

Caracterización sensorial de mieles de abeja mediante análisis multivariado a tres vías

ALTENDORFF, L.¹; WINTER, J.²; LAVALLE, A.¹

RESUMEN

El análisis sensorial consiste en la evaluación de las propiedades organolépticas de un producto mediante los sentidos humanos. Para dicha evaluación, el diseño experimental y el análisis estadístico juegan un papel fundamental. En el presente trabajo se presenta una metodología de análisis que tiene en cuenta tanto el diseño realizado en la toma de datos, como la naturaleza multivariada de estos. Para ello se combinan técnicas inferenciales con análisis descriptivos. En particular se implementa análisis de la varianza para detectar la posible interacción panelista-miel y análisis multivariado para realizar la caracterización de productos. Los datos analizados corresponden a 40 muestras de miel de la temporada 2014-2015 cosechada en distintas localidades de la provincia de Entre Ríos, que fueron evaluados por un panel formado por cuatro catadores entrenados. Los resultados permiten diferenciar las muestras de acuerdo a sus propiedades y realizar una evaluación del panel a fin de determinar sobre cuáles atributos es necesario realizar un mejor entrenamiento.

Palabras clave: análisis de la varianza, análisis factorial múltiple.

ABSTRACT

Sensory analysis is the evaluation of organoleptic properties of a product by the human senses. For this evaluation, experimental design and statistical analysis play a fundamental role. In the present work we show a methodology that takes into account both the design made in the data collection and the multivariate nature of the data. For this, inferential techniques are combined with descriptive analyzes. In particular, Analysis of Variance is implemented to detect the possible panel-honey interaction and Multivariate Analysis to perform product characterization. The analyzed data correspond to 40 samples of honey from the season 2014-2015 harvested in different localities of the province of Entre Ríos, which were evaluated by a panel formed by four trained tasters. The results allow differentiating the samples according to their properties and to perform an evaluation of the panel in order to determine on which attributes it is necessary to perform a better training.

Keywords: Analysis of Variance, Multiple Factor Analysis.

¹Universidad Nacional del Comahue, Departamento de Estadística, Buenos Aires 1400 Neuquén, Argentina. Correo electrónico: laltendorff@gmail.com

²Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

INTRODUCCIÓN

Argentina es uno de los principales países productores y exportadores de miel del mundo. Como el mercado interno no está aún ampliamente desarrollado, la mayor parte de la miel que se produce se exporta a granel, ocupando el segundo lugar como exportador y el tercero como productor a nivel mundial (Ministerio de Agroindustria, 2017).

En otros países, principalmente europeos, donde el consumo de miel por persona es mucho mayor al que se da en nuestro país, los distintos tipos de miel que se producen han sido estudiados exhaustivamente. Como ejemplo se puede citar el mercado italiano, donde las mieles monoflorales están muy desarrolladas, y el productor recibe un elevado precio por su producto (Álvarez *et al.*, 2016). A partir de estos estudios se han podido definir el origen botánico y las características sensoriales y físicoquímicas de cada tipo de miel, por lo cual son bien conocidas por los consumidores, que eligen uno u otro tipo de acuerdo a su caracterización (Galán- Sodevilla *et al.*, 2005; Makhloufi *et al.*, 2015)

En Argentina, diferentes políticas intentan maximizar los niveles de valor agregado en la cadena apícola, con el propósito de mejorar su competitividad, fortaleciendo su posicionamiento tanto en el mercado interno como externo. (Ministerio de Agroindustria, 2017). En ese sentido, se trabaja en caracterizar las mieles obtenidas en diferentes territorios de acuerdo a sus características naturales para facilitar su valorización por diferenciación o producción bajo protocolo (INTA, 2017).

Uno de los aspectos de la caracterización de las mieles es la caracterización sensorial. Se ha estudiado el perfil sensorial de mieles de la provincia de Santa Fe (Ciappini *et al.*, 2008, 2009), de la provincia de Buenos Aires (Silvano *et al.*, 2014) y de la provincia de Catamarca (Costa *et al.*, 2013). El noroeste argentino está trabajando en la caracterización de mieles monoflorales mediante el desarrollo de Protocolos de Calidad específicos para cada una de ellas (Álvarez *et al.*, 2016). En la provincia de Neuquén se realizó una caracterización de mieles de provenientes de diferentes zonas del interior de la provincia, con la finalidad de diferenciarlas y proveer valor agregado a los productos (Altendorff *et al.*, 2011).

