

# Modelo de Evaluación Sensorial con Información Lingüística Multigranular para el Aceite de Oliva

M. Espinilla, L. Martínez, L. G. Pérez  
Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
Universidad de Jaén, 23071 - Jaén, España  
mestevez, martin, lgonzaga@ujaen.es

J. Liu  
School of Computing and Mathematics  
University of Ulster  
j.liu@ulster.ac.uk

## Resumen

Los procesos de evaluación se utilizan para la inspección de la calidad, la comercialización y otros campos en compañías industriales. En los 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 para modelar esta información puede ayudar a los expertos a la hora de expresar sus percepciones. En los procesos de evaluación puede ocurrir que diferentes expertos tengan diferente grado de conocimiento sobre los elementos a evaluar; por lo que, el uso de escalas con distinta granularidad para modelar sus opiniones puede ser adecuada. En esta contribución se propone un modelo de evaluación sensorial basado en un modelo de análisis de decisión para problemas definidos en marcos lingüísticos multigranulares donde cada experto puede expresar sus valoraciones en conjuntos de etiquetas distintos según su grado de conocimiento para aplicarlo a la evaluación sensorial del aceite de oliva.

**Palabras Clave:** Evaluación Sensorial, Análisis de Decisión, Aceite de Oliva, Jerarquías Lingüísticas.

## 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 los procesos de evaluación es proporcionada por un grupo de individuos previamente seleccionados y entrenados, llamado *panel de expertos*, donde cada uno expresa sus opiniones sobre los elementos a evaluar.

La evaluación sensorial [5, 9, 10, 11] es una disciplina de la evaluación 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*. Se considera que el aparato sensorial humano muestra grados de variación de sensibilidad de persona a persona y que la sensibilidad puede ser influenciada fácilmente por circunstancias externas o del medio [8]. Es por esto que uno de los grandes problemas asociados al análisis sensorial es conseguir que la respuesta humana sea precisa y se pueda determinar de modo cuantitativo. Este problema puede mejorarse modelando la información sensorial de forma cualitativa mediante etiquetas lingüísticas [9]. El uso de la aproximación lingüística difusa [12] ha producido buenos resultados a la hora de modelar la información cualitativa en diversos campos de aplicación [1, 3].

Como hemos visto los sentidos sensoriales muestran grados de variación en los humanos y, puede suceder que diferentes indicadores sensoriales de los objetos a evaluar se puedan analizar con diferente precisión. Por tanto, puede ocurrir que los expertos necesiten distintos grados de precisión o que unos indicadores se modelen mejor en un conjunto con pocos términos lingüísticos mientras que otros lo sean en conjuntos con más etiquetas. En tales situaciones, ofrecer un marco de evaluación flexible donde a los expertos se les permita expresarse en el conjunto de términos que se sientan más cómodos puede mejorar los resultados de la evaluación. Esta contribución propone un modelo de evaluación sensorial, basado en un esquema de análisis de decisión [4], con un marco de evaluación flexible que define un contexto lingüístico multigranular modelado mediante jerarquías lingüísticas [7] para mejorar la precisión de los procesos de computación con pala-

bras, que aparecen en el proceso de evaluación. Dicho modelo será aplicado a la evaluación sensorial del aceite de oliva.

Esta contribución se estructura como sigue, en la sección 2 revisamos brevemente varios conceptos necesarios para desarrollar el modelo. En la sección 3 presentamos el modelo de evaluación sensorial con escalas lingüísticas multigranulares. En la sección 4 mostramos su aplicación a la evaluación sensorial del aceite de oliva. En la sección 5 señalamos algunas conclusiones.

## 2. Información Lingüística: Antecedentes

En esta sección revisamos brevemente conceptos relacionados con la información lingüística y que serán utilizados en el desarrollo de nuestra propuesta, tales como, el enfoque lingüístico difuso, el modelado lingüístico basado en 2-tuplas y las jerarquías lingüísticas.

### 2.1. Enfoque Lingüístico Difuso

El enfoque lingüístico difuso representa información lingüística utilizando valores lingüísticos mediante variables lingüísticas [12].

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 [2]. 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 el uso de funciones de pertenencia paramétricas (triangulares o trapezoidales) es suficiente para capturar la vaguedad de los términos lingüísticos [2].

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

El modelo de representación lingüístico basado en 2-tuplas fue presentado en [6] para mejorar la precisión en los procesos de computación con palabras.

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 la información lingüística se representa con 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:*

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

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

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.

