

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE
CATALUNYA

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Práctica de sistemas basados en el conocimiento

Rubén Catalán, Ismael El Basli y Alex Garcés



Q1 2023-24

Índice

1. Identificación del problema	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Viabilidad de construir un SBC	2
1.3. Fuentes de conocimiento	3
1.4. Objetivos y resultados del sistema	3
2. Conceptualización	3
2.1. Conceptos del dominio	4
2.2. Conceptos del problema abstracto	5
2.3. Problemas y subproblemas de la resolución	6
2.4. Descripción informal del proceso de resolución	7
3. Formalización	8
3.1. Construcción de la ontología	8
3.1.1. Determinar el dominio y la cobertura de la ontología	8
3.1.2. Definir las clases y la jerarquía que las relaciona	8
3.1.3. Definir las propiedades y sus características	10
3.1.4. Definir las instancias de las clases	12
3.2. División en subproblemas	16
3.3. Metodología de resolución	16
4. Implementación	16
4.1. Implementación de la ontología	17
4.2. Funciones	17
4.3. Templates	17
4.4. Módulos	18
5. Juegos de pruebas	19
5.1. Prueba 1	19
5.2. Prueba 2	21
5.3. Prueba 3	23
5.4. Prueba 4	25
5.5. Prueba 5	27
5.6. Prueba 6	28
6. Conclusiones	30

1. Identificación del problema

1.1. Descripción del problema

En la actualidad existe una gran oferta de literatura que hace difícil elegir qué leer. Hoy en día, existen múltiples sistemas de recomendación de libros a partir de diferentes criterios y características más o menos intuitivas. El problema es que la mayoría de estos sistemas de recomendación son poco dirigidos y no usan suficiente información sobre el dominio para hacer predicciones muy precisas.

Para poder recomendar libros a un usuario de forma precisa, lo primero que hay que hacer es tener en cuenta el perfil del usuario con el que tratamos. Hay varias características principales para poder guiar la recomendación, como pueden ser: la edad, el tiempo disponible, la frecuencia, el lugar de lectura, si le gustan libros populares y/o libros con buena crítica, qué tipo de autores y géneros le gustan, etc. En resumen, siempre existe algún criterio en base al que hacer una recomendación, y como más se ajuste al perfil del lector del usuario mas precisa será la recomendación. La decisión sobre qué elementos tener en cuenta y como jugar con ellos para generar una recomendación es nuestra.

El objetivo de esta práctica es dar una recomendación de hasta tres libros adecuados para el usuario, dada la información que se ha obtenido a partir de su interacción con el sistema. El sistema deberá explicar mínimamente porqué ha elegido cada libro, por ejemplo indicando que es de uno de sus géneros favoritos y es adecuado para su edad.

1.2. Viabilidad de construir un SBC

El problema descrito consiste en dar una recomendación de hasta tres libros que se adapte de la mejor forma al perfil del usuario, teniendo en cuenta sus características y preferencias. Por lo tanto, para encontrar una solución debemos recorrer el espacio de libros para obtener aquellos que se ajusten mas a las características del usuario, de forma que estamos ante un problema de búsqueda.

El caso es que en este problema disponemos de conocimiento específico sobre el dominio, y los métodos de resolución vistos hasta ahora se fundamentan en una función heurística con capacidad expresiva reducida que no nos permite usar de forma eficiente ese conocimiento para representar todas las decisiones de exploración en el problema. Por lo tanto, es mucho mas viable construir un Sistema Basado en el Conocimiento (SBC), donde el objetivo es usar conocimiento del dominio y del usuario para, a través de cierta lógica, llegar a encontrar una buena solución de forma mucho mas eficiente.

1.3. Fuentes de conocimiento

Para poder construir nuestro SBC necesitamos dos fuentes de conocimiento principales:

- **El usuario:** El usuario es la fuente de conocimiento mas importante, ya que para poder construir la recomendación es esencial recopilar información sobre su perfil y preferencias. Si no tuviéramos esta fuente de conocimiento, las recomendaciones serian muy poco precisas. En su interacción con el usuario, el sistema le pedirá información suficiente (mas adelante se explica en detalle) para poder realizar una buena recomendación.
- **Base de datos de libros:** La fuente de conocimiento que nos ofrezca detalles de cada libro es imprescindible para poder relacionar las características y preferencias del usuario con los libros. Es importante saber a qué género pertenece un libro, el autor, el número de páginas, su crítica y numero de ventas, etc. Ésta información se puede encontrar fácilmente en muchas bases de datos y páginas web, dónde las críticas son realizadas por usuarios que ya han leído el libro.

1.4. Objetivos y resultados del sistema

Los objetivos y resultados del sistema que pretendemos crear se pueden ver a continuación:

- Disponer de conocimiento del dominio suficiente y bien organizado.
- Realizar ciertas preguntas al usuario para obtener información sobre su perfil.
- Abstraer dicha información para poder aplicar reglas lógicas de forma mas sencilla.
- Puntuar los libros en base a que tan bien se ajustan al perfil del usuario.
- Mostrar como recomendación al usuario los libros que mejor se ajustan a su perfil, junto a los motivos pertinentes.

Se puede ver como estos objetivos y resultados coinciden con la metodología de resolución que vamos a seguir: clasificación heurística. Ya que el problema que se nos plantea se trata de una tarea de análisis, el objetivo es coger una solución de entre un conjunto limitado.

2. Conceptualización

En este apartado se explica la perspectiva del problema desde el punto de vista del experto. Toda la información que se obtiene de la interacción con el experto será útil para generar el conocimiento necesario para resolver el problema.

2.1. Conceptos del dominio

Usuario

Dada la premisa de recomendar libros a personas nace el concepto de *Usuario* dentro del dominio, esa persona a la que se ha de recomendar un libro. Para poder conseguir recomendaciones lo mas precisas posibles es necesario saber todo lo posible de la persona que las pide. Se definen los datos del usuario como los siguientes:

- Frecuencia con la que lee
- Periodo de lectura (los días en que lee)
- Tipo de lugar en el que lee (Si es en lugares concurridos o tranquilos)
- Edad
- Géneros que le gustan
- Autores que le gustan
- Si se guía por las ventas de los libro
- Si se guía por las valoraciones de la critica

Libro

Para poder recomendar un libro es necesario conocer el máximo de detalles del mismo. Por tanto se define un libro por los siguientes términos:

- Nombre (identificador)
- Numero de páginas
- Valoración de la crítica
- Número de ejemplares vendidos
- Edad del público al que se dirige
- Autor
- Géneros a los que pertenece

Autor

Al definir un libro por quien lo ha escrito, entre otros terminos, es necesario que dentro del dominio se encuentre el concepto del *Autor*. Se ha decidido que un autor se componga, además de por el nombre que lo identifica, por los géneros en los que se ha especializado a lo largo de su carrera.