El análisis sensorial se refiere a la medición y cuantificación de las características de los productos alimenticios evaluables por los sentidos humanos (Montenegro *et al.*, 2008). Es sabido que el análisis sensorial se emplea en el desarrollo de nuevos productos, el control de calidad, así como en la investigación de mercados (Martínez Roig, 2010). Los perfiles sensoriales evidencian su utilidad a la hora de realizar un control de calidad, desarrollar nuevos productos, establecer correlaciones sensorio-instrumentales, medir cambios en la intensidad de un atributo en función del tiempo o bien identificar cuáles son los atributos claves para incluir en un ensayo con consumidores (Lawless y Heymann, 2010).

El análisis de datos de perfiles sensoriales de mieles se realiza básicamente mediante análisis descriptivo cuanti-

tativo, análisis de componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados. En algunas ocasiones se utilizan técnicas multivariadas más complejas como, por ejemplo, análisis a tres vías (Altendorff *et al.*, 2016). Asimismo, si el objetivo es realizar una comparación entre cualidades respecto del origen geográfico o el origen floral, se utiliza el análisis de la varianza (Ciappini *et al.*, 2013; Carvalho *et al.*, 2009; González Lorente *et al.*, 2007; Montenegro *et al.*, 2008; Ciappini *et al.*, 2008; Galán Soldevilla *et al.*, 2005; Anupama *et al.*, 2003; Silvano *et al.*, 2014).

En el presente trabajo se propone un análisis en dos etapas. En principio se evalúa la performance del panel y se detectan los atributos para los cuales hay consenso entre panelistas. En segundo lugar, utilizando estos atributos seleccionados, se realiza un análisis multivariado a tres vías que permite caracterizar los productos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos analizados corresponden a 40 muestras de miel de la temporada 2014-2015 cosechada en distintas localidades de la provincia de Entre Ríos, muestreadas en el marco del proyecto "Identificación de los atributos de calidad para el fortalecimiento de las condiciones de comercialización de las mieles de la Región de Salto Grande, Entre Ríos", que lleva adelante la Mesa Sectorial Apícola de la Región Salto Grande, coordinada por la Comisión Administradora del Fondo Especial de Salto Grande (CAFESG).

Se trabajó con un panel de cata compuesto por 4 miembros perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) Centro Neuquén, según las normas IRAM Serie 20000, y se realizó el análisis sensorial según norma IRAM 15980-1 Miel - Análisis Sensorial Parte I: Guía general para establecer el perfil sensorial. Se utilizó una escala del 0 al 10 y cada producto fue evaluado por cada panelista en dos sesiones.

Para los atributos olor y aroma se evaluó la intensidad total y se discriminaron las familias y subfamilias percibidas y la intensidad de cada una de ellas. Las variables olor Frutal Frutas Cocidas, Olor Frutal Frutas Disecadas y Olor Frutal Frutas Azucaradas fueron unificadas. Se analizaron los gustos básicos: dulce, salado, ácido y amargo. Se analizaron las sensaciones trigeminales astringencia, pungencia y sensación de frío/calor, y la persistencia y presencia de gusto residual. Por último, se analizó la textura de las mieles: tamaño de los cristales percibido en la boca, tamaño de los cristales por apreciación visual y la facilidad de disolución de los cristales en la boca.

Respecto a la metodología estadística, luego del análisis de consistencia de los datos, se conformó la base a la que se aplicó Análisis de la Varianza Multivariado (MANOVA) para evaluar interacción panelista – muestra de miel, planteando un modelo de interacción multivariada y posteriormente se realizó un Análisis de la Varianza Univariado (ANOVA), utilizando el mismo modelo para cada variable:

donde

$$y_{ijk} = \mu + P_i + M_j + P_{(ij)} + \varepsilon_{ijk}$$

y_{ijk} es la k-ésima réplica de cada una de las p variables observables

μ es la media general

P_i es el efecto del i-ésimo panelista, $i = 1, 4$

M_j es el efecto de la j-ésima muestra de miel, $j = 1, 40$

$PM_{(ij)}$ es el efecto de la interacción

ε_{ijk} es el término de error

La interacción “panelista-muestra” indica si las mieles son percibidas de manera similar por los diferentes panelistas. En otras palabras, indica si existe un consenso entre los panelistas al calificarlas en el atributo de interés. Si es significativa, no se observa consenso entre los panelistas (dentro del panel): los panelistas no tienen la misma percepción de las mieles con respecto al atributo sensorial de interés. Esta interacción es por lo tanto de interés principal al evaluar el desempeño de un panel: corresponde al acuerdo entre los panelistas. El efecto “muestra” indica si las mieles se perciben como diferentes en ese atributo. Si es significativo, el panel ha discriminado las mieles con respecto al atributo sensorial de interés. Este efecto es de interés principal al evaluar el desempeño de un panel: corresponde a la capacidad de discriminación del panel. El efecto “panelista” indica si los panelistas usan la escala de notación de manera similar o no. Este efecto es de menor interés (Lê y Worch, 2015).

Por último, se procede con el análisis factorial múltiple (AFM): como método de análisis a tres vías para identificar grupos de mieles con características similares, que fueran evaluadas por los panelistas según las variables-descriptores. El análisis factorial múltiple (Escofier y Pagès, 1990) es un método de análisis multivariado adaptado al tratamiento de tablas de datos en las que un mismo conjunto de individuos se describe a través de varios grupos de variables. Cuando las variables son cuantitativas, como en este caso, el AFM se basa en la metodología de análisis de componentes principales (ACP) y consta de dos etapas: 1) a cada grupo de variables se asocia una configuración denominada nube parcial, mediante un ACP de cada grupo de variables. 2) se realiza un ACP de la tabla global que re-

sulta de yuxtaponer todos los grupos de variables. En este análisis cada tabla es ponderada por el inverso del primer valor propio obtenido en el ACP de dicha tabla. Esta ponderación mantiene la estructura de cada tabla, ya que todas las variables han recibido la misma ponderación, pero consigue equilibrar la influencia de los grupos, ya que la inercia máxima de cada una de las nubes de individuos, definida por los diferentes grupos, vale 1 en cualquier dirección.

Para este caso, la evaluación realizada por cada panelista constituye un grupo de variables, por lo tanto, las tres vías de análisis son: muestras de mieles (individuos); descriptores evaluados (variables); panelistas (grupo o condición). El AFM suministra resultados que permiten caracterizar a las muestras de mieles de acuerdo a las variables evaluadas por los panelistas. El procesamiento de datos se realizó con el software libre R (R Core Team, 2017).

RESULTADOS

1.º) Disposición de información de trabajo: la base original constaba de 97 descriptores: 41 de olor; 2 visuales; 40 de aroma; 5 de gusto; 6 de sensaciones trigeminales; 3 de textura. Sobre la base de matriz de correlaciones y el análisis de significancias, es decir, altas correlaciones y bajas probabilidades asociadas, se unificaron algunos descriptores así como se descartaron aquellos descriptores que no fueron percibidos y los que fueron percibidos por menos de 3 panelistas. Quedó así conformada una base de datos con 32 descriptores y 4 panelistas.

2.º) Sobre la base de datos se aplicó análisis de la varianza multivariado (MANOVA) con el modelo de interacción planteado, obteniéndose los resultados expuestos en la tabla 1.

Se comprueba que existe interacción significativa entre panelistas y los tipos de mieles de las observaciones multivariadas (Efecto Panel*Muestra significativo).

Posteriormente se comprobó la significancia de efectos en forma univariada, obteniéndose los resultados expuestos en la tabla 2.

En los descriptores que se evidencia interacción panelista-miel (muestra) significativa se interpreta que

Efecto	Test de significancia multivariada					
	Test	Valor	F	Grados de libertad del efecto	Grados de libertad del error	p
Panel	Wilks	0,000469	48,1390	96	387,059	0,00
Muestra	Wilks	0,000001	2,025	1248	3413,312	0,00
Panel*Muestra	Wilks	0,000000	1,389	3744	4365,061	0,00

Tabla 1. Significancia de los efectos del análisis de la varianza multivariado.

