

Inteligencia artificial

Sistemas basados en el conocimiento

Facultat d'Informàtica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Nil Mamano Grande
Héctor Ramón Jiménez
Isaac Sánchez Barrera

9 de diciembre de 2013
cuatrimestre de otoño
curso 2013–2014

Índice

I. Presentación y análisis del problema	5
1. Introducción	5
1.1. Descripción del problema	5
1.2. Análisis del problema	5
2. Conceptualización del problema	5
2.1. Conceptos principales del dominio	5
2.2. Problemas y subproblemas	6
II. Implementación del sistema experto	8
3. Construcción de la ontología	8
3.1. Detalle de las clases de la ontología del problema	9
3.1.1. Clase Elaborado	9
3.1.2. Clase Plato y sus subclases	9
3.1.3. Clase GeneroPlato	10
3.1.4. Clase Vino	10
3.1.5. Clase ColorVino	10
3.1.6. Clase Ingrediente	10
3.1.7. Clase Region	10
3.1.8. Clase Epoca	11
3.1.9. Clase Evento	11
3.1.10. Clase TipoComensal	11
3.2. Detalle de las clases de la ontología de la solución	11
3.2.1. Clase Recomendacion	12
3.2.2. Clases MenuAbstracto y Menu	12
4. Formalización e implementación del sistema experto mediante CLIPS	12
4.1. La regla <i>inicial</i>	12
4.2. Módulo de abstracción de datos	12
4.2.1. Los datos	13
4.2.2. Abstracción	13
4.3. Módulo de platos	14
4.3.1. Fase de filtración	14
4.3.2. Fase de puntuación	14
4.3.3. Fase de selección	15
4.4. Módulo de menús	15
4.4.1. Fase de filtración	15
4.4.2. Fase de puntuación	16
4.4.3. Fase de selección	16
4.5. Módulo de vinos	16
4.5.1. Fase de filtración	17
4.5.2. Fase de puntuación	17
4.5.3. Fase de selección	17
4.6. Módulo de presentación	18

III. Pruebas del sistema con casos concretos y conclusiones	19
5. Bodas	19
5.1. Con bastantes comensales, problemas alérgicos	19
5.2. Una boda de gente sencilla y vegetariana	22
6. Comidas familiares	26
6.1. Caso general	26
7. Comuniones	28
7.1. Comunión tradicional española	28
8. Conclusiones y valoración	31

Índice de tablas

Índice de figuras

1. La ontología final del problema	8
2. La ontología de la solución	11

Parte I

Presentación y análisis del problema

1. Introducción

1.1. Descripción del problema

La empresa de catering *Rico Rico* quiere mejorar su eficiencia a la hora de proponer menús para las celebraciones de sus clientes. Con ese fin, ha encargado la implementación de un sistema experto basado en el conocimiento que tienen tras su larga experiencia en el sector. Gracias al sistema, solamente es necesario que el cliente indique sus preferencias y restricciones concretas para obtener las recomendaciones más acordes con sus necesidades.



El sistema se encarga de hacer preguntas al cliente para recomendar hasta tres menús con distintos precios, siempre dentro de los límites exigidos por el cliente. Entre otras cosas, se precisa saber el tipo de evento, el número de comensales, los posibles trastornos o preferencias alimenticias (alergias, razones culturales, ingredientes que no se quieren, etc.), preferencias de origen geográfico de los platos...

También debe ser capaz de recomendar vinos si el cliente así lo desea, y hacer un menú lo suficientemente acorde con éstos. Inicialmente se tenía previsto que las bebidas también dependieran de los platos y el cliente, pero fuera del terreno del vino los comensales prefieren escoger individualmente la bebida.

La base del conocimiento incluye todos los platos que *Rico Rico* sabe cocinar, con sus principales ingredientes y disponibilidad por temporadas, su precio, tipo de plato, dificultad de preparación, información sobre alergias y problemas alimentarios de razón cultural...

Las distintas botellas de vino también están en el sistema, con su precio, aunque en el menú a cada comensal se le cobra solamente una parte proporcional del coste.

La intención es dar hasta tres menús, con tres costes distintos, que entren dentro de los límites establecidos por el cliente.

1.2. Análisis del problema

Este es un problema que si se quiere modelar correctamente precisa de un conocimiento muy detallado de la cocina. En este caso nos ha faltado el experto humano que nos asesorara a la hora de valorar qué es mejor y peor.

Aplicar un sistema basado en el conocimiento para resolver el problema parece una de las mejores maneras. Usualmente, si en una empresa de catering quieren tener en cuenta todas las restricciones que impone el cliente sin que se calidad en la propuesta de menús es necesario que quien asesora al cliente tenga mucha memoria y pueda recordar bien buenas combinaciones de platos. Con un sistema como este se puede intentar concretar las reglas que dicen cuándo un menú es bueno para poderse lo proponer al cliente. O incluso cuándo es el mejor.

2. Conceptualización del problema

2.1. Conceptos principales del dominio

Después de haber hecho un trabajo iterativo, los conceptos que se modelan en el dominio de conocimiento son

1. Cosas elaboradas, como platos y vino (tienen su nombre y precio).
2. Dentro de los platos, si son pesados o ligeros y su dificultad de preparación.
3. Los ingredientes que forman parte de los platos y su disponibilidad durante las cuatro estaciones del año.
4. Grandes grupos de comensales, que modelan el tipo de ingredientes que no pueden comer.
5. Los tipos de platos, que contienen información sobre los vinos que pueden ir mejor con ellos.
6. Los eventos a celebrar, que tienen los platos que son propios (o recomendables) y la importancia de éstos últimos a la hora de elaborar el los menús para el cliente.
7. Las regiones de procedencia de los platos.
8. El estilo de los platos. Están los genéricos, que no llegarían a ser tradicionales porque son simples platos, los tradicionales (podrían considerarse, en parte, folclóricos), y platos modernos. Además, también se hace distinción de los platos para sibaritas, que son para los paladares más finos, pero que pueden pertenecer a cualquiera de las categorías anteriores.

Como hemos indicado anteriormente, los comensales que no beben vino acostumbran a preferir una bebida concreta de forma individualizada. Por esta razón, hemos pensado que no es algo a modelar en nuestro dominio de conocimiento.

Por otro lado, en el dominio de solución disponemos de

1. Recomendaciones concretas de platos, con los motivos para su recomendación y una valoración.
2. Posibles menús abstractos, que contienen el orden de platos y los colores de los vinos más aptos para éstos.
3. Los menús finales con los platos y vinos concretos, además de las razones y valoración de su recomendación.

2.2. Problemas y subproblemas

Como se ha comentado, el problema principal que queremos resolver es el de proponer y presentar hasta tres menús a un cliente que quiere celebrar un evento en base a sus restricciones. Para ello hemos dividido el problema en los subproblemas más pequeños que se detallan a continuación, y que se resuelven en orden.

Abstracción Se trata de conseguir las preferencias y características del evento al usuario.

Subproblema de selección de platos Este subproblema se puede dividir en tres partes:

1. Filtrar y eliminar los platos que no coinciden con lo solicitado por el cliente
2. Valorar y puntuar la calidad de los platos en base a las preferencias del cliente
3. Hacer una selección de los primeros, segundos y postres que son candidatos a combinarse para crear menús.

Subproblema de selección de menús (abstractos) Aquí se trata de, a partir de las posibles combinaciones de platos, encontrar los mejores menús junto con el tipo de vino, si es el caso, que queda mejor. Los pasos son similares a los usados para el subproblema de selección de platos, con la diferencia de que en el paso de puntuación se valoran las combinaciones de platos y, dado el caso, tipos de vinos.

Subproblema de selección de vinos Una vez se tienen los mejores menús, con el tipo de vino, es importante seleccionar un buen vino acorde con los tipos y con los platos. Los tres pasos principales son los mismos otra vez. Se filtran y eliminan los vinos no acordes con los menús, se puntúa lo bien que funciona el vino con el menú (en particular, que el precio sea correcto). Finalmente se seleccionan los hasta tres mejores menús que entren dentro del rango de precios precisado.

Subproblema de presentación Cuando ya se han seleccionado los menús más aptos para el usuario, hay que presentárselos de una forma clara y ordenada.

