

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 1</b>

Neiva, 04 de septiembre del 2015

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

Los suscritos: Stefanny Oyola Tapiero con C.C.1.075.258.103 de Neivay Daniel Felipe Trujillo Barrios con C.C 1.084.923.833 de Teruel, autora del trabajo de grado titulado:” Método alternativo para determinar ranking en la evaluación sensorial del café mediante el proceso de análisis jerárquico AHP” presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de” Ingeniera Agrícola; autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

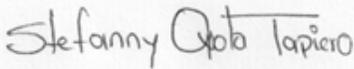
Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

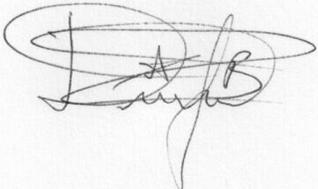
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Stefanny Oyola Tapiero



Daniel Felipe Trujillo Barrios



	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 3</b>

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Método alternativo para determinar ranking en la evaluación sensorial del café mediante el proceso de análisis jerárquico AHP

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Oyola Tapiero Trujillo Barrios	Stefanny Daniel Felipe

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Gutiérrez Guzmán	Nelson

**ASESORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Pastrana Bonilla Cerquera Peña	Eduardo Néstor Enrique

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Ingeniero Agrícola

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Agrícola

**CIUDAD:** Neiva      **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2015      **NÚMERO DE PÁGINAS:** 93

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

Diagramas\_\_ Fotografías\_\_ Grabaciones en discos\_\_ Ilustraciones en general  Grabados\_\_ Láminas\_\_  
Litografías\_\_ Mapas\_\_ Música impresa\_\_ Planos\_\_ Retratos\_\_ Sin ilustraciones\_\_ Tablas o Cuadros

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:** Resultados de análisis químicos de 26 muestras.

**PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):**

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

	<b>Español</b>	<b>Inglés</b>		<b>Español</b>	<b>Inglés</b>
1.	<i>Proceso de análisis jerárquico</i>	<i>Hierarchical analysis process</i>	3.	<i>método de decisión multicriterio</i>	<i>Multi-criteria decision method</i>
2.	<i>Análisis sensorial</i>	<i>Sensory analysis</i>	4.		

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 3</b>

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

En el presente trabajo se propone la utilización de un método de decisión multicriterio para obtener el ranking durante la evaluación de diferentes muestras de café, buscando ofrecer una herramienta de aplicación en los concursos para definir la mejor taza, aplicando el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) en el que se definen como criterios los atributos del protocolo de catación de la Asociación Americana de Café Especial (SCAA).

Este trabajo se desarrolló en el Centro de Investigación CESURCAFE de la Universidad Surcolombiana ubicado en la principal región cafetera de Colombia; se utilizaron muestras de café pergamino seco entre 1,5 a 3 kg cada una, procedentes de seis (6) subregiones cafeteras del departamento del Huila, a las cuales se les realizó análisis físico, protocolos de tostión y molienda de acuerdo a la metodología de la SCAA. Se conformó un panel de cuatro jueces expertos en café, los cuales fueron entrenados en el funcionamiento, calificación y utilización de los formatos en AHP, resaltando la necesidad de obtener una adecuada razón de consistencia en sus juicios; para lo cual se realizaron tres (3) niveles de entrenamiento. Para el proceso AHP se definieron los componentes de la estructura jerárquica (objetivo, criterios y alternativas); como objetivo se planteó, la mejor taza de café, con los criterios aroma/fragancia, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, dulzor, uniformidad, taza limpia, puntaje catador y las alternativas de solución fueron las seis muestras de café codificadas; se utilizó la escala fundamental de nueve razones propuesta por Saaty(1982), con ayuda del software Expert Choice 2000 para el procesamiento de la información y obtención de los rankings.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)



## GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

### DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

We propose the use of multicriteria decision method for get ranking during the evaluation of different samples of coffee, seeking to offer an application tool in coffee contests to define the best cup, applying Analysis Hierarchy Process (AHP) in which are defined as criteria the attributes of Cupping protocol of the Specialty Coffee Association of America (SCAA).

This work was done in the Center of investigation CESURCAFE of the Surcolombiana University located in the main coffee region of Colombia; were used samples of dry parchment coffee between 1.5 to 3 kg each, from six (6) regions of coffee of the department of Huila, to which were made physical analysis protocols the roasting and grinding according to the methodology SCAA. It was formed a panel of four expert judges in coffee, which were trained in the operation, score and utilization of the formats in AHP, highlighting the need of obtain an adequate reason of consistency in their judgments, for which made in total three (3) training sessions. For process AHP defined the hierarchy structure components (objective, criterias and alternatives) as objective was raised, the best cup of coffee, with the criterias as aroma / fragrance, flavor, aftertaste, acidity, body, Balance, Sweetness, Uniformity, Clean Coffee, taster score and the alternatives solutions were six coded samples; it was used fundamental valuation scale nine reasons given by Saaty, whit help the software Expert Choice 2000 for the information processing and obtaining of the rankings.

#### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Nelson Gutiérrez Guzmán

Firma:

Ph.D. NELSON GUTIERREZ  
GUZMÁN

Nombre Jurado: Eduardo Pastrana Bonilla

Firma:

Ph.D EDUARDO PASTRANA  
BONILLA

Nombre Jurado: Néstor Enrique Cerquera Peña

Firma:

M.Sc NESTOR/ENRIQUE  
CERQUERA PEÑA

Jurado

MÉTODO ALTERNATIVO PARA DETERMINAR RANKING EN LA  
EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CAFÉ MEDIANTE EL PROCESO DE  
ANÁLISIS JERÁRQUICO AHP

DANIEL FELIPE TRUJILLO BARRIOS  
STEFANNY OYOLA TAPIERO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA AGRICOLA  
NEIVA  
2015

MÉTODO ALTERNATIVO PARA DETERMINAR RANKING EN LA  
EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CAFÉ MEDIANTE EL PROCESO DE  
ANÁLISIS JERÁRQUICO AHP

