral.
- *Soporte Débil*: El grado de la similitud o cohesión entre los argumentos soportados es menor al umbral.
- *Ataque Directo Fuerte*: El grado de similitud o controversia entre los argumentos que se atacan es mayor o igual al umbral.
- *Ataque Directo Débil*: El grado de similitud o controversia entre los argumentos que se atacan es menor al umbral.
- *Ataque Secundario Fuerte*: Tanto la controversia como la cohesión de las relaciones intervinientes en el ataque son mayores o iguales al umbral.
- *Ataque Secundario Débil*: O la controversia de los argumentos que se atacan es menor al umbral, o la cohesión de los argumentos que se soportan es menor al umbral, o tanto la cohesión como la controversia son menores al umbral.

A partir de esta caracterización de las relaciones entre los argumentos enmarcadas en un *S-BAF*, es posible computar otros tipos de semánticas, que también tienen su mapeo al *BAF* subyacente. Para poder definir esta nueva familia de semántica, tuvimos que distinguir primero algunos conceptos de base, de la siguiente manera:

- *Conjuntos libres-de-conflictos* en *S-BAF*: Se consideran conjuntos con cierto grado de flexibilidad o tolerancia a los conflictos dando lugar a los conjuntos *fuertemente-libre-de-conflictos* (sin conflictos y equivalente al conjunto libre-de-conflictos en *BAF*), conjunto  $\tau$ -libre-de-conflictos (se pueden agregar elementos al conjunto siempre que el valor de la

controversia del conjunto no supere un umbral  $\tau$  establecido por el usuario) y conjuntos débilmente-libres-de-conflictos (se pueden agregar elementos al conjunto siempre que los mismos posean un grado de controversia entre ellos menor o igual que el umbral, sin interesar la controversia general del conjunto de argumentos).

- *Conjuntos seguros en S-BAF*: Haciendo un razonamiento análogo al ítem anterior, también se flexibiliza el concepto de conjunto seguro, con respecto a los conjuntos seguros en *BAF*. Así, se tienen conjuntos *fuertemente-seguros* en los que no existen elementos en él que ataquen y soporten a la vez un elemento externo al conjunto, y son equivalentes a los conjuntos seguros en *BAF*, conjuntos  $\tau$ -seguros en los que no puede existir en simultáneo un ataque fuerte (directo, secundario o a través del soporte) y un soporte fuerte a un mismo elemento externo al conjunto, y conjuntos *débilmente-seguros* en los que se admite o un ataque fuerte (directo, secundario o a través del soporte) o un soporte fuerte, pero no ambos.

Bajo este nuevo enfoque, establecimos que un subconjunto del conjunto de argumentos puede defenderse de los ataques recibidos provenientes los elementos externos a él mediante ataques débiles o fuertes (directo, secundarios o a través del soporte), dando lugar a lo que denominados *defensa débil* o *defensa fuerte* del suconjunto de argumentos. Considerando estas definiciones, podemos distinguir distintos subconjuntos admisibles:

- *Conjunto fuertemente-d-admisible*: Conjunto fuertemente-libre-de-conflicto y que defiende fuertemente sus elementos.
- *Conjunto  $\tau$ -d-admisible*: Conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto y que defiende sus elementos (defensas fuertes o débiles).
- *Conjunto débilmente-d-admisible*: Conjunto débilmente-libre-de-conflicto y que defiende sus elementos (defensas fuertes o débiles), o fuertemente-libre-de-conflicto y que defiende débilmente sus elementos.
- *Conjunto fuertemente-s-admisible*: Conjunto fuertemente-seguro y que defiende fuertemente sus elementos.

- Conjunto  $\tau$ -*s-admisible*: Conjunto  $\tau$ -seguro y que defiende sus elementos (defensas fuertes o débiles).
- Conjunto *débilmente-s-admisible*: Conjunto débilmente-seguro y que defiende sus elementos (defensas fuertes o débiles), o fuertemente-seguro y que defiende débilmente sus elementos.
- Conjunto *fuertemente-c-admisible*: Conjunto fuertemente-libre-de-conflicto, cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$  y que defiende fuertemente sus elementos.
- Conjunto  $\tau$ -*c-admisible*: Conjunto  $\tau$ -libre-de-conflicto, cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$  y que defiende sus elementos (defensas fuertes o débiles).
- Conjunto *débilmente-c-admisible*: Conjunto débilmente-libre-de-conflicto, cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$  y defiende sus elementos (defensas fuertes o débiles), o fuertemente-libre-de-conflicto, cerrado bajo  $\mathbb{R}_s$  y que defiende débilmente sus elementos.