Género

De un libro se conoce los géneros a los que pertenece como del autor los géneros en los que se ha especializado. Por tanto es necesaria también la existencia del *Género* dentro del dominio. El género se ha definido, además de por el nombre que lo identifica, por la dificultad que supone a un lector ya que hay géneros que resultan mas difíciles de leer ya sea por los tropos, las tramas o demás conceptos intrínsecos al mismo.

2.2. Conceptos del problema abstracto

Consideramos necesario añadir este apartado, para mencionar como se abstraen ciertos conceptos del dominio para poder aplicar reglas lógicas de forma mas sencilla. Solo hablamos de los conceptos que se abstraen partiendo de cierta suposición, ya que abstracciones como si el usuario confía en las críticas entonces poner un atributo a TRUE es algo trivial.

Tiempo disponible

El tiempo del que dispone el usuario va a determinar si es preferente recomendarle libros cortos o libros largos. Si el usuario dispone de mucho tiempo para leer es preferible recomendarle libros largos ya que así no va a tener que pedir cada poco tiempo recomendaciones. Mientras que si dispone de poco tiempo es mejor recomendarle libros cortos ya que le será mas sencillo terminarlos en pocas sesiones mientras que si se le recomendasen los largos sería muy sencillo que perdiese el hilo de la novela al haber mucho espacio entre las sesiones de lectura o recoger muy poca información (de la historia, los personajes, etc.) de la misma.

El tiempo del que dispone el usuario se calcula a partir de su frecuencia y periodo de lectura. Para ello, primero se transforman los datos para adecuarse a un valor numérico (véase las tablas 1 y 2):

Frecuencia lectura	Valor Constante
DIARIAMENTE	4
OCASIONALMENTE	2
SEMANALMENTE	1

Tabla 1: Relación frecuencia y su valor constante

Periodo lectura	Valor Constante
> 40 minutos	3
≤ 40 minutos	2
≤ 10 minutos	1

Tabla 2: Relación periodo y su valor constante

Una vez transformados los datos se computa el tiempo disponible, concretamente como la suma ponderada de la frecuencia y el periodo. Se ha decidido que la frecuencia de lectura tiene un peso mayor en el tiempo disponible del usuario debido a que es mucho mas fácil mantener el hilo de una historia si se lee con muy pocos días de espaciado pese a que el tiempo de lectura sea corto que si lee durante mucho tiempo pero con una frecuencia muy baja.

$$tiempoDisponible = 0.7 \cdot frecuenciaLectura + 0.3 \cdot periodoLectura$$

Del calculo se deduce que $tiempoDisponible \in [1, 3.7]$. Luego de haberlo calculado se vuelve a transformar del valor continuo a un termino mas representativo (véase la tabla 3).

Valor Calculado	Tiempo disponible
≥ 3.0	ALTO
≥ 2.0	MEDIO
< 2.0	BAJO

Tabla 3: Relación Tiempo disponible y su valor continuo

Edad

Los libros definen la edad de su publico en vez de con un valor numérico (los años que se espera que tengan), con un valor que puede ser *INFANTIL*, *JUVENIL*, *ADOLESCENTE* o *ADULTO*. Por otro lado la edad del usuario sí esta definida como un valor numérico. Para que el sistema pueda trabajar correctamente la edad del usuario debe transformarse para que se adecue al sistema de edades usado por los libros. Dicha transformación se puede ver en la tabla 4.

Edad	Valor Discreto
≥ 18 años	ADULTO
≥ 13 años	ADOLESCENTE
≥ 6 años	JUVENIL
≤ 5 años	INFANTIL

Tabla 4: Relación Edad y su valor discreto

2.3. Problemas y subproblemas de la resolución

Es evidente que el problema principal se trata de construir una recomendación de hasta tres libros ajustada al perfil del usuario, pero es necesario dividir el problema en subproblemas. Como se ha mencionado previamente, usamos la metodología de resolución de clasificación heurística, por lo que los subproblemas de la resolución son:

- **Recopilación de información del usuario:** Es necesario saber cuál es el perfil de lector con el que tratamos. Como ya se ha dicho anteriormente, se le realizan al usuario una serie de preguntas para saber: edad, lugar de lectura, tiempo disponible, confianza en las críticas literarias y/o en el numero de ventas, y preferencias de autores y/o géneros. Hemos considerado que no era necesario realizar preguntas para inferir el nivel de conocimiento literario del usuario, ya que la información que ya recopilamos tiene un peso claramente mayor en la recomendación.
- **Abstracción de los datos:** Una vez disponemos de todas las respuestas del usuario, es necesario abstraer los datos del problema concreto para llegar al problema abstracto y que sea mas sencillo aplicar reglas lógicas para realizar la recomendación. Por ejemplo, si el usuario lee diariamente media hora, abstraemos esa información a que el usuario tiene tiempo_disponible ALTO.
- **Asignación de puntos y ordenación:** Se aplican reglas lógicas para obtener una solución abstracta al problema. En nuestro caso, puntuar todos los libros y ordenarlos en base a su puntuación. Los libros mejor puntuados son los que se recomendarán al usuario.
- **Impresión del resultado:** Una vez se sabe qué recomendar hay que mostrarlo al usuario. En nuestro caso, imprimir la recomendación por consola, junto a los motivos de cada una.

2.4. Descripción informal del proceso de resolución

La descripción del proceso de resolución se ha visto ya en el apartado de problemas y subproblemas de la resolución. De nuevo, mencionamos los diferentes pasos del proceso de resolución: Inicialmente, el usuario responde a una serie de preguntas para que el sistema puede identificar con que tipo de perfil esta tratando, junto a sus preferencias de autores y/o géneros.