DANIEL FELIPE TRUJILLO BARRIOS  
STEFANNY OYOLA TAPIERO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR EL  
TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

Director:  
Ph.D NELSON GUTIÉRREZ GUZMÁN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA AGRICOLA  
NEIVA  
2015

Nota de Aceptación

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



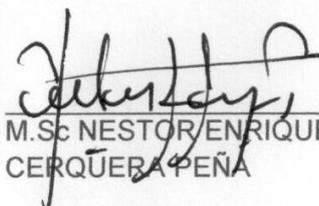
Ph.D. NELSON GUTIERREZ  
GUZMÁN

Director



Ph.D EDUARDO PASTRANA  
BONILLA

Jurado



M.Sc NESTOR ENRIQUE  
CERQUERA PEÑA

Jurado

Neiva y 04, septiembre, 2015

## **DEDICATORIA**

*A mi madre Malfi Barrios y a mi compañera Stefanny.*

*Daniel Felipe Trujillo barrios*

## **DEDICATORIA**

*La realización de este trabajo está dedicado a; Dios quien a permito la realización de cada uno de los sueños implantados en mí, a mi madre y mejor amiga Arcinedes Tapiero "Archi", por su amor, compañía y fortaleza entregada cada día, a mis hermanos: Steven quien fue y será fundamento para ser quien soy, y Sofía quien ha sido la luz y mi mayor refugio durante estos nueve años en medio de cada uno de los procesos vividos.*

*Stefanny Oyola Tapiero*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A nuestro director Nelson Gutiérrez por su apoyo y dedicación a la estructuración del presente trabajo, a los jurados Nestor Enrique Peña y Eduardo Pastrana Bonilla, por sus sugerencias y aportes. Una Agradecimiento especial a los compañeros del grupo de CESURCAFE, por su contribución en el desarrollo de la investigación.*

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. Planteamiento del problema .....	16
1.2. Justificación.....	17
2. OBJETIVOS .....	18
2.1. Objetivo general .....	18
2.2. Objetivo específicos.....	18
3. MARCO CONCEPTUAL .....	19
3.1. Factores incidentes en la calidad del café .....	19
3.2. Análisis sensorial en café.....	24
3.3. Proceso de análisis jerárquico (AHP) .....	30
4. METODOLOGÍA.....	39
4.1. Estructura del Modelo para el Problema Complejo .....	41
Formato de catación AHP .....	44
4.2. Selección de los Jueces de Catación .....	47
4.3. Preparación de las muestras para análisis sensorial mediante AHP .....	50
5. RESULTADOS .....	61
5.1. Estructuración del modelo jerárquico.....	61
5.2. Resultados Prueba preliminar .....	61
5.3. Análisis físicos de las muestras .....	63
5.4. Niveles de Entrenamiento AHP.....	64
5.5. Resultados del análisis sensorial SCAA –AHP .....	68
6. CONCLUSIONES.....	76
7. BIBLIOGRAFÍA.....	77
8. ANEXOS.....	80

## LISTA DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 1. efectos del estado de maduración del fruto en la recolección.	20
Tabla 2. Clasificación de los granos de café según el color.	26
Tabla 3. Defectos físicos del café	28
Tabla 4. Escala de calidad scca	30
Tabla 5. Escala de importancia ahp	34
Tabla 6. Síntesis de criterios	35
Tabla 7. Prioridad entre criterios y alternativas	35
Tabla 8. Índice aleatorio de consistencia	38
Tabla 9. Matriz recíproca para comparación pareada de juicios en ahp	43
Tabla 10. Características de las bebidas a base de avena	46
Tabla 11. Composición física de las muestras	64
Tabla 12. Resultados consenso general sesión 1	68
Tabla 13. Resultados consenso general sesión 2.	68
Tabla 14. Resultados consenso general sesión 3	68

## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura del modelo jerárquico.	32
Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología a implementar	39
Figura 3. Diagrama de flujo de ahp.	41
Figura 4. Matriz de síntesis entre criterios	43
Figura 5. Escala adaptada de evaluación ahp.	44
Figura 6. Formato de catación implementado en ahp.	45
Figura 7. Prueba preliminar en avena	46
Figura 8. Inducción en ahp, al panel de catación	47
Figura 9. Entrenamiento en ahp.	48
Figura 10. Consenso del entrenamiento	49
Figura 11. obtención y etiquetado de las muestras de café.	50
Figura 12. Diagrama de flujo análisis físico	51
Figura 13. Proceso de homogenización y trilla.	52
Figura 14. Clasificación manual	53
Figura 15. Granulometría y selección de defectos.	53
Figura 16. Tostado y empacado de las muestras	54
Figura 17. Molienda de las muestras	54
Figura 18. Organización e inspección de muestras	55
Figura 19. Evaluación atributo aroma/ fragancia	56
Figura 20. Evaluación sensorial de la bebida	56
Figura 21. Diagrama de flujo ahp en expert choice	59
Figura 22. Estructura del modelo jerárquico ahp	61
Figura 23. Modelo jerárquico - avena	62
Figura 24. Ranking general de la mejor avena	62
Figura 25. Base de los componentes físicos del café en colombia	63
Figura 26. Composición física de la muestra m1	63
Figura 27. Ranking consenso entrenamiento nivel 1	65
Figura 28. Rc consenso entrenamiento nivel 1	65
Figura 29. Ranking consenso entrenamiento nivel 2	66
Figura 30. Rc consenso entrenamiento nivel 2	66
Figura 31. Ranking consenso entrenamiento nivel 3	67
Figura 32. Rc consenso entrenamiento nivel 3	67
Figura 33. Análisis comparativo de los métodos ahp y scaa sesión 1	69
Figura 34. Análisis comparativo de los métodos ahp y scaa sesión 2	70
Figura 35. Análisis comparativo de los métodos ahp y scaa sesión 3	71
Figura 36. Escenarios de priorización de las alternativas. Consenso sesión 1.	72
Figura 37. Escenarios de priorización de las alternativas. Consenso sesión 2	73

