

EMPLEO DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS EN LA DIFERENCIACIÓN DE MIELES DE ABEJAS UNIFLORALES

Autores: Ada Manresa González*, Yuniel Lorenzo Martín*, Yadiley Estévez Rodríguez**, Reynier Castro Caballero* y Vivian Rodríguez Ocampo *.

* Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de la Habana, CUBA.

Teléfono: (537) 2716389. E-mail: adamg@ifal.uh.cu

** Centro de Investigaciones Apícolas (CIAPI)

Introducción

El análisis sensorial de las mieles monoflorales es un recurso importante para evaluar la calidad de estas, ya que permite establecer la calidad de los atributos de manera individual, la medición y cuantificación de las características de las mismas, así como de los modelos evaluables por los sentidos humanos.

A partir del año 2000 se comienzan a emplear los métodos descriptivos de evaluación sensorial, destacándose el Análisis Descriptivo Cuantitativo por contar con un procedimiento alternativo para su análisis estadístico y por ser más completo para la caracterización sensorial (Manresa, 2005), pero presenta la dificultad de requerir una cuidadosa selección de los términos o vocablos que serán empleados en la evaluación como vía para garantizar la mayor calidad y objetividad de dicho análisis (Powers, 1988).

Objetivos del trabajo

- Emplear el Análisis Descriptivo Cuantitativo (ADC) para la identificación de diferencias atendiendo al origen botánico.
- Aplicar los métodos estadísticos tradicionales y de estadística multivariada para la diferenciación de mieles uniflorales.
- Proponer el método más adecuado para la diferenciación de mieles uniflorales.

Materiales y métodos

Se emplearon tres tipos de mieles de abejas específicas cubanas procedentes de las plantaciones de: campanilla blanca (*Turbina corymbosa*, L.), leñatero (*Govania polygama*, Jack.) y romerillo de costa (*Viguiera helianthoides*, H.B.K.), recolectadas durante las cosechas de los años 2006 – 2007.

Se seleccionó un grupo de 12 trabajadores pertenecientes al Centro de Investigaciones Apícolas del Cano (CIAPI) que habían aprobado las pruebas de selección de jueces analíticos. Se procedió al adiestramiento y se evaluó la capacidad de trabajo en grupo. Se eliminaron del trabajo de la Comisión de Evaluación Sensorial aquellos jueces que mostraron diferencias con el resto del grupo al aplicar el análisis de varianza para cada variable.

La evaluación de las muestras se realizó empleando el Análisis Descriptivo Cuantitativo (ADC) con una escala de intensidad de diez centímetros de longitud donde el extremo izquierdo corresponde a la ausencia de percepción, el centro a intensidad media y el extremo derecho a la intensidad máxima para el atributo considerado.

Los resultados del ADC se visualizaron mediante un diagrama radial y se procesaron mediante la estadística descriptiva (estadígrafos de tendencia central y de dispersión: media aritmética y desviación estándar respectivamente y los límites de confianza al 95 %). Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de rangos múltiples de Duncan en caso de

existir diferencias significativas. A la matriz de datos derivada del ADC se le aplicaron los métodos multivariados de análisis de componentes principales, de cluster y discriminante.

Resultados y discusión

Una vez vencidas ocho sesiones de adiestramiento se comprobó que de los 15 atributos evaluados los jueces mostraron diferencias significativas entre ellos en las variables: olor floral y característico, sabor característico y sabor floral. Esto representa el 20% de los atributos sin concordancia entre los jueces. Además, se trata de medidas de aroma y sabor de la miel, que resultan de gran importancia en la caracterización de mieles de diferente origen botánico por lo que se hace imprescindible realizar un análisis crítico del comportamiento de los jueces y tomar las medidas pertinentes.

Se eliminaron del trabajo de la comisión aquellos jueces que no habían participado en la totalidad de las sesiones de adiestramiento considerando como criterio de exclusión aquellos jueces con $n \leq 5$. De esta forma fueron eliminados los jueces 1, 3, 8 y 12.