Conviene señalar que  $\Delta$  es biyectiva y  $\Delta^{-1} : S \times [-.5, .5) \longrightarrow [0, g]$  es definida como  $\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha$ . En este sentido, la 2-tupla  $S \times [-.5, .5)$  queda identificada con el valor en el intervalo  $[0, g]$ .

**Comentario 1:** *A partir de las definiciones 1 y 2, 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

Las Jerarquías Lingüísticas se presentaron en [7] como una estructura capaz de mejorar la precisión en los procesos computacionales de información lingüística multigranular.

Una Jerarquía Lingüística está compuesta por 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 unas reglas definidas en [7]. De acuerdo a estas reglas 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:

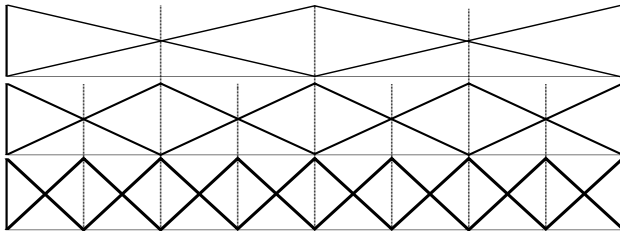


Figura 1: Jerarquía de 3, 5 y 9 etiquetas.

A continuación, podemos ver el conjunto de términos lingüísticos correspondiente a cada nivel

$$\begin{aligned} l(1, 3) &= S^3 = \{s_0^3, s_1^3, s_2^3\} \\ l(2, 5) &= S^5 = \{s_0^5, s_1^5, s_2^5, s_3^5, s_4^5\} \\ l(3, 9) &= S^9 = \{s_0^9, s_1^9, s_2^9, s_3^9, s_4^9, s_5^9, s_6^9, s_7^9, s_8^9\} \end{aligned}$$

Las jerarquías lingüísticas permiten operar con etiquetas de distintos niveles sin pérdida de información mediante la transformación de etiquetas entre niveles de la jerarquía, mediante el uso del modelo computacional de la representación de 2-tuplas y la siguiente función de transformación.

**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:

$$TF_{t'}^t : S^{n(t)} \times [-.5, .5] \longrightarrow S^{n(t')} \times [-.5, .5]$$

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

**Proposición 1[7].** 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

En esta sección presentamos un modelo de evaluación sensorial donde cada experto puede expresar sus valoraciones en un conjunto de etiquetas distinto según su grado de conocimiento sobre el objeto evaluado. El modelo de evaluación propuesto está basado en el análisis de decisión [4]. Este análisis permite a los decisores tomar decisiones de una forma consistente ya que, hace un estudio detallado de las alternativas del problema, 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 2 mostramos las fases relacionadas con un modelo de evaluación:

- *Identificar los Objetos a Evaluar.* En cada problema se identifican sus objetos de interés.
- *Marco de Evaluación.* Aquí se definen la estructura del problema y el modelado de preferencias que usarán los expertos.
- *Recopilación de la información.* Los expertos expresan su preferencias mediante etiquetas lingüísticas en  $LH$ .
- *Valoración de los objetos.* Se realizan las operaciones necesarias para obtener una evaluación de los objetos evaluados.
- *Resultados de la evaluación.* Se estudian las valoraciones obtenidas.

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

#### 3.1. Marco de Evaluación

En esta fase se define el esquema del problema de evaluación sensorial. En nuestro caso será un problema de Toma de Decisión Multi-Experto (TDME) donde

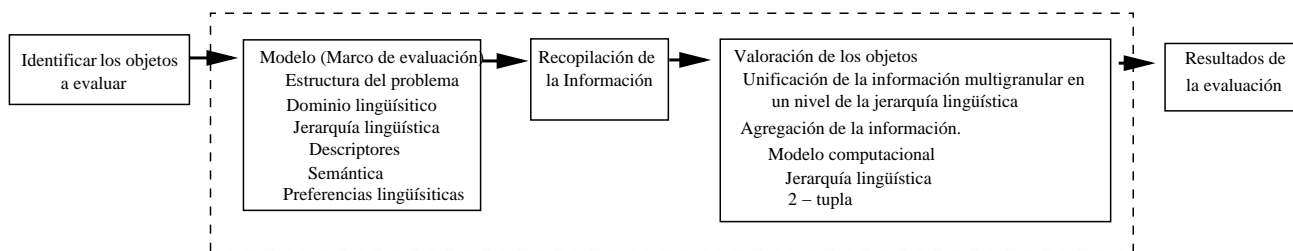


Figura 2: Fases de un análisis de decisión para un proceso de evaluación.

los expertos darán sus opiniones en vectores de utilidad expresadas en un contexto lingüístico multigranular 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. La definición y terminología usada en nuestra propuesta es:

- 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  $S_i^{n(t)} \in LH$ .