Figura 38. Escenarios de priorización de las alternativas. Consenso sesión 3	73
Figura 39. Razón de consistencia general sesión 1	74
Figura 40. Razón de consistencia general sesión 2	74
Figura 41.razón de consistencia general sesión 3	75
Figura 1. Descripción de la estructura jerárquica de tres niveles	86
Figura 2. Estructura jerarquía ahp aplicada al análisis	87
Figura 3. Modelo nuevo	88
Figura 4. Definición del objetivo	88
Figura 5. Criterios de evaluación	89
Figura 6. Alternativas	89
Figura 7. Priorización de criterios	91
Figura 8. Matriz de comparación de alternativas	92
Figura 9. Razón de consistencia	92

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ficha técnica de los análisis físicos.	80
Anexo 2. Resultados análisis sensorial scaa sesión 1.	81
Anexo 3. Resultados análisis sensorial scaa sesión 2.	82
Anexo 4. Resultados análisis sensorial scaa sesión 3.	83
Anexo 5. Resultados análisis sensorial ahp sesión 1.	84
Anexo 6. Resultados análisis sensorial ahp sesión 2.	84
Anexo 7. Resultados análisis sensorial ahp sesión 3.	85
Anexo 8. Guía metodología.	86

## RESUMEN

En el presente trabajo se propone la utilización de un método de decisión multicriterio para obtener el ranking durante la evaluación de diferentes muestras de café, buscando ofrecer una herramienta de aplicación en los concursos para definir la mejor taza, aplicando el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) en el que se definen como criterios los atributos del protocolo de catación de la Asociación Americana de Café Especial (SCAA).

Este trabajo se desarrolló en el Centro de Investigación CESURCAFE de la Universidad Surcolombiana ubicado en la principal región cafetera de Colombia; se utilizaron muestras de café pergamino seco entre 1,5 a 3 kg cada una, procedentes de seis (6) subregiones cafeteras del departamento del Huila, a las cuales se les realizó análisis físico, protocolos de tostión y molienda de acuerdo a la metodología de la SCAA. Se conformó un panel de cuatro jueces expertos en café, los cuales fueron entrenados en el funcionamiento, calificación y utilización de los formatos en AHP, resaltando la necesidad de obtener una adecuada razón de consistencia en sus juicios; para lo cual se realizaron tres (3) niveles de entrenamiento. Para el proceso AHP se definieron los componentes de la estructura jerárquica (objetivo, criterios y alternativas); como objetivo se planteó, la mejor taza de café, con los criterios aroma/fragancia, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, dulzor, uniformidad, taza limpia, puntaje catador y las alternativas de solución fueron las seis muestras de café codificadas; se utilizó la escala fundamental de nueve razones propuesta por Saaty(1982), con ayuda del software Expert Choice 2000 para el procesamiento de la información y obtención de los rankings.

El modelo de la estructura jerárquica se ajustó a los requerimientos del proceso estándar de análisis sensorial en café, evaluando diez (10) criterios para  $n$  alternativas de solución con AHP, para así determinar el ranking de la mejor taza fundamentado en su calidad. Se obtuvieron tres (3) rankings con razones de consistencia inferiores al 10%, los cuales fueron comparados con los resultados derivados del proceso SCAA, donde se concluye que existe una similitud en los aciertos entre las posiciones en los rankings. La técnica de decisión multicriterio AHP permite adquirir una información confiable y consistente, sustentada en un modelo matemático el cual realiza la comparación entre las alternativas para cada atributo, permitiendo corregir la falta de precisión de la mente humana y la inclusión de valores cuantitativos y cualitativos en la emisión de los juicios, lo que hace de ésta una herramienta confiable para ser utilizada en el análisis sensorial del café y adaptable a demás alimentos en el que se deseen determinar sus niveles de aceptación.

**Palabras claves:** *Proceso de análisis jerárquico, análisis sensorial, método de*

*decisión multicriterio.*

## **ABSTRACT**

We propose the use of multicriteria decision method for get ranking during the evaluation of different samples of coffee, seeking to offer an application tool in coffee contests to define the best cup, applying Analysis Hierarchy Process (AHP) in which are defined as criteria the attributes of Cupping protocol of the Specialty Coffee Association of America (SCAA).

This work was done in the Center of investigation CESURCAFE of the Surcolombiana University located in the main coffee region of Colombia; were used samples of dry parchment coffee between 1.5 to 3 kg each, from six (6) regions of coffee of the department of Huila, to which were made physical analysis protocols the roasting and grinding according to the methodology SCAA. It was formed a panel of four expert judges in coffee, which were trained in the operation, score and utilization of the formats in AHP, highlighting the need of obtain an adequate reason of consistency in their judgments, for which made in total three (3) training sessions. For process AHP defined the hierarchy structure components (objective, criterias and alternatives) as objective was raised, the best cup of coffee, with the criterias as aroma / fragrance, flavor, aftertaste, acidity, body, Balance, Sweetness, Uniformity, Clean Coffee, taster score and the alternatives solutions were six coded samples; it was used fundamental valuation scale nine reasons given by Saaty, whit help the software Expert Choice 2000 for the information processing and obtaining of the rankings.

The model of the hierarchical structure was adjusted to the requirements of the standard process of sensory analysis of coffee, evaluating ten (10) criteria for n alternatives of solution (samples) with AHP, to determine the ranking of the best cup based on its quality. it was obtained in the three (3) rankings with reasons consistency less than 10%, which they were compared with those analysis derived from the SCAA process, where it is confirmed that there is a similarity in the successes of the positions between the rankings. The technique decision multicriteria allows acquiring a reliable and consistent information, based on a mathematical model which compares the alternatives for each attribute, allowing correct the inaccuracy of the human mind, and the inclusion of quantitative and qualitative values in issuing judgments, making this a reliable tool to be used in sensory analysis of coffee and adaptable to other foods in which they wish determine their levels of acceptance.