Una vez recopilada toda la información, el sistema abstrae los datos para poder aplicar reglas lógicas de forma más sencilla.

El sistema procede a dar puntos a todos los libros. Como mas atributos de un libro se adecuen al perfil y preferencias del usuario, más puntos tendrá el libro. Es evidente que los pesos de las puntuaciones no son iguales, tiene mucho más peso que el libro sea adecuado para la edad del usuario a que tenga buena crítica y el usuario confíe en las críticas. El peso de dichas ponderaciones se menciona mas adelante, cuando se habla en detalle de la implementación de la resolución. Una vez puntuados todos los libros, se ordenan en base a su puntuación, de forma que los libros con más puntuación son los primeros de una lista, y los que se deberán recomendar al usuario.

Una vez el sistema sabe qué recomendar, muestra por consola los libros recomendados junto a los motivos.

3. Formalización

En este apartado explicaremos en detalle el proceso de construcción de nuestra ontología, junto a una descripción de todos los atributos y relaciones y un grafo jerárquico de los conceptos. Además, mostraremos el proceso de razonamiento de cada problema identificado y una justificación de la metodología de resolución usada.

3.1. Construcción de la ontología

Construir una ontología se trata de un proceso iterativo. Hemos seguido los pasos que vimos en clase:

3.1.1. Determinar el dominio y la cobertura de la ontología

Como ya se ha mencionado en el apartado de Conceptualización, los conceptos a representar en esta ontología serán una serie de libros junto a sus características, además de un usuario con cierto perfil de lector y preferencias. Los conceptos que hemos decidido incorporar en la ontología son: Usuario, Libro, Género, Autor y Recomendación.

Hay que tener en cuenta que esta ontología se usa con el objetivo de ofrecer una recomendación a un usuario, por lo que la cobertura se limita a tener los conceptos y características imprescindibles para poder relacionar libros con detalles del perfil y preferencias del usuario. No figuran en nuestra ontología detalles como pueden ser el valor de un libro, ya que para una recomendación hemos considerado que no es importante el valor monetario del libro. Otro ejemplo es el nombre del usuario, que no se incluye ya que no nos sirve de nada para tomar decisiones en la resolución. Se podrá ver en los siguientes apartados como la ontología que planteamos es sencilla, pero suficiente para resolver el problema que se nos plantea con precisión suficiente.

3.1.2. Definir las clases y la jerarquía que las relaciona

En este apartado mostramos las clases que forman nuestra ontología, así como se relacionan entre ellas. Las propiedades y características de cada una se mencionan en el siguiente apartado. En nuestra ontología, hay las siguientes clases:

Usuario

Esta clase representa el usuario al que se le debe recomendar los libros. Tiene las siguientes relaciones:

- **gusta_autor:** Autor que le gusta al usuario. La cardinalidad de esta relación es de 0 a muchos.
- **gusta_genero:** Género que le gusta al usuario. La cardinalidad de esta relación es de 0 a muchos.
- **tiene_recomendacion:** Recomendación que se le ha dado al usuario. La cardinalidad es de 1 a 3.

Libro

Esta clase representa un libro. Tiene las siguientes relaciones:

- **es_del_genero**: Género del libro. Como que un libro puede ser de varios géneros a la vez, la cardinalidad es de 1 a muchos.
- **escrito_por**: Autor del libro. El autor en la mayoría de casos es único, por lo que la cardinalidad es de 1.

Género

Esta clase representa un género y no tiene relación con ninguna clase de la ontología.

Autor

Esta clase representa un autor. Pensamos en algún momento hacer una superclase persona que tenga como subclases Usuario y Autor, pero lo consideramos innecesario porque de las características que incluimos con el objetivo de resolver el problema, no coinciden ninguna entre Autor y Usuario. Esta clase tiene las siguientes relaciones:

- **especializado_en**: Género/s en los que se especializa el autor. La cardinalidad es de 0 a muchos.

Recomendación

Esta clase representa la recomendación de un libro. Si se recomiendan tres libros, habría tres instancias de esta clase. Tiene las siguientes relaciones:

- **recomienda**: Libro que se recomienda. La cardinalidad es de 1.

En la figura 1 se puede observar el grafo resultante de las relaciones mentadas.

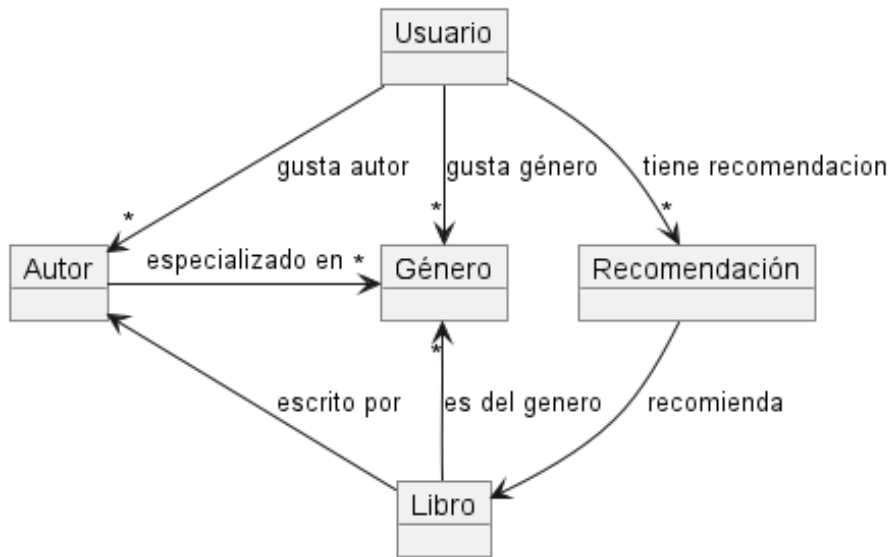


Figura 1: Relaciones de la ontología

3.1.3. Definir las propiedades y sus características

Una vez mostradas todas las clases de nuestra ontología y como se relacionan entre ellas, es necesario mostrar en detalle sus propiedades y características. Hay algunas que intervienen en la resolución del problema, y otras que sólo sirven para mostrar el resultado al usuario.