Este marco de evaluación permite que cada característica esté valorada en distintos conjuntos de etiquetas. Los expertos pueden elegir distinto número de etiquetas (nivel de la jerarquía lingüística) para evaluar la misma característica sensorial.

### 3.2. Recopilación de la Información

En esta fase se obtiene la intensidad de las percepciones de los expertos sobre cada una de las características de los objetos valorados. El experto  $e_i$ , proporciona las intensidades percibidas a través de los sentidos sensoriales en términos lingüísticos contenidos en  $LH$  con un vector 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 intensidad percibida por el experto,  $e_i$ , del atributo sensorial,  $f_k$ , del objeto,  $x_j$ .

La información recopilada es expresada en 2-tuplas, añadiendo el valor cero como traslación simbólica, tal y como se indica en el *Comentario 1* (sección 2.2).

### 3.3. Valoración de los Objetos

En esta fase se busca obtener un valor global de los objetos evaluados, atendiendo a las valoraciones propor-

cionadas por el panel de expertos. Dado que el contexto en que se definen estos problemas es multigranular esta fase se dividirá en los siguientes procesos:

#### 3.3.1. Unificación de la Información Multigranular

En primer lugar, los vectores de utilidad,  $U_i$ , proporcionados por los expertos están valorados 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) notado como,  $t'$  y que puede ser cualquiera que pertenezca a la  $LH$ , ya que no se produce pérdida de información. Transformaremos las valoraciones de cada experto,  $e_i$ , a dicho nivel mediante  $TF_{t'}^t$ . Una vez unificada la información de entrada ésta estará expresada mediante 2-tuplas en el conjunto  $S^{n(t')}$ .

#### 3.3.2. Agregación de la Información

El segundo proceso para obtener valoraciones de los objetos evaluados consiste en agregar la información unificada. Para ello utilizaremos operadores de agregación sobre 2-tuplas [6]. El proceso de agregación del modelo general consiste en dos etapas, aunque puede variar según cada problema.

1. *Evaluación colectiva para cada característica*: En primer lugar se calcula un valor colectivo,  $u_{jk}$ , para cada característica,  $f_k$ , usando un operador de agregación,  $OA_1$ , sobre las evaluaciones proporcionadas por los expertos,  $u_{jk}^i$ :

$$u_{jk} = OA_1(u_{jk}^1, \dots, u_{jk}^n)$$

2. *Evaluación colectiva para cada objeto*: dado que el objetivo principal de la fase de valoración de los objetos es obtener una evaluación global,  $u_j$ , para cada objeto evaluado de acuerdo a las preferencias de todos los expertos. Aquí, se agregan los valores colectivos de cada característica para cada objeto, usando un operador de agregación,  $OA_2$ :

$$u_j = OA_2(u_{j1}, \dots, u_{jh})$$

Dependiendo del objetivo del proceso de evaluación sensorial los operadores de agregación pueden variar, tanto en número como en los operadores a utilizar. En [6] se pueden encontrar operadores de agregación 2-tuplas: Media Aritmética para 2-tuplas, Media Ponderada...

#### 4. Modelo de Evaluación Sensorial Aplicado al Aceite de Oliva

La calidad del aceite de oliva viene determinada, entre otras, por dos de sus características organolépticas (olor, sabor). De esta manera el aceite de oliva es uno de los pocos alimentos en los que la evaluación de sus características sensoriales es un requisito para evaluar su calidad (extra, virgen, corriente y lampante) según normativas de la Unión Europea y del Consejo Oleico Internacional (COI).

A continuación presentamos la aplicación del modelo de evaluación sensorial anterior para la evaluación de muestras de aceite de oliva.

##### 4.1. Marco de Evaluación

El objetivo de la evaluación sensorial de una muestra de aceite de oliva es evaluar su calidad.

Supongamos un panel de expertos de 8 individuos,  $E = \{e_1, \dots, e_8\}$ , que someterán a evaluación una muestra de aceite de oliva,  $X = \{x_1\}$  de la que se evaluarán 7 atributos sensoriales  $F = \{f_1, \dots, f_7\}$  (6 atributos negativos: atrojado, moho, avinado, borras, metálico y rancio, y notaremos como  $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6$  respectivamente y un atributo positivo denominado frutado  $f_7$ ) que determinan las características de cada variedad.

Los expertos suministrarán sus preferencias sobre los atributos de las muestras de aceite de oliva en diversos términos de la jerarquía lingüística mostrada en la Fig. 1. Específicamente, las preferencias de los atributos  $f_1, f_2$  y  $f_3$  en  $S^5$  y el resto de atributos,  $\{f_4, \dots, f_7\}$ , serán valorados en  $S^9$ , la sintaxis de los conjuntos lingüísticos de etiquetas es:

- $s_0^9$ =Excesivamente fuerte.
- $s_1^9$ =Muy fuerte.
- $s_2^9$ =Moderadamente fuerte.
- $s_3^9$ =Ligeramente fuerte.
- $s_4^9$ =Regular.
- $s_5^9$ =Ligeramente intenso.
- $s_6^9$ =Moderadamente intenso.
- $s_7^9$ =Poco intenso.
- $s_8^9$ =Inapreciable.
- $s_0^5$ =Excesivamente fuerte.
- $s_1^5$ =Moderadamente fuerte.
- $s_2^5$ =Regular.
- $s_3^5$ =Moderadamente intenso.
- $s_4^5$ =Inapreciable.

#### 4.2. Recopilación de la Información

Los vectores de utilidad proporcionados por los expertos los podemos observar en la Tabla 1:

Tabla 1: Valoraciones del panel de expertos.

	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$
$e_1$	$s_0^5$	$s_0^5$	$s_0^5$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_1^9$
$e_2$	$s_0^5$	$s_0^5$	$s_0^5$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_1^9$
$e_3$	$s_0^5$	$s_1^5$	$s_0^5$	$s_0^9$	$s_1^9$	$s_2^9$	$s_2^9$
$e_4$	$s_0^5$	$s_1^5$	$s_0^5$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_1^9$	$s_2^9$
$e_5$	$s_0^5$	$s_1^5$	$s_0^5$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_2^9$
$e_6$	$s_0^5$	$s_1^5$	$s_0^5$	$s_1^9$	$s_0^9$	$s_1^9$	$s_2^9$
$e_7$	$s_0^5$	$s_0^5$	$s_0^5$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_1^9$
$e_8$	$s_0^5$	$s_0^5$	$s_0^5$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_0^9$	$s_1^9$

#### 4.3. Valoración de los Objetos

En esta fase se obtendrá una valoración global de la muestra de aceite de oliva evaluada.

##### 4.3.1. Unificación de la Información Multigranular

Se selecciona un conjunto de términos lingüísticos para unificar la información lingüística multigranular. En este caso, elegiremos  $l(3, 9)$  puesto que la mayoría de los expertos han expresado sus preferencias en  $S^9$ . Por lo tanto, unificamos los valores de preferencia en el CBTL, utilizando la función de transformación  $TF_3^2$ .

##### 4.3.2. Agregación de la Información

Una vez expresada la información en un único dominio de expresión, se aplica un proceso de agregación que consta de dos etapas para obtener un valor global de la muestra evaluada:

1. *Evaluación colectiva para cada característica:* En esta etapa se calcula un valor colectivo,  $u_{jk}$ , para cada característica,  $f_k$ , usando el operador de agregación *mediana 2-tupla*,  $Me$ . ya que la normativa de Unión Europea y del COI proponen la mediana para agregar los valores de todos los expertos.

**Definición 4.** Sea  $X = \{(s_j, \alpha)_1, \dots, (s_j, \alpha)_n\}$ ,  $s_j \in S = \{s_0, \dots, s_g\}$  un conjunto ordenado de 2-tuplas, siendo  $n$  el número de 2-tuplas y  $(s_j, \alpha)_k$  el  $k$ -ésimo elemento mayor del conjunto  $X$ , la mediana 2-tupla,  $Me(X)$ , se define como:

$$Me(X) = \begin{cases} Me(X) = (s_j, \alpha)_{\frac{n+1}{2}} & \text{si } n \text{ es impar} \\ Me(X) = (s_j, \alpha)_{\frac{n}{2}} & \text{si } n \text{ es par} \end{cases}$$

Tabla 2: Valoraciones del panel de expertos en  $S^9$ .

	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$
$e_1$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$
$e_2$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$
$e_3$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$	$(s_2^9, 0)$	$(s_2^9, 0)$
$e_4$	$(s_0^9, 0)$	$(s_2^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$	$(s_2^9, 0)$
$e_9$	$(s_0^9, 0)$	$(s_2^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_2^9, 0)$
$e_6$	$(s_0^9, 0)$	$(s_2^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$	$(s_2^9, 0)$
$e_7$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$
$e_8$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$

Tabla 3: Medianas 2-tupla en  $S^9$ .