El análisis de varianza para los resultados de los ocho jueces que culminaron el adiestramiento (Tabla 1) muestra que en este grupo aún se mantienen candidatos a jueces con un pobre desempeño como jueces analíticos al mostrar diferencias significativas en sus respuestas en tres de las variables evaluadas.

Tabla 1. Análisis de varianza entre los ocho jueces que culminaron el adiestramiento

Atributos	SC	gl	CM	SC	gl	CM	F	p
	Efecto			Error				
Brillo	10,62	7	1,52	190,90	51	3,74	0,40	0,895
Aspecto homogéneo	47,34	7	6,76	180,48	51	3,54	1,91	0,087
Transparencia	38,67	7	5,52	313,86	51	6,16	0,90	0,515
Color ámbar	91,72	7	13,10	320,30	51	6,28	2,09	0,062
Olor floral	174,42	7	24,92	226,06	51	4,43	5,62	0,000*
Olor herbal	34,13	7	4,88	627,87	51	12,31	0,40	0,900
Olor dulce	33,89	7	4,84	655,71	51	12,86	0,38	0,912
Olor característico	36,28	7	5,18	88,32	51	1,73	2,99	0,010*
Sabor herbal	22,97	7	3,28	661,98	51	12,98	4,55	0,969
Sabor floral	173,23	7	24,75	277,48	51	5,44	4,55	0,000*
Sabor dulce	78,07	7	11,15	798,82	51	15,66	0,71	0,662
Sabor característico	35,43	7	5,06	126,13	51	2,47	2,05	0,067
Sabor salado	46,95	7	6,71	346,02	51	6,78	0,99	0,450
Viscosidad	24,27	7	3,46	223,61	51	4,38	0,79	0,599
Adhesividad	25,50	7	3,64	154,55	51	3,03	1,20	0,318

(*) Existe diferencias significativas para $p \leq 0,05$

La prueba de rangos múltiples de Duncan identificó que los jueces 2 y 9 eran los de mayor incidencia en la variabilidad del grupo en las propiedades sensoriales que resultaron significativas por lo que se decidió apartarlos de la Comisión en este trabajo.

La Comisión de Evaluación Sensorial adiestrada evaluó tres mieles uniflorales (Fig.1). Las tres mieles resultan diferentes al ser diferente el perfil sensorial que las caracteriza. La miel de

campanilla blanca se diferencia del resto por su brillo, alta transparencia y ausencia de color ámbar. La miel de romerillo de costa se caracteriza por presentar alta intensidad del olor y sabor herbal los que a su vez constituyen el aroma y sabor característico para este tipo de miel además de alta viscosidad y adhesividad. La miel de leñatero presenta alta intensidad del color ámbar, olor y sabor característicos y baja intensidad del olor y sabor floral, aroma y sabor dulce y sabor salado. El resto de los atributos presentan una intensidad media. A pesar de toda la información que brinda el Análisis Descriptivo Cuantitativo, estos resultados no son suficientes para certificar el origen floral de la miel.