Usuario

Clase Usuario	
Nombre del atributo	Tipo
edad	Symbol \in {INFANTIL, JUVENIL, ADOLESCENTE, ADULTO}
lugar	Symbol \in {TRANQUILO, CONCURRIDO}
tiempo_disponible	Symbol \in {BAJO, MEDIO, ALTO}
buenas_ventas	Symbol \in {TRUE, FALSE}
buenas_critica	Symbol \in {TRUE, FALSE}

Tabla 5: Atributos de la clase Usuario

En el concepto Usuario almacenamos la información necesaria para saber el perfil del usuario, algo importante a la hora de realizar una recomendación. Sus preferencias no son atributos de la clase, si no relaciones con otras clases. Como se ha visto en la tabla, las propiedades de Usuario son:

- **edad:** Símbolo que identifica la edad del usuario. Ya se ha mencionado en un apartado previo a partir de qué edad consideramos un símbolo u otro.
- **lugar:** Símbolo que identifica el lugar donde leerá el usuario. Su rango es binario, o es tranquilo o concurrido.

- **tiempo_disponible**: Símbolo que identifica el tiempo disponible del usuario para leer. Ya se ha mencionado en un apartado previo como se deduce el valor a partir de la frecuencia y periodo de lectura del usuario.
- **buenas_ventas**: Símbolo booleano. Si es TRUE, el usuario prefiere libros con buenas ventas, si es FALSE le es indiferente.
- **buena_critica**: Símbolo booleano. Si es TRUE, el usuario prefiere libros con buena critica, si es FALSE le es indiferente.

Libro

Clase Libro	
Nombre del atributo	Tipo
edad	Symbol $\in \{\text{INFANTIL, JUVENIL, ADOLESCENTE, ADULTO}\}$
nombre	String
num_paginas	Integer
ventas	Integer
critica	Float

Tabla 6: Atributos de la clase Libro

En el concepto Libro almacenamos todas las características que nos permiten saber si un libro se ajusta al perfil del usuario. El autor del libro y los géneros a los que pertenece son relaciones.

- **edad**: Símbolo que identifica la edad del público a quien se encuentra dirigido el libro. El rango coincide con el de edad de Usuario, para poder trabajar de forma mas cómoda. Ya se ha mencionado en un apartado previo a partir de qué edad consideramos un símbolo u otro.
- **nombre**: Nombre del libro. Es importante para poder mostrarle al usuario el libro que le recomendamos.
- **num_paginas**: Entero que representa el número de páginas del libro.
- **ventas**: Entero que representa el número de ventas del libro.
- **critica**: Float en el rango $[0.0..10.0]$ que indica la nota media de las críticas literarias del libro.

Género

Clase Género	
dificultad	Symbol $\in \{\text{FACIL, MEDIO, DIFICIL}\}$
nombre	String

Tabla 7: Atributos de la clase Género

En el concepto Género sólo almacenamos el nombre de éste para poder identificarlo, y su dificultad.

- **dificultad:** Símbolo que identifica la dificultad de un libro. Más adelante se verá como interviene en la resolución. Por el momento solo cabe destacar que consideramos que tiene mas sentido asociar la dificultad a un género que no a un libro, ya que se trata de algo muy subjetivo e ir libro por libro y determinar qué tan difícil es es algo complejo. Además, hemos escogido estos tres símbolos, para poder asociar dificultad MEDIA a los géneros que no se les puede asociar una dificultad de forma clara, para que ésta sea ignorada en la resolución.
- **nombre:** Nombre del género.

Autor

Clase Autor	
nombre	String

Tabla 8: Atributos de la clase Autor

En el concepto Autor sólo almacenamos el nombre, para poder identificarlo.

- **nombre:** String que representa el nombre del autor.

Recomendación

Clase Recomendación	
motivos	String

Tabla 9: Atributos de la clase Recomendación

En el concepto Recomendación sólo almacenamos los motivos de dicha recomendación. El libro que se está recomendando se trata de una relación con Libro.

- **motivos:** String que representa los motivos de la recomendación.

3.1.4. Definir las instancias de las clases

Por último, queda definir las instancias que usamos como base del conocimiento para poder resolver el problema. Antes de mostrar una lista con las instancias para cada clase, cabe destacar un par de cosas. La clase Recomendación, forma parte de la ontología, pero en ningún momento se crean instancias, ya que hemos optado por hacer un hecho en CLIPS (se verá mas adelante), y no crear objetos de dicha clase. De la clase Usuario, sólo se crea una instancia después de haber recogido todos los datos del usuario. Para la clase Género, hemos cogido un subconjunto que consideramos suficiente de todos los géneros que existen, ya que hay muchos y algunos se

incluyen dentro de otros. En cuanto a las instancias de Autor y Género, dado que no hemos tenido el tiempo suficiente para realizar un programa que realice peticiones web para crear instancias, hemos optado por usar una herramienta muy usada hoy en día, como es ChatGPT. Se nos daba la posibilidad de inventarnos instancias con cierto sentido, pero hemos preferido que esta IA nos genere bastantes instancias, pero que sean libros y autores reales. Nos hemos asegurado que haya varios libros por cada autor, y que haya un libro para cada género y rango de edad que consideramos. A continuación se ven las instancias creadas, sólo con el nombre que las identifica.

Géneros

- Acción
- Aventura
- Ciencia Ficción
- Comedia
- Fantasía
- Misterio
- Romance
- Suspense
- Terror

Autores

- Agatha Christie
- Alejandro Dumas
- Groucho Marx
- Franz Kafka
- C.S Lewis
- Robert Louis Stevenson
- H.G Wells
- Mary Shelley
- Herman Melville
- Aldous Huxley

- J.K. Rowling
- Dan Brown
- Margaret Atwood
- H.P. Lovecraft
- Roald Dahl
- Isaac Asimov
- Terry Pratchett
- Gabriel García Márquez
- George Orwell
- J.R.R. Tolkien
- Ursula K Le Guin
- Carlos Ruiz Zafón
- Ernest Cline
- Bram Stoker
- Suzanne Collins
- Jane Austen

Libros

- El Color de la Magia
- Matilda
- La Fundación
- El Caso de Charles Dexter Ward
- La Mano Izquierda de la Oscuridad
- Asesinato en el Orient Express
- El Señor de los anillos
- Los Tres Mosqueteros
- Memorias de un amante sarnoso
- El Juego del Angel
- Ready Player One