**Keywords:** *Hierarchical analysis process, sensory analysis, multi-criteria decision method.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El departamento del Huila, se ha posicionado como el primer productor de cafés especiales en Colombia, tal como se evidenció en el pasado Concurso Taza de Excelencia Colombia 2013, en el que 16 de los 20 finalistas correspondieron a lotes producidos en el sur del departamento del Huila; lo anterior es sin duda una muestra clara del gran potencial para la producción de cafés con atributos de calidad destacables, debido principalmente a las condiciones climáticas y suelos de dicha zona (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC), 2013). La caficultura huilense está cambiando a un enfoque empresarial, con la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), y la certificación de fincas cafeteras en sellos como Rainforest Alliance, UTZ, FLO, 4C que promueven la calidad en el producto y hacen una caficultura más sostenible y amigable con el medio ambiente (Peña, 2013).

Los concursos Taza de Excelencia destacan los mejores lotes producidos en un país en un año en particular, mediante el Análisis Sensorial basado en el Protocolo de catación de la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA), que permite analizar y valorar de manera simultánea diferentes muestras, considerando todas las características sensoriales como aroma/fragancia, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia, dulzor y puntaje catador; para dar una puntuación global a las muestras con lo que es posible definir un ranking.

Teniendo en cuenta que en la determinación de los perfiles sensoriales de muestras de café se requiere valorar de manera simultánea los diferentes atributos de calidad, se asimila 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; 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 (Costell, 2001).

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 diferentes alternativas de solución. El proceso de análisis jerárquico (AHP por sus siglas en Inglés), es una TDM propuesta por el profesor Thomas L. Saaty, 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. (Saaty T. *et al.*, 2001).

En la actualidad, la técnica de decisión multicriterio AHP, se ha utilizado ampliamente en la toma de decisiones políticas, acciones gubernamentales y proyectos sociales, en la priorización de factores críticos o puntos de control en procesos agroindustriales. De igual manera el AHP se ha utilizado en la evaluación sensorial por consumidores, de diferentes tipos de sake, para definir cuál bebida contaba con mayor aceptación para definir la producción (Yoichi *et al.*, 1996). Además se utilizó en la selección de un aroma óptimo; vainilla, fresa y cacao, para un pudding prebiótico basado en el análisis sensorial mediante la implementación de la TDM - AHP y otras (Gurmeric *et al.*, 2013).

El presente trabajo busca implementar la TDM – AHP, como herramienta alternativa en la determinación del ranking en diferentes muestras de café, con un grado de consistencia aceptable, comparando de manera pareada las muestras con respecto a cada atributo requerido por la SCAA, adicionalmente realizar una guía práctica de implementación y entrenamiento, con aplicabilidad en diferentes productos de la industria alimentaria.

## 1.1. Planteamiento del problema

El análisis sensorial en la evaluación de la calidad del café, es un problema complejo que involucra diferentes aspectos tangibles e intangibles, que deberán ser abordados de una manera sistemática y ordenada a fin de obtener los resultados deseados en la determinación del ranking de la mejor taza. Dicha situación genera el planteamiento de un problema que involucra diferentes atributos o factores en diferentes alternativas de solución, sobre las que se deberá decidir el orden de la mejor a la peor taza, correspondiendo a lo que se denomina como el planteamiento de un problema de decisión multicriterio.

Aragóns (2004) comenta que es posible encontrar la solución a problemas de decisión multicriterio, mediante la utilización de los métodos de análisis de decisión multicriterio (MCDM), los cuales han tenido un importante avance a partir de las últimas dos décadas del siglo XX, debido al desarrollo y la evolución de la informática y especialmente del software.

El proceso de análisis jerárquico (AHP), hace posible incluir datos cuantitativos y cualitativos en cada uno de los juicios hacia los atributos evaluados en la SCCA, se establece una ranking en orden descendente de las alternativa, analiza además la relación de consistencia (RC) del Juez lo que verifica que la información obtenida es verídica y no contradictoria cuando su  $RC < 0,10$  (Saaty T. L., 1982).

Por primera vez se desea implementar el AHP en el análisis sensorial de café, para la obtención del ranking de la mejor taza, con la toma de decisiones individuales o grupales con aplicabilidad a concursos en taza y adaptabilidad a demás alimentos que se deseen jerarquizar.

En consecuencia se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Mediante la utilización de una técnica de decisión multicriterio se puede construir un ranking para definir los mejores cafés especiales como alternativa de aplicación en los concursos de taza de café?

## **1.2. Justificación**

El proceso de análisis jerárquico AHP facilita la solución de problemas complejos, su diseño consiste en desglosar el problema y analizarlo por separado (objetivo, criterios, alternativas) para llegar a la solución mediante comparaciones pareadas relativas, basadas en la escala fundamental de rangos de importancia que capturan la realidad percibida, esto implica la inclusión de elementos cuantitativos y cualitativos por parte del decisor, para seleccionar la mejor alternativa respecto a varios criterios, además corrige la inconsistencia debido a la falta de precisión de la mente humana.

La evaluación sensorial, basada en el protocolo de catación de la SCAA, contempla diez (10) atributos a analizar, utilizando una escala de 6 a 10 puntos para cada atributo, teniendo como resultado una puntuación final (la suma de cada uno de ellos), permitiendo la clasificación en calidad de las muestras. De esta manera no se evalúan en detalle las variables cualitativas, debido a la complejidad para ser medidas, AHP asigna medidas relativas; la importancia que posee un atributo en mayor grado de dominar al otro.

La implementación de la técnica de decisión multicriterio AHP, en el análisis sensorial del café, se proyecta con el propósito de generar resultados con mayor confiabilidad y precisión, basados en el algoritmo matemático propuesto por Tomas Saaty (1982), el cual garantiza que los resultados obtenidos, satisfacen con mayor proximidad el objetivo planteado inicialmente.

Este trabajo de investigación desarrollado como trabajo de grado, permite la aplicación de conocimientos adquiridos durante el proceso de formación como ingenieros agrícolas, generando alternativas de solución en procesos de evaluación en la calidad del café y su aporte a la Universidad Surcolombiana en la generación de conocimiento.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Definir una nueva metodología para obtener el ranking en valoraciones simultaneas de muestras de café para determinar la mejor taza, aplicando Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), incluyendo como criterios los atributos definidos en el protocolo de catación de la Asociación Americana de Café Especial (SCAA).