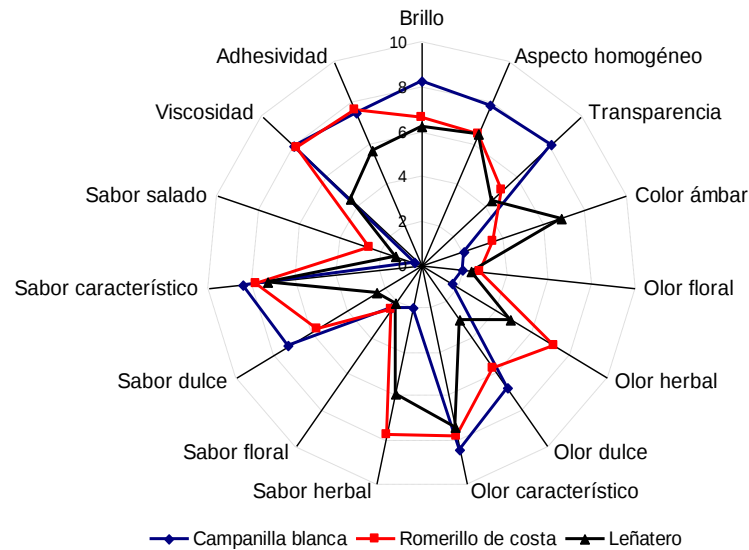


Fig. 1. Diagrama radial representativo del Análisis Descriptivo Cuantitativo de tres mieles uniflorales.

La tabla 2 muestra la estadística descriptiva de los 15 atributos sensoriales evaluados a las mieles uniflorales de campanilla blanca, romerillo de costa y leñatero. A partir de los valores promedios para cada variable y cada tipo de miel el investigador puede identificar similitudes y diferencias entre mieles de diferente origen botánico tal como se observa para el color ámbar de las tres mieles por citar un ejemplo. Sin embargo, este proceder no es válido para afirmar la procedencia de un tipo de miel determinado.

Tabla 2. Estadística descriptiva de los 15 atributos sensoriales evaluados.

Atributos	Miel de campanilla blanca				Miel de romerillo de costa				Miel de leñatero			
	$\bar{X}$	S	Límites de Confianza (%)		$\bar{X}$	S	Límites de Confianza (%)		$\bar{X}$	S	Límites de Confianza (%)	
			- 95	+ 95			- 95	+ 95			- 95	+ 95
Brillo*	8,3a	1,2	7,6	8,9	6,6b	2,2	5,5	7,8	6,2b	1,9	5,0	7,4
Aspecto homogéneo	7,8	1,9	6,8	8,9	6,4	2,4	5,2	7,7	6,4	1,5	5,5	7,4
Transparencia*	8,1a	1,5	7,3	8,9	4,9b	2,5	3,7	6,3	4,3b	1,6	3,4	5,3
Color ámbar*	2,0c	1,7	1,1	2,9	3,5b	2,2	2,4	4,6	6,8a	1,5	5,9	7,7

Olor floral	1,9	2,6	0,5	3,2	2,7	2,9	1,2	4,2	2,3	2,4	0,7	3,8
Olor herbal*	1,6c	2,5	0,3	2,9	7,1a	2,7	5,7	8,5	4,8b	3,1	2,8	6,7
Olor dulce*	6,8a	3,6	4,9	8,7	5,7a	3,1	4,1	7,3	2,9b	3,4	0,8	5,1
Olor característico	8,4	0,9	7,9	8,9	7,9	1,6	7,1	8,7	7,4	0,9	6,8	7,9
Sabor herbal*	1,9b	2,9	0,3	3,5	7,7a	2,2	6,6	8,8	5,9a	2,5	4,3	7,5
Sabor floral	2,4	2,9	0,8	3,9	2,5	3,1	0,9	4,0	2,1	2,4	0,6	3,6
Sabor dulce*	7,1a	3,8	5,2	9,2	5,6b	3,5	3,9	7,4	2,4c	3,5	0,2	4,7
Sabor característico	8,4	1,2	7,7	9,1	7,7	2,2	6,6	8,9	7,2	1,7	6,2	8,3
Sabor salado*	0,3b	0,8	0,1	0,7	2,5b	3,4	0,8	4,3	1,3a	1,8	0,2	2,4
Viscosidad*	7,9a	1,4	7,2	8,7	7,8a	1,7	6,9	8,7	4,5b	1,5	3,5	5,4
Adhesividad*	7,5a	1,9	6,5	8,5	7,7a	1,8	6,8	8,6	5,6b	1,6	4,6	6,6

* Letras diferentes indican que existe diferencia significativa para $p \leq 0,05$.