Parte II

Implementación del sistema experto

3. Construcción de la ontología

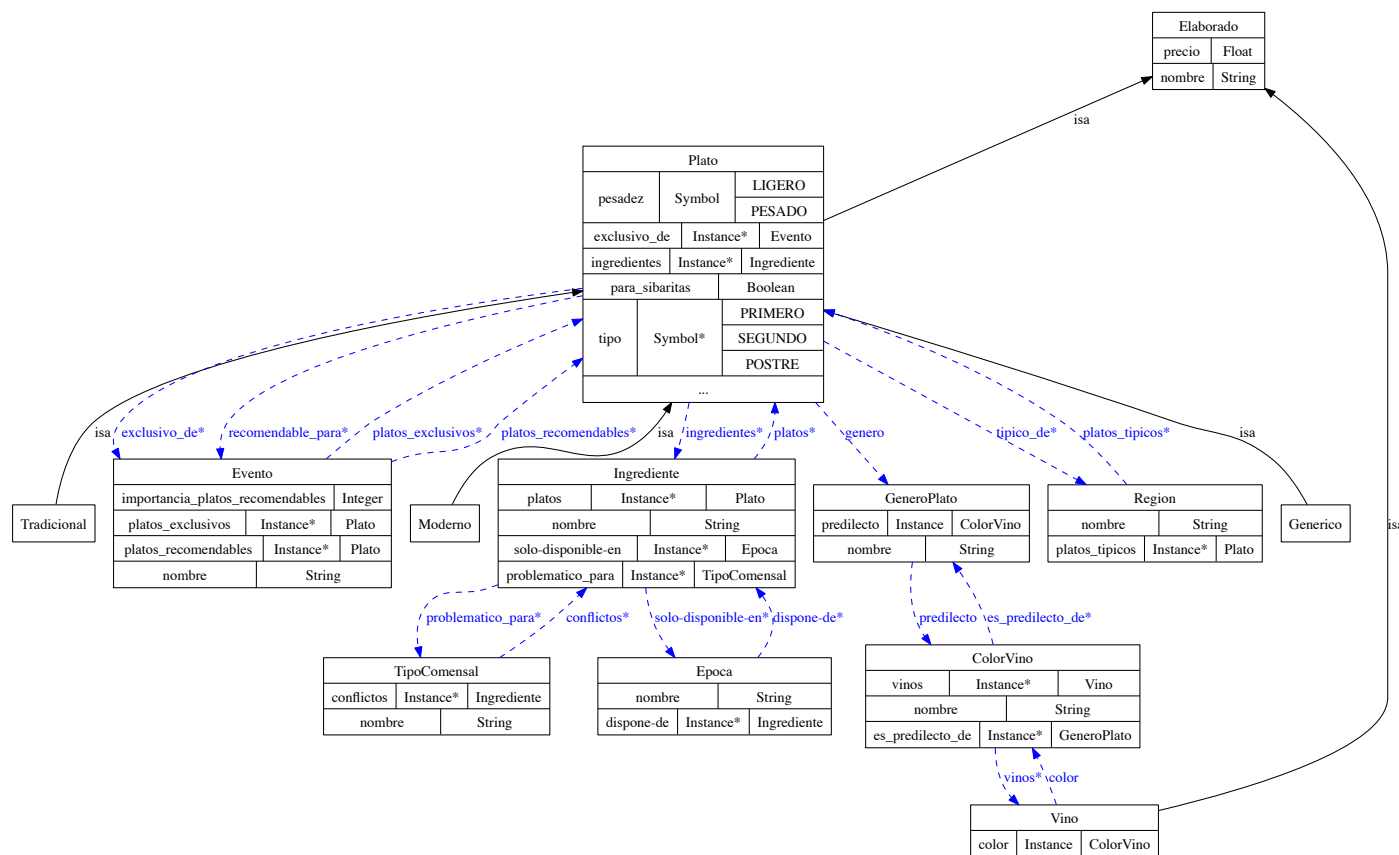


Figura 1: La ontología final del problema

La construcción de la ontología (y de todo el sistema en general) se ha realizado de manera iterativa, aunque inicialmente no había sido así.

En un principio habíamos construido sistema de clases completo pero incluso más complejo de lo que ha sido finalmente, sin necesidad. Afortunadamente, esa versión se perdió y empezamos con una más simple que solamente contenía las clases elaborado, plato, bebida (que ahora es solamente vino) e ingrediente.

Luego añadimos la clase de tipos de comensal, para poder tener en cuenta alergias y demás problemas alimenticios. También se añadió la clase época para poder indicar la disponibilidad de ingredientes.

Inicialmente, los eventos iban a ser unos valores prefijados hasta que vimos que podríamos sacarle más provecho a todo si eran instancias dentro de la ontología. Así que creamos la clase evento y asociamos algunos platos como preferidos en el evento. Para evitar que determinados platos propios de un evento se recomendaran en otros donde no tuviera sentido (un claro ejemplo son los pasteles de boda), casi al final hicimos la diferencia entre platos propios y platos que son recomendables para los eventos.

Ya, más entrados en el proceso de implementación del sistema experto, añadimos la clase región para poder modelar el origen geográfico/cultural de los platos. Finalmente, cuando em-

pezamos a tratar con los vinos, y tras considerar que la bebida en general no tiene sentido para el problema que se nos pide resolver, eliminamos la clase bebida, dejando solamente una clase para vinos. Además, creamos la clase que modela el color del vino, que se asoció a la nueva clase de géneros de plato (sopa, pescado, estofado, aperitivo, etc.) para poder hacer la recomendación de vinos de manera más sencilla.

Fuera de aquí, también están las ontologías de solución del problema, que solamente contienen las clases menú y menú abstracto. Más adelante detallaremos su funcionamiento.

3.1. Detalle de las clases de la ontología del problema

3.1.1. Clase Elaborado

Esta clase está construida para agrupar las características propias de los productos que se venden con el menú: el *nombre* y el *precio*. La idea es que cualquier cosa que esté en el menú debe ser un producto elaborado.

En determinado momento tuvimos que hacer esta clase concreta para poder hacer *pattern matching* con CLIPS. Por suerte, los cambios que fuimos haciendo en la implementación del problema provocaron que esta clase pudiera volver a ser abstracta. Mientras la clase fue concreta, la clase Plato también tuvo que serlo porque CLIPS no permite subclases abstractas de clases concretas.

3.1.2. Clase Plato y sus subclases

La clase es abstracta y está dividida en las subclases *Generico*, *Moderno* y *Tradicional*. Hemos decidido hacer esta clasificación porque no es habitual que un plato sea moderno y tradicional a la vez, y también existen platos que no se considerarían tradicionales pero que son platos que se consumen habitualmente (de ahí el término genérico).

Además del nombre y el precio derivados de *Elaborado*, la clase *Plato* proporciona nuevos campos:

ingredientes Es un campo múltiple de instancias de la clase *Ingrediente*. Es necesario que haya como mínimo un ingrediente.

genero Es un campo simple que apunta a una instancia de *GeneroPlato*. Sirve para clasificar los platos en sus géneros.

tipo Un campo múltiple que indica si el plato es *primero*, *segundo* o *postre*. Es necesario que sea algún tipo de plato.

para_sibaritas Un campo cierto/falso. Los platos para sibaritas no queremos que se recomienden a alguien que no lo es, pues es habitual que no lo quieran. Por otro lado, se les da prioridad si el cliente sí lo es.

temperatura Indica si el plato es frío o caliente.

pesadez Indica si un plato es ligero o pesado. En general, no es bueno que un cliente coma dos platos ligeros o dos platos pesados.

típico_de Es un campo múltiple que contiene las instancias de *Region* de donde es típico el plato, si es el caso.

recomendable_para Un campo múltiple que contiene, si es el caso, en qué eventos pueden preferir el plato, para que se priorice.

exclusivo_de A diferencia del anterior, si está definido indica en qué eventos puede ofrecerse el plato de forma exclusiva (por ejemplo, un pastel de boda solamente puede ofrecerse en una boda). También lo prioriza.

dificultad Indica, mediante un valor de 0 a 100, la dificultad de elaboración del plato (un valor mayor indica una dificultad mayor). Cuantos más comensales hay en la celebración, más importante es que el plato sea más sencillo de elaborar.

Las subclases de Plato no contienen ningún slot propio. Simplemente es para poder separar correctamente y poder hacer uso del *pattern matching* en CLIPS.

3.1.3. Clase GeneroPlato

Mediante esta clase se modelan los distintos géneros de plato en función de cómo son. Es decir, sopas, platos de pescado, estofados, etc. Se utiliza para poder agrupar platos similares que precisan vinos de colores similares. Por tanto, además del *nombre* del género, el único campo que tienen es *predilecto*, que apunta al color de vino más acorde con los platos de ese género.

No tienen el campo inverso hacia Plato con los platos del género porque no lo usamos durante el problema.

3.1.4. Clase Vino

Esta clase representa a los vinos. Además de los campos de Elaborado, contiene un campo *color* que apunta a la instancia de ColorVino con el color del vino.

3.1.5. Clase ColorVino

Como ya hemos comentado con anterioridad, esta clase representa los colores que puede tomar un vino. Los campos que tiene, además del *nombre* del color, son dos:

es_predilecto_de Es el campo múltiple que contiene la lista de géneros de plato que prefieren ese color de vino. Por tanto, es el inverso del campo *Vino:predilecto*.

vinos Este campo múltiple guarda la lista de vinos del color. Es el campo inverso de *Vino+:color*.

3.1.6. Clase Ingrediente

Como todas las clases que hay en la ontología, esta clase tiene el campo *nombre* para identificar a sus instancias. En este caso, además, están los campos siguientes:

platos Este campo múltiple contiene los platos que utilizan el ingrediente en su elaboración. Es el campo inverso de *Plato:ingredientes*.

problematico_para Es un campo múltiple con las instancias de Tipo Comensal+ que no pueden consumir el ingrediente. Muy importante para modelar las alergias y restricciones culturales de la comida.

solo-disponible-en Cuando está definido, este campo múltiple contiene las instancias de Epoca en las que el ingrediente está disponible para elaborar platos. Si no tiene ninguna indicación es que el ingrediente se puede usar todo el año.

3.1.7. Clase Region

En este caso, la clase la utilizamos para tener constancia de las zonas geográficas. Con ello, podemos saber el origen de un plato. Además del *nombre*, el campo que contiene es *platos_típicos*, con todos los platos típicos de la región y que es el inverso de *Plato:típico_de*.