Con estos conjuntos definidos y considerando las características de cada uno, se pudieron establecer nuevas semánticas que extienden las existentes en el *BAF* subyacente, en donde nuevamente se aprecia cierta gradualidad en los conjuntos. Así, definimos una *extensión fuertemente-estable* que garantiza la inconsistencia con todos los elementos externos a la extensión, una *extensión  $\tau$ -estable* es una extensión razonablemente desestabilizada que permite algún grado de inconsistencia tanto como esta no exceda el umbral determinado, y una *extensión débilmente estable* que permite inconsistencia siempre que la misma se mantenga en los límites de coherencia establecidos por el umbral.

Como herramienta para clarificar nuestra propuesta, dedicamos un capítulo para mostrar cómo se aplican todos estos conceptos en un ejemplo que considera argumentos extraídos de la web.

Si bien en esta línea de contribución presentamos varios resultados a través de propiedades demostradas que tienen lugar con el nuevo conjunto de semánticas y que también se refieren a la gradualidad de los conjuntos libre-de-conflictos y seguros, consideramos que aún queda un amplio conjunto de cuestiones por explorar:

- Indagar sobre el costo computacional de las funciones propuestas. Si bien todas las funciones que se proponen se pueden instanciar con costos lineales, se debe explorar el recorrido de un grafo argumental etiquetado con los valores de similitud.
- Implementar un *S-BAF* utilizando DeLP [GS04, GS14], lo que otorgaría una valoración del comportamiento real de la función de similitud en el campo experimental.
- Refinar la formalización de los descriptores, para aumentar su grado de comprensión.
- Indagar sobre algún mecanismo que permita que la función de similitud, interpretada como operadores de cohesión y de controversia, se constituya en una herramienta para detectar automáticamente relaciones de soporte y de ataque entre argumentos.

Con respecto a la segunda contribución de esta tesis, es conveniente acotar que la perspectiva del uso de la similitud en el proceso argumentativo utilizada se respalda en los trabajos de Walton [Wal06, WRM08, Wal10a], que parte de la premisa de que dos casos se pueden comparar siempre que contengan rasgos en común, y que encontrar la similitud entre argumentos es una tarea dificultosa, pues siempre está presente la noción de contexto. Es por ello que pareció interesante complementar el abordaje del uso de la similitud con la aplicación del grado de similitud entre argumentos con cierta estructura otorgada, en este caso, por los EA. Con respecto a ello, detallamos el *EA basado en Analogías* [Wal06, WRM08, Wal10a] pero, para delimitar y diferenciar el término *analogía* tuvimos que abordar su significado conceptual tal como oportunamente lo hicimos con el de *similitud*. Luego, propusimos un método muy general que permite traducir un *EA basado en Analogías* a un *EA basado en Similitud*, para lo cual consideramos el uso de descriptores, de un contexto y del cálculo del grado de similitud entre argumentos estructurados y denominados *casos*. Bajo esta perspectiva, si dos casos son similares, es importante determinar qué ocurre cuando cada uno de ellos se compara con la premisa de base:

- Si ambos otorgan un valor mayor al umbral en la comparación, la similitud se mantiene.
- Si ambos otorgan un valor menor al umbral en la comparación, la similitud se mantiene.
- Si uno de ellos se parece a la premisa de base pero el otro no, no se puede asegurar la similitud entre los casos.

Este no es un análisis acabado, y podrían considerarse otras situaciones para trabajo futuro como, por ejemplo la distancia que existe entre los resultados de las comparaciones entre los casos y la premisa de base y las implicaciones que esta distancia posee sobre el EA. Otra área interesante para explorar a futuro es la implementación de este EA en DeLP [GS04, GS14], lo que nos permitiría realizar ajustes para que el EA basado en Similitud pueda ser computado realmente. Por último, sería interesante indagar si la medida de similitud propuesta puede ser de utilidad para enriquecer el análisis de los *BAF*, permitiendo identificar soportes que se basen en razonamientos por similitud, y cómo estos soportes pueden dar lugar a agregaciones (por tener conocimiento en común pero también cierto conocimiento diferente), extensión que está fuera del alcance de esta tesis.