Descriptor	Panelista (P _i)	Muestra (M _j)	Interaccion (PM _{ij})
Intensidad total de olor (OLOR)	*	*	ns
Olor cálido sutil (OCS)	**	ns	ns
Olor frutal cítrico (OFC)	**	ns	ns
Olor frutal (OFF)	**	**	**
Olor frutal valeriano (OFV)	**	**	**
Olor animal valeriano (OAV)	**	**	ns
Olor animal proteico (OAP)	**	ns	ns
Olor vegetal seco (OVS)	**	**	*
Olor químico (OQH)	**	**	**
Olor aromático coumarina (OAC)	**	*	ns
Tamaño de cristales mayores (VTM)	**	**	**
Intensidad total de aroma (AROMA)	**	ns	ns
Aroma cálido sutil (ACS)	**	**	**
Aroma cálido malteado (ACM)	**	**	ns
Aroma fruta tropical (AFFT)	**	ns	**
Aroma frutal cítrico (AFC)	**	*	ns
Aroma frutal (AFF)	**	**	**
Aroma frutal vinoso (AFV)	**	**	**
Aroma animal valeriano (AAV)	**	**	ns
Aroma vegetal seco (AVS)	**	**	ns
Aroma químico (AQH)	**	**	**
Aroma aromático coumarina (AAC)	**	ns	**
Gusto dulce (DULCE)	**	*	*
Gusto ácido (ÁCIDO)	**	**	**
Gusto salado (SALADO)	**	ns	ns
Gusto amargo (AMARGO)	**	*	ns
Astringencia (ASTR)	**	*	ns
Quimiotérmica frío (QFRÍO)	**	**	ns
Gusto residual (RESIDUAL)	**	**	**
Persistencia (PERSISTENCIA)	**	ns	**

Tabla 2. Significancia de los efectos del análisis de la varianza univariado. ns: no significativo; *significativo $p < 0,05$; **altamente significativo $p < 0,01$.

los panelistas opinan diferente en esos descriptores, por lo tanto no hay consenso y dichas variables no se incluyen en el siguiente análisis multivariado a tres vías. A partir de este análisis se determinaron las variables para analizar en la siguiente etapa.

3.º) Análisis Factorial Múltiple (AFM)

La base de datos para el AFM contiene las percepciones de cuatro panelistas: el panelista 1 cuenta con 14 descriptores, el panelista 2 con 11 descriptores, el panelista 3 con 15 descriptores y el panelista 4 con 14 descriptores.

El plano principal obtenido a partir del AFM explica un 12,65% de la variabilidad total (11,82% en el eje horizontal y 9,83% en el eje vertical).

Dado que en total se cuenta con 54 variables, el círculo de correlación en donde se muestran todas ellas no permite una buena visualización. Por lo tanto, en la figura 1 se muestra el círculo de correlación destacando solamente las variables con mayor consenso que fueron utilizadas en la caracterización. En la figura 2 se muestra el plano principal en el que se representan las mieles y se indican con flechas las variables que más aportan en la caracterización de estas.