3.1.8. Clase Epoca

Los ingredientes, como ya hemos visto, no están disponibles durante todo el año necesariamente. Esta clase tiene como instancias las cuatro estaciones del año, cada una con su *nombre* y el campo múltiple *dispone-de* con la lista de ingredientes disponibles durante la época (en el caso de los ingredientes anuales, no aparecen). Este segundo campo es, entonces, el inverso de *Ingrediente:solo-disponible-en*

3.1.9. Clase Evento

La clase Evento contiene las instancias que representan los posibles eventos para los que el catering puede ofrecer menús especiales. Además del *nombre* que identifica el evento, la clase contiene otros campos:

platos_exclusivos Este campo múltiple, inverso de *Plato:exclusivo_de* contiene los platos que son exclusivos para las celebraciones del evento en cuestión.

platos_recomendables De forma similar al anterior, es el inverso de *Plato:recomendable_para* y contiene los platos que son recomendables para las celebraciones del evento.

importancia_platos_recomendables Este es un campo numérico que indica cuán importante es que se incluya un plato recomendable dentro de las propuestas de menú. En el caso de los exclusivos no se usa esta ponderación porque se supone que en esos casos es casi necesario que estén.

3.1.10. Clase TipoComensal

Hay una serie de comensales, especialmente los alérgicos (celíacos, alergias a huevo, leche), vegetarianos, y demás que precisan unos platos especiales que no tengan determinados ingredientes. Para estos casos está la clase *TipoComensal*, que además del *nombre* del tipo contiene el campo *conflictos* con toda la lista de ingredientes que no son compatibles con el tipo de comensal. Este campo es el inverso de *Ingrediente:problematico_para*.

3.2. Detalle de las clases de la ontología de la solución

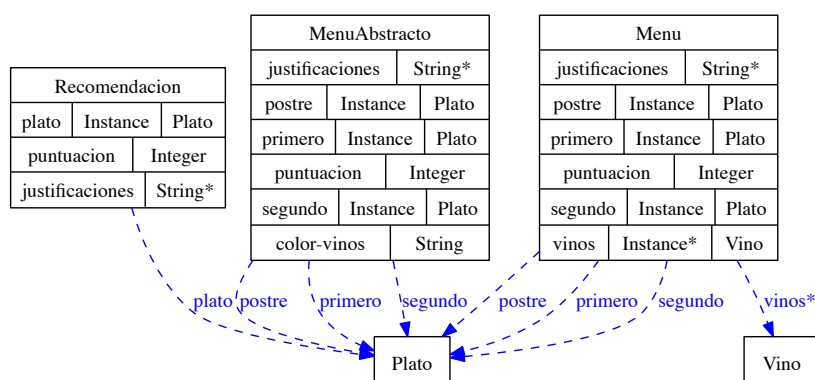


Figura 2: La ontología de la solución

Estas clases no las hemos construido con Protégé, sino que las hemos definido a mano en el sistema mediante la construcción `defclass` porque todas sus instancias las genera el sistema. Igualmente, en la figura 2 puede verse el esquema que sigue la ontología.

3.2.1. Clase Recomendacion

Esta clase representa la recomendación de un plato, elaborada con los datos de entrada del usuario y el conocimiento propio del sistema. Los campos que contiene son:

plato La instancia de Plato (de la ontología del problema) sobre la que trata la recomendación.

justificaciones Contiene la lista de justificaciones (con sus puntuaciones individuales) para la puntuación que recibe el plato.

puntuacion Es el valor numérico (entero) con la valoración de la recomendación.

3.2.2. Clases MenuAbstracto y Menu

Son dos clases muy similares que se corresponden con las soluciones al problema. Los campos que tienen en común son:

primero La instancia de Recomendacion que representa al primer plato.

segundo La instancia de Recomendacion que representa al segundo plato.

postre La instancia de Recomendacion que representa al postre.

justificaciones Las justificaciones para la puntuación del menú. Una de ellas indica, simplemente, los puntos que suman sus platos.

puntuacion El valor numérico con la valoración del menú.

Además, MenuAbstracto contiene un campo múltiple de cadenas (*strings*) llamado *colores-vino* con los colores de vino que se admiten. Si tiene más de un valor (como máximo dos), el primero es para el primer plato y el segundo para el segundo.

En el caso de Menu, contiene el campo múltiple *vinos* con las instancias de Vino que se sirven con el menú. Si hay dos valores, el primero es para el primer plato y el segundo para el segundo.

4. Formalización e implementación del sistema experto mediante CLIPS

CLIPS es una herramienta utilizada para el desarrollo y la ejecución de sistemas expertos basados en **reglas**. Estas **reglas** se aplican cuando ciertos **hechos** ocurren, generando nuevos **hechos** o modificando algunos ya existentes, que a su vez podrían disparar otras **reglas**. Esto resulta muy útil para desarrollar sistemas expertos, pues nos permite expresar con gran facilidad las **reglas de inferencia** desde un **conocimiento** hasta otro. Además, CLIPS permite estructurar las distintas reglas en **módulos** y así poder **enfocar** o **activar** un conjunto de reglas determinado.

4.1. La regla *inicial*

La regla *inicial* no tiene precondition (se ejecuta siempre al inicio), muestra un mensaje de bienvenida al cliente y activa el **módulo de abstracción de datos**.

4.2. Módulo de abstracción de datos

El módulo de abstracción de datos se encarga de obtener las **preferencias del cliente** y abstraerlas para que el sistema experto pueda utilizarlas. Este módulo es el primero en ejecutarse, ya que es necesario conocer primero las preferencias del cliente antes de recomendarle nada.

4.2.1. Los datos

Veamos con detalle las interacciones necesarias por parte del cliente para introducir los datos que le pide el módulo de abstracción y que el experto desarrollado tendrá en cuenta para la recomendación:

Evento Indicar de entre los tipos de evento disponibles, aquel que desee realizar.

Número de comensales Introducir el número de comensales del evento.

Tipos de cocina preferidos Escoger de entre los tipos de cocina disponibles, aquellos que prefiere sobre los demás.

Sibarita Indicar si es sibarita y prefiere platos para los paladares más exigentes.

Regiones preferidas Indicar si desea dar prioridad a los platos de una zona geográfica concreta y, en caso afirmativo, seleccionar las zonas preferidas de entre las disponibles.

Tipos de comensal Seleccionar los tipos de comensales que asistirán al evento (vegetarianos, alérgicos, etc.).

Temperatura preferida Indicar si prefiere platos en una temperatura concreta y, en caso afirmativo, indicar la temperatura preferida de entre las disponibles.

Estación del año Seleccionar la estación del año en la que se celebrará el evento.

Ingredientes prohibidos Indicar si desea prohibir algunos ingredientes en concreto y, en caso afirmativo, seleccionar los ingredientes prohibidos de entre los disponibles.

Limitaciones de precio Indicar si desea establecer límites de precio y, en caso afirmativo, introducir el precio máximo y mínimo para los menús recomendados.

Bebida Escoger la bebida que desea: un vino para el menú, un vino para cada plato o otra bebida.

Colores de vino preferidos En caso de que se haya preferido vino para la bebida, seleccionar los colores de vino preferidos de entre los disponibles.

4.2.2. Abstracción

Para abstraer los datos y representarlos en CLIPS hemos utilizado dos templates:

Preferencias Cada uno de sus slots representa una preferencia del cliente. Lo más destacable es que se ha utilizado un multislot `ingredientes-prohibidos` que se llena durante la abstracción con aquellos ingredientes que no van a poder utilizarse en los platos de la recomendación, ya sea porque los comensales tendrían problemas o bien no estén disponibles en la época del año en la que se celebrará el evento. Por supuesto, esta lista también incluye aquellos ingredientes que el cliente haya prohibido directamente. Esto resulta muy útil para filtrar los platos en su módulo correspondiente.

Contexto Contiene información sobre el entorno del evento. Sólo incluye la estación del año en la que se realizará el evento.

4.3. Módulo de platos

Una vez se han obtenido las preferencias del cliente y el contexto del evento que se quiere realizar, se activa el **módulo de platos**. El objetivo del **módulo de platos** es seleccionar los mejores platos disponibles para celebrar el evento que el cliente ha descrito en el módulo de abstracción teniendo en cuenta todas sus preferencias. Este módulo está dividido en tres fases o submódulos: **filtración**, **puntuación** y **selección**.

4.3.1. Fase de filtración

En esta primera fase se crea una Recomendación por cada plato presente en la ontología. Una Recomendación no es más que un contenedor del plato en sí, más una puntuación y sus justificaciones. A continuación, se descartan todas aquellas recomendaciones cuyos platos son incompatibles con los datos obtenidos del cliente. Más exactamente, se eliminan las recomendaciones cuyos platos:

1. Contienen ingredientes prohibidos (ver apartado 4.2.1).
2. Son exclusivos de un tipo de evento diferente al que se va a celebrar.
3. Son demasiado caros para las limitaciones de precio establecidas.
4. Son para los paladares más exigentes y el cliente no es sibarita.

4.3.2. Fase de puntuación

Esta fase consiste en puntuar todas las recomendaciones en función de las preferencias del cliente. Cuando una recomendación es puntuada, al mismo tiempo se le añade una justificación. De esta manera es posible ofrecer al cliente una explicación detallada de las recomendaciones que ha recibido.

Sea p un plato de una recomendación, se puntúa (por orden de prioridad):

Exclusivo del evento Positivamente si p es exclusivo del tipo de evento a celebrar.

Recomendado para el evento Positivamente si p es recomendado para el tipo de evento a celebrar.

Tipo de cocina Positivamente si p es de un tipo de cocina preferido por el cliente y negativamente si no lo es.

Zonas geográficas Positivamente si p es típico de alguna de las zonas geográficas preferidas por el cliente.

Sibarita Positivamente si p es para paladares exigentes y el cliente es sibarita.