# Bibliografía

- [ABD<sup>+</sup>18] AMGOUD, L., BONZON, E., DELOBELLE, J., DODER, D., KONIECZNY, S., AND MAUDET, N. Gradual semantics accounting for similarity between arguments. In *Sixteenth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning* (2018).
- [ABN18] AMGOUD, L., AND BEN-NAIM, J. Evaluation of arguments in weighted bipolar graphs. *International Journal of Approximate Reasoning* 99 (2018), 39–55.
- [AC98] AMGOUD, L., AND CAYROL, C. On the acceptability of arguments in preference-based argumentation. In *Proceedings of the Fourteenth conference on Uncertainty in artificial intelligence* (1998), Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 1–7.
- [ACLS04] AMGOUD, L., CAYROL, C., AND LAGASQUIE-SCHIEUX, M.-C. On the bipolarity in argumentation frameworks. In *Nmr* (2004), vol. 4, pp. 1–9.
- [AD18] AMGOUD, L., AND DAVID, V. Measuring similarity between logical arguments. In *Sixteenth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning* (2018).
- [AD19] AMGOUD, L., AND DODER, D. Gradual semantics accounting for varied-strength attacks. In *Proc. of the 18th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems, AAMAS '19, Canada* (2019), E. Edith Elkind, M. Veloso, N. Agmon, and M. E. Taylor, Eds., Int. Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, pp. 1270–1278.

- [ADCGA12] AGIRRE, E., DIAB, M., CER, D., AND GONZALEZ-AGIRRE, A. Semeval-2012 task 6: A pilot on semantic textual similarity. In *Proceedings of the First Joint Conference on Lexical and Computational Semantics-Volume 1: Proceedings of the main conference and the shared task, and Volume 2: Proceedings of the Sixth International Workshop on Semantic Evaluation (2012)*, Association for Computational Linguistics, pp. 385–393.
- [ADD19] AMGOUD, L., DAVID, V., AND DODER, D. Similarity measures between arguments revisited. In *European Conference on Symbolic and Quantitative Approaches with Uncertainty (2019)*, Springer, pp. 3–13.
- [AE07] AGIRRE, E., AND EDMONDS, P. *Word sense disambiguation: Algorithms and applications*, vol. 33. Springer Science & Business Media, 2007.
- [AŠP18] ALAGIĆ, D., ŠNAJDER, J., AND PADÓ, S. Leveraging lexical substitutes for unsupervised word sense induction. In *Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-18) (2018)*.
- [BBMS16] BUDÁN, P. D., BUDÁN, M. C. D., MARTINEZ, M. V., AND SIMARI, G. R. Introducing a context-aware scheme in an intelligent reasoning process. In *XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2016) (2016)*.
- [BBS13] BUDÁN, P. D., BUDÁN, M. C., AND SIMARI, G. R. An approach to argumentation schemes that appeal to expert opinion. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial* 16, 52 (2013), 52–64.
- [BC02] BENCH-CAPON, T. Value based argumentation frameworks. *arXiv preprint cs/0207059 (2002)*.
- [BCMS17] BUDÁN, M. C. D., COBO, M. L., MARTINEZ, D. C., AND SIMARI, G. R. Bipolarity in temporal argumentation frameworks. *International Journal of Approximate Reasoning* 84 (2017), 1–22.
- [BCMS20] BUDÁN, M. C., COBO, M. L., MARTINEZ, D. C., AND SIMARI, G. R. Proximity semantics for topic-based abstract argumentation. *Information Sciences* 508 (2020), 135–153.

