

APLICACIÓN DEL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO AHP PARA DEFINIR LA MEJOR TAZA EN EVALUACIÓN DE CAFÉS ESPECIALES

Stefany Oyola Tapiero¹, Daniel Trujillo Barrios², Nelson Gutiérrez Guzman³

(Recibido: 06 de setembro de 2016; aceito: 08 de novembro de 2016)

RESUMEN: Se propone una metodología basada en la resolución de problemas complejos haciendo uso del Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), para establecer los rankings en procesos de evaluación sensorial cuantitativa de varias muestras de cafés especiales. Se estableció una estructura de problema complejo en tres niveles en la que se consideraron simultáneamente diez atributos de calidad y seis muestras de cafés especiales, se conformó un panel catación con cuatro jueces entrenados en análisis sensorial de café, los juicios individuales emitidos por los catadores fueron agregados con la media geométrica y procesados con el software Expert Choice 2000. Se obtuvieron tres rankings para tres grupos de seis muestras de café; los resultados encontrados con la metodología soportada en el Proceso Analítico Jerárquico fueron comparados con los resultados obtenidos al valorar los mismos grupos de muestras con la metodología tradicional propuesta por la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos de evaluación utilizados, de acuerdo a la prueba de Chitest ($p > 0,05$). El método propuesto facilita la toma de decisiones en los concursos de valoración de la mejor taza en cafés especiales.

Términos de indexación: Evaluación sensorial de café, atributos de calidad, comparaciones.

APLICAÇÃO DE PROCESSO AHP ANALYTIC HIERARCHY PARA DEFINIR O MELHOR CAFÉ DA AVALIAÇÃO DOS CAFÉS ESPECIAIS

RESUMO: Propõe-se uma metodologia baseada no Processo Analítico Hierárquico (AHP) para definir a melhor xícara nos processos de avaliação quantitativa de cafés; uma escala hierárquica de três níveis, que incluem dez atributos de cafés especiais do protocolo da SCAA e seis amostras de café, foi selecionada. O estudo foi conduzido com quatro provadores com experiência em análise sensorial de café, os julgamentos individuais fornecidos pelos provadores foram adicionados com a média geométrica e processados com o software Expert Choice 2000. Foram obtidos três níveis hierárquicos com a nova metodologia estudada, cada um com seis amostras de café; os três níveis hierárquicos com a metodologia AHP foram comparados com os resultados obtidos na avaliação dos mesmos grupos de amostras com metodologia tradicional proposta pela Associação Americana de cafés especiais SCAA, os quais não apresentaram diferenças estatisticamente importantes de acordo pelo teste de Chi-quadrado ($p > 0,05$). O método proposto facilitou a tomada de decisões nos concursos de valoração da melhor xícara dos cafés especiais.

Termos para indexação: Análise sensorial de café, atributos de qualidade, comparações.

INTRODUCCIÓN

El café es hoy día la bebida de mayor consumo en el mundo después del agua, aunque presenta grandes diferencias entre los países consumidores (RENDÓN et al., 2007); la especialización de los mercados promovida por la permanente exigencia de los consumidores potencia la relación calidad precio; los cafés especiales se caracterizan por ser un producto diferenciado con atributos de calidad destacables que generalmente se destinan a mercados especializados en los que los precios alcanzados pueden ser de hasta seis veces el valor de un café tradicional. La diferenciación de producto ocurre cuando los consumidores perciben una notoria diferencia en cualquier característica física o no física (NIEDERHAUSER et al., 2008).

La valoración sensorial de los atributos de calidad en cafés presenta sustanciales diferencias con los métodos de evaluación sensorial que se utilizan en casi todos los alimentos, mientras que en la evaluación sensorial típica el catador valora el producto final listo para el consumo, en muestras de café la valoración de los atributos de calidad se realiza primero en seco en café a medio tueste y molido y posteriormente en una infusión de ese mismo café en agua caliente, tratando de explorar la potencialidad de la materia prima para la preparación de diferentes bebidas.