### **2.2. Objetivo específicos**

- Estructurar el problema complejo para obtener un ranking en el análisis sensorial de café en una estructura jerárquica tipo AHP.
- Realizar la selección de los jueces que conformarán el panel de catación, y su posterior entrenamiento en conceptos, aplicabilidad y utilización de formatos de la TDM AHP en la evaluación del análisis sensorial en café.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados entre el modelo AHP y el método tradicional de análisis sensorial SCAA, planteando similitudes, ventajas, desventajas.
- Realizar una guía práctica que facilite la aplicación en su metodología y procesamiento de la información através del software Expert Choice, de la nueva herramienta desarrollada.

### **3. MARCO CONCEPTUAL**

#### **3.1. Factores incidentes en la calidad del café**

Para determinar la calidad en taza de una muestra de café, se hace necesario conocer el proceso productivo que se desarrolla, para llegar a la bebida como tal. Proceso que implica una serie de factores que definen las características físicas y organolépticas del grano de café, como son; la especie y origen condiciones ambientales, tipo de suelo, cosecha, pos-cosecha, preparación de la bebida, y los daños en el grano. La variación de estas condiciones durante el proceso, permite que se obtenga como resultado un número ilimitado de perfiles en taza de un mismo lote y/o micro lote de café.

##### **3.1.1. Especie y Origen**

La calidad del café depende de la especie vegetal que se utilice (Robusta o Arábica). Además de los factores genéticos, del árbol y del entorno en que crece. El café de Colombia es un café 100% Arábica, suave y tradicionalmente lavado, que crece en la montañosa zona cafetera colombiana y que cumple con los requisitos que determina el Comité Nacional de Cafeteros de Colombia. Luego de procesado el Café de Colombia, se obtiene una bebida suave, de taza limpia, con acidez y cuerpo medio/alto, un aroma pronunciado y completo (FNC, 2010).

Adicional a la especie vegetal, la calidad de una muestra de café, depende de factores biofísicos como; la altura en un rango altitudinal de 400 a 2.000 msnm. Sin embargo, la zona altitudinal que ofrece, las mejores condiciones para obtener café de buena calidad está entre 1.200 y 2.000 msnm, precipitación bien distribuida en el año entre 1400- 2000 mm, humedad relativa que puede variar entre 70 -75 %, luz solar, viento, la temperatura optima oscila entre 19 °C y 21 °C con extremos de 17 °C a 23 °C, suelo, entre otros. Y factores agronómicos como la presencia de plagas, fertilización y manejo de sombra (Fischersworrning & Robkamp, 2001).

### 3.1.2. Cosecha

Para obtener una excelente calidad de café en taza es indispensable realizar una correcta cosecha, en forma selectiva. La recolección del grano o cereza de café, es parte clave para la determinación de la calidad del producto final, ya que en esta etapa se debe hacer la recolección de los granos en el punto óptimo de su madurez, descartando las cerezas verdes o sobre maduras, con el objetivo de evitar defectos en la bebida.

Los periodos de cosecha están asociados con la estacionalidad de las floraciones y de las particularidades del cultivo. En Colombia, en ciertas regiones, se presentan diferentes ciclos de precipitación que generan afloraciones relativamente continuas y consecuentemente frutos maduros, presentando en una misma rama de arbustos de café bulbos que se convertirán en flores, flores formadas, y frutos en diferente estado de maduración.

El productor colombiano sabe que, de no ser selectivo en sus procesos de cosecha, sacrificará las flores que constituyen su ingreso futuro, o reducirá también sus ingresos por tomar frutos inmaduros que se constituirán en un obstáculo para pasar las pruebas de calidad que le exige el sistema. La presencia de un 2.5% o más de fruto verde en el café recolectado y beneficiado, afecta la calidad de la bebida (FNC, 2010).

**Tabla 1.** Efectos del estado de maduración del fruto en la recolección.

Recolección	Posible Efecto En Taza	Descripción Del Efecto
<b>Frutos maduros</b>	sana o limpia	Sabor transparente. Se aprecia todos los atributos del café.
<b>Frutos verdes</b>	Áspera y/o astringente	La astringencia se percibe como sabores ácidos y amargos. Es típica de frutos no maduros.
<b>Frutos pintos o camagües</b>	Áspera y/o astringente	Relacionado con los ácidos que se generan después de la maduración. Aumentan los ácidos que generan el sabor agrio.
<b>Frutos sobre maduros</b>	Vinosa agria	
<b>Frutos enfermos</b>	Sucia	Hay una "mancha" en el sabor que no permite apreciar completamente los atributos del café. No se percibe ningún defecto definido. Se da también por malas prácticas en el proceso de (lavado).
<b>Frutos brocados</b>	Sucia	
<b>Frutos secos</b>	Sucia	

Fuente: Berrios, 2008

### 3.1.3. Manejo post-cosecha

Está definida como el beneficio, secado, trilla y torrefacción del grano de café, la cual inicia desde la recolección de la cereza hasta el proceso de tostión, implicando el desarrollo de prácticas que varían según la variedad del grano, el arraigo cultural del productor, entre otras.

Es importante recalcar que el beneficio del café puede llegar hacer el paso más trascendental dentro del proceso, debido a la mayor incidencia de manejo humano en el desarrollo de las prácticas que conlleva la producción de café de alta calidad, ya que la calidad del café no puede mejorarse en el buen beneficio, lo que se busca es preservar las características del grano ya que la misma se obtiene del cafeto. Dentro del tipo de beneficio de café se diferencia dos métodos, el beneficio húmedo y el beneficio seco.

**Beneficio Seco.** El método original de beneficio del café es el beneficio seco. En este proceso, las cerezas comúnmente se exponen al sol durante varios días hasta alcanzar cierto grado de humedad menores al 13%. Uno de los efectos que tiene este método es la impregnación de la semilla con los azúcares y otros compuestos presentes en el mucílago del café. (FNC, 2010)

La calidad de este café se ve afectada en muchas ocasiones por diferentes prácticas, tales como la recolección no selectiva de los granos, el manejo inapropiado del secado extendiendo el café directamente sobre la tierra, y amontonando el café cereza en capas tan gruesas que se fermenta o mohosea. Los cafés beneficiados por la vía seca se comercializan como cafés no lavados o naturales, en mercados especiales (Fischersworing & Robkamp, 2001). Este tipo de beneficio, hace que las características organolépticas del grano de café a evaluar se presenten como deterioro de la calidad debido a la presencia de stinker, fermento, fenol entre otros.