Temperatura Si el cliente tiene preferencia de temperatura, positivamente si p se sirve a la temperatura preferida por el cliente y negativamente en caso contrario.

Dificultad Negativamente si p supera la dificultad máxima establecida para el número de comensales del evento.

Plato caliente en verano Negativamente si p se sirve caliente y el evento se celebrará en la estación de verano.

Plato caliente en invierno Positivamente si p se sirve caliente y el evento se celebrará en la estación de invierno.

Cada aspecto del plato puntuado tiene un peso asignado que permite modificar la prioridad de unas características frente a otras¹. Hemos decidido darle prioridad a los platos **exclusivos del evento** para asegurarnos de que platos como, por ejemplo, un pastel de boda siempre estén presentes en los menús recomendados para dichos eventos. Luego, hemos considerado más importante que un plato sea del tipo de cocina preferido por el cliente antes que de una zona geográfica preferida o que se sirva a la temperatura preferida².

4.3.3. Fase de selección

Una vez los platos ya han sido puntuados se pasa a la **fase de selección**. En esta fase se seleccionan los **30 mejores primeros**, los **30 mejores segundos** y los **15 mejores postres**. Si no hiciéramos esto el sistema no sería escalable, ya que el número de menús tiene crecimiento cúbico respecto al número de primeros, segundos y postres. La cantidad de platos de cada tipo seleccionados³ permite para poder generar menús con la suficiente diversidad sin que se dispare el número de combinaciones aunque se añadan más platos a la ontología.

4.4. Módulo de menús

Una vez se han seleccionado los hasta 30 primeros platos, 30 segundos y 15 postres, llega el momento de empezar a combinarlos para crear los menús.

El módulo de menús está dividido en tres fases (tres módulos de CLIPS) y se encarga de generar, puntuar y seleccionar los menús abstractos que pasarán al módulo de vinos. A continuación podremos ver los detalles de su funcionamiento.

Originalmente hacíamos las combinaciones con los vinos directamente, sin usar la clase `MenuAbstracto` con `ColorVino`. El problema es que se producía una explosión combinatoria muy grande sin necesidad, ya que originalmente el sistema no usaba nada más que el color del vino para valorar la combinación del vino con los platos.

4.4.1. Fase de filtración

Antes que nada, una vez se tienen las instancias de `Recomendacion` para primeros, segundos y postres, se realizan todas las combinaciones posibles junto con instancias de `ColorVino`, si el cliente así lo ha solicitado. Todas estas combinaciones se guardan como instancias de `MenuAbstracto`.

Hay una serie de menús que queríamos evitar, porque no interesa que estén en el sistema. Si entre los platos de **primero**, **segundo** o **postre** que hay en la combinación que se está estudiando hay alguno repetido, se desecha la combinación. Así que en la única regla importante la fase, *generar-menús*, se tiene en cuenta y ya directamente no se crean dichas instancias de `MenuAbstracto`.

Por otro lado, hay que tener en cuenta si el cliente ha pedido recomendaciones de vino y, además, cuántas (una para el menú o una por plato). Por cada vino solicitado, y por cada combinación de colores preferidos por el cliente, se crea un menú abstracto.

Con esto, llegamos a la conclusión de que, en función de la cantidad de vinos solicitados y los colores favoritos, podemos generar la siguiente cantidad de menús abstractos (considerando *c* la cantidad de colores de vino que acepta el cliente, siendo el mínimo 1 y el máximo 3):

- Si no se ha pedido vino, un total de como máximo $30 \times 30 \times 15 = 13500$ menús abstractos;

¹De hecho, los pesos se encuentran centralizados en un `template Pesos` dentro del propio módulo de puntuación.

²Una posible mejora del sistema sería preguntarle al cliente la prioridad que quiere dar a cada una de sus preferencias y así obtener menús todavía más personalizados.

³Se seleccionan menos postres porque es más normal que haya repetición de platos entre los primeros y los segundos.

- si se ha pedido un vino, $13500 \times c$ menús abstractos;
- y si se ha solicitado un vino por plato, $13500 \times c^2$.

Por tanto, como máximo habrá $13500 \times 9 = 121500$ menús abstractos al acabar la fase. En la práctica habrá menos, ya que muchos platos de la ontología pueden ser tanto primeros como segundos.

4.4.2. Fase de puntuación

Cuando ya se han generado todos los menús posibles, llega el momento de puntuarlos para decidir cuáles son mejores. Para ello, definimos un *template* (hecho no ordenado) *Pesos* con la importancia del resultado de cada regla.

Lo esencial es crear la puntuación básica del menú, y eso lo hace la regla *puntuar-menu-platos* sumando los puntos de las recomendaciones que están como primero, segundo y postre de la instancia de *MenuAbstracto* que se está tratando.

Luego, cuando ya hay una primera cualificación del menú, **se valora negativamente** que el primer y el segundo plato sean **ambos ligeros** o **pesados**. En el primer caso, los comensales pueden no saciarse, y en el segundo caso es por razones de salud y ahorro.

También es necesario **valorar la combinación del vino con los platos**. Si solamente hay una posibilidad de vino, se valora positivamente que ambos platos encajen bien con su color. Si el cliente ha solicitado dos, se valora que cada color de la combinación que hay en el *MenuAbstracto* en cuestión sea correcto para su plato respectivo. Es decir, el primer color con el primer plato y el segundo color con el segundo plato.

Durante las pruebas del sistema nos dimos cuenta de que **en ocasiones se ofrecían platos con precios muy dispares**. Si se propone un menú con un plato que es considerablemente más caro que el otro (sin tener en cuenta el postre), el cliente puede pensar que el menú no se ha elaborado con el suficiente cuidado y no verlo correcto. Por ese motivo, cuando la diferencia de precio en valor absoluto y con redondeo al entero más próximo por defecto es mayor a 1, se resta una cantidad (5 en nuestro caso) por unidad de diferencia.

No pasa nada porque todas las combinaciones reciban alguna puntuación negativa. En el caso de la diferencia de precios, solamente se utiliza para afinar las recomendaciones de menús. Si una es mucho mejor que el resto, no se verá afectada en exceso.

4.4.3. Fase de selección

Cuando los menús abstractos están ya todos puntuados, hay que seleccionar las combinaciones que pasarán al módulo de vinos. No es útil utilizarlas todas porque, para empezar, la cantidad puede ser excesiva al combinarlas con las instancias de *Vino* de la ontología y, por otro lado, muchas de las combinaciones en los menús abstractos pueden ser realmente malas en comparación con las que tienen mayor puntuación.

El sistema escoge los 200 mejores menús abstractos. Es un valor que se puede cambiar, pero que ha dado unos buenos resultados de tiempo de generación.

4.5. Módulo de vinos

Las instancias de *MenuAbstracto* ya podrían servir para presentar las propuestas de menú al usuario. Sin embargo, falta incluir los vinos concretos si es el caso. Este módulo se encarga de eso, justamente, además de escoger los hasta tres menús (uno barato, uno con coste medio, y uno más caro) que se presentarán al usuario como mejores.

Para ello, se utilizan la clase *Menu* y el *deftemplate* *SeleccionMenus* como veremos a continuación.

4.5.1. Fase de filtración

Esta fase se encarga de recoger los menús abstractos que han pasado la fase de selección del módulo de menús y combinarlos con los vinos según los colores que haya establecidos. Además de eso, calcula el precio que tendría el menú con los dos platos, el postre y, si es el caso, los vinos. Para el caso del vino, el precio individual se calcula dividiendo entre 4 el precio de la botella.

La cantidad de menús que se generarán en esta fase puede ser:

- Si no se ha solicitado ningún vino, hasta 200 (los mismos que menús abstractos);
- si se ha solicitado un vino para el menú, como máximo $200 \times v$, con v la cantidad de vinos que hay del color aceptado por cada menú abstracto;
- si se ha solicitado un vino por plato, como máximo $200 \times v_1 \times v_2$, con los v_i la cantidad de vinos de los colores por cada menú abstracto para el primer y segundo plato, respectivamente.

Del color que más hay es el tinto, con 12 de las 34 instancias. En el peor caso, el cliente habrá solicitado un vino por plato y los 200 menús tendrán el color tinto para ambos vinos. Como el segundo vino y el primero no pueden ser iguales, porque el cliente ha solicitado dos vinos distintos, nos encontramos con una cota superior de $200 \times 12 \times 11 = 26400$ menús al salir de la fase.

4.5.2. Fase de puntuación

En esta fase se puntúa la combinación de los vinos con los platos. Hay que matizar que solamente es en precio, ya que la puntuación de la corrección del color se había hecho durante la fase de puntuación del módulo de menús.

La consideración que hemos tomado es que **el vino no puede ser ni demasiado caro ni demasiado barato** en comparación con los platos. De forma similar a cuando los platos tienen precios muy dispares, si el cliente obtiene una recomendación de un plato de bajo precio con un vino muy caro, o al revés, puede pensar que algo raro pasa con el sistema.

Consideramos que un vino es caro cuando el precio de un vaso es más caro que el precio del plato con el que se tomará. Dicho de otro modo, si cuatro platos cuestan menos que la botella. En ese caso, se da una puntuación negativa de 100 por cada plato del menú con los que se tomará el vino (el primero, el segundo, o los dos según corresponda) y este último sea *demasiado caro*.

De forma similar, consideramos que un vino es barato cuando (casi) tres botellas cuestan menos que un plato con el que se tomará. En este caso, se restan 50 puntos por cada plato con los que se tomará el vino y el último sea *demasiado barato*.