El método más utilizado para otorgar la categoría de cafés especiales corresponde a la determinación del perfil sensorial en una prueba de “cupping”, establecida por la Specialty Coffee Association of America (SCAA, 2015), en esta prueba se valoran de manera simultánea diez

^{1,2,3}Universidad Surcolombiana - Departamento de Ingeniería Agrícola - Centro Surcolombiano de Investigación en Cafés CESURCAFE - Av. Pastrana Cra. 1 Neiva - Colombia - stefannyoyola@gmail.com, dftrujillo@gmail.com, ngutierrezg@usco.edu.co

atributos de calidad entre los que se destacan aroma/fragancia, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia y dulzor; cada atributo recibe una valoración en una escala cuantitativa y la puntuación final corresponde a la sumatoria de los atributos evaluados, solo aquellos cafés que obtengan puntuaciones totales superiores a 80 puntos son considerados “cafés especiales”, además este método permite que el catador incluya dentro de la valoración de las muestras algunas notas que proporcionan información adicional sobre las características específicas del café (DI DONFRANCESCO; GUTIERREZ; CHAMBERS IV, 2014).

La calidad sensorial en cafés debe ser evaluada por paneles que han sido entrenados adecuadamente para identificar plenamente, definir y comprender las características sensoriales que determinan dicha calidad; el uso de individuos entrenados (paneles sensoriales) es equivalente al uso de cualquier instrumento científico para la medición de las características que están asociadas con la calidad de un producto alimenticio (FERIA, 2014).

En la determinación de los perfiles sensoriales de muestras de café se requiere valorar de manera simultánea los diferentes atributos de calidad, similar al problema asociado al proceso por el que el hombre valora la calidad de un alimento, confiriéndole un carácter multidimensional con una estructura dinámica y variable Costell (2001); esta complejidad se aumenta al involucrar en el análisis distintos individuos dentro de un grupo, incluso en la valoración otorgada por un mismo individuo durante una misma sesión, lo que podría ser considerado como un problema complejo.

Las técnicas de decisión multicriterio (TDM) son de gran utilidad en la resolución de problemas complejos, donde la mejor decisión u opción depende de múltiples criterios (atributos) y de diferentes puntos de vista de los jueces ante múltiples alternativas de solución. El PAJ es una TDM propuesta por Saaty (2008) que permite abordar la resolución de problemas complejos, su diseño permite la utilización de elementos racionales e intuitivos por parte del decisor para seleccionar la mejor alternativa con respecto a varios criterios, además incluye la inconsistencia debido a la falta de precisión de la mente humana.

El PAJ se ha utilizado con éxito en la evaluación sensorial de alimentos como el caso de la valoración por consumidores de diferentes tipos de sake, buscando definir cuál bebida contaba con mayor aceptación (YOICHI; KEL; MAKOTO,

1996); también se utilizó en la selección de un aroma óptimo entre vainilla, fresa y cacao, para un pudding prebiótico basado en el análisis sensorial (GURMERIC et al., 2013) y en el desarrollo y aceptación de alimentos funcionales (HARRAR DE DIENES; GARCÍA MELÓN; ALCAIDE MARZAL, 2011).

El objetivo de este trabajo fue definir una metodología basada en el Proceso de Análisis Jerárquico para obtener el ranking en evaluación simultánea de diferentes muestras de café, utilizando como criterios los atributos del protocolo de catación para cafés especiales, buscando ofrecer una herramienta alternativa para aplicación en los concursos de la mejor taza.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron dieciocho (18) muestras de café arábica de origen Huila divididas en tres grupos de seis muestras cada uno provenientes de diferentes granjas cafeteras del sur de Colombia, los grupos se conformaron con el objetivo de organizar paneles de seis muestras para cada sesión de catación, cada muestra tenía 3,0 kilogramos de café pergamino seco; las muestras fueron preparadas y sometidas al protocolo de torrefacción recomendado por la SCAA (2015). Se conformó un panel de catación compuesto por cuatro (4) jueces expertos de acuerdo a lo recomendado por Dong et al. (2010), Puerta (2009) y Ribeiro et al. (2014), los evaluadores tenían un alto conocimiento en el perfilación cuantitativa de café y contaban con experiencia en concursos de “Taza de excelencia”; las pruebas fueron realizadas en la sala de catación del Centro de Investigación CESURCAFE de la Universidad Surcolombiana en Neiva Colombia.