- Cien años de soledad
- El Código Da Vinci
- 1984
- Orgullo y Prejuicio
- El Hobbit
- Drácula
- Los Juegos del Hambre
- El Silmarillion
- Crónica de una muerte anunciada
- El Origen
- La Metamorfosis
- Las Crónicas de Narnia
- El Extraño Caso del Doctor Jekyll y Mr Hyde
- La Guerra de los Mundos
- Frankenstein
- Moby Dick
- El Hombre Invisible
- Un Mundo Feliz
- El Conde de Monte Cristo
- La Granja
- El Crimen del Siglo
- La Revolución de las Ratas
- El Llamado de la Aventura
- Los Secretos del Corazón
- La Noche de las Mil Estrellas
- El Pergamino Enigmático
- El Suspiro de la Noche
- El Susurro del Viento

3.2. División en subproblemas

Para poder ofrecer recomendaciones al usuario se ha optado por el siguiente procedimiento:

1. Una vez se han obtenido y tratado los datos del usuario se clasifican los libros siguiendo un sistema de puntuación en función de su adecuación con la circunstancias de lectura y los gustos del usuario; un caso de adecuación positiva sería que un libro fuese de un genero que le gusta al usuario.
2. Después de haber determinado la puntuación de los libros el sistema recomienda los tres libros con mayor puntuación ya que son estos los mas adecuados a su perfil. Además, ofrece al usuario las características de los libros recomendados que han hecho de éstos los mas adecuados para él.

3.3. Metodología de resolución

Como ya se ha mencionado en un apartado previo el método de resolución ideal para el problema que se nos plantea se trata de la Clasificación Heurística. Esto es debido a que estamos ante una tarea de análisis, de interpretación de un sistema. El objetivo es escoger una solución dentro de un conjunto limitado y asociamos datos de entrada del usuario con soluciones, a través de cierto razonamiento. Los problemas identificados en un apartado previo encajan a la perfección con esta metodología de resolución:

- **Recopilación de información del usuario** → Junto al conocimiento del dominio, se trata del problema concreto.
- **Abstracción de los datos** ⇔ Coincide con una fase del método, que permite pasar al problema abstracto.
- **Asignación de puntos y ordenación** → Coincide con la fase de asociación heurística, que permite pasar del problema abstracto a una solución abstracta.
- **Impresión del resultado** → Coincide con la fase de refinamiento, para poder pasar de una solución abstracta a una concreta.

En resumen, la metodología escogida es adecuada para la resolución del problema.

4. Implementación

En este apartado se explicará de que manera se ha generado el SBC, es decir, su ontología, módulos y demás elementos necesarios para su construcción y correcto funcionamiento.

4.1. Implementación de la ontología

La ontología ha sido creada mediante Protégé, usando los conceptos ya mencionados en el dominio: Usuario, Libro, Autor y Género, así como una clase recomendación (aunque no es utilizada, esta forma parte del conocimiento), añadiendo a estos sus características fundamentales para así posteriormente dar una solución. Estos conceptos forman las clases de nuestra ontología, y se pueden dividir en estáticas (las instancias ya están creadas al iniciar la ejecución: Libro, Autor y Género) y dinámicas (Usuario, que se crea tras recoger todos sus datos).

En el archivo con la ontología, se encuentran todas las instancias de género y algunas de autor y libro creadas para el prototipo inicial. El resto de instancias, como ya se ha mencionado, fueron generadas directamente en lenguaje CLIPS mediante ChatGPT.

4.2. Funciones

Para poder recopilar los datos del usuario y así abstraer la información, era necesario realizarle una serie de preguntas. Estas preguntas seguían una serie de patrones (multiopción, opción única, etc.), por lo que se han creado un conjunto de funciones que permiten realizar una pregunta según el tipo de respuesta.

Los tipos de pregunta que realizamos, los cuales tienen una función asignada, son los siguientes:

- **preguntaNumerica**: Pregunta con respuesta numérica única
- **preguntaSiNo**: Pregunta de respuesta Sí/No (acepta S/s, N/n)
- Pregunta con índices
 - **preguntaConIndices**: Índice de respuesta único
 - **preguntaConRespuestaMultiple**: Respuesta con múltiples índices

Además, se ha añadido una función **intersectionp** que recibe dos conjuntos e indica si existe una intersección entre ellos. Útil si queremos ver, por ejemplo, si se comparte algún género entre los de un libro y los favoritos del usuario.

4.3. Templates

Para nuestro proyecto, hemos creado 3 plantillas de hechos (templates), que nos permite recoger información relevante para los diferentes pasos en la resolución del problema.

- **datosUsuario**: Template que guarda los datos del usuario recogidos a través de las preguntas, para crear así posteriormente una instancia de este.
- **preferenciasUsuario**: Guarda dos datos del usuario que, por comodidad, se han decidido separar de la anterior plantilla: las preferencias de géneros y autores.

- **libroConPuntuacion:** Almacena la instancia de un libro junto con la puntuación obtenida tras hacer la asociación heurística en base a los datos del usuario, así como los motivos por los que recibe esa puntuación. Contiene un slot *index* el cuál indica en que posición se encuentran respecto a su puntuación comparada con el resto de libros del sistema. Estos se ordenan de forma creciente. Por lo tanto, el sistema mostrará aquellos con índice 1,2 y 3.

4.4. Módulos

Para mejorar la estructuración del código y facilitar la lectura, este ha sido dividido en módulos, cada uno de los cuales realiza una función diferente dentro de nuestro SBC y se activan según sea necesario.

Los módulos son los siguientes:

- **MAIN:** El módulo principal del sistema. Contiene todas las funciones y templates mencionados en sus respectivos apartados, así como la regla inicial que permite comenzar la resolución del problema. Esta, simplemente muestra una pantalla de título por terminal y realiza un focus al módulo de recogida de datos.
- **recogidaDatos:** Contiene todas las reglas que realizan las preguntas al usuario para así recopilar todos los datos que se necesitan de este.
- **abstraccionDatos:** Como su nombre indica, este módulo abstrae todos los datos concretos del usuario a información que nuestro programa pueda utilizar (En el apartado 2.2 se muestran las abstracciones realizadas).
- **asociacionHeuristica:** Módulo que, a partir de los datos abstraídos, añade una puntuación a los libros en base a 8 ponderaciones, para posteriormente ordenarlos de forma decreciente según la puntuación.