4.5.3. Fase de selección

Cuando ya están todos los posibles menús punutados, hay que seleccionar los hasta tres que se presentarán al usuario (uno más barato, uno de precio intermedio y uno más caro). Para ello, inicialmente se calculan los intervalos de precio para los que un menú se considera barato, medio o caro.

Si el cliente no ha decidido indicar sus propios límites mínimo y máximo de precio, se toman 0€ como el mínimo y 45€ como el máximo. El cálculo se realiza dividiendo el intervalo en tres intervalos iguales. Estos cálculos se hacen en las reglas *actualizar-franja-min*, *actualizar-franja-max* y *actualizar-franjas-intermedias* y se almacena su resultado en el hecho no ordenado *FranjasPrecio*.

Ya en el momento de seleccionar el menú, lo que hacemos es escoger **el menú con mejor puntuación para cada intervalo de precios**. Si dos menús tienen la misma puntuación y caen en el mismo rango de precios, simplemente se toma una decisión al azar.

Cuando ha acabado esta fase, solamente hace falta presentar los resultados al usuario.

4.6. Módulo de presentación

Es importante presentarle los resultados al usuario, ya que el motivo de haber implementado todo el sistema es crear los menús para el usuario. Este módulo se encarga de formatear los hasta tres menús guardados en la plantilla `SeleccionMenus` para mostrar el primer plato, el segundo, el postre y, si es el caso, los vinos junto con los precios. Además, **pregunta al usuario** si quiere ver **las justificaciones**.

Parte III

Pruebas del sistema con casos concretos y conclusiones

5. Bodas

5.1. Con bastantes comensales, problemas alérgicos

Este caso representa una boda con bastantes comensales, unos 60. Se quieren platos modernos, a poder ser de países orientales, y aptos para los paladares más finos. Además, hay problemas porque hay comensales con celiaquía y alergia al huevo, por lo que lo mejor es evitar según qué ingredientes. Además, se precisa comida caliente porque la celebración será a finales de otoño.

Como la boda es de una familia rica, el límite de precios es bastante amplio, pero elevado: entre 30 y 90 euros.

El resultado de la ejecución es

```
=====
=          Sistema de recomendacion de menús Rico Rico          =
=====

¿Quiere un menú de ensueño para su próxima celebración?
¿Responda las siguientes preguntas y Rico Rico le recomendará el mejor menú!

¿Qué tipo de evento va a realizar?
1. Boda
2. Comida de empresa
3. Comida familiar
4. Comunión
Escoja una opción [1, 4]: 1
¿Cuántos comensales van a ser? 60
¿Qué tipo(s) de menú prefiere?
1. Generico
2. Moderno
3. Tradicional
Indique los números separados por un espacio: 2
¿Es sibarita y prefiere platos para los paladares más exigentes? [si][no]: si
¿Prefiere comida de alguna zona geográfica concreta? [si][no]: si
¿De qué zonas geográficas prefiere que sea la comida?
1. Andalucía
2. Argentina
3. Asturias
4. Bélgica
5. Cataluña
6. China
7. Colombia
8. España
9. Estados Unidos
10. Euskadi
11. Francia
12. Galicia
13. India
14. Italia
15. Japón
16. Murcia
17. México
18. Oriente
19. Suiza
20. Tailandia
21. Valencia
Indique los números separados por un espacio: 6 15 18 20
¿Qué tipo(s) de comensales tendrá el menú?
```

```

1. Alérgico a la leche
2. Alérgico a los frutos secos
3. Alérgico al huevo
4. Alérgico al marisco
5. Celíaco
6. Diabético
7. Hipercolesterolémico
8. Hipertenso
9. Menor de edad
10. Musulmán
11. No come insectos
12. Vegetariano (vegano)
Indique los números separados por un espacio: 5 3
¿Tiene alguna preferencia para la temperatura de la comida? [si][no]: si
¿Prefiere comida caliente o fría?
1. CALIENTE
2. FRIO
Escoja una opción [1, 2]: 1
¿En qué época desea consumir el menú?
1. Invierno
2. Otoño
3. Primavera
4. Verano
Escoja una opción [1, 4]: 2
¿Quiere evitar algún ingrediente en la elaboración de los platos? (la lista de
  ingredientes disponibles puede ser extensa) [si][no]: no
¿Quiere indicar limitaciones de precio? [si][no]: si
¿Cuál es el precio máximo? 90
¿Cuál es el precio mínimo? 30
¿Qué prefiere para la bebida?
1. Otra cosa
2. Vino (sólo uno)
3. Vino (uno distinto para cada plato)
Escoja una opción [1, 3]: 3
¿Qué tipo de vino prefiere?
1. Blanco
2. Rosado
3. Tinto
Indique los números separados por un espacio:
> Generando recomendaciones...
> Analizando recomendaciones...
> Seleccionando recomendaciones...
> Generando menús...
> Ponderando menús...
> Seleccionando menús...
> Refinando menús...
> Catando vinos...
> Seleccionando vinos...
> Mostrando resultados...
-----
Primera propuesta (más cara):
No disponible, lo sentimos.
-----
Segunda propuesta (coste medio):
  Camarones al ajillo con salsa de yogur de búfala (14.99 €) con vino blanco
    Grand Regnard Chablis 2008 (31.89 €)
  Solomillo con champiñones y coñac (13.99 €) con vino tinto Abadia Retuerta
    Selección Especial Magnum 2008 (36.66 €)
  Pastel de boda especial para alergias (4.00 €)
  Precio total por persona: 50.12 €
  Puntuación: 825
-----
Tercera propuesta (más barata):
  Camarones al ajillo con salsa de yogur de búfala (14.99 €) con vino blanco
    Guitian Godello Sobre Lías 2011 (12.09 €)
  Solomillo con champiñones y coñac (13.99 €) con vino tinto Angeles de Amaren
    2007 (14.79 €)
  Pastel de boda especial para alergias (4.00 €)
  Precio total por persona: 39.70 €
  Puntuación: 825
-----

```

```

* El precio del vino mostrado es el precio de la botella.
-----
¿Desea ver las justificaciones de la recomendación? [si][no]: si
-----
Primera propuesta (más cara):
No disponible, lo sentimos.
-----
Segunda propuesta (coste medio):
Platos:
  Camarones al ajillo con salsa de yogur de búfala
    Precio: 14.99 €
    Puntuación: 155
    Justificaciones:
      El plato es de tipo moderno, preferido por el cliente -> +70
      El plato se sirve caliente, preferido por el cliente -> +35
      El plato supera en 10 la dificultad máxima de 40 para un evento de 60
        comensales -> -10
      El plato es exclusivo, preferido por los clientes más sibaritas -> +60

  Solomillo con champiñones y coñac
    Precio: 13.99 €
    Puntuación: 165
    Justificaciones:
      El plato es de tipo moderno, preferido por el cliente -> +70
      El plato se sirve caliente, preferido por el cliente -> +35
      El plato es exclusivo, preferido por los clientes más sibaritas -> +60

  Pastel de boda especial para alergias
    Precio: 4.00 €
    Puntuación: 405
    Justificaciones:
      El plato se sirve frio, no preferido por el cliente -> -35
      El plato es propio del evento Boda -> +500
      El plato supera en 60 la dificultad máxima de 40 para un evento de 60
        comensales -> -60

  Vino para el primero: blanco Grand Regnard Chablis 2008 (31.89 €)
  Vino para el segundo: tinto Abadia Retuerta Selección Especial Magnum 2008
    (36.66 €)
  Precio total por persona: 50.12 €
  Puntuación: 825
  Justificaciones:
    El primer plato es de un género que encaja bien con el color del vino -> +50
    El segundo plato es de un género que encaja bien con el color del vino -> +50
    Los platos del menú suman una puntuación total -> +725
-----
Tercera propuesta (más barata):
Platos:
  Camarones al ajillo con salsa de yogur de búfala
    Precio: 14.99 €
    Puntuación: 155
    Justificaciones:
      El plato es de tipo moderno, preferido por el cliente -> +70
      El plato se sirve caliente, preferido por el cliente -> +35
      El plato supera en 10 la dificultad máxima de 40 para un evento de 60
        comensales -> -10
      El plato es exclusivo, preferido por los clientes más sibaritas -> +60

  Solomillo con champiñones y coñac
    Precio: 13.99 €
    Puntuación: 165
    Justificaciones:
      El plato es de tipo moderno, preferido por el cliente -> +70
      El plato se sirve caliente, preferido por el cliente -> +35
      El plato es exclusivo, preferido por los clientes más sibaritas -> +60

  Pastel de boda especial para alergias
    Precio: 4.00 €
    Puntuación: 405
    Justificaciones:
      El plato se sirve frio, no preferido por el cliente -> -35

```

```

El plato es propio del evento Boda -> +500
El plato supera en 60 la dificultad máxima de 40 para un evento de 60
comensales -> -60

Vino para el primero: blanco Guitian Godello Sobre Lías 2011 (12.09 €)
Vino para el segundo: tinto Angeles de Amaren 2007 (14.79 €)
Precio total por persona: 39.70 €
Puntuación: 825
Justificaciones:
El primer plato es de un género que encaja bien con el color del vino -> +50
El segundo plato es de un género que encaja bien con el color del vino -> +50
Los platos del menú suman una puntuación total -> +725
-----

```

Puede observarse que no nos ha dado una solución con precio más elevado. La razón más probable es que en la ontología faltan platos caros. Por otro lado, no ha propuesto ningún plato de las regiones que hemos solicitado, pero sí que son modernos y calientes.