Para la estructuración de la nueva metodología de evaluación basada en PAJ, primero fue necesario definir el problema complejo de acuerdo a la metodología propuesta por Gutiérrez (2008) y Ho (2006) sobre una estructura jerárquica de tres niveles en orden descendente, en el primer nivel se ubicó el objetivo, en el segundo los criterios que corresponden a los diez atributos de calidad para cafés especiales y en el tercero las posibles alternativas de solución que en este caso son las muestras evaluadas (Figura 1).

Para el diseño del instrumento destinado a cada juez evaluador fue necesario construir diez matrices recíprocas positivas para cada grupo de seis muestras de café (Tabla 1), además de una matriz para definir la importancia de los

critérios en la que se precisó el valor de uno en todos los casos, debido a que todos los atributos fueron considerados con la misma importancia, cada matriz de comparación contiene unos en la diagonal porque corresponde a la evaluación de cada muestra consigo misma (Tabla 1) y los demás elementos corresponden a las comparaciones pareadas de las muestras, así p.e. el elemento a_{ij} corresponde a la comparación de la muestra de la fila i (m_i) con la muestra de la columna j (m_j) en función del atributo x ; para definir las magnitudes de las comparaciones pareadas en cada matriz de comparación se utilizó la escala fundamental de nueve criterios (SAATY, 2006). Cada evaluador debía diligencia solamente la parte superior de la matriz, debido a que la parte inferior de la diagonal corresponde a los valores recíprocos de cada valoración expresada.

Los juicios individuales emitidos por cada uno de los cuatro jueces fueron centralizados mediante la media geométrica (AULL-HYDE; ERDOGAN; DUKE, 2006) y el valor promedio fue ingresado al Software EXPERT CHOICE 2000 (MOHD-YUNUS et al., 2013), mediante el cual se obtuvieron los vectores de prioridad y el cálculo de la Razón de Consistencia (RC) para cada matriz, un resultado se considera consistente cuando $RC < 0,10$ (BRUNELLI; FEDRIZZI, 2015; VELÁSQUEZ; NÚÑEZ; RODRÍGUEZ, 2010).

Para la evaluación del perfil sensorial de cada muestra con la metodología tradicional, se utilizó el instrumento de evaluación oficial de la SCAA (ALVES SILVA, 2014; DI DONFRANCESCO; GUTIERREZ; CHAMBERS IV, 2014).