**Beneficio húmedo.** En Colombia, el beneficio realizado al café tradicionalmente es por vía húmeda. Este proceso comprende una serie de etapas; que van desde la recolección del café en cereza, despulpado, remoción del mucílago, lavado y secado, hasta obtener café pergamino seco. Durante el desarrollo del beneficio, factores como; el despulpado, el tiempo de fermentación; periodos largos, la presencia de plagas de insectos, condiciones no adecuadas en el almacenamiento, pueden llegar proporcionar características físicas y organolépticas, que disminuyen la calidad de la muestra de café que se desee evaluar.

Las operaciones que comúnmente se realizan durante el manejo post-cosecha, son realizadas de manera artesanal en las fincas cafeteras por los productores,

lo que le confiere susceptibilidad a la presencia de defectos por inadecuado manejo; a continuación se describen algunas de estas operaciones:

**Despulpado.** Hace referencia al primer proceso realizado después de la recolección del fruto del cafeto denominado café cereza, el despulpado tiene como objetivo separar el grano de la envoltura exterior (epicarpio y mesocarpio); consiste en retirar la pulpa de la cereza por medio de fricción y de cizallamiento causada por dos superficies, una fija y otra móvil; El café maduro contiene mucílago, baba o “miel”, que permite el despulpado con solo presionar la cereza. Es importante que el despulpado se haga correctamente El retraso por más de seis (6) horas puede originar el defecto llamado “fermento”, lo cual influye directamente en la calidad del grano, en el rendimiento que se desea alcanzar y afectando la calidad de la bebida.

**Fermentación.** En la fermentación del café ocurren varios procesos, básicamente las levaduras y bacterias del mucílago provenientes de diferentes fuentes como suelo, aire, agua, vegetales, instalaciones, entre otros, mediante sus enzimas naturales oxidan los azúcares que conforman el mucílago. Los frutos de café maduros contienen entre 1% y 27% de mucílago, el cual varía según su estado de maduración, contenido de humedad y tamaño del fruto, una vez despulpado el grano queda recubierto de una capa que contienen cantidades variables de mucílago denominado café en baba, la cual se desintegra por medio del proceso de auto-fermentación, la presencia de pulpa, residuos de insecticidas y otras sustancias influyen en los productos de fermentación, y por consiguiente, en los sabores y aromas. En Colombia, la fermentación del café se realiza en sistemas sin agua o sumergidos, de acuerdo al grado de madurez de la cereza (Puerta, 2012).

**Lavado.** Tiene como propósito eliminar totalmente el mucílago fermentado del grano y las sustancias residuales que todavía se encuentran adheridas al pergamino del café. El grano de café lavado en el punto adecuado de fermentación presenta un pergamino limpio, áspero y blanquecino, sin resto de miel en la hendidura del grano. Una mala ejecución de esta etapa da paso a defectos como el grano manchado, sucio, el sabor a fermento y la contaminación.

**Secado.** Al culminar el proceso de lavado, debe realizarse la operación de secado, con la que se disminuye la humedad del grano en un rango del 10 a 12%, (CENICAFÉ, 2004) de tal forma que se pueda almacenar en óptimas condiciones, ya que en esta etapa se corre el mayor peligro de deterioro de la calidad del grano. El café seco, recibe el nombre de café pergamino, el cual se empaca en costales y se almacena hasta el momento de la trilla.

En el secado del café pergamino se deben extremar las precauciones debido a que el grano es altamente higroscópico y sensible para absorber olores del medio que lo rodea, que pueden llegar a afectar su calidad en taza, esto requiere el control de las condiciones de temperatura, humedad, tiempo, y el estado óptimo de los equipos en cada etapa del proceso.

**Trilla.** La trilla de café pergamino seco consiste en retirar mecánicamente la cáscara (pergamino) que cubre la almendra de café, convirtiéndolo en café excelso. Además se selecciona la almendra por tamaños y se retira todo tipo de impurezas y granos defectuosos para obtener así una variedad de productos y subproductos con diferentes destinos.

**Torrefacción.** Es el proceso térmico al cual se somete el café verde durante un cierto tiempo, provocando en el grano una serie de importantes cambios físicos y químicos, y donde se desarrollan los compuestos responsables del aroma y del sabor. Dependiendo del punto de tueste, la bebida de café resultante será diferente desde el punto de vista fisicoquímico y organoléptico. La torrefacción de los granos de café verde se realiza esencialmente en tres etapas; secado, tueste y enfriamiento, La primera etapa es el secado de los granos de café verde, la cual normalmente toma el 80% del tiempo total de la torrefacción a temperaturas que van de los 125°C a los 187°C. En la segunda etapa, ocurre la pirólisis (fragmentación térmica de las moléculas grandes en ausencia de oxígeno) en el grano de café. Y se caracteriza por la crepitación de los granos de café. La tercera y última etapa es la de enfriamiento, en la cual se detiene la reacción de la pirólisis en el café. Tan pronto como es alcanzado el grado de tuestión deseado, se debe interrumpir la pirólisis rápidamente haciendo descender la temperatura (Peláez, 1991).

### **3.2. Análisis sensorial en café**

El análisis sensorial o evaluación sensorial es definido; como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando y/o midiendo, las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas. Como disciplina es usada para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las propiedades de los alimentos, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato gusto, tacto y oído. (Molina, 1999)

Según FNC, (2010), el café es sin duda el producto especial que tiene mayor relación con el ser humano en los aspectos: social, económico y cultural. Cerca de 25 millones de familias lo producen en más de 50 países de las zonas tropicales y subtropicales de Asia, África, y Latinoamérica. Incluso hay zonas productoras de café en Hawái- Estados Unidos, Puerto Rico y Australia. Un café de alta calidad requiere tener en cuenta temas tan complejos y variados que van desde el árbol y su entorno, las características de su cultivo, el manejo agronómico y procesos asociados con la recolección y post-cosecha, son claves a la hora de determinar los atributos del producto.