La razón más probable para la falta de platos regionales es que en muchas ocasiones, los platos orientales contienen algún tipo de harina de trigo que no es apta para celíacos. También está la restricción de la alergia al huevo, que no es pequeña.

Por otro lado, es muy fácil ver que la única diferencia entre ambos menús son los vinos. En las pruebas realizadas durante el desarrollo nos había pasado, pero tampoco habíamos probado el caso de poner unos límites de precio tan altos. El hecho de dar un precio mínimo tan elevado seguramente ha provocado que solamente se aceptaran los menús con los platos más caros, que resultan ser el plato de camarones y el solomillo.

5.2. Una boda de gente sencilla y vegetariana

En esta boda, habrá pocos comensales (unos 20, familiares y amigos). Se celebra en verano, y se prefieren platos vegetarianos, pero sin tofu. Además, no se quiere nada de vino y que el coste no suba demasiado (como máximo 30 euros por persona). Los platos pueden ser de cualquier tipo, ya que a menudo les cuesta encontrar comida vegetariana “estándar”, pero nada de platos para sibaritas.

Se puede ver el resultado a continuación:

```

=====
=          Sistema de recomendacion de menús Rico Rico          =
=====

¿Quiere un menú de ensueño para su próxima celebración?
¿Responda las siguientes preguntas y Rico Rico le recomendará el mejor menú!

¿Qué tipo de evento va a realizar?
1. Boda
2. Comida de empresa
3. Comida familiar
4. Comuni3n
Escoja una opci3n [1, 4]: 1
¿Cuántos comensales van a ser? 20
¿Qué tipo(s) de menú prefiere?
1. Genérico
2. Moderno
3. Tradicional
Indique los números separados por un espacio:
¿Es sibarita y prefiere platos para los paladares más exigentes? [si][no]: no
¿Prefiere comida de alguna zona geográfica concreta? [si][no]: no
¿Qué tipo(s) de comensales tendrá el menú?
1. Alérgico a la leche
2. Alérgico a los frutos secos
3. Alérgico al huevo
4. Alérgico al marisco
5. Celíaco
6. Diabético

```

```
7. Hipercolesterolémico
8. Hipertenso
9. Menor de edad
10. Musulmán
11. No come insectos
12. Vegetariano (vegano)
Indique los números separados por un espacio: 12
¿Tiene alguna preferencia para la temperatura de la comida? [si][no]: no
¿En qué época desea consumir el menú?
1. Invierno
2. Otoño
3. Primavera
4. Verano
Escoja una opción [1, 4]: 4
¿Quiere evitar algún ingrediente en la elaboración de los platos? (la lista de
  ingredientes disponibles puede ser extensa) [si][no]: si
¿Qué ingredientes quiere evitar en la elaboración?
1. Aceite de oliva
2. Aceituna Negra
3. Aguacate
4. Ajo
5. Albahaca
6. Algas
7. Almendras
8. Arroz
9. Avellanas
10. Azafrán
11. Azúcar
12. Bechamel
13. Berenjena
14. Brócoli
15. Calabacín
16. Calabaza
17. Caldo de verduras
18. Castañas
19. Cebolla
20. Champiñones
21. Chocolate
22. Chufa
23. Cilantro (coriandros)
24. Coco
25. Coñac
26. Espinacas
27. Espárragos
28. Fideos
29. Fresa
30. Garbanzos
31. Guindillas
32. Guisantes
33. Habas
34. Harina de arroz
35. Harina de maíz
36. Harina de trigo
37. Hortalizas
38. Judías verdes
39. Lechuga
40. Lentejas
41. Limón
42. Macarrones
43. Mango
44. Mantequilla
45. Manzana
46. Maíz
47. Maíz
48. Melón
49. Moscatel
50. Nata
51. Ninguno
52. Nueces
53. Pan
54. Pasas
55. Pasta de trigo
```

```

56. Patata
57. Pepino
58. Pera
59. Pimiento rojo
60. Piña
61. Piñones
62. Piñones
63. Plátano
64. Queso brie
65. Sal
66. Sandía
67. Setas
68. Tofu
69. Tomate
70. Tomate de pera
71. Trigo
72. Uvas
73. Vainilla
74. Whisky
75. Zanahoria
Indique los números separados por un espacio: 68
¿Quiere indicar limitaciones de precio? [si][no]: si
¿Cuál es el precio máximo? 30
¿Cuál es el precio mínimo? 0
¿Qué prefiere para la bebida?
1. Otra cosa
2. Vino (sólo uno)
3. Vino (uno distinto para cada plato)
Escoja una opción [1, 3]: 1
> Generando recomendaciones...
> Analizando recomendaciones...
> Seleccionando recomendaciones...
> Generando menús...
> Ponderando menús...
> Seleccionando menús...
> Refinando menús...
> Catando vinos...
> Seleccionando vinos...
> Mostrando resultados...

-----
Primera propuesta (más cara):
  Paella de verduras (10.00 €)
  Hamburguesa de lentejas (7.00 €)
  Pastel de boda especial para alergias (4.00 €)
  Precio total por persona: 21.00 €
  Puntuación: 365
-----
Segunda propuesta (coste medio):
  Guacamole (4.99 €)
  Migas de harina (5.00 €)
  Pastel de boda especial para alergias (4.00 €)
  Precio total por persona: 13.99 €
  Puntuación: 455
-----
Tercera propuesta (más barata):
  Gazpacho (4.00 €)
  Migas de harina (5.00 €)
  Tajada de melon (1.00 €)
  Precio total por persona: 10.00 €
  Puntuación: -25
-----
* La bebida la escogerá cada comensal durante la celebración del evento.
-----
¿Desea ver las justificaciones de la recomendación? [si][no]: si
-----
Primera propuesta (más cara):
  Platos:
    Paella de verduras
    Precio: 10.00 €
    Puntuación: -25
  Justificaciones:

```


Los platos calientes no suelen apetecer en verano -> -25
Hamburguesa de lentejas
Precio: 7.00 €
Puntuación: -25
Justificaciones:
Los platos calientes no suelen apetecer en verano -> -25
Pastel de boda especial para alergias
Precio: 4.00 €
Puntuación: 480
Justificaciones:
El plato es propio del evento Boda -> +500
El plato supera en 20 la dificultad máxima de 80 para un evento de 20 comensales -> -20
Precio total por persona: 21.00 €
Puntuación: 365
Justificaciones:
El primero y el segundo son platos pesados, los comensales lo pueden encontrar excesivo -> -50
La diferencia de precios entre los platos no es mínima -> -15
Los platos del menú suman una puntuación total -> +430

Segunda propuesta (coste medio):
Platos:
Guacamole
Precio: 4.99 €
Puntuación: 0
Justificaciones:
Migas de harina
Precio: 5.00 €
Puntuación: -25
Justificaciones:
Los platos calientes no suelen apetecer en verano -> -25
Pastel de boda especial para alergias
Precio: 4.00 €
Puntuación: 480
Justificaciones:
El plato es propio del evento Boda -> +500
El plato supera en 20 la dificultad máxima de 80 para un evento de 20 comensales -> -20
Precio total por persona: 13.99 €
Puntuación: 455
Justificaciones:
Los platos del menú suman una puntuación total -> +455

Tercera propuesta (más barata):
Platos:
Gazpacho
Precio: 4.00 €
Puntuación: 0
Justificaciones:
Migas de harina
Precio: 5.00 €
Puntuación: -25
Justificaciones:
Los platos calientes no suelen apetecer en verano -> -25
Tajada de melon
Precio: 1.00 €
Puntuación: 0
Justificaciones:
Precio total por persona: 10.00 €
Puntuación: -25

Justificaciones:

Los platos del menú suman una puntuación total -> -25

En realidad se han indicado pocas preferencias, por eso el resultado es tan “malo” (con pocas justificaciones). Por otro lado, el hecho de pedir comida vegetariana sin tofu puede haber provocado un gran descenso en la cantidad de platos disponibles.

La poca variedad de platos y el punto del precio han provocado que el menú más barato (muy barato para ser de boda, por otro lado), no incluya pastel sino melón.

6. Comidas familiares

6.1. Caso general

En este caso se representa una comida familiar con 10 comensales realizada en invierno y sin vinos. No se especifica ninguna otra preferencia por parte del cliente.