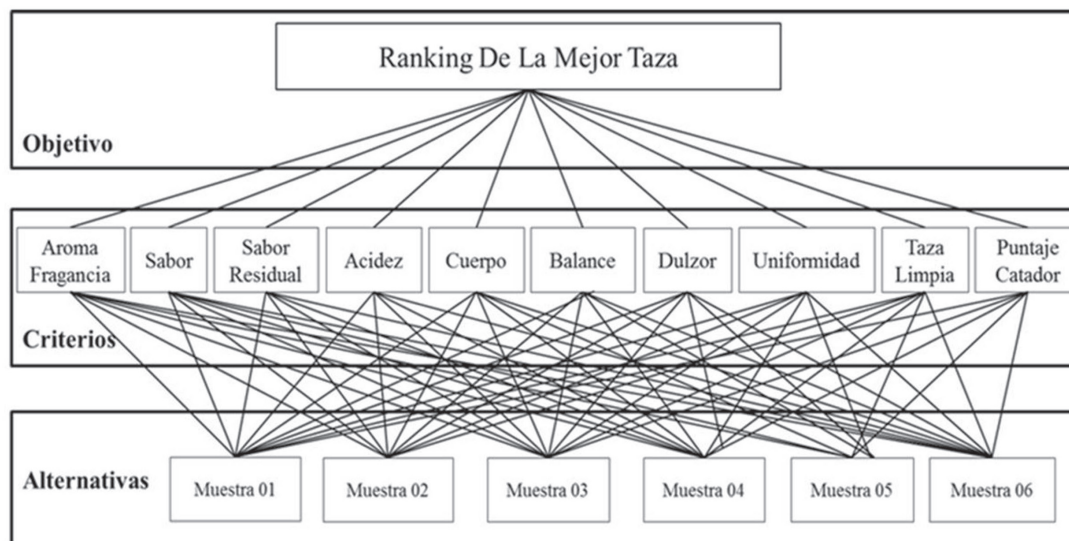


FIGURA 1 - Estructura del modelo jerárquico para evaluación sensorial de café.

TABLA 1 - Modelo de matriz para comparación pareada por atributo.

Atributo _x	m_i	m_j	m_k	m_l	m_m	m_n
m_i	1	a_{ij}	a_{ik}	a_{il}	a_{im}	a_{in}
m_j	$1/a_{ij}$	1	a_{jk}	a_{jl}	a_{jm}	a_{jn}
m_k	$1/a_{ik}$	$1/a_{jk}$	1	a_{kl}	a_{km}	a_{kn}
m_l	$1/a_{il}$	$1/a_{jl}$	$1/a_{kl}$	1	a_{lm}	a_{ln}
m_m	$1/a_{im}$	$1/a_{jm}$	$1/a_{km}$	$1/a_{lm}$	1	a_{mn}
m_n	$1/a_{in}$	$1/a_{jn}$	$1/a_{kn}$	$1/a_{ln}$	$1/a_{mn}$	1

El nivel de ajuste de los rankings obtenidos con los dos métodos de evaluación utilizados fue analizado mediante pruebas de Chi cuadrado al 95% y los resultados de la valoración simultánea de todos los atributos y todos los jueces, se estudió mediante análisis clúster; en todos los casos se utilizó software estadístico StatGraphics Plus 5.1 para Windows (Manugistics, Inc., Rockville MD, USA.).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los rankings obtenidos para los tres grupos de seis muestras evaluados, con los dos métodos de análisis sensorial aplicados (PAJ y SCAA); como puede verse, en el grupo 1 se encontraron similitudes en todos los seis escaños del ranking, resultando con mayor valoración la muestra 3 (m3) con el 27,4% en el método PAJ y un puntaje de 84,9 en el método SCAA, es importante resaltar que las muestras m4 y m6 en el grupo 1 fueron rechazadas para “café especiales” según la metodología SCAA y resultaron con los valores más bajos en la metodología PAJ. En el grupo 2 se presentaron aciertos en las dos primeras posiciones del ranking con las muestras m6 y m1 respectivamente y en los restantes cuatro escaños se presentaron posiciones cruzadas entre las muestras m4 y m5 en las posiciones tercera y cuarta del ranking y entre las muestras m2 y m3 en las últimas dos posiciones del ranking. En el tercer grupo, también se encontraron coincidencias en todas las posiciones de los rankings obtenidos con las dos metodologías evaluadas, resultando la m5 como la mejor valorada con un 29,7% en la metodología PAJ y con 85,6 puntos en la metodología SCAA.

La prueba Chi.Test para bondad de ajuste utilizada (VOINOV; NIKULIN; BALAKRISHNAM, 2013) indica que existe ajuste entre los resultados de los dos métodos de análisis utilizados ($P > 0,05$) (RODRÍGUEZ; GERDING; FRANCE, 2006), analizando de manera simultánea los aciertos obtenidos para las posiciones que ocuparon las muestras en los tres rankings definidos. En la Tabla 2 también se puede observar que en los tres grupos de muestras evaluados con la metodología PAJ, la razón de consistencia (RC) obtenida por el grupo de jueces evaluadores fue inferior al 10%, lo que

indica un buen ajuste entre los jueces y adecuada consistencia en sus juicios.