El análisis sensorial en café busca determinar la calidad en taza de las diferentes muestras a analizar. La apariencia, el color y el olor del grano de café pergamino, almendra y tostado, así como las cualidades organolépticas de la bebida que comprenden el aroma, el cuerpo, la acidez, el amargor y el sabor constituyen la calidad del café. (Puerta, 1996).

El análisis sensorial en café, se realiza mediante un proceso conocido como la catación de café, basado en el protocolo de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA), el cual permite analizar y valorar todas las características sensoriales y/o atributos; como lo es el aroma, sabor, cuerpo, acidez, impresión global. En tal evaluación se establece la escala de calidad en un rango de 6 a 10 puntos por atributo para café especial. Este método es empelado por un grupo de individuos entrenados (panel de catación), permitiéndoles establecer rangos de calidad de la bebida, según las características que presenten las distintas muestras que se deseen evaluar, en las que se puede presentar diferencias de una muestra a otra; cualidades deseables, de igual manera defectos como fermento, fenoles, y características propias del grado de deterioro de una muestra de café.

### **3.2.1. El juez sensorial**

El análisis sensorial, se realiza para establecer la calidad en taza de una muestra de café. Es realizado por un grupo de jueces; son las personas que mediante los sentidos de la vista, el olfato y el gusto, sienten, perciben, identifican, analizan, describen, comparan y valoran la calidad del café. Estas personas se conocen como catadores, panelistas, degustadores y jueces analíticos. (Puerta, 2009)

El juez sensorial cuenta con amplios conocimientos, experiencia, y características singulares como lo es la agudeza sensorial, percepción y descripción; que les permite establecer el perfil de una muestra en particular, desde un punto cualitativo; mediante la percepción sensorial de los atributos y defectos que caracterizan la muestra, y un punto cuantitativo; mediante la evaluación de la intensidad de los mismos. Es de suma importancia que los jueces realicen los análisis según ciertas reglas y normas internacionales establecidas que les permita detectar todo aroma o sabor extraño (Fischersworing, et al., 2001).

Para llegar a ser juez sensorial de café, se deben cumplir unos requisitos y someterse a diversas pruebas, que permitan evaluar el estado de salud, la actitud, interés, y a su vez medir la sensibilidad de los sentidos del olfato y del gusto. Sensibilidad consolidada a lo largo de su experiencia en el desarrollo continuo de esta actividad (Puerta, 2009).

Un panel de análisis sensorial constituye un verdadero “instrumento de medición” y, en consecuencia, los resultados de los análisis realizados dependen de sus miembros. La evaluación sensorial se puede hacer mediante tres tipos de panelistas: “panelistas”, “panelistas iniciados” y “panelistas expertos”. Los panelistas pueden ser “panelistas inexpertos” que no tienen que cumplir un criterio preciso de selección o entrenamiento. Los panelistas iniciados son personas que ya han tomado parte en algunas pruebas sensoriales, los cuales tienen una vaga idea o se encuentran en proceso de formación. Los panelistas expertos son panelistas que han sido seleccionados y entrenados para una variedad de métodos de análisis sensorial y que han demostrado agudeza particular en el trabajo de panel. (GTC 165, 2007).

### 3.2.2. Metodología del análisis sensorial según la SCAA

La mejor manera de examinar las características de un café, es catarlo, es decir, probar su infusión. El análisis sensorial o catación, evidencia un sin fin de características de la bebida imposibles de detectar analizando los granos de café, sean verdes o tostados (Barbera, 2000). La catación es un método de evaluación sistemática, empleada para identificar y evaluar las características aromáticas y gustativas de una muestra de granos de café. Como se mencionó con anterioridad, el análisis sensorial en café, evalúa la calidad en taza de la bebida, con la finalidad de identificar las características de cada una de las muestras.

Debido a que la catación está asociada con un propósito económico, dicha evaluación está basada en el protocolo de catación de la SCAA, el cual establece atributos y defectos que afectan la calidad, y a su vez la escala de calificación numérica, en un rango de 6 a 10 puntos por atributo, según la calidad del café a analizar, que varía de un café estándar a un café especial.

#### **Criterios de evaluación.**

Para determinar la calidad en taza de una muestra de café, la SCAA, dentro de su protocolo de evaluación, establece estándares que ayudan a determinar las características intrínsecas del café, características físicas y características organolépticas, con el objetivo de perfilar y establecer precios de comercialización.

#### **Características físicas.**

Las características físicas de los granos se correlacionan con la calidad, el tamaño del grano, preferentemente grande, fresco, con un contenido mínimo de defectos, la forma debe ser plana convexa, la uniformidad del tamaño de los granos entre sí y el color característico del grano que debe ser verde azulado, óptimamente secado con una humedad final del 10 al 12% (ver Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de los granos de café según el color.

<b>COLOR</b>	<b>CALIFICATIVO</b>
<b>Verde grisáceo/azulado</b>	Muy bueno
<b>Verde Claro</b>	Bueno
<b>Ligeramente pálido</b>	Corriente
<b>Blanquecino</b>	Muy bajo

Fuente: Fischersworing, *et al.*, 2001

Es importante que el grano de café no muestre defectos físicos (Tabla 3), causados por un mal manejo del proceso de beneficio y secado, ataque de plagas o enfermedades y deficiencia de nutrientes. Entre los defectos del café, que son castigados con bajos precios en el marco nacional e internacional, figuran los siguientes: Divergencia en el color y en la forma del grano (grano caracol, triángulo y monstruos, café quebrado, etc.), compuestos propios del café (restos de pulpa, etc.) y partículas o componentes extraños al café (piedras, clavos, etc.) (Fischersworing, et al., 2001).