$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$
$(s_0^9, 0)$	$(s_1^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_0^9, 0)$	$(s_1^9, -.5)$	$(s_2^9, -.5)$

Tabla 4: Evaluación del aceite de oliva.

Categoría	Mediana (Me) del defecto de mayor intensidad	Mediana del atributo frutado
Virgen Extra	$Me = (s_0^9, 0)$	$Me > (s_0^9, 0)$
Virgen	$(s_0^9, 0) < Me \leq (s_2^9, 0)$	$Me > (s_0^9, 0)$
Corriente	$(s_2^9, 0) < Me \leq (s_3^9, 0.1)$ o $Me \leq (s_2^9, 0)$	$Me > (s_0^9, 0)$
Lampante	$Me > (s_3^9, 0.1)$	

Cuando  $n$  es par, el valor de la Mediana no es único,  $Me(X) \in [(s_j, \alpha)_{\frac{n}{2}}, (s_j, \alpha)_{\frac{n+1}{2}}]$ . Generalizando:

$$Me(X) = \Delta\left(\frac{\Delta^{-1}(s_j, \alpha)_{\frac{n}{2}} + \Delta^{-1}(s_j, \alpha)_{\frac{n+1}{2}}}{2}\right)$$

Y se obtienen los valores mostrados en la Tabla 3.

2. *Evaluación colectiva de la muestra:* Esta evaluación se obtiene a partir de las valoraciones colectivas del defecto percibido con mayor intensidad, en nuestro caso  $f_2$ , y del atributo frutado, tal y como se muestra en la Tabla 4. Ésta es la equivalente a la utilizada en el modelo cuantitativo actual propuesto según la normativa de la Unión Europea y del COI.

En nuestro ejemplo, el defecto con mayor valor colectivo es  $f_2$  con una intensidad percibida de  $(s_1^9, 0)$  y el atributo frutado posee una intensidad de  $(s_2^9, -.5)$ . Entonces, la valoración global de la muestra de aceite de oliva atendiendo a las valoraciones del panel de expertos y a la Tabla 4 es *Virgen*.

## 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, esta información es generalmente vaga e imprecisa y dependiendo del sentido utilizado el grado de conocimiento sobre las características evaluadas puede ser distinto. En esta contribución hemos propuesto un modelo de evaluación sensorial donde los expertos pueden expresar sus valoraciones de forma cualitativa mediante etiquetas lingüísticas. Además, el modelo ofrece un marco de modelado de preferencias flexible con escalas de distinta granularidad. Dicho modelo ha sido aplicado a la evaluación sensorial de una muestra de aceite de oliva.

### Agradecimientos

Este artículo ha sido realizado con la ayuda de la "Secretaría de Estado de Universidades e Investigación del MEC PR2007-0250 del proyecto TIN2006-02121" y Fondos Feder.

## Referencias

- [1] B. Arfi. Fuzzy decision making in politics: A linguistic fuzzy-set approach (ILSA). *Political*

- Analysis*, 13(1):23–56, 2005.
- [2] P.P. Bonissone and K.S. Decker. *Selecting Uncertainty Calculi and Granularity: An Experiment in Trading-Off Precision and Complexity*. In L.H. Kanal and J.F. Lemmer, Ed., *Uncertainty in A.I.* North-Holland, 1986. pp. 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*, 142:174–186, 2002.
- [4] R.T. Clemen. *Making Hard Decisions. An Introduction to Decision Analysis*. Duxbury Press, 1995.
- [5] G.B. Dijksterhuis. *Multivariate Data Analysis in Sensory and Consumer Science, Food and Nutrition*. Press Inc. Trumbull, Connecticut, USA, 1997.
- [6] F. Herrera and L. Martínez. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 8(6):746–752, 2000.
- [7] F. Herrera and L. Martínez. A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranularity hierarchical linguistic contexts in Multi-Expert decision-making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part B: Cybernetics*, 31(2):227–234, 2001.
- [8] G. Jellinek. *Sensory evaluation of food. Theory and practice*. 1985.
- [9] L. Martínez. Sensory evaluation based on linguistic decision analysis. *International Journal of Approximated Reasoning*, 44(2) 148–164, 2007.
- [10] D. Ruan and X. Zeng (Eds.). *Sensory Evaluation: Methodologies and Applications*. Springer, 2004.
- [11] H. Stone and J.L. Sidel. *Sensory Evaluation Practice*. Academic Press Inc., San Diego, CA, 1993.
- [12] L.A. Zadeh. The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning. *Information Sciences, Part I, II, III*, 8,8,9:199–249,301–357,43–80, 1975.