Aunque la aplicación se realizó para confrontar grupos de seis muestras, en los casos en que se requiera valorar un mayor número de muestras, se recomienda subdividir el total de muestras en grupos de tamaños iguales y realizar valoraciones clasificatorias en cada grupo, seleccionando las dos o tres mejores, hasta conformar un grupo con las seis muestras finalistas.

En la Figura 2 se presenta el escenario de evaluación resultante del análisis con EXPERT CHOICE para las seis muestras del grupo 1, considerando de manera simultánea los diez atributos valorados; como puede verse, la muestra m3 alcanzó las mayores valoraciones en ocho (8) de los diez (10) atributos evaluados, lo que le permitió posicionarse como la mejor del grupo 1, mientras que la muestra m6 obtuvo la calificación más baja en los diez atributos evaluados, lo que le produjo la menor puntuación total en la metodología AHP; también se observa que el atributo denominado cuerpo fue valorado de manera similar en todas las muestras de este grupo, en un rango de importancia entre 40% y 50%. Este tipo de gráficos es muy útil para que en futuros trabajos de investigación se evalúen ajustes en los diferentes atributos para potenciar la elaboración de los denominados “café blends”, donde se puede proporcionar a la bebida un equilibrio ideal al combinar diferentes tipos de café, que mejoren sus características y valor comercial.

Los resultados del análisis estadístico multivariable, en el que se consideraron los diez atributos como variables y las seis muestras como observaciones, permitieron encontrar tres clústeres perfectamente definidos para el caso del grupo 3 (Figura 3), la clasificación obtenida en este análisis define en el primer clúster las muestras m4 y m5 con puntajes superiores a 85 puntos según la clasificación SCAA, es decir café calificados como “Excelentes”; en el segundo clúster las muestras m6, m1 y m2 que obtuvieron puntuaciones entre 80 y 85 puntos definidas como “Muy buenos” y en el tercer clúster la muestra m3 que obtuvo menos de 80 puntos (74,8) que resultan clasificada como “Café no especial”.

TABLA 2 - Rankings obtenidos para los tres grupos evaluados.

<i>Grupo 1</i>		<i>Grupo 2</i>		<i>Grupo 3</i>	
<i>PAJ (%)</i>	<i>SCAA (Puntos)</i>	<i>PAJ (%)</i>	<i>SCAA (Puntos)</i>	<i>PAJ (%)</i>	<i>SCAA (Puntos)</i>
m3 (27,4)	m3 (84,9)	m6 (24,2)	m6 (84,9)	m5 (29,7)	m5 (85,6)
m1 (21,5)	m1 (82,9)	m1 (22,1)	m1 (83,9)	m4 (22,5)	m4 (85,5)
m2 (18,9)	m2 (82,8)	m5 (15,3)	m4 (83,1)	m6 (15,0)	m6 (83,3)
m5 (12,6)	m5 (81,2)	m4 (15,3)	m5 (82,1)	m1 (14,1)	m1 (82,6)
m4 (12,5)	m4 (0,0)*	m2 (14,2)	m3 (82,0)	m2 (11,1)	m2 (80,3)
m6 (7,1)	m6 (0,0)*	m3 (8,9)	m2 (80,9)	m3 (7,7)	m3 (74,8)
RC = 0,04		RC = 0,01		RC = 0,02	