- [BEGB<sup>+</sup>20] BUDÁN, P. D., ESCAÑUELA GONZALEZ, M. G., BUDÁN, M. C. D., MARTINEZ, M. V., AND SIMARI, G. R. Similarity notions in bipolar abstract argumentation. *Argument & Computation* 11, 1-2 (2020), 103–149.
- [BG14] BERGMANN, R., AND GIL, Y. Similarity assessment and efficient retrieval of semantic workflows. *Information Systems* 40 (2014), 115–127.
- [BGLVS15] BUDÁN, M. C. D., GÓMEZ LUCERO, M., VIGLIZZO, I., AND SIMARI, G. R. A labeled argumentation framework. *Journal of Applied Logic* 13, 4 (2015), 534–553.
- [BLOP19] BERGMANN, R., LENZ, M., OLLINGER, S., AND PFISTER, M. Similarity measures for case-based retrieval of natural language argument graphs in argumentation machines. In *Proceedings of the 32nd International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, FLAIRS (2019)*.
- [BMBS15] BUDÁN, P. D., MARTINEZ, M. V., BUDÁN, M. C. D., AND SIMARI, G. R. Introducing analogy in abstract argumentation. *WL4AI-2015* (2015), 25.
- [BR19] BUDZYNSKA, K., AND REED, C. Advances in argument mining. In *Proceedings of the 57th Conference of the Association for Computational Linguistics: Tutorial Abstracts, ACL 2019, Florence, Italy, July 28, 2019, Volume 4: Tutorial Abstracts* (2019), pp. 39–42.
- [BSDO18] BERGMANN, R., SCHENKEL, R., DUMANI, L., AND OLLINGER, S. Recap-information retrieval and case-based reasoning for robust deliberation and synthesis of arguments in the political discourse. In *LWDA* (2018), pp. 49–60.
- [BSVS17] BUDÁN, M. C., SIMARI, G. I., VIGLIZZO, I., AND SIMARI, G. R. An approach to characterize graded entailment of arguments through a label-based framework. *International Journal of Approximate Reasoning* 82 (2017), 242–269.
- [Bud16] BUDÁN, P. D. Los esquemas de argumentación y el pensamiento crítico en la inteligencia artificial. Master’s thesis, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 2016.

- [Car83] CARBONELL, J. *Learning by analogy: Formulating and generalizing plans from past experience*. Springer, 1983.
- [CJA18] CORRÊA JR, E. A., AND AMANCIO, D. R. Word sense induction using word embeddings and community detection in complex networks. *arXiv preprint arXiv:1803.08476* (2018).
- [CJLA18] CORREA JR, E. A., LOPES, A. A., AND AMANCIO, D. R. Word sense disambiguation: A complex network approach. *Information Sciences* 442 (2018), 103–113.
- [CLS05a] CAYROL, C., AND LAGASQUIE-SCHIEX, M.-C. Gradual valuation for bipolar argumentation frameworks. In *Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty*. Springer, 2005, pp. 366–377.
- [CLS05b] CAYROL, C., AND LAGASQUIE-SCHIEX, M.-C. On the acceptability of arguments in bipolar argumentation frameworks. In *Symbolic and quantitative approaches to reasoning with uncertainty*. Springer, 2005, pp. 378–389.
- [CMR<sup>+</sup>06] CHESÑEVAR, C., MODGIL, S., RAHWAN, I., REED, C., SIMARI, G., SOUTH, M., VREESWIJK, G., WILLMOTT, S., ET AL. Towards an argument interchange format. *The Knowledge Engineering Review* 21, 04 (2006), 293–316.
- [CQ69] COLLINS, A. M., AND QUILLIAN, M. R. Retrieval time from semantic memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior* 8, 2 (1969), 240–247.
- [CS02] CECCHI, L., AND SIMARI, G. R. Sobre la relación de preferencias entre argumentos. In *VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación* (2002).
- [CT12] COVER, T. M., AND THOMAS, J. A. *Elements of information theory*. John Wiley & Sons, 2012.
- [CT17] COCARASCU, O., AND TONI, F. Mining bipolar argumentation frameworks from natural language text. In *Proceedings of the 17th Workshop on Computational Models of Natural Argument co-located with ICAIL 2017, London, UK* (London, United Kingdom, 2017), F. Bex, F. Grasso, and N. Green, Eds., vol. 2048 of *CEUR Workshop Proceedings*, CEUR-WS.org, pp. 65–70.