El análisis de varianza entre los tres tipos de mieles uniflorales muestra que existen diferencias significativas en 10 de los 15 atributos (67%) lo cual permite inferir que las tres mieles son diferentes en su caracterización sensorial.

Los atributos aspecto homogéneo, olor floral y característico, sabor floral y característico constituyen cinco descriptores de la calidad sensorial de las mieles uniflorales de campanilla blanca, romerillo de costa y leñatero mientras el resto de los términos evaluados pueden ser considerados discriminadores de diferencias entre estos tipos de mieles. Se destacan como excelentes discriminadores del origen floral de estas mieles los atributos color ámbar y olor herbal al presentar diferencias significativas entre las tres mieles uniflorales estudiadas.

El análisis de varianza o ANOVA es un procedimiento estadístico diseñado para conocer si existen diferencias significativas entre las muestras en cada uno de los términos o variables lo cual resulta de gran utilidad en la identificación de diferencias entre mieles uniflorales pero la magnitud de la similitud y la diferencia entre grupos de mieles no puede ser establecida por esta vía.

Al aplicar la técnica exploratoria de análisis de componentes principales fue posible extraer cinco factores o componentes principales que explican el 78,3 % de la varianza total del sistema que antes estaba representado por 15 variables sensoriales. Sanz y col., (1995) obtuvieron en igual número de componentes un 75,6 % de varianza explicada.

La tabla 3 muestra los valores de carga de los componentes principales (CP) del sistema basados en las correlaciones entre las variables y los componentes principales.

Tabla 3. Valores de carga basados en las correlaciones entre las variables y el componente principal (CP)

Variables	CP1	CP2	CP3	CP4
Brillo	0,783	0,351	0,135	-0,103
Aspecto homogéneo	0,772	0,120	0,157	-0,298
Transparencia	0,617	0,329	0,384	-0,297
Color ámbar	-0,230	-0,464	-0,224	0,258
Olor floral	-0,036	0,094	-0,113	0,896
Olor herbal	-0,039	0,021	-0,907	0,146
Olor dulce	0,297	0,642	0,473	0,163
Olor característico	0,707	0,378	0,047	0,287
Sabor herbal	-0,177	-0,062	-0,913	-0,027
Sabor floral	-0,040	0,098	0,092	0,786

Sabor dulce	0,538	0,392	0,417	0,318
Sabor característico	0,154	0,157	0,527	0,289
Sabor salado	-0,768	0,413	-0,036	-0,116
Viscosidad	0,147	0,917	0,061	0,042
Adhesividad	0,044	0,861	-0,070	0,133

En negritas las variables de mayor correlación

Las variables responsables de la diferenciación identificadas mediante el análisis de varianza son diferentes a las seleccionadas mediante este procedimiento lo cual no es más que el reflejo del tipo de procedimiento estadístico ya que el ANOVA considera el efecto de cada variable de manera independiente mientras que el análisis multivariado tiene en cuenta el efecto simultáneo de todas las variables y las relaciones entre sí.

El dendograma de clasificación obtenido a partir del análisis de cluster se muestra en la figura 2 donde se destaca como de interés que la viscosidad y adhesividad como variables relacionadas con el comportamiento mecánico de la miel, se encuentran en un mismo grupo y a la vez pertenecen al grupo que integran las variables olor y sabor dulce las cuales son una medida del contenido de azúcares de la miel y este a su vez el máximo responsable de la viscosidad y adhesividad de la miel.