* Muestras rechazadas para cafés especiales, según la metodología SCAA

Chi.Test: $X^2 = 2,66$, $X^2_{Crit} = 5,99$; para $NC=95\%$, $P = 0,26$

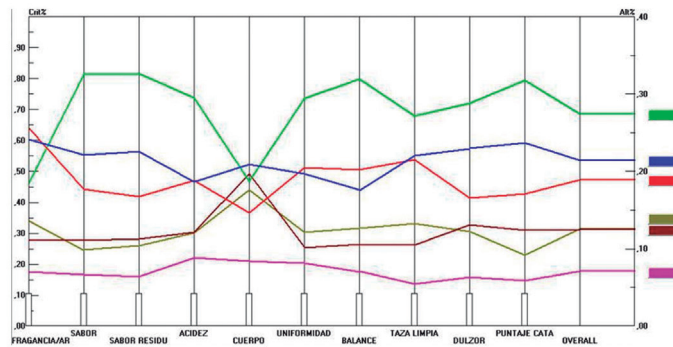


FIGURA 2 - Valoración simultánea de Atributos para las muestras del Grupo 1.

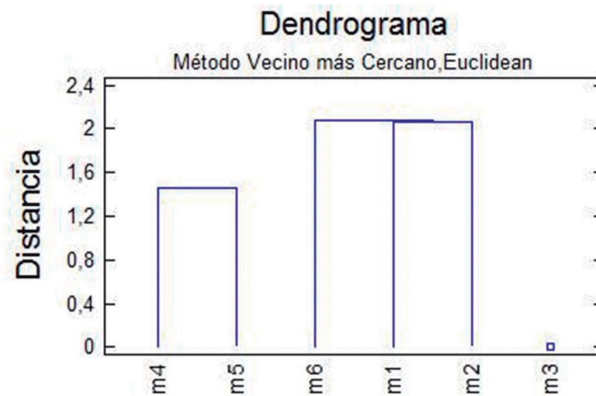


FIGURA 3 - Dendrograma análisis clasificación grupo 3.

4 CONCLUSIONES

La valoración simultánea de muestras de cafés especiales por parte de jueces entrenados, puede ser resuelta con la utilización de una técnica de decisión multicriterio como es el caso del proceso de análisis jerárquico PAJ, lo que permite definir rankings de preferencias que puede ser utilizado como metodología de evaluación en los diferentes concursos de taza de excelencia.

La estructuración del problema de valoración simultánea de cafés especiales en un arreglo de tres niveles típico de una técnica de decisión multicriterio, permite asociar el objetivo principal con los atributos de calidad y las muestras evaluadas, lo que sin duda agrupa todos los parámetros y alternativas en un mismo problema complejo, confiriéndole robustez a la técnica aquí propuesta.

El análisis de los escenarios que se pueden obtener con el software EXPERT CHOICE al resolver el problema complejo, constituye un insumo para proponer nuevos trabajos de investigación en los que se definan ajustes en los diferentes atributos para fomentar la elaboración de los denominados “cafés blends”, donde se logra proporcionar a la bebida un equilibrio ideal al combinar diferentes muestras de cafés.

Los rankings obtenidos con la metodología basada en el proceso PAJ presentó coincidencias en todas las posiciones con los rankings obtenidos con las metodologías SCAA, lo que implica una buena bondad de ajuste con un nivel de confianza del 95%; adicionalmente los resultados del análisis multivariable de clasificación en el que se consideran de manera conjunta todos los atributos y todas las valoraciones parciales de los catadores, ofrecieron resultados satisfactorios, lo que implica robustez en el análisis.

5 REFERENCIAS

ALVES SILVA, P. et al. Quality assessment of coffee grown in Campos Gerais, Minas Gerais State, Brazil. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá, v. 36, n. 4, p. 739-744, Oct./Dec. 2014.

AULL-HYDE, R.; ERDOGAN, S.; DUKE, J. M. An experiment on the consistency of aggregated comparison matrices in AHP. *European Journal of Operational Research*, Poznan, v. 171, n. 1, p. 290-295, 2006.