**Tabla 3. Defectos físicos del Café**

DEFECTO	DESCRIPCIÓN	CAUSA
Grano negro o parcialmente negro	Grano con coloración del pardo al negro. Arrugado. Cara plana hundida. Hendidura muy abierta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de agua durante el desarrollo del fruto.</li> <li>• Fermentaciones prolongadas.</li> <li>• Cerezas recogidas del suelo.</li> <li>• Malos secados o rehumedecidos.</li> </ul>
Grano cardenillo	Grano atacado por hongos. El hongo va destruyendo el grano por las partes más blandas, produciendo polvillo amarillo o amarillo rojizo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermentaciones prolongadas.</li> <li>• Interrupciones largas del proceso de secado.</li> <li>• Almacenamiento húmedo del producto.</li> </ul>
Grano vinagre o parcialmente vinagre.	Grano con coloración de crema al carmelito oscuro. Hendidura libre de tegumentos. Película plateada puede tender a coloraciones pardo rojizas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retrasos en la recolección y despulpado.</li> <li>• Fermentaciones demasiado prolongadas.</li> <li>• Deficiente limpieza en los tanques de fermentación.</li> <li>• Uso de aguas contaminadas.</li> <li>• Sobrecalentamiento.</li> <li>• Almacenamiento húmedo del café.</li> </ul>
Grano cristalizado	Grano de color gris azulado; frágil y quebradizo al golpearlo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altas temperaturas en el secado (más de 55 °C)</li> </ul>

Fuente: Fischersworing, *et al.*, 2001

### **Características organolépticas**

Los jueces mediante los órganos de la vista, el olfato y el gusto, sienten, perciben, identifican, analizan, describen, comparan y valoran la calidad del café, esto se denomina análisis sensorial por medio de esta técnica se pueden identificar los defectos presentes en la bebida de café, medir la intensidad de una característica sensorial como la acidez y el dulzor, y de igual forma, calificar el sabor, el aroma y la calidad global del producto. (Barrera, 2014).

**Aroma/fragancia.** La fragancia es la primera cualidad que se percibe en el café al olerlo, específicamente en seco recién molido, es una propiedad organoléptica que describe la impresión olfativa de sustancias volátiles (aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres etc.).

El aroma del café es captado por los receptores olfativos, una vez se mezcla las partículas de café con el agua, formando una espuma en la parte superior de la taza, que se liberan los aceites esenciales contenidos en la almendra. Un aroma delicado, fino, fragante y penetrante, caracteriza un buen café. Los términos usados por el juez sensorial para descripción de los aromas son:

floral, acaramelado, malteado, achocolatado, cítrico, entre otros (Fischersworrning, et al., 2001).

**Sabor.** El sabor es una sensación global, suma de cuatro factores básicos: dulce, salado, ácido y amargo. Los sabores no los percibimos inicialmente a la vez: los primeros en aparecer, de forma instantánea, son los dulces, les siguen los salados y ácidos, y a los 10 segundos llegan los componentes amargos. (Barbera, 2000)

**Sabor Residual.** Se define como la duración de las calidades positivas del sabor (el sabor y aroma) que proceden de la espalda del paladar y se quedan después de que el café se expectora o es tragado (Oro Verde, 2002).

**Acidez.** Es una característica deseable, apreciada en el café; pues hay una relación positiva entre la intensidad de la impresión acida y la calidad del café; el grado de acidez, es decir, su intensidad, varía notablemente conforme a la procedencia del café, destacándose los cafés de altura por una acidez alta a media mientras que los cafés de bajura tienen acidez ligera. Algunos factores que influyen en la acidez del café son: La altura, la especie, la edad de los granos, el grado de tostado; además de las características del suelo, el microclima, el beneficio (Fischersworrning, et al., 2001).

**Cuerpo.** El cuerpo es un aspecto fundamental para valorar una taza de Café, que no debemos confundir con la sensación de fortaleza del gusto. El cuerpo es una sensación táctil causada por la densidad de la bebida y por los elementos en suspensión, esencialmente grasas y aceites (Barbera, 2000). Se origina como resultado de la combinación de varias percepciones captadas durante la catación sensorial: aroma y amargos, al igual que por la cantidad de partículas disueltas en la infusión que a su vez determinan la concentración de la misma. Valorado a través de la densidad y textura de la bebida (Fischersworrning, et al., 2001).

**Equilibrio.** Se refiere a la armonía de todos los aspectos de sabor, sabor residual, acidez y cuerpo de la muestra, trabajando juntos y complementándose o contrastándose uno al otro (Oro Verde, 2002).

**Uniformidad.** Se refiere a la consistencia del sabor de las diferentes tazas de la muestra analizada (Oro Verde, 2002). La uniformidad entre distintas tazas de una sola muestra, debe ser uniforme tanto por atributos y características, como en defectos y/o contaminaciones.

**Taza limpia.** Se refiere a una falta de impresiones negativas en el sabor o en el sabor residual. Una taza transparente o cristalina. Teniendo en cuenta la

experiencia total del sabor en relación al tiempo de enfriamiento y a la impresión final (Oro Verde, 2002).

**Dulzor.** Se refiere a una plenitud agradable del sabor y su percepción es el resultado de la presencia de ciertos carbohidratos (Oro Verde, 2002).

**Puntaje del catador.** El aspecto total del puntaje se da para reflejar la calificación integrada de la muestra percibida por cada panelista. Este es el paso donde los panelistas hacen su evaluación personal basada en la experiencia (Oro Verde, 2002).

### Escala de evaluación

Tabla 4. Escala de Calidad SCCA

ESCALA DE CALIDAD			
6.00 – Bueno	7.00 – Muy Bueno	8.00 – Excelente	9.00 – Excepcional
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Fuente: SCAA, 2003

La SCAA, dentro de los criterios de evaluación de la calidad en taza de una muestra de café, plantea la escala numérica de calidad de 6.00 A 9.75 puntos (Tabla 4), para cada uno de los atributos, enmarcando de manera individual, las características del grano, en distintos rango numéricos que van desde: bueno (6.00), muy bueno (7.00), excelente (8.00) y excepcional (9.00), permitