

# Un Modelo Lingüístico Multi-granular para la Evaluación Sensorial del Aceite de Oliva

Luis Martínez	Macarena Espinilla	Luis G. Pérez	Alberto Salguero
Dept. de Informática	Dept. de Informática	Dept. de Informática	Dept. de Leng. y Sist. Inform.
Universidad de Jaén	Universidad de Jaén	Universidad de Jaén	Universidad de Granada
23071 Jaén	23071 Jaén	23071 Jaén	18071 Granada
<a href="mailto:martin@ujaen.es">martin@ujaen.es</a>	<a href="mailto:mestevez@ujaen.es">mestevez@ujaen.es</a>	<a href="mailto:lgonzaga@ujaen.es">lgonzaga@ujaen.es</a>	<a href="mailto:agsh@ugr.es">agsh@ugr.es</a>

## Resumen

Los procesos de evaluación se utilizan para la inspección de la calidad, la comercialización y otros campos en compañías industriales. Nuestro interés se centra en la evaluación sensorial del aceite de oliva a través de la información obtenida por medio del sistema sensorial de los expertos que participan en la evaluación. En procesos de evaluación sensorial la información proporcionada por los expertos implica siempre incertidumbre e imprecisión. Por lo que, el uso de la aproximación lingüística difusa [14] para modelar esta información puede ayudar a los expertos. En la evaluación puede ocurrir que diferentes evaluadores tengan diferente grado de conocimiento sobre los elementos evaluados. En esta contribución se propone un modelo de evaluación basado en el análisis de decisión [4] para problemas definidos en marcos lingüísticos multi-granulares donde cada experto puede expresar sus valoraciones en un conjunto de etiquetas distinto según su grado de conocimiento. Para ello utilizaremos el concepto de jerarquía lingüística y el modelo propuesto será aplicado a un proceso de evaluación sensorial de una muestra de aceite de oliva.

## 1. Introducción

La evaluación es un proceso cognitivo complejo que implica diversos mecanismos en los cuales es necesario identificar los elementos que van a ser evaluados, fijar el marco en el que

se va a realizar la evaluación, recopilar la información y finalmente obtener una valoración de los elementos evaluados. El objetivo de cualquier proceso de evaluación es obtener una valoración de un artículo (producto, servicio, material, etc.) para mejorarlo o compararlo con otros artículos y así saber cuál es mejor. La información recopilada en procesos de evaluación es proporcionada por un grupo de individuos, llamado *panel de expertos*, donde cada uno expresa sus opiniones sobre los artículos a evaluar.

La evaluación sensorial [7, 11, 12, 13] es una disciplina donde la información proporcionada por el panel de expertos, es percibida por los órganos sensoriales de *la vista, el olfato, el oído, el gusto y el tacto*. Los expertos expresan sus opiniones sobre el objeto a evaluar según su propio conocimiento y opiniones. Este tipo de información es subjetiva y difícil de determinar de modo cuantitativo y preciso. Por tanto, parece adecuado expresar la información sensorial de forma cualitativa mediante etiquetas lingüísticas [11]. El uso de la aproximación lingüística difusa [14] ha producido buenos resultados a la hora de modelar la información cualitativa en diversos campos de aplicación [1, 3].

En procesos de evaluación es común que en el panel de expertos cada uno tenga un grado de conocimiento distinto sobre los objetos a evaluar. Por tanto, ofrecer un marco flexible de evaluación donde los expertos puedan expresar sus preferencias en conjuntos de etiquetas lingüísticas distintos puede mejorar los

resultados de la evaluación. Esta contribución propone un modelo de evaluación, basado en un esquema de análisis de decisión [4], con un marco de evaluación que define un contexto lingüístico multi-granular modelado mediante jerarquías lingüísticas [9] para mejorar la precisión de los procesos de computación con palabras. Este modelo es aplicado a un proceso de evaluación sensorial de una muestra de aceite de oliva.

Esta contribución se estructura como sigue, en la sección 2 revisamos brevemente varios conceptos necesarios para desarrollar el modelo lingüístico multi-granular de evaluación sensorial. En la sección 3 se presenta el modelo de evaluación sensorial. En la sección 4 se aplica el modelo a la evaluación sensorial de una muestra de aceite de oliva. Finalmente, se concluye en la sección 5.

## 2. Conceptos Preliminares

### 2.1. Enfoque Lingüístico Difuso

El enfoque lingüístico difuso representa información lingüística utilizando valores lingüísticos mediante variables lingüísticas [14].

Cuando trabajamos con información lingüística hay que seleccionar los descriptores lingüísticos adecuados y su semántica. Para llevar a cabo esta tarea, un aspecto importante a considerar es la granularidad de la incertidumbre, es decir, la capacidad de discriminación entre distintos valores de información. Valores típicos de cardinalidad en los modelos lingüísticos son valores impares, tales como 7 ó 9, donde el término medio representa una valoración de aproximadamente 0.5 y el resto de términos están distribuidos simétricamente a su alrededor. Una posibilidad es generar directamente el conjunto de términos considerando todos los términos distribuidos en una escala sobre la cuál se define un orden total. Un ejemplo de un conjunto de 5 términos es:

$$S = \{s_0 : N, s_1 : L, s_2 : M, s_3 : H, s_4 : P\}$$

La semántica de los términos lingüísticos viene dada por números difusos definidos en el intervalo  $[0, 1]$ . Estas son valoraciones aproximadas, por lo que diferentes autores consideran que una función de pertenencia trapezoidal es

lo suficientemente buena para capturar la vaguedad de los términos lingüísticos. Una representación trapezoidal se consigue con una 4-tupla  $(a, b, d, c)$ , donde  $b$  y  $d$  indican el intervalo donde la función de pertenencia vale 1, con  $a$  y  $c$  indicando los límites izquierdo y derecho de la función [2]. Un caso particular de este tipo de representación son las valoraciones lingüísticas cuya función sea triangular, es decir,  $b = d$ , entonces esta función de pertenencia triangular se representa como  $(a, b, c)$ .

### 2.2. Modelado Lingüístico Basado en 2-tuplas

El modelo de representación lingüístico basado en 2-tuplas fue presentado en [8] para mejorar los problemas de pérdida de información en los procesos de computación con palabras de otros modelos: (i) Modelo basado en el Principio de Extensión [5], (ii) Modelo simbólico [6].

Este modelo se basa en el concepto de traslación simbólica. Sea  $S = \{s_0, \dots, s_g\}$  un conjunto de términos lingüísticos, y  $\beta \in [0, g]$  un valor en el intervalo de granularidad de  $S$ .

**Definición 1.** *La Traslación Simbólica de un término lingüístico  $s_i$  es un número valorado en el intervalo  $[-.5, .5]$  que expresa la "diferencia de información" entre una cantidad de información expresada por el valor  $\beta \in [0, g]$  obtenido en una operación simbólica y el valor entero más próximo,  $i \in \{0, \dots, g\}$ , que indica el índice de la etiqueta lingüística ( $s_i$ ) más cercana en  $S$ .*

A partir de este concepto desarrollaremos un nuevo modelo de representación para la información lingüística, el cuál usa como base de representación un par de valores o 2-tupla,  $(s_i, \alpha_i)$ , donde  $s_i \in S$  y  $\alpha_i \in [-.5, .5]$

Este modelo de representación define un conjunto de funciones que facilitan las operaciones sobre 2-tuplas.

**Definición 2.** *Sea  $S = \{s_0, \dots, s_g\}$  un conjunto de términos lingüísticos y  $\beta \in [0, g]$  un valor que representa el resultado de una operación simbólica, entonces la 2-tupla lingüística que expresa la información equivalente a  $\beta$  se*

obtiene usando la siguiente función:

$$\Delta : [0, g] \longrightarrow S \times [-.5, .5)$$

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha), \begin{cases} s_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i, & \alpha \in [-.5, .5) \end{cases}$$

donde  $\text{round}$  es el operador usual de redondeo,  $s_i$  es la etiqueta con índice más cercano a  $\beta$  y  $\alpha$  es el valor de la traslación simbólica.

**Proposición 1.** Sea  $S = \{s_0, \dots, s_g\}$  un conjunto de términos lingüísticos y  $(s_i, \alpha)$  una 2-tupla lingüística. Existe la función  $\Delta^{-1}$ , tal que, dada una 2-tupla  $(s_i, \alpha)$  esta función devuelve su valor numérico equivalente  $\beta \in [0, g]$ .

**Demostración.** Es trivial si consideramos la siguiente función.

$$\begin{aligned} \Delta^{-1} : S \times [-.5, .5) &\longrightarrow [0, g] \\ \Delta^{-1}(s_i, \alpha) &= i + \alpha = \beta. \end{aligned}$$

**Comentario:** A partir de las definiciones 1 y 2 y de la proposición 1, la conversión de un término lingüístico en una 2-tupla consiste en añadir el valor cero como traslación simbólica:

$$s_i \in S \longrightarrow (s_i, 0)$$

### 2.3. Jerarquías Lingüísticas

En [10] se presentó la estructura de Jerarquía Lingüística como un conjunto de niveles, donde cada nivel es un conjunto de términos lingüísticos con distinta granularidad al resto de niveles de su jerarquía. Cada nivel de la jerarquía es notado como,  $l(t, n(t))$ , siendo:

1.  $t$  es un número que indica el nivel de la jerarquía.
2.  $n(t)$  es la granularidad del conjunto lingüístico del nivel  $t$ .

Los niveles dentro de una jerarquía están ordenados de acuerdo a su granularidad, es decir, para dos niveles sucesivos  $t$  y  $t + 1$ ,

$n(t + 1) > n(t)$ . Esto proporciona un refinamiento lingüístico del nivel anterior. Podemos definir una jerarquía lingüística,  $LH$ , como la unión de todos los niveles  $t$ :

$$LH = \bigcup_t l(t, n(t))$$

donde el conjunto de etiquetas del nivel  $t$  es representado como  $S^{n(t)}$ .

La construcción de una jerarquía lingüística sigue las siguientes reglas:

1. Conservar todos los puntos *modales* de las funciones de pertenencia de cada término lingüístico de un nivel al siguiente nivel de la jerarquía.
2. Hacer transiciones suaves entre niveles consecutivos. Teniendo como objetivo construir un nuevo conjunto  $S^{n(t+1)}$ , añadiremos un nuevo término entre cada dos términos del conjunto del nivel  $t$ . Para realizar esta inserción reducimos el tamaño del soporte de las etiquetas para reservar espacio para la nueva, que se sitúa en el medio de ellas.

La granularidad de un conjunto de términos del nivel  $t + 1$  se obtiene de su predecesor  $t$  como:

$$L(t, n(t)) \rightarrow L(t + 1, 2 \cdot n(t) - 1)$$

Un ejemplo gráfico de una jerarquía lingüística puede verse en la figura 1:

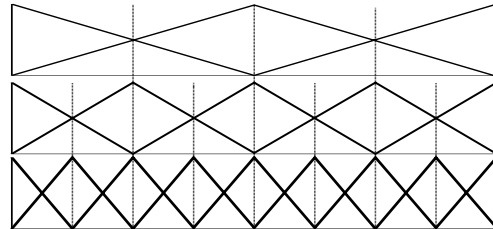


Figura 1: Jerarquía de 3, 5 y 9 etiquetas

Las jerarquías lingüísticas nos permiten operar con etiquetas de distintos niveles sin pérdida de información mediante la transformación

de etiquetas entre niveles de la jerarquía por medio del uso del modelo computacional de la representación de 2-tuplas.

**Definición 3.** Sea  $LH = \bigcup_t l(t, n(t))$  una jerarquía lingüística cuyos conjuntos de términos notaremos como  $S^{n(t)} = \{s_0^{n(t)}, \dots, s_{n(t)-1}^{n(t)}\}$ . La función de transformación de un término del nivel  $t$  a uno del nivel  $t'$  se define como:

$$TF_{t'}^t : l(t, n(t)) \longrightarrow l(t', n(t'))$$

$$TF_{t'}^t(s_i^{n(t)}, \alpha^{n(t)}) = \Delta^{-1}\left(\frac{\Delta(s_i^{n(t)}, \alpha^{n(t)}) \cdot (n(t') - 1)}{n(t) - 1}\right)$$

**Proposición 2.** La función de transformación de términos entre distintos niveles de una jerarquía es biyectiva:

$$TF_t^{t'}(TF_{t'}^t(s_i^{n(t)}, \alpha^{n(t)})) = (s_i^{n(t)}, \alpha^{n(t)})$$

Por lo tanto, nos garantiza la transformación sin pérdida de información.

### 3. Modelo de Evaluación Sensorial Lingüístico Multi-Granular

Nuestra propuesta consiste en definir un modelo de evaluación sensorial en marcos de evaluación lingüísticos multi-granulares usando jerarquías lingüísticas para modelar y operar de forma precisa con dicha información.

El modelo de evaluación propuesto seguirá un modelo de análisis de decisión [4] que se usa en la Teoría de la decisión. Antes de tomar una decisión, se lleva a cabo un proceso de análisis que permite a los decisores tomar decisiones de una forma consistente. Sin embargo el análisis de decisión no es una teoría a idealizar sobre cómo las personas toman sus decisiones de una forma totalmente racional. En realidad, existen trabajos en psicología que muestran que en ocasiones las personas no procesan la información y que otras veces, toman sus decisiones de forma inconsistente con el análisis de la decisión. Por tanto, aunque el análisis de decisión no sea seguido siempre por los decisores a la hora de tomar sus decisiones, sí es responsable de realizar un estudio metódico y analítico que ayude a analizar las alternativas, indicadores,

etc. del elemento que se está estudiando y que es el objetivo de los procesos de *Evaluación*.

En [4] se muestran todas las fases de un proceso de análisis de decisión, en la figura siguiente mostramos las fases que nos atañen a la hora de definir un modelo de evaluación:

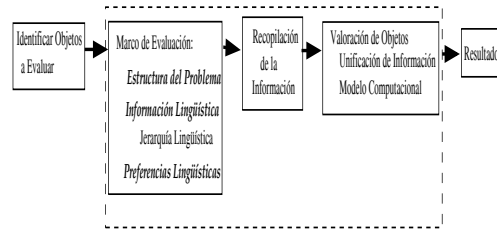


Figura 2: Fases de análisis de decisión para un proceso de evaluación

- *Identificar los Objetos a Evaluar.* Esta fase es dependiente del problema. En cada problema se identifican los objetos de interés.
- *Marco de Evaluación.* Aquí se definen las estructuras de modelado que usarán los expertos en nuestro caso la jerarquía lingüística,  $LH$ , para expresar sus valoraciones.
- *Recopilación de la información.* Los expertos expresan su preferencias mediante etiquetas lingüísticas de  $LH$ .
- *Valoración de los objetos.* Al estar en un contexto multi-granular la información será unificada en un nivel de la jerarquía y después se realizarán las operaciones para obtener una evaluación para cada objeto.
- *Resultados de la evaluación.* Se analizan los resultados obtenidos.

A continuación se presenta con mayor detalle las fases principales de nuestro modelo de evaluación sensorial.

#### 3.1. Marco de Evaluación Lingüístico Multi-granular

Se define el esquema del problema de evaluación sensorial y el marco de definición del

mismo sobre un contexto lingüístico multi-granular basado en jerarquías lingüísticas.

El objetivo de la evaluación sensorial es evaluar los objetos según el conocimiento adquirido por el sistema sensorial de los expertos. A continuación presentamos las características y terminología que usaremos en el problema.

- Sea  $E = \{e_1, \dots, e_n\}$  el panel de expertos.
- Sea  $X = \{x_1, \dots, x_m\}$  objetos a evaluar.
- Sea  $F = \{f_1, \dots, f_h\}$  el conjunto de características sensoriales de los objetos.
- Cada experto,  $e_i$ , expresa sus preferencias en un conjunto de términos  $S_i^{n(t)} \in LH$ .

Vemos cómo este marco de evaluación permite que cada experto pueda expresar sus valoraciones en distintos conjuntos de etiquetas según su conocimiento.

### 3.2. Recopilación de la Información

En esta fase se obtienen las valoraciones de los expertos sobre cada indicador para cada objeto. El experto,  $e_i$ , proporciona sus preferencias en  $S_i^{n(t)}$  a través de vectores de utilidad:

$$U_i = \{u_{11}^i, \dots, u_{1h}^i, u_{21}^i, \dots, u_{2h}^i, \dots, u_{m1}^i, \dots, u_{mh}^i\}$$

donde  $u_{jk}^i \in S_i^{n(t)}$  es la evaluación del indicador  $f_k$  para el objeto  $x_j$  por el experto  $e_i$ .