BRUNELLI, M.; FEDRIZZI, M. Boundary properties of the inconsistency of pairwise comparisons in group decisions. *European Journal of Operational Research*, Poznan, v. 240, n. 3, p. 765-777, 2015.

COSTELL, E. La aceptabilidad de los alimentos: nutrición y placer. *Arbor*, Madrid, v. 168, n. 661, p. 65-85, 2001.

DI DONFRANCESCO, B.; GUTIERREZ, N.; CHAMBERS IV, E. Comparison of results from cupping and descriptive Sensory analysis of Colombian brewed coffee. *Journal of Sensory Studies*, Malden, v. 29, p. 301-311, 2014.

DONG, Y. et al. Consensus models for AHP group decision making under row geometric mean prioritization method. *Decision Support Systems*, Storrs, v. 49, p. 281-289, 2010.

FERIA, A. M. Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. *Food Quality and Preference*, Harlow, v. 13, n. 6, p. 355-367, 2014.

GURMERIC, V. E. et al. Application of different multi-criteria decision techniques to determine optimum flavour of prebiotic pudding based on sensory analyses. *Food Bioprocess Technology*, New York, v. 6, p. 2844-2859, 2013.

GUTIERREZ, N. **Identificación y priorización de factores cítricos para implementar BPA en productores de café y frutas en el departamento del Huila en Colombia**. 2008. 313 p. Tesis (Doctorado en Tecnología de Alimentos) - Universidad Politécnica de Valencia, Valencia España, 2008.

HARRAR DE DIENES, A.; GARCÍA MELÓN, M.; ALCAIDE MARZAL, J. Application of Multi-Criteria Decision Methods (MCDM) for the development of functional food products in Venezuela. *Procedia Food Science*, London, v. 1, p. 1560-1567, 2011.

HO, W. D. Multiple criteria decision making techniques in higher education. *International Journal of Educational Management*, Hull, v. 20, n. 5, p. 319-337, 2006.

MOHD-YUNUS, R. et al. Expert choice for ranking heritage streets. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, New York, v. 101, p. 465-470, 2013.

NIEDERHAUSER, N. et al. Information and its management for differentiation of agricultural products: the example of specialty coffee. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdam, v. 61, n. 2, p. 241-253, 2008.

- PUERTA, G. I. Los catadores de café. **Avances técnicos Cenicafe**, Chinchina, v. 381, p. 1-12, mar. 2009.
- RENDON, M. Y. et al. Uso de escala de qualidade e escala de intensidade para avaliação de bebidas de café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos...** Águas de Lindóia: EMBRAPA Café, 2007. p. 1-4.
- RIBEIRO, B. et al. Avaliação química e sensorial de blends de *Coffea canephora* Pierre e *Coffea arabica* L. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 178-186, abr./jun. 2014.
- RODRÍGUEZ, M.; GERDING, M.; FRANCE, A. Selección de Aislamientos de Hongos Entomopatógenos para el Control de Huevos de la Polilla del Tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: gelechiidae). **Agricultura Técnica**, Santiago de Chile, v. 66, n. 2, p. 151-158, 2006.
- SAATY, T. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, Toronto, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.
- _____. Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 168, p. 557-570, 2006.
- SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **SCAA protocols: cupping specialty coffee**. Version Dec. 2015. Santa Ana, 2015. 10 p.
- VELASQUEZ, Y. N.; NÚÑEZ, M.; RODRÍGUEZ, C. Aplicación de la técnica AHP para evaluar el efecto de los valores organizacionales en la productividad. **Dirección y Organización**, Madrid, v. 41, p. 58-67, julio 2010.
- VOINOV, V.; NIKULIN, M.; BALAKRISHNAM, N. **Chi-squared goodness of fit tests with applications**. Oxford: E. Academic; Elsevier, 2013. 256 p.
- YOICHI, K.; KEL, O.; MAKOTO, N. Sensory evaluation of sake with AHP. **Seibutsu - Kogaku Kaishi**, Osaka, v. 74, p. 17-21, 1996.