Las ponderaciones utilizadas son las siguientes:

1. Es de uno de sus autores favoritos (20)
2. Es de uno de sus géneros favoritos (10)
3. Es adecuado para su edad (15)
4. Tiene buena crítica y el usuario se fía de estas (5)
5. Tiene buenas ventas y al usuario le gustan los libros muy vendidos (5)
6. En función del lugar de lectura del usuario:
 - Concurrido -> sumamos si el libro es de un género fácil (8), restamos si es de género difícil (-6) (a no ser que sea un genero que le gusta al usuario)
 - Tranquilo -> no se hace nada
7. No es de su genero favorito, pero es de los géneros en los que se especializa uno de sus autores favoritos (3)

8. En funcion del tiempo disponible del usuario y las paginas del libro ¹:
 - Si tiene poco tiempo, sumamos a los cortos (9) y restamos a los largos (-5)
 - Si tiene mucho tiempo, sumamos a los largos (3)
- **impresionResultado**: Modulo que muestra la solución al problema. Se asocia con la fase de refinamiento/adaptación en el método de clasificación heurística.

5. Juegos de pruebas

En este apartado mostraremos distintos juegos de prueba que hemos diseñado, tanto la entrada y salida originales como una pequeña explicación sobre el tipo de prueba y el motivo de su elección.

5.1. Prueba 1

Introducción

En esta prueba vemos la petición de un critico de libros. Asumimos que al ser un crítico de libros éste es mayor de edad, dispone de mucho tiempo para leer, lee en lugares tranquilos y tiene preferencia por los libros mejor valorados. Si bien un crítico de libros puede tener gustos definidos en lo que respecta a autores y géneros vamos a suponer que no se deja llevar por estos. El motivo del juego de pruebas es asegurarnos que el sistema recomiende libros largos y con buena crítica.

¹Un libro se considera corto si no supera las 200 páginas, medio si no supera las 500 y largo en caso que las supere

Entrada CLIPS

```
-----  
----- Sistema de Recomendacion de Libros -----  
-----  
  
Que edad tienes? 32  
  
Donde sueles leer?  
  1. Lugar tranquilo  
  2. Lugar concurrido  
Indica el indice de tu respuesta: 1  
  
Con que frecuencia lees?  
  1. Diariamente  
  2. Ocasionalmente  
  3. Semanalmente  
Indica el indice de tu respuesta: 1  
  
Cuanto sueles leer al dia de forma aproximada? (en minutos) 120  
  
Confias en las criticas literarias? [S/N] S  
  
Prefieres los libros mas vendidos? [S/N] N  
  
Estas interesado en algun genero en concreto? [S/N] N  
  
Estas interesado en algun autor en concreto? [S/N] N
```

Figura 2: Entrada Prueba 1

Salida CLIPS

```
-----  
----- Recomendaciones -----  
-----  
  
Te recomendamos el libro La Noche de las Mil Estrellas.  
Los motivos son:  
    Es adecuado para tu edad  
    Tiene buena crítica  
    Es adecuado para tu tiempo disponible  
  
Te recomendamos el libro El Conde de Monte Cristo.  
Los motivos son:  
    Es adecuado para tu edad  
    Tiene buena crítica  
    Es adecuado para tu tiempo disponible  
  
Te recomendamos el libro Moby Dick.  
Los motivos son:  
    Es adecuado para tu edad  
    Tiene buena crítica  
    Es adecuado para tu tiempo disponible
```

Figura 3: Salida Prueba 1

Resultado

Como se puede ver en la figura 3 el resultado es el esperado. Los libros seleccionados tienen un número de páginas suficiente como para considerarse largos y un valor de crítica alto, llegando al 9.0 de valoración.

Debido a que el crítico es mayor de edad (véase la figura 2) los libros recomendados coinciden en estar destinados para un público adulto y el sistema lo añade a la recomendación. Si bien el resultado es esperable, esta característica no es relevante en la prueba y por tanto no debe tomarse en cuenta.

5.2. Prueba 2

Introducción

Esta prueba muestra la petición de un fanático de Franz Kafka. El usuario suele leer ocasionalmente una media de 30 minutos por lectura en lugares tranquilos como puede ser una cafetería o biblioteca. Tiene alrededor de 16 años y no se guía ni por la crítica ni por las ventas.

El objetivo de esta prueba es comprobar que el sistema recomiende libros del autor así como de los géneros en que se especializa. Para la prueba se ha elegido a Franz Kafka como autor en cuestión ya que se ha especializado en varios géneros y el sistema recoge solo un libro del mismo. De esta forma el sistema no solo recomendará libros del autor y así se podrá comprobar si la segunda condición se cumple.

Entrada CLIPS

```
-----
----- Sistema de Recomendacion de Libros -----
-----

Que edad tienes? 16

Donde sueles leer?
  1. Lugar tranquilo
  2. Lugar concurrido
Indica el indice de tu respuesta: 1

Con que frecuencia lees?
  1. Diariamente
  2. Ocasionalmente
  3. Semanalmente
Indica el indice de tu respuesta: 2

Cuanto sueles leer al dia de forma aproximada? (en minutos) 30

Confias en las criticas literarias? [S/N] N

Prefieres los libros mas vendidos? [S/N] N

Estas interesado en algun genero en concreto? [S/N] N

Estas interesado en algun autor en concreto? [S/N] S
Escoge los autores en los que estas interesado:
  1. Agatha Christie
  2. Alejandro Dumas
  3. Groucho Marx
  4. Franz Kafka
  5. C.S. Lewis
  6. Robert Louis Stevenson
  7. H.G. Wells
  8. Mary Shelley
  9. Herman Melville
  10. Aldous Huxley
  11. J.K. Rowling
  12. Dan Brown
  13. Margaret Atwood
  14. H.P. Lovecraft
  15. Roald Dahl
  16. Isaac Asimov
  17. Terry Pratchett
  18. Gabriel García Márquez
  19. George Orwell
  20. J.R.R. Tolkien
  21. Ursula K. Le Guin
  22. Carlos Ruiz Zafón
  23. Ernest Cline
  24. Bram Stoker
  25. Suzanne Collins
  26. Jane Austen
Indica los indices separados por un espacio: 4
```