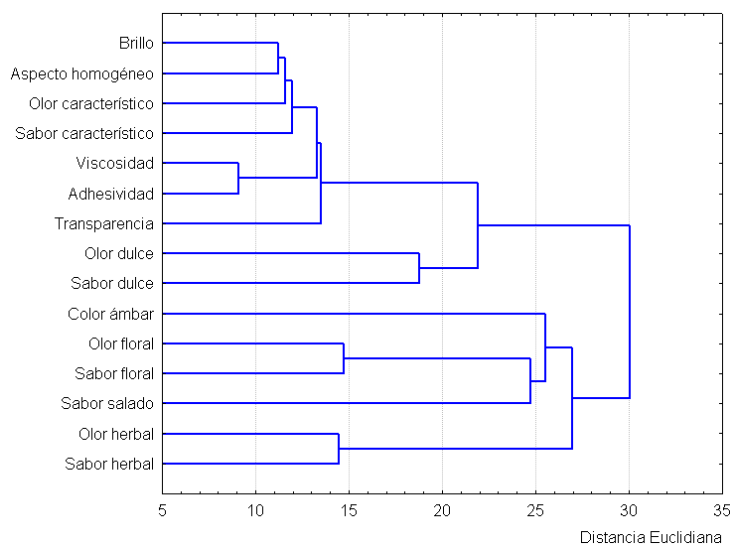


Fig. 2. Representación bidimensional de las variables según los dos primeros componentes principales.

Otro cluster de importancia, lo constituye el que está formado por las notas de aroma y sabor floral y herbal las cuales constituyen variables que siempre están presentes en cualquier caracterización sensorial de mieles uniflorales.

El procedimiento multivariado discriminante permitió trabajar con un modelo que incluye las 15 variables sensoriales agrupadas en dos funciones discriminantes canónicas que explican el 100% de la varianza total del sistema (Tabla 4).

Tabla 4. Coeficientes estandarizados de las variables canónicas en las dos funciones discriminantes para las muestras clasificadas en tres grupos

Variables canónicas	FC1	FC2
Brillo	0,174	0,251

Aspecto homogéneo	-0,853	-0,266
Transparencia	1,172	0,210
Color ámbar	-0,295	0,633
Olor floral	0,196	0,170
Olor herbal	-0,168	-0,140
Olor dulce	-0,026	0,455
Olor característico	0,223	0,244
Sabor herbal	-0,987	-0,343
Sabor floral	-0,110	-0,032
Sabor dulce	-1,188	-0,917
Sabor característico	0,166	-0,288
Sabor salado	-0,821	-0,266
Viscosidad	-0,232	-0,844
Adhesividad	0,464	0,036
Varianza explicada	4,254	2,465

FC: función discriminante canónica 1 y 2

En negritas las variables de mayor peso

Los coeficientes estandarizados de las variables en cada función indican que seis variables son las de mayor poder discriminante.

Las dos funciones discriminantes canónicas resultaron significativas y son capaces de explicar el 100 % de la variabilidad del sistema. Devillers y col., (2004) realizaron un análisis discriminante que explicó sólo el 74,9 % de la varianza con dos funciones discriminantes.

La proyección bidimensional de los casos según las funciones discriminantes canónicas (Fig. 3) muestra la diferenciación de los tres grupos de clasificación previamente seleccionados. Se destaca la diferenciación de las tres mieles atendiendo al sabor dulce, transparencia, sabor herbal y aspecto homogéneo (FC1) y según la viscosidad y el color ámbar (FC2).