El resultado es el siguiente:

```
=====
=          Sistema de recomendacion de menús Rico Rico          =
=====

¿Quiere un menú de ensueño para su próxima celebración?
¿Responda las siguientes preguntas y Rico Rico le recomendará el mejor menú!

¿Qué tipo de evento va a realizar?
1. Boda
2. Comida de empresa
3. Comida familiar
4. Comuni3n
Escoja una opci3n [1, 4]: 3
¿Cuántos comensales van a ser? 10
¿Qué tipo(s) de menú prefiere?
1. Generico
2. Moderno
3. Tradicional
Indique los números separados por un espacio:
¿Es sibarita y prefiere platos para los paladares más exigentes? [si][no]: no
¿Prefiere comida de alguna zona geográfica concreta? [si][no]: no
¿Qué tipo(s) de comensales tendrá el menú?
1. Alérgico a la leche
2. Alérgico a los frutos secos
3. Alérgico al huevo
4. Alérgico al marisco
5. Celíaco
6. Diabético
7. Hipercolesterolémico
8. Hipertenso
9. Menor de edad
10. Musulmán
11. No come insectos
12. Vegetariano (vegano)
Indique los números separados por un espacio:
¿Tiene alguna preferencia para la temperatura de la comida? [si][no]: no
¿En qué época desea consumir el menú?
1. Invierno
2. Otoño
3. Primavera
4. Verano
Escoja una opci3n [1, 4]: 1
¿Quiere evitar algún ingrediente en la elaboraci3n de los platos? (la lista de
ingredientes disponibles puede ser extensa) [si][no]: no
¿Quiere indicar limitaciones de precio? [si][no]: no
¿Qué prefiere para la bebida?
1. Otra cosa
2. Vino (sólo uno)
```

```

3. Vino (uno distinto para cada plato)
Escoja una opción [1, 3]: 1
> Generando recomendaciones...
> Analizando recomendaciones...
> Seleccionando recomendaciones...
> Generando menús...
> Ponderando menús...
> Seleccionando menús...
> Refinando menús...
> Catando vinos...
> Seleccionando vinos...
> Mostrando resultados...
-----
Primera propuesta (más cara):
No disponible, lo sentimos.
-----
Segunda propuesta (coste medio):
  Macarrones a la boloñesa (4.00 €)
  Costillas a la barbacoa (4.99 €)
  Crêpes de chocolate (6.99 €)
  Precio total por persona: 15.98 €
  Puntuación: 110
-----
Tercera propuesta (más barata):
  Sopa de fideos (2.99 €)
  Falafel (3.99 €)
  Crêpes de chocolate (6.99 €)
  Precio total por persona: 13.97 €
  Puntuación: 110
-----
* La bebida la escogerá cada comensal durante la celebración del evento.
-----
¿Desea ver las justificaciones de la recomendación? [si][no]: si
-----
Primera propuesta (más cara):
No disponible, lo sentimos.
-----
Segunda propuesta (coste medio):
  Platos:
    Macarrones a la boloñesa
    Precio: 4.00 €
    Puntuación: 50
    Justificaciones:
      Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30
      El plato es recomendable para el evento Comida familiar -> +20

    Costillas a la barbacoa
    Precio: 4.99 €
    Puntuación: 30
    Justificaciones:
      Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30

    Crêpes de chocolate
    Precio: 6.99 €
    Puntuación: 30
    Justificaciones:
      Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30

  Precio total por persona: 15.98 €
  Puntuación: 110
  Justificaciones:
    Los platos del menú suman una puntuación total -> +110
-----
Tercera propuesta (más barata):
  Platos:
    Sopa de fideos
    Precio: 2.99 €
    Puntuación: 50
    Justificaciones:
      Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30
      El plato es recomendable para el evento Comida familiar -> +20

```

```

Falafel
Precio: 3.99 €
Puntuación: 30
Justificaciones:
    Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30

Crêpes de chocolate
Precio: 6.99 €
Puntuación: 30
Justificaciones:
    Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30

Precio total por persona: 13.97 €
Puntuación: 110
Justificaciones:
    Los platos del menú suman una puntuación total -> +110
-----

```

La propuesta más cara no está disponible, ya que el cliente ha decidido que no se le recomienden platos exclusivos, que son los más caros. En las otras propuestas se observa una valoración positiva a los platos calientes, ya que el evento se produce en invierno, y a los platos recomendados para comidas familiares.

6.2. Comida familiar tradicional italiana

En este caso se representa una comida familiar numerosa de 20 comensales que desean platos tradicionales italianos. El evento se celebra en primavera y prefieren platos fríos. Además, el menú debe ser apto para alérgicos a los frutos secos y debe tener un vino de cualquier color. No se especifican limitaciones de precio.

El resultado es el siguiente:

```

=====
=          Sistema de recomendacion de menús Rico Rico          =
=====

¿Quiere un menú de ensueño para su próxima celebración?
¿Responda las siguientes preguntas y Rico Rico le recomendará el mejor menú!

¿Qué tipo de evento va a realizar?
1. Boda
2. Comida de empresa
3. Comida familiar
4. Comunión
Escoja una opción [1, 4]: 3
¿Cuántos comensales van a ser? 20
¿Qué tipo(s) de menú prefiere?
1. Generico
2. Moderno
3. Tradicional
Indique los números separados por un espacio: 3
¿Es sibarita y prefiere platos para los paladares más exigentes? [si][no]: no
¿Prefiere comida de alguna zona geográfica concreta? [si][no]: si
¿De qué zonas geográficas prefiere que sea la comida?
1. Andalucía
2. Argentina
3. Asturias
4. Bélgica
5. Cataluña
6. China
7. Colombia
8. España
9. Estados Unidos
10. Euskadi
11. Francia
12. Galicia
13. India

```

```

14. Italia
15. Japón
16. Murcia
17. México
18. Oriente
19. Suiza
20. Tailandia
21. Valencia
Indique los números separados por un espacio: 14
¿Qué tipo(s) de comensales tendrá el menú?
1. Alérgico a la leche
2. Alérgico a los frutos secos
3. Alérgico al huevo
4. Alérgico al marisco
5. Celíaco
6. Diabético
7. Hipercolesterolémico
8. Hipertenso
9. Menor de edad
10. Musulmán
11. No come insectos
12. Vegetariano (vegano)
Indique los números separados por un espacio: 2
¿Tiene alguna preferencia para la temperatura de la comida? [si][no]: si
¿Prefiere comida caliente o fría?
1. CALIENTE
2. FRIO
Escoja una opción [1, 2]: 2
¿En qué época desea consumir el menú?
1. Invierno
2. Otoño
3. Primavera
4. Verano
Escoja una opción [1, 4]: 3
¿Quiere evitar algún ingrediente en la elaboración de los platos? (la lista de
  ingredientes disponibles puede ser extensa) [si][no]: no
¿Quiere indicar limitaciones de precio? [si][no]: no
¿Qué prefiere para la bebida?
1. Otra cosa
2. Vino (sólo uno)
3. Vino (uno distinto para cada plato)
Escoja una opción [1, 3]: 2
¿Qué tipo de vino prefiere?
1. Blanco
2. Rosado
3. Tinto
Indique los números separados por un espacio: 1 2 3
> Generando recomendaciones...
> Analizando recomendaciones...
> Seleccionando recomendaciones...
> Generando menús...
> Ponderando menús...
> Seleccionando menús...
> Refinando menús...
> Catando vinos...
> Seleccionando vinos...
> Mostrando resultados...
-----
Primera propuesta (más cara):
  Canelones de pavo (5.99 €)
  Tabla de embutidos ibéricos (18.00 €)
  Flan (2.99 €)
  Vino para el menú:    rosado Bru de Gramona 2010 (19.60 €)
  Precio total por persona: 31.88 €
  Puntuación:          295
-----
Segunda propuesta (coste medio):
  Canelones de pavo (5.99 €)
  Bacalao a la vizcaína (6.00 €)
  Flan (2.99 €)
  Vino para el menú:    blanco Guitian Godello Sobre Lías 2011 (12.09 €)

```

Precio total por persona: 18.00 €
Puntuación: 335

Tercera propuesta (más barata):

Lasaña de espinacas (6.99 €)
Filete de merluza (3.99 €)
Flan (2.99 €)

Vino para el menú: blanco Bach Extremísimo Semi Dulce 2011 (2.98 €)
Precio total por persona: 14.71 €
Puntuación: 320

* El precio del vino mostrado es el precio de la botella.

¿Desea ver las justificaciones de la recomendación? [si][no]: si

Primera propuesta (más cara):

Platos:

Canelones de pavo

Precio: 5.99 €

Puntuación: 95

Justificaciones:

El plato es de tipo tradicional, preferido por el cliente -> +70

El plato se sirve caliente, no preferido por el cliente -> -35

El plato es de Italia, preferido por el cliente -> +60

Tabla de embutidos ibéricos

Precio: 18.00 €

Puntuación: 105

Justificaciones:

El plato es de tipo tradicional, preferido por el cliente -> +70

El plato se sirve frio, preferido por el cliente -> +35

Flan

Precio: 2.99 €

Puntuación: 105

Justificaciones:

El plato es de tipo tradicional, preferido por el cliente -> +70

El plato se sirve frio, preferido por el cliente -> +35

Vino para el menú: rosado Bru de Gramona 2010 (19.60 €)

Precio total por persona: 31.88 €

Puntuación: 295

Justificaciones:

El segundo plato es de un género que encaja bien con el color del vino -> +50

La diferencia de precios entre los platos no es mínima -> -60

Los platos del menú suman una puntuación total -> +305

Segunda propuesta (coste medio):

Platos:

Canelones de pavo

Precio: 5.99 €

Puntuación: 95

Justificaciones:

El plato es de tipo tradicional, preferido por el cliente -> +70

El plato se sirve caliente, no preferido por el cliente -> -35

El plato es de Italia, preferido por el cliente -> +60

Bacalao a la vizcaína

Precio: 6.00 €

Puntuación: 35

Justificaciones:

El plato es de tipo tradicional, preferido por el cliente -> +70

El plato se sirve caliente, no preferido por el cliente -> -35

Flan

Precio: 2.99 €

Puntuación: 105

Justificaciones:

El plato es de tipo tradicional, preferido por el cliente -> +70

El plato se sirve frio, preferido por el cliente -> +35

```
Vino para el menú:    blanco Guitian Godello Sobre Lías 2011 (12.09 €)
Precio total por persona: 18.00 €
Puntuación:          335
Justificaciones:
  El primer plato es de un género que encaja bien con el color del vino -> +50
  El segundo plato es de un género que encaja bien con el color del vino -> +50
  Los platos del menú suman una puntuación total -> +235
```

Tercera propuesta (más barata):

```
Platos:
  Lasaña de espinacas
  Precio: 6.99 €
  Puntuación: 95
  Justificaciones:
    El plato es de tipo tradicional, preferido por el cliente -> +70
    El plato se sirve caliente, no preferido por el cliente -> -35
    El plato es de Italia, preferido por el cliente -> +60
```

```
Filete de merluza
  Precio: 3.99 €
  Puntuación: 35
  Justificaciones:
    El plato es de tipo tradicional, preferido por el cliente -> +70
    El plato se sirve caliente, no preferido por el cliente -> -35
```

```
Flan
  Precio: 2.99 €
  Puntuación: 105
  Justificaciones:
    El plato es de tipo tradicional, preferido por el cliente -> +70
    El plato se sirve frío, preferido por el cliente -> +35
```

```
Vino para el menú:    blanco Bach Extremísimo Semi Dulce 2011 (2.98 €)
Precio total por persona: 14.71 €
Puntuación:          320
Justificaciones:
  El primer plato es de un género que encaja bien con el color del vino -> +50
  El segundo plato es de un género que encaja bien con el color del vino -> +50
  La diferencia de precios entre los platos no es mínima -> -15
  Los platos del menú suman una puntuación total -> +235
```

Se observa que en todo menú hay un plato tradicional italiano. Ningún plato lleva frutos secos. El hecho de que haya más platos calientes que fríos se debe a que se prioriza que los platos sean de Italia antes que fríos y no existen platos fríos de Italia en la ontología.