Figura 4: Entrada Prueba 2

Salida CLIPS

```
-----  
----- Recomendaciones -----  
-----  
  
Te recomendamos el libro La Metamorfosis.  
Los motivos son:  
    Es de tus autores favoritos  
    De un género en el que se especializa uno de tus autores favoritos  
  
Te recomendamos el libro El Señor de los Anillos.  
Los motivos son:  
    Es adecuado para tu edad  
    De un género en el que se especializa uno de tus autores favoritos  
  
Te recomendamos el libro Asesinato en el Orient Express.  
Los motivos son:  
    Es adecuado para tu edad  
    De un género en el que se especializa uno de tus autores favoritos
```

Figura 5: Salida Prueba 2

Resultado

Como podemos ver en la figura 5 los libros recomendados coinciden en que son escritos por Franz Kafka, como es el caso de *La Metamorfosis*, o bien que pertenecen a alguno de los géneros en que se ha especializado el autor, como *El Señor de los Anillos* que pertenece al género de la fantasía.

Al igual que con el primer juego de pruebas, la recomendación por edad no debe tomarse en cuenta.

5.3. Prueba 3

Introducción

En esta prueba vemos la petición de una recomendación por parte de una persona de 20 años, que es fan del género de Terror, y que suele leer en lugares concurridos, como podría ser el transporte público o un bar. No tiene preferencia por ningún autor en concreto ni le importan las ventas de un libro, pero se fía muchísimo de las críticas literarias. En cuanto al tiempo disponible, lee ocasionalmente unos 20 minutos al día.

Entrada CLIPS

```
-----  
----- Sistema de Recomendacion de Libros -----  
-----  
  
Que edad tienes? 20  
  
Donde sueles leer?  
  1. Lugar tranquilo  
  2. Lugar concurrido  
Indica el indice de tu respuesta: 2  
  
Con que frecuencia lees?  
  1. Diariamente  
  2. Ocasionalmente  
  3. Semanalmente  
Indica el indice de tu respuesta: 2  
  
Cuanto sueles leer al dia de forma aproximada? (en minutos) 20  
  
Confias en las criticas literarias? [S/N] s  
  
Prefieres los libros mas vendidos? [S/N] n  
  
Estas interesado en algun genero en concreto? [S/N] s  
Escoge los generos en los que estas interesado:  
  1. Acción  
  2. Fantasía  
  3. Drama  
  4. Aventuras  
  5. Ciencia ficción  
  6. Comedia  
  7. Misterio  
  8. Romance  
  9. Suspense  
 10. Terror  
Indica los indices separados por un espacio: 10  
  
Estas interesado en algun autor en concreto? [S/N] n
```

Figura 6: Entrada Prueba 3

Salida CLIPS

```
-----  
----- Recomendaciones -----  
-----  
  
Te recomendamos el libro El Suspiro de la Noche.  
Los motivos son:  
    Es de tus generos favoritos  
    Es adecuado para tu edad  
    Tiene buena crítica  
  
Te recomendamos el libro Frankenstein.  
Los motivos son:  
    Es de tus generos favoritos  
    Es adecuado para tu edad  
    Tiene buena crítica  
  
Te recomendamos el libro El Extraño Caso del Doctor Jekyll y Mr Hyde.  
Los motivos son:  
    Es de tus generos favoritos  
    Es adecuado para tu edad  
    Tiene buena crítica
```

Figura 7: Salida Prueba 3

Resultado

El resultado es el esperado. El sistema recomienda al usuario tres libros del género que le gusta al usuario, ya que hemos considerado que el hecho de ser de un género que gusta a un lector hace que el libro reciba una puntuación considerable. Además, vemos como todas las recomendaciones son adecuadas para la edad del usuario, y tienen buena crítica, ya que el usuario menciona que se fía de las buenas críticas. Por otro lado, como que el usuario tiene un tiempo disponible para leer MEDIO en nuestro sistema, no existe el motivo de que es adecuado para su tiempo disponible. Del mismo modo sucede con el lugar de lectura, el género Terror tiene dificultad media, por lo que no se da ninguna puntuación a los libros de ese género en función del lugar de lectura del usuario.

5.4. Prueba 4

Introducción

En esta prueba vemos la petición de una recomendación para un niño de tan solo 9 años. Sabemos que lee en lugares tranquilos, de forma ocasional alrededor de 30 minutos al día. Le es completamente indiferente la crítica o número de ventas de un libro y, al ser tan pequeño, no prefiere un autor o género concreto. El motivo de la elección de este juego de pruebas es que queremos asegurarnos de que se le recomienden libros adecuados para su edad.

Entrada CLIPS

```
-----  
----- Sistema de Recomendacion de Libros -----  
-----  
  
Que edad tienes? 8  
  
Donde sueles leer?  
  1. Lugar tranquilo  
  2. Lugar concurrido  
Indica el indice de tu respuesta: 1  
  
Con que frecuencia lees?  
  1. Diariamente  
  2. Ocasionalmente  
  3. Semanalmente  
Indica el indice de tu respuesta: 2  
  
Cuanto sueles leer al dia de forma aproximada? (en minutos) 30  
  
Confias en las criticas literarias? [S/N] n  
  
Prefieres los libros mas vendidos? [S/N] n  
  
Estas interesado en algun genero en concreto? [S/N] n  
  
Estas interesado en algun autor en concreto? [S/N] n
```

Figura 8: Entrada Prueba 4

Salida CLIPS

```
-----  
----- Recomendaciones -----  
-----  
  
Te recomendamos el libro La Revolución de las Ratat.  
Los motivos son:  
  Es adecuado para tu edad  
  
Te recomendamos el libro El Color de la Magia.  
Los motivos son:  
  Es adecuado para tu edad  
  
Te recomendamos el libro Los tres mosqueteros.  
Los motivos son:  
  Es adecuado para tu edad
```

Figura 9: Salida Prueba 4

Resultado

El resultado es exactamente el esperado. El sistema recomienda a este usuario tres libros adecuados para su edad, ya que se trata de un motivo con mucho peso dentro de nuestro sistema de puntos. Cabe destacar que no se añade ningún motivo

que indique que el libro es adecuado para su tiempo disponible, ya que el tiempo del que dispone es MEDIO, y en ese caso no se da ninguna puntuación extra.