### 3.3. Valoración de Objetos

Aquí se busca obtener un valor de los objetos evaluados atendiendo a las valoraciones proporcionadas por el panel de expertos. Dado que el contexto en que se definen estos problemas es multi-granular este proceso se dividirá en dos fases:

- Unificación de la información lingüística multi-granular: la información debe ser expresada en un único dominio de expresión.
- Agregación: se busca obtener un valor colectivo de acuerdo con las valoraciones del panel de expertos.

### 3.3.1. Unificación de la Información Multi-granular

Los vectores de utilidad,  $U_i$ , proporcionados por los expertos en la fase anterior contienen la información lingüística valorada en distintos conjuntos de etiquetas. Para poder operar sobre ellos hay que unificar dicha información en un único dominio de expresión que denominaremos Conjunto Básico de Términos Lingüísticos (CBTL). Para ello seleccionaremos como CBTL un nivel,  $\bar{t}$ , de la LH y transformaremos las valoraciones de cada experto,  $e_i$ , a dicho nivel mediante la función de transformación presentada en la Definición 3, tal y como sigue:

$$\forall u_{jk}^i \in S_i^{n(t)} \\ TF_{\bar{t}}^t(u_{jk}^i, 0) = \Delta^{-1}\left(\frac{\Delta(u_{jk}^i, 0) \cdot (n(\bar{t}) - 1)}{n(t) - 1}\right)$$

Una vez se ha realizado el proceso de unificación para todos los expertos, la información de entrada está expresada mediante 2-tuplas en el  $S^{n(\bar{t})}$ .

### 3.3.2. Agregación

El objetivo de esta fase es obtener valoraciones para los objetos evaluados según los valores suministrados por el panel de expertos. Dado que la información ha sido unificada en 2-tuplas lingüísticas puede operarse sobre ellas utilizando operadores de agregación sobre 2-tuplas presentados en [8].

Dependiendo del objetivo del proceso de evaluación los procesos de agregación pueden variar, tanto en número como en los operadores a utilizar. Esta contribución pretende sólo introducir el modelo y su funcionamiento de forma simple que será aplicado en la siguiente sección. Por lo que describimos esta fase con un único proceso de agregación.

1. *Evaluación colectiva para cada característica*: en el proceso de recopilación de información cada experto,  $e_i$ , proporciona sus preferencias para cada característica  $f_k$  sobre el objeto  $x_j$  por medio de los vectores de utilidad,  $u_{jk}^i$ . Se calculará un valor colectivo,  $u_{jk}$ , para cada característica,  $f_k$ , usando un operador de agregación,

$AG_1$ , sobre las evaluaciones proporcionadas por los expertos:

$$u_{jk} = AG_1(u_{jk}^1, \dots, u_{jk}^n)$$

2. *Evaluación colectiva para cada objeto*: el objetivo principal del proceso de evaluación de las alternativas es obtener una evaluación global para cada objeto evaluado de acuerdo a las preferencias de todos los expertos. Este proceso agregará los valores colectivos de cada característica para cada objeto, usando un operador de agregación,  $AG_2$ :

$$u_j = AG_2(u_{j1}, \dots, u_{jh})$$

#### 4. Evaluación Sensorial del Aceite de Oliva

Las empresas que comercializan aceite de oliva intentan mantener el sabor de un tipo de aceite de oliva durante el tiempo, ya que el sabor es una característica esencial en este producto. Sin embargo, es imposible obtener la misma clase de aceituna de diferentes cosechas. Lo que se realiza es una mezcla de hornadas de aceite de oliva de diferentes olivares para intentar reproducir el mismo sabor.

En estos procesos, la evaluación sensorial juega un papel importante porque antes del comienzo de cualquier mezcla, los expertos tratan de conocer qué hornada de aceite de oliva es conveniente para la mezcla. En esta sección, mostraremos un ejemplo de cómo evaluar con nuestro modelo una muestra de aceite de oliva de una cosecha para averiguar qué hornada es apropiada para ser mezclada estudiando dos características del sabor como son, el dulzor y la acidez del aceite de oliva.