7. Comuniones

7.1. Comunión tradicional española

En este caso se representa una comunión de 40 comensales, a la que se le quieren dar prioridad los platos tradicionales y genéricos típicos de España. La comunión se realizará en invierno y los menús recomendados deben tener un precio entre 10 y 40 euros.

El resultado es el siguiente:

```
=====
=          Sistema de recomendacion de menús Rico Rico          =
=====

¿Quiere un menú de ensueño para su próxima celebración?
¡Responda las siguientes preguntas y Rico Rico le recomendará el mejor menú!

¿Qué tipo de evento va a realizar?
1. Boda
2. Comida de empresa
```

```

3. Comida familiar
4. Comunión
Escoja una opción [1, 4]: 4
¿Cuántos comensales van a ser? 40
¿Qué tipo(s) de menú prefiere?
1. Generico
2. Moderno
3. Tradicional
Indique los números separados por un espacio: 1 3
¿Es sibarita y prefiere platos para los paladares más exigentes? [si][no]: no
¿Prefiere comida de alguna zona geográfica concreta? [si][no]: si
¿De qué zonas geográficas prefiere que sea la comida?
1. Andalucía
2. Argentina
3. Asturias
4. Bélgica
5. Cataluña
6. China
7. Colombia
8. España
9. Estados Unidos
10. Euskadi
11. Francia
12. Galicia
13. India
14. Italia
15. Japón
16. Murcia
17. México
18. Oriente
19. Suiza
20. Tailandia
21. Valencia
Indique los números separados por un espacio: 8
¿Qué tipo(s) de comensales tendrá el menú?
1. Alérgico a la leche
2. Alérgico a los frutos secos
3. Alérgico al huevo
4. Alérgico al marisco
5. Celíaco
6. Diabético
7. Hipercolesterolémico
8. Hipertenso
9. Menor de edad
10. Musulmán
11. No come insectos
12. Vegetariano (vegano)
Indique los números separados por un espacio:
¿Tiene alguna preferencia para la temperatura de la comida? [si][no]: no
¿En qué época desea consumir el menú?
1. Invierno
2. Otoño
3. Primavera
4. Verano
Escoja una opción [1, 4]: 1
¿Quiere evitar algún ingrediente en la elaboración de los platos? (la lista de
ingredientes disponibles puede ser extensa) [si][no]: no
¿Quiere indicar limitaciones de precio? [si][no]: si
¿Cuál es el precio máximo? 40
¿Cuál es el precio mínimo? 10
¿Qué prefiere para la bebida?
1. Otra cosa
2. Vino (sólo uno)
3. Vino (uno distinto para cada plato)
Escoja una opción [1, 3]: 1
> Generando recomendaciones...
> Analizando recomendaciones...
> Seleccionando recomendaciones...
> Generando menús...
> Ponderando menús...
> Seleccionando menús...
> Refinando menús...

```



```

> Catando vinos...
> Seleccionando vinos...
> Mostrando resultados...
-----
Primera propuesta (más cara):
  Tabla de embutidos ibéricos (18.00 €)
  Bacalao al pil-pil (15.00 €)
  Pastel de comunión (4.00 €)
  Precio total por persona: 37.00 €
  Puntuación: 775
-----
Segunda propuesta (coste medio):
  Paella mixta (8.50 €)
  Crêpes de queso de cabra y tomate (7.99 €)
  Pastel de comunión (4.00 €)
  Precio total por persona: 20.49 €
  Puntuación: 830
-----
Tercera propuesta (más barata):
  Guisantes con jamón (4.99 €)
  Tortilla de patata y calabacín (4.99 €)
  Pastel de comunión (4.00 €)
  Precio total por persona: 13.98 €
  Puntuación: 840
-----
* La bebida la escogerá cada comensal durante la celebración del evento.
-----
¿Desea ver las justificaciones de la recomendación? [si][no]: si
-----
Primera propuesta (más cara):
  Platos:
    Tabla de embutidos ibéricos
    Precio: 18.00 €
    Puntuación: 130
    Justificaciones:
      El plato es de tipo tradicional, preferido por el cliente -> +70
      El plato es de España, preferido por el cliente -> +60

    Bacalao al pil-pil
    Precio: 15.00 €
    Puntuación: 90
    Justificaciones:
      El plato es de tipo generico, preferido por el cliente -> +70
      Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30
      El plato supera en 10 la dificultad máxima de 60 para un evento de 40 comensales -> -10

    Pastel de comunión
    Precio: 4.00 €
    Puntuación: 570
    Justificaciones:
      El plato es de tipo generico, preferido por el cliente -> +70
      El plato es propio del evento Comunión -> +500

  Precio total por persona: 37.00 €
  Puntuación: 775
  Justificaciones:
    La diferencia de precios entre los platos no es mínima -> -15
    Los platos del menú suman una puntuación total -> +790
-----
Segunda propuesta (coste medio):
  Platos:
    Paella mixta
    Precio: 8.50 €
    Puntuación: 160
    Justificaciones:
      El plato es de tipo generico, preferido por el cliente -> +70
      Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30
      El plato es de España, preferido por el cliente -> +60

```

Crêpes de queso de cabra y tomate
Precio: 7.99 €
Puntuación: 100
Justificaciones:
El plato es de tipo generico, preferido por el cliente -> +70
Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30
Pastel de comunión
Precio: 4.00 €
Puntuación: 570
Justificaciones:
El plato es de tipo generico, preferido por el cliente -> +70
El plato es propio del evento Comunión -> +500
Precio total por persona: 20.49 €
Puntuación: 830
Justificaciones:
Los platos del menú suman una puntuación total -> +830

Tercera propuesta (más barata):
Platos:
Guisantes con jamón
Precio: 4.99 €
Puntuación: 160
Justificaciones:
El plato es de tipo generico, preferido por el cliente -> +70
Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30
El plato es de España, preferido por el cliente -> +60
Tortilla de patata y calabacín
Precio: 4.99 €
Puntuación: 160
Justificaciones:
El plato es de tipo generico, preferido por el cliente -> +70
Los platos calientes suelen apetecer en invierno -> +30
El plato es de España, preferido por el cliente -> +60
Pastel de comunión
Precio: 4.00 €
Puntuación: 570
Justificaciones:
El plato es de tipo generico, preferido por el cliente -> +70
El plato es propio del evento Comunión -> +500
Precio total por persona: 13.98 €
Puntuación: 840
Justificaciones:
El primero y el segundo son platos pesados, los comensales lo pueden encontrar excesivo -> -50
Los platos del menú suman una puntuación total -> +890

En este caso se ofrecen tres menús, dentro de las limitaciones de precio. Se observa que el pastel de comunión está presente en todos los menús propuestos debido a que es un **plato exclusivo para comuniones**. Además, también se observa la presencia de **platos españoles genéricos y tradicionales** en todos los menús. Por último, y como en anteriores casos, los platos recomendados suelen ser **calientes** ya que apetecen más en invierno.

8. Conclusiones y valoración

Ha sido un trabajo complejo. Encontramos que quizá nos falta todavía más variedad en los platos, especialmente aquellos caros. Por otro lado, es difícil rellenar una ontología así y, más todavía, cuando la cocina es un campo tan extenso del que no somos expertos ni mucho menos.

A la hora de realizar las pruebas finales, y en algún caso algo antes pero ya cuando habíamos

decidido dar el proyecto por finalizado para cambios mayores, hemos visto que hay algunos casos que habría estado bien tener en cuenta. Por ejemplo, en un evento donde hay gente musulmana no preguntar si se quiere vino, ya que no tiene sentido.

También habría sido interesante implementar un sistema distinto para la hora de indicar los ingredientes no deseados, que leyera la entrada del usuario, pues la lista de ingredientes es muy extensa y se puede hacer pesado leerla.

Finalmente, una buena mejora podría ser indicar platos buenos para determinados tipos de comensales, no solamente los prohibidos (por ejemplo, platos especiales para niños). En ningún momento se nos ha pasado por la mente hasta ahora.

Afortunadamente, **el sistema es lo suficientemente modular** como para poder ampliarlo en un futuro próximo sin mayores problemas, y creemos que en ese sentido tenemos un buen trabajo.