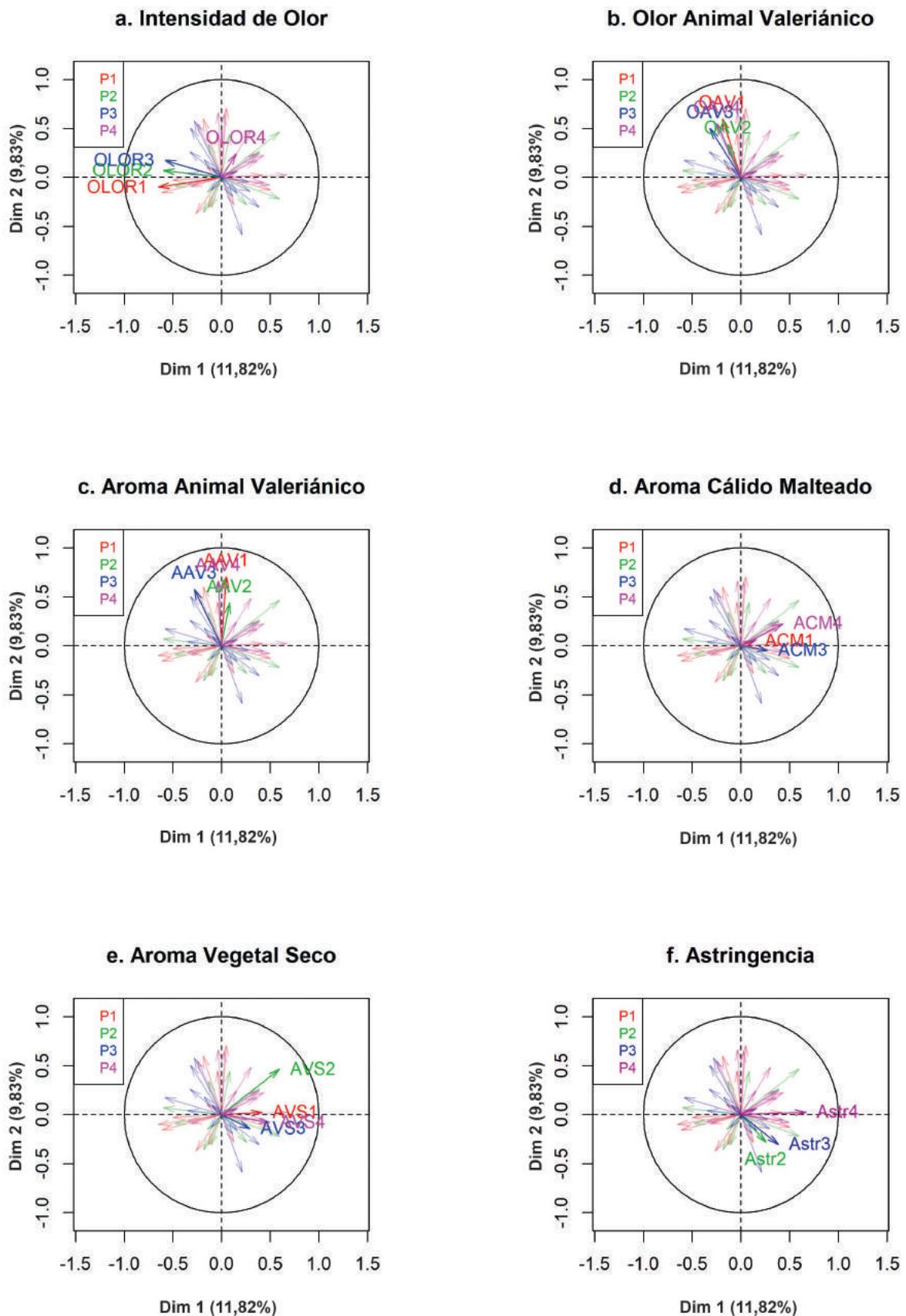


Figura 1. AFM, variables del análisis factorial múltiple utilizadas en la caracterización.

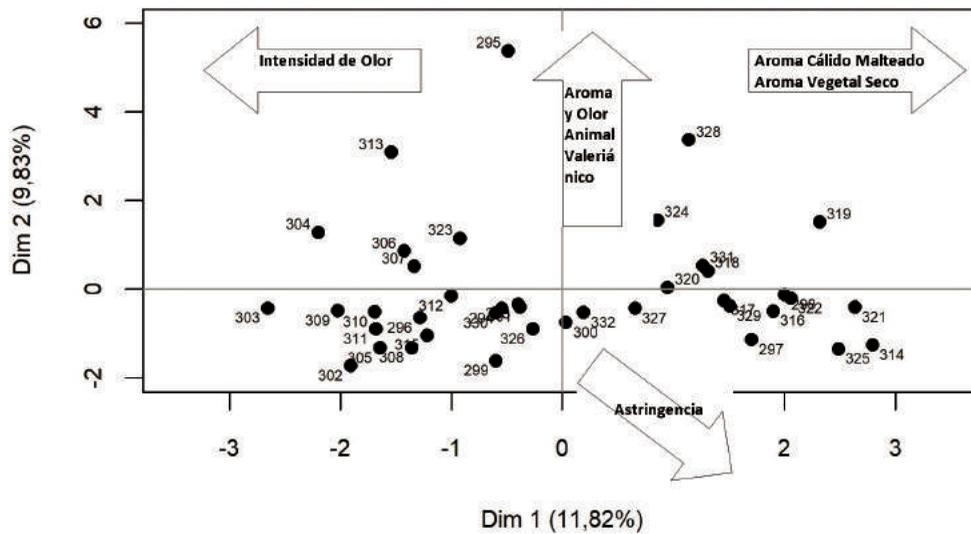


Figura 2. AFM, plano principal de individuos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados del MANOVA muestran que existe interacción multivariada entre panelistas y muestras. Esto indica que existen descriptores en los cuales no hay acuerdo entre los panelistas. A partir del ANOVA sobre cada descriptor se seleccionaron aquellos en los que hubo consenso (15), con los cuales se procedió a realizar un análisis multivariado a tres vías mediante la técnica análisis factorial múltiple.