##### 4.1. Marco de Evaluación

El panel de expertos se compone de 4 expertos  $E = \{e_1, \dots, e_4\}$  que van a evaluar 2 características  $F = \{f_1, f_2\}$  de una muestra de Aceite de Oliva. Cada experto va a suministrar sus preferencias sobre las características del dulzor,  $f_1$ , y la acidez,  $f_2$ , de la muestra de aceite

de oliva en diversos términos de la jerarquía lingüística mostrada en la Fig. 1. Específicamente:

	$f_1$	$f_2$
$e_1$	$l(3, 9)$	$l(3, 9)$
$e_2$	$l(2, 5)$	$l(3, 9)$
$e_3$	$l(3, 9)$	$l(2, 5)$
$e_4$	$l(3, 9)$	$l(3, 9)$

Para la característica del dulzor se utilizará la siguiente sintaxis:

$$S^5 = \{s_0^5 : N(Nada), s_1^5 : P(Poco), s_2^5 : M(Medio), s_3^5 : B(Bastante), s_4^5 : D(Demasiado)\}.$$

$$S^9 = \{s_0^9 : N(Nada), s_1^9 : MP(MuyPoco), s_2^9 : P(Poco), s_3^9 : A(Apenas), s_4^9 : M(Medio), s_5^9 : A(Algo), s_6^9 : B(Bastante), s_7^9 : MD(MuyDulce), s_8^9 : D(Demasiado)\}.$$

Para la característica de la acidez se ha utilizado  $S'$  para diferenciarla de la sintaxis de la característica del dulzor.

$$S'^5 = \{s_0'^5 : N(Nada), s_1'^5 : P(Poco), s_2'^5 : M(Medio), s_3'^5 : B(Bastante), s_4'^5 : D(Demasiado)\}.$$

$$S'^9 = \{s_0'^9 : N(Nada), s_1'^9 : MP(MuyPoco), s_2'^9 : P(Poco), s_3'^9 : A(Apenas), s_4'^9 : M(Medio), s_5'^9 : A(Algo), s_6'^9 : B(Bastante), s_7'^9 : MA(MuyAcido), s_8'^9 : D(Demasiado)\}.$$

##### 4.2. Recopilación de la Información

Los vectores de utilidad proporcionados por los expertos han sido:

	$f_1$	$f_2$
$e_1$	$(s_2^9)$	$(s_4'^9)$
$e_2$	$(s_1^5)$	$(s_3^9)$
$e_3$	$(s_5^9)$	$(s_2'^5)$
$e_4$	$(s_3^9)$	$(s_3^9)$

##### 4.3. Valoración de los Objetos

Buscamos obtener un valor de la muestra de aceite de oliva evaluada atendiendo a las valoraciones proporcionadas por el panel de expertos. Este proceso consiste en dos fases:

**4.3.1. Unificación de la Información Multi-granular**

Deberemos seleccionar un conjunto de términos lingüísticos para unificar la información lingüística multi-granular. Podemos elegir cualquiera para hacerlo. En este caso, elegiremos  $l(3, 9)$  puesto que la mayoría de los expertos han expresado sus preferencias en él. Por lo tanto obtendremos los siguientes valores de preferencia expresados por medio de 2-tuplas en el CBTL, utilizando la función de transformación  $TF_t^9$  :

$$TF_5^9(s_1^5, 0) = (s_2^9, 0)$$

$$TF_5^9(s_2^5, 0) = (s_4^9, 0)$$

	$f_1$	$f_2$
$e_1$	$(s_2^9, 0)$	$(s_4^9, 0)$
$e_2$	$(s_2^9, 0)$	$(s_3^9, 0)$
$e_3$	$(s_5^9, 0)$	$(s_4^9, 0)$
$e_4$	$(s_3^9, 0)$	$(s_3^9, 0)$

**4.3.2. Agregación**

1. *Evaluación Colectiva para cada Característica:* Para simplificar el ejemplo, consideramos que todos los expertos tienen la misma importancia. Para agregar la información proporcionada por los expertos y así obtener un valor colectivo para cada característica valorada, utilizaremos la media aritmética para 2-tupla:

**Definición 4** [8]. Sea  $x = \{(r_1, \alpha_1), \dots, (r_n, \alpha_n)\}$  un conjunto de 2-tuplas. La media aritmética para 2-tuplas,  $\bar{x}^e$ , se calcula como:

$$\bar{x}^e = \Delta\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \Delta^{-1}(r_i, \alpha_i)\right) = \Delta\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i\right)$$

Los valores colectivos obtenidos son:

$f_1$	$f_2$
$(s_3^9, 0)$	$(s_4^9, -.5)$

Para la característica  $f_1$  y  $f_2$  la sintaxis es *Apenas Ácido* y *Dulzor Medio*, respectivamente.