- [DP82] DUBOIS, D., AND PRADE, H. A class of fuzzy measures based on triangular norms? a general framework for the combination of uncertain information. *International Journal Of General System* 8, 1 (1982), 43–61.
- [DS13] DOUGLAS, H., AND SANDER, E. *Surfaces and essences: Analogy as the fuel and fire of thinking*, 2013.
- [DSB09] DUHAN, N., SHARMA, A., AND BHATIA, K. K. Page ranking algorithms: a survey. In *2009 IEEE International Advance Computing Conference (2009)*, IEEE, pp. 1530–1537.
- [Dun95] DUNG, P. On the acceptability of arguments and its fundamental role in non-monotonic reasoning, logic programming and n-person games. *AI* 77, 2 (1995), 321–357.
- [FKEG93] FOX, J., KRAUSE, P., AND EIVANG-GØRANSSON, M. Argumentation as a general framework for uncertain reasoning. In *Uncertainty in Artificial Intelligence (1993)*, Elsevier, pp. 428–434.
- [FVLM19] FRANCIS, S., VAN LANDEGHEM, J., AND MOENS, M.-F. Transfer learning for named entity recognition in financial and biomedical documents. *Information* 10, 8 (2019), 248.
- [GC10] GENTNER, D., AND COLHOUN, J. Analogical processes in human thinking and learning. In *Towards a theory of thinking*. Springer, 2010, pp. 35–48.
- [GHK01] GENTNER, D., HOLYOAK, K. J., AND KOKINOV, B. N. *The analogical mind: Perspectives from cognitive science*. MIT press, 2001.
- [GOS09] GUARINO, N., OBERLE, D., AND STAAB, S. What is an ontology? In *Handbook on ontologies*. Springer, 2009, pp. 1–17.
- [GOY98] GRABISCH, M., ORLOVSKI, S. A., AND YAGER, R. R. Fuzzy aggregation of numerical preferences. In *Fuzzy sets in decision analysis, operations research and statistics*. Springer, 1998, pp. 31–68.

- [GS04] GARCÍA, A. J., AND SIMARI, G. R. Defeasible logic programming: An argumentative approach. *Theory and practice of logic programming* 4, 1+ 2 (2004), 95–138.
- [GS14] GARCÍA, A. J., AND SIMARI, G. R. Defeasible logic programming: Delp-servers, contextual queries, and explanations for answers. *Argument & Computation* 5, 1 (2014), 63–88.
- [Hes66] HESSE, M. *Models and analogies in science*, vol. 7. University of Notre Dame Press Notre Dame, 1966.
- [HG17] HABERNAL, I., AND GUREVYCH, I. Argumentation mining in user-generated web discourse. *Computational Linguistics* 43, 1 (2017), 125–179.
- [Hua08] HUANG, A. Similarity measures for text document clustering. In *Proceedings of the sixth new zealand computer science research student conference (NZCSRSC2008)*, Christchurch, New Zealand (2008), pp. 49–56.
- [JC97] JIANG, J. J., AND CONRATH, D. W. Semantic similarity based on corpus statistics and lexical taxonomy. *arXiv preprint cmp-lg/9709008* (1997).
- [Les86] LESK, M. Automatic sense disambiguation using machine readable dictionaries: how to tell a pine cone from an ice cream cone. In *Proceedings of the 5th annual international conference on Systems documentation* (1986), ACM, pp. 24–26.
- [Lin98] LIN, D. An information-theoretic definition of similarity. In *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Machine Learning* (San Francisco, CA, USA, 1998), ICML '98, Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 296–304.
- [LM14] LE, Q., AND MIKOLOV, T. Distributed representations of sentences and documents. In *International Conference on Machine Learning* (2014), pp. 1188–1196.
- [LMC98] LEACOCK, C., MILLER, G. A., AND CHODOROW, M. Using corpus statistics and wordnet relations for sense identification. *Computational Linguistics* 24, 1 (1998), 147–165.

- [LS08] LUKASIEWICZ, T., AND STRACCIA, U. Managing uncertainty and vagueness in description logics for the semantic web. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 6, 4 (2008), 291–308.
- [LT16] LIPPI, M., AND TORRONI, P. Argumentation mining: State of the art and emerging trends. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)* 16, 2 (2016), 10.
- [LWJ<sup>+</sup>18] LU, W., WU, H., JIAN, P., HUANG, Y., AND HUANG, H. An empirical study of classifier combination based word sense disambiguation. *IEICE Transactions on Information and Systems* 101, 1 (2018), 225–233.
- [MEW17] MISRA, A., ECKER, B., AND WALKER, M. A. Measuring the similarity of sentential arguments in dialog. *arXiv preprint arXiv:1709.01887* (2017).
- [Mod09] MODGIL, S. Reasoning about preferences in argumentation frameworks. *Artificial Intelligence* 173, 9 (2009), 901–934.
- [Moe18] MOENS, M.-F. Argumentation mining: How can a machine acquire common sense and world knowledge? *Argument & Computation* 9, 1 (2018), 1–14.
- [Pal18] PALMIRANI, M. Dealing with qualitative and quantitative features in legal domains. In *Legal Knowledge and Information Systems: JURIX 2018: The Thirty-first Annual Conference* (2018), vol. 313, IOS Press, p. 176.
- [PR14] PRADE, H., AND RICHARD, G. *Computational Approaches to Analogical Reasoning: Current Trends*, vol. 548. Springer, 2014.
- [PS15a] PELDSZUS, A., AND STEDE, M. An annotated corpus of argumentative micro-texts. In *Proceedings of the First Conference on Argumentation, Lisbon, Portugal, June. to appear* (2015).
- [PS15b] PELDSZUS, A., AND STEDE, M. Joint prediction in mst-style discourse parsing for argumentation mining. In *Proc. of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (2015), pp. 938–948.
- [Res95] RESNIK, P. Using information content to evaluate semantic similarity in a taxonomy. *arXiv preprint cmp-lg/9511007* (1995).

- [RFM14] RUSU, D., FORTUNA, B., AND MLADENIĆ, D. Measuring concept similarity in ontologies using weighted concept paths. *Applied Ontology* 9, 1 (2014), 65–95.
- [RMBB89] RADA, R., MILI, H., BICKNELL, E., AND BLETNER, M. Development and application of a metric on semantic nets. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics* 19, 1 (1989), 17–30.
- [RR09] RAHWAN, I., AND REED, C. The argument interchange format. In *Argumentation in artificial intelligence*. Springer, 2009, pp. 383–402.
- [SM03] SOWA, J., AND MAJUMDAR, A. Analogical reasoning. In *Conceptual Structures for Knowledge Creation and Communication*. Springer, 2003, pp. 16–36.
- [SMAPL17] SORIANO-MORALES, E.-P., AH-PINE, J., AND LOUDCHER, S. Fusion techniques for named entity recognition and word sense induction and disambiguation. In *International Conference on Discovery Science (2017)*, Springer, pp. 340–355.
- [TMS08] THIAGARAJAN, R., MANJUNATH, G., AND STUMPTNER, M. Computing semantic similarity using ontologies. *HP Laboratories*). *Technical report HPL-2008-87* (2008).
- [Tve77] TVERSKY, A. Features of similarity. *Psychological review* 84, 4 (1977), 327.
- [Wal05] WALTON, D. Justification of argumentation schemes. *Australasian journal of logic* 3 (2005), 1–13.
- [Wal06] WALTON, D. *Fundamentals of critical argumentation*. Cambridge Univ Press, 2006.
- [Wal10a] WALTON, D. Similarity, precedent and argument from analogy. *Artificial Intelligence and Law* 18, 3 (2010), 217–246.
- [Wal10b] WALTON, D. Similarity, precedent and argument from analogy. *Artificial Intelligence and Law* 18, 3 (2010), 217–246.
- [Wal12] WALTON, D. Story similarity in arguments from analogy. *Informal Logic* 32, 2 (2012), 190–221.

- [WP94] WU, Z., AND PALMER, M. Verbs semantics and lexical selection. inproceedings of the 32nd annual meeting on association for computational linguistics (pp. 133-138). In *Association for Computational Linguistics* (1994).
- [WRM08] WALTON, D., REED, C., AND MACAGNO, F. *Argumentation Schemes*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2008.
- [WVS<sup>+</sup>05] WILLMOTT, S., VREESWIJK, G., SOUTH, M., CHESNEVAR, C. I., MCGINIS, J., RAHWAN, I., REED, C., MODGIL, S., AND SIMARI, G. R. AIF: Argumentation interchange format strawman model. *Working Draft* (2005).