5.5. Prueba 5

Introducción

En esta prueba tratamos con un nuevo lector. Tiene 20 años y, sin conocimientos previos del ámbito, decide empezar a leer durante un tiempo reducido a la semana (60 minutos) para ver si le gusta. Ya que no tiene preferencias iniciales, decide creer a los críticos y a los súperventas, ya que es donde probablemente encuentre los mejores libros con los que iniciarse.

El objetivo de esta prueba es que para un usuario sin preferencias reales respecto a libros, la salida vendrá determinada mayoritariamente por la edad, tiempo medio de lectura y su confianza o no ante críticos y ventas.

Entrada CLIPS

```
-----  
----- Sistema de Recomendacion de Libros -----  
-----  
  
Que edad tienes? 20  
  
Donde sueles leer?  
  1. Lugar tranquilo  
  2. Lugar concurrido  
Indica el indice de tu respuesta: 2  
  
Con que frecuencia lees?  
  1. Diariamente  
  2. Ocasionalmente  
  3. Semanalmente  
Indica el indice de tu respuesta: 3  
  
Cuanto sueles leer al dia de forma aproximada? (en minutos) 60  
  
Confias en las criticas literarias? [S/N] S  
  
Prefieres los libros mas vendidos? [S/N] S  
  
Estas interesado en algun genero en concreto? [S/N] N  
  
Estas interesado en algun autor en concreto? [S/N] N
```

Figura 10: Entrada Prueba 5

Salida CLIPS

```
-----  
----- Recomendaciones -----  
-----  
  
Te recomendamos el libro La Granja.  
Los motivos son:  
    Es adecuado para tu edad  
    Tiene buena crítica  
    Tiene buenas ventas  
    Es adecuado para tu tiempo disponible  
  
Te recomendamos el libro El Extraño Caso del Doctor Jekyll y Mr Hyde.  
Los motivos son:  
    Es adecuado para tu edad  
    Tiene buena crítica  
    Tiene buenas ventas  
    Es adecuado para tu tiempo disponible  
  
Te recomendamos el libro La Metamorfosis.  
Los motivos son:  
    Es adecuado para tu edad  
    Tiene buena crítica  
    Tiene buenas ventas  
    Es adecuado para tu tiempo disponible
```

Figura 11: Salida Prueba 5

Resultado

El resultado es el esperado. Ya que tiene un tiempo de lectura reducido, se le recomiendan libros cortos (menos de 200 páginas) con buenas críticas (valoración ≥ 8.7), y un número de ventas alto, en el rango de los millones.

5.6. Prueba 6

Introducción

En esta prueba trabajamos con un lector infantil, de 4 años. No tiene preferencias de género ni autor, un tiempo medio de lectura y no se fía de críticas ni ventas. El objetivo de esta prueba es ver que para un lector infantil, del cual no se conocen más datos relevantes, mostrará únicamente libros adecuados para él, y si se muestran más libros, estos aparecerán sin ninguna razón explicitada, indicando que han sido escogidos aleatoriamente y pueden ser ignorados.

Entrada CLIPS

```
-----  
----- Sistema de Recomendacion de Libros -----  
-----  
  
Que edad tienes? 4  
  
Donde sueles leer?  
  1. Lugar tranquilo  
  2. Lugar concurrido  
Indica el indice de tu respuesta: 1  
  
Con que frecuencia lees?  
  1. Diariamente  
  2. Ocasionalmente  
  3. Semanalmente  
Indica el indice de tu respuesta: 2  
  
Cuanto sueles leer al dia de forma aproximada? (en minutos) 60  
  
Confias en las criticas literarias? [S/N] N  
  
Prefieres los libros mas vendidos? [S/N] N  
  
Estas interesado en algun genero en concreto? [S/N] N  
  
Estas interesado en algun autor en concreto? [S/N] N
```

Figura 12: Entrada Prueba 6

Salida CLIPS

```
-----  
----- Recomendaciones -----  
-----  
  
Te recomendamos el libro Las Crónicas de Narnia.  
Los motivos son:  
  Es adecuado para tu edad  
  
Te recomendamos el libro Matilda.  
Los motivos son:  
  Es adecuado para tu edad  
  
Te recomendamos el libro El Suspiro de la Noche.
```

Figura 13: Salida Prueba 6

Resultado

El resultado es el que esperamos. Teniendo únicamente dos libros de edad infantil, se muestran estos como solución, la única razón siendo la adecuación con su edad. El tercer libro, mostrado sin motivos, nos indica que ya no hay recomendaciones válidas restantes, y por ende se puede obviar en la solución.

6. Conclusiones

Tras haber realizado este proyecto hemos llegado principalmente a la conclusión que hay cierto tipo de problemas que debido a su complejidad y necesidad de conocimiento experto son inabordables mediante las herramientas de búsqueda heurística vistas hasta el momento, que se sustentan en una única función heurística de capacidad reducida. A veces es necesario disponer de conocimiento, y manipularlo para poder llegar a ofrecer una solución muy precisa. Esto es lo que hemos hecho, hemos aprendido a construir un SBC desde cero, construyendo una ontología y programando la lógica que permite llegar a una solución. Nos ha gustado mucho aprender CLIPS, ya que se trata de un lenguaje muy distinto a lo que estamos acostumbrados. Por lo que hace al proyecto en si, podemos asegurar que se ha logrado construir un SBC que recomienda de forma suficientemente precisa libros a usuarios en función de sus características y preferencias.

Como detalle final, queremos mencionar que este proyecto se puede mejorar. Obviamente nosotros disponemos de tiempo limitado, por lo que no hemos tenido tiempo de llegar a implementar ciertas mejoras. Una de ellas es el tema de las instancias: en un principio queríamos hacer un programa que realice peticiones web a una base de datos de libros para crear instancias en CLIPS. De esta forma tendríamos muchísima mas variedad a la hora de recomendar.