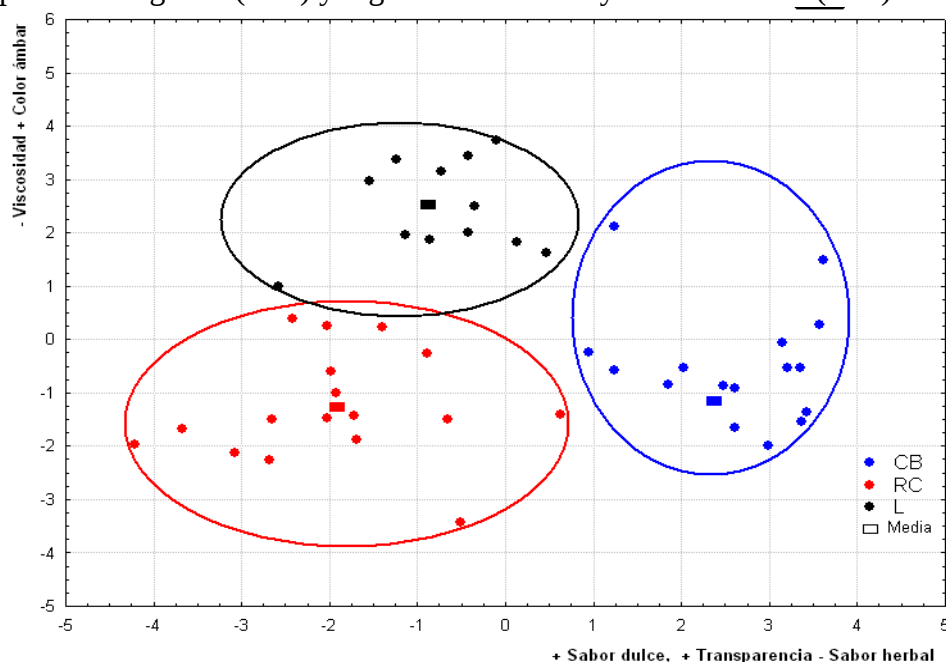


Fig. 3. Proyección bidimensional de las mieles uniflorales atendiendo a las dos primeras funciones canónicas.

El porcentaje de casos clasificados correctamente es elevado y similar al obtenido mediante el empleo simultáneo de indicadores físico-químicos y variables sensoriales para 127 muestras de mieles uniflorales (Manresa, 2005), por lo que queda ratificado el hecho de que las propiedades sensoriales de las mieles uniflorales las caracterizan y permiten la diferenciación entre ellas, al menos para las tres mieles uniflorales estudiadas.

El procedimiento estadístico multivariado de análisis discriminante brinda la mayor información dentro de los ensayados en este trabajo además que permite visualizar los grupos de clasificación y las muestras o casos que integran dichos grupos o se apartan de ellos.

Tanto los métodos estadísticos tradicionales como los de la estadística multivariada abordada en este trabajo constituyen poderosas herramientas para la interpretación de los resultados obtenidos de la caracterización de mieles uniflorales. A pesar de ello, cuando se pretende identificar el origen botánico de una miel, la estadística descriptiva y todos sus componentes así como el análisis de varianza y el análisis de cluster no brindan la información que en este particular se requiere.

Conclusiones

- El método de evaluación sensorial Análisis Descriptivo Cuantitativo (ADC), permite la identificación de diferencias entre mieles uniflorales atendiendo al origen botánico.
- La estadística descriptiva por si sola resulta insuficiente para lograr diferenciar mieles uniflorales.
- El establecimiento de los límites de confianza para cada atributo sensorial permite el posterior control de la calidad de mieles uniflorales de campanilla blanca, romerillo de costa y leñatero.
- La magnitud de la similitud y la diferencia entre mieles uniflorales no puede ser establecida mediante el análisis de varianza.
- El procedimiento estadístico multivariado de análisis discriminante es el de mayor alcance para la identificación del origen de mieles uniflorales y permite ver los grupos de clasificación y las muestras que integran dichos grupos o se apartan de ellos.

Referencias bibliográficas

- MANRESA, A. *Clasificación de mieles de abejas uniflorales mediante propiedades físicas, químicas y sensoriales*. Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias alimentarias. IFAL. Universidad de La Habana. Cuba, 2005.
- POWERS, J. *Current practices and application of descriptive methods: In Sensory Analysis of Foods*. London. Edition Elsevier Applied Science. Chapter 7, 1988.
- SANZ, S.; PÉREZ, C.; HERRERA, A.; SANZ, M. y JUAN, T. Application of statistical approach to the classification of honey by geography origin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1995, vol. 69, no. 2, p. 135-140.
- DEVILLERS, J.; MORLOT, M.; PHAM-DELEGUE, M.H. and DORÉ, J.C. Classification of monofloral honeys based on their quality control data. *Food Chemistry*. 2004, 86:305-312.