En primer lugar, y dado que existe efecto panelista en los descriptores seleccionados (tabla 2) es posible que exista divergencia en la caracterización de los productos por parte del panel. Por lo tanto, para la caracterización final se utilizan los descriptores para los cuales se observa gráficamente un comportamiento similar entre panelistas.

A partir de la figura 1, se observa que el descriptor "Olor", forma un gradiente horizontal de derecha a izquierda; los descriptores "Olor y Aroma animal valeriánico" forman un gradiente vertical de abajo hacia arriba; los descriptores "Aroma cálido malteado" y "Aroma vegetal seco" forman un gradiente horizontal de izquierda a derecha y los descriptores de "Astringencia" forman un gradiente oblicuo del segundo al cuarto cuadrante.

A partir de la figura 2, se aprecia que las mieles 295, 313 y 328 son totalmente diferentes a las demás, ya que están representadas por puntos que se encuentran alejados del resto. Estas mieles se caracterizan por tener olor y aroma animal valeriánico muy intenso y menor astringencia.

En la misma figura se observa que sobre el eje horizontal se separan dos grupos de mieles, un grupo ubicado a la

derecha que se caracteriza por tener mayor intensidad aroma vegetal seco y aroma cálido malteado. Asimismo, este grupo posee menor intensidad total de olor. Se destacan las muestras 319, 321, 314 y 325. En oposición, las mieles ubicadas a la izquierda, poseen mayor intensidad total de olor y baja intensidad de aroma vegetal seco y aroma cálido malteado. En este grupo se destacan las muestras 303, 304, 309 y 302. Las muestras que presentaron mayor astringencia son 314, 325 y 321 y las de mayor aroma frutal cítrico son 303, 302, 305, 309.

El análisis a tres vías muestra la clasificación que el panel hizo sobre las mieles, caracterizándolas por la intensidad de su aroma cálido malteado y aroma vegetal seco (eje horizontal-derecha); por la intensidad total de olor (eje horizontal-izquierda); por la intensidad de olor y aroma animal valeriánico (eje vertical-superior) y por su astringencia (eje vertical-inferior).

Al evidenciar en los datos originales inconsistencias, posiblemente por insuficiente entrenamiento de los panelistas, se recomienda poner mayor énfasis en el entrenamiento de los panelistas en aquellos descriptores en los que la interacción panelista-muestra haya resultado significativa.