Los valores colectivos pueden ser expresados en cualquier conjunto de términos lingüísticos de los utilizados por los expertos para expresar sus valoraciones.

$$1(2, 5): TF_3^5(s_i, \alpha)$$

$f_1$	$f_2$
$(s_2^5, -.5)$	$(s_2^5, -.25)$

Para la característica  $f_1$  y  $f_2$  la sintaxis es *Acidez Media* y *Dulzor Medio* respectivamente.

Así, cada experto puede recibir los valores colectivos en su dominio de expresión, con lo que su interpretación es intuitiva y directa.

**5. Conclusiones**

La evaluación sensorial es un proceso de evaluación, en el cual, la información proporcionada por los expertos ha sido adquirida por medio de los órganos sensoriales. Por lo tanto, esta información es generalmente vaga e imprecisa. Además los distintos expertos pueden tener diverso grado de conocimiento sobre los artículos evaluados. En esta contribución hemos presentado un modelo de evaluación sensorial que ofrece un marco lingüístico multi-granular de evaluación para ofrecerles una mayor flexibilidad a la hora de expresar su conocimiento y obtener mejores resultados en el proceso de evaluación.

**Agradecimientos**

Este artículo ha sido realizado con la ayuda del proyecto TIN2006-02121 y Fondos Feder.

**Referencias**

- [1] B. Arfi. Fuzzy decision making in politics. A linguistic fuzzy-set approach (LFSA). *Political Analysis* **13**, pp. 23–56 (2005).
- [2] P.P. Bonissone and K.S. Decker, Selecting Uncertainty Calculi and Granularity:

- An Experiment in Trading-off Precision and Complexity, en: L.H. Kanal and J.F. Lemmer, Eds., *Uncertainty in Artificial Intelligence* (North-Holland, 1986) 217-247.
- [3] C. H. Cheng and Y. Lin. Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. *European Journal of Operational Research* **142**, pp. 174–186 (2002).
- [4] R.T. Clemen. *Making Hard Decisions. An Introduction to Decision Analysis*. Duxbury Press, 1995.
- [5] R. Degani and G. Bortolan. The problem of linguistic approximation in clinical decision making. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2:143–162, 1988.
- [6] M. Delgado, J.L. Verdegay, and M.A. Vila. Linguistic decision making models. *International Journal of Intelligent Systems*, 7:479–492, 1993.
- [7] G.B. Dijksterhuis. *Multivariate Data Analysis in Sensory and Consumer Science, Food and Nutrition*. Press Inc. Trumbull, Connecticut, USA. 1997.
- [8] F. Herrera and L. Martínez. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* **8**, pp. 746–752 (2000).
- [9] F. Herrera and L. Martínez, A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multi-granularity hierarchical linguistic contexts in multiexpert decision-making, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part B: Cybernetics* **31**, pp. 227–234 (2001).
- [10] F. Herrera and L. Martínez. A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranularity hierarchical linguistic contexts in multiexpert decision-making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part B: Cybernetics* **31**, pp. 227–234 (2001).
- [11] L. Martínez. Sensory evaluation based on linguistic decision analysis. *International Journal of Approximate Reasoning*, 44(2):148–164, 2007.
- [12] D. Ruan and X. Zeng (Eds.) ,Sensory Evaluation: Methodologies and Applications, Springer, 2004.
- [13] H. Stone and J.L. Sidel, *Sensory Evaluation Practice*, Academic Press Inc., San Diego, CA, 1993.
- [14] L. A. Zadeh, The Concept of a Linguistic Variable and Its Applications to Approximate Reasoning. Part I, *Information Sciences* **8** (1975) 199-249, Part II, *Information Sciences* **8** (1975) 301-357, Part III, *Information Sciences* **9** (1975) 43-80.