La metodología utilizada combina un procedimiento inferencial que es de utilidad para seleccionar los atributos en los cuales hay consenso en el panel, separándolos de aquellos en los que es necesario realizar un mejor entrenamiento. Asimismo, el análisis factorial múltiple permite caracterizar las muestras de acuerdo a los descriptores seleccionados teniendo en cuenta la naturaleza multidimensional de los datos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTENDORFF, L.; LAVALLE, A.; ZULIANI, P.; BARDA, N.; WINTER, J.; APABLAZA, O.; OHACO, P.; GARCÍA N. 2011. Perfil Sensorial de mieles de abeja: aplicación de técnicas de análisis multivariado. XVI Reunión del Grupo Argentino de Biometría. Salta.
- ALTENDORFF, L.; ZULIANI, P.; WINTER, J.; LAVALLE, A. 2016. Perfil sensorial de mieles de abejas y evaluación de panel mediante Análisis Multivariado a tres vías. XXI Reunión Científica del Grupo Argentino de Biometría. Corrientes.
- ANUPAMA, D.; BHAT, K.; SAPNA, V. 2003. Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. Food Research International 36, 183-191.
- ÁLVAREZ, A.; RUÍZ, A. 2016. Agregado de valor a la producción de mieles del Noa. (Disponible: <http://inta.gob.ar/noticias/agregado-de-valor-a-la-produccion-de-mieles-del-noa> verificado: febrero de 2017).
- CARVALHO, C.; SODRÉ, G.; FONSECA, A.; ALVES, R.; SOUZA, B.; CLARTON, L. 2009. Physicochemical characteristics and sensory profile of honey samples from stingless bees (*Apidae: Meliponinae*) submitted to a dehumidification process. Anais da Academia Brasileira de Ciências 81(1): 143-149.
- CIAPPINI, M.C.; GATTI, M.B.; DI VITO, M.V.; GATTUSO, S.; GATTUSO, M. 2008. Characterization of Different Floral Origins Honey Samples from Santa Fe (Argentina) by Palynological, physicochemical and Sensory data. APIACTA 43, 25-36.
- CIAPPINI, M.C.; GATTUSO, S.; GATTI, M.B.; DI VITO, M.V.; GÓMEZ, G. 2009. Mieles de la provincia de Santa Fe (Argentina). Determinación palinológica, sensorial y fisicoquímica, según provincias fitogeográficas. Primera parte. Invenio, Vol. 12, Núm. 22, 109-120 pp.
- CIAPPINI, M.C.; DI VITO, M.V.; GATTI, M.B.; CALVIÑO, A.M. 2013. Development of a Quantitative Descriptive Sensory Honey Analysis: Application to Eucalyptus and Clover Honeys Advance Journal of Food Science and Technology 5(7): 829-838.
- COSTA, M.C.; VERGARA-ROIG, V.; KIVATINITZ, S. 2013. A melissopalynological study of artisanal honey produced in Catamarca (Argentina). Journal Grana Volume 52(3).
- GALÁN-SOLDEVILLA, H.; RUIZ-PÉREZ-CACHO, M.P.; SERRANO JIMÉNEZ, S.; JODRAL VILLAREJO, M.; BENTABOL MANZANARES, A. 2005. Development of a preliminary sensory lexicon for floral honey. Food, Quality and Preference (16) 71-77.
- GONZÁLEZ LORENTE, M.; DE LORENZO CARRETERO, C.; PÉREZ MARTÍN, R. 2007. Sensory Attributes and Antioxidant Capacity of Spanish Honeys. Journal of Sensory Studies. Volume 23 Issue 3.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. 2017. Estrategias para agregar valor a la producción apícola argentina. Proyecto Específico 2013-2019 PNAPI – 1112043. (Disponible: <http://inta.gob.ar/documentos/presentacion-del-proyecto-estrategias-para-agregar-valor-a-la-produccion-apicola-argentina> verificado: febrero de 2017).
- LAWLESS, H.; HEYMANN, H. 2010. Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices, 2.ª Edición, Springer, Nueva York.
- LÊ, S.; WORCH, T. 2015. Analyzing Sensory Data with R CRC Press. Taylor and Francis Group, Nueva York.
- MAKHOULFI, C.; KERKVLIE, J.; SCHWEITZER, P. 2015. Characterisation of some monofloral Algerian honeys by pollen analysis. Journal Grana, Volume 54 (2), 156-166.
- MARTINEZ ROIG, D. 2010. Análisis sensorial e investigación de mercados como herramientas para el lanzamiento de nuevos productos. (Disponible: <http://www.puromarketing.com/13/7545/sensorial-investigacion-mercados-como-herramientas-para-lanzamiento-nuevos-productos.html> verificado: febrero de 2017).
- MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA. 2017. Resolución 95-E/2017. Boletín Oficial de la República Argentina. (Disponible: <https://www.boletinoficial.gob.ar/#!DetalleNorma/162823/20170426> verificado: febrero de 2017).
- MONTENEGRO, G.; GÓMEZ, M.; PIZARRO, R.; CASAUBON, G.; PEÑA, R. 2008. Implementación de un panel sensorial para mieles chilenas. Cien. Inv. Agr. 35(1): 51-58.
- R CORE TEAM. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (Disponible: <https://www.R-project.org/> verificado: febrero de 2017).
- SILVANO, M.; VARELA, M.; PALACIO, M.; RUFFINENGO, S.; YAMUL, D. 2014. Physicochemical parameters and sensory properties of honeys from Buenos Aires region. Food Chemistry 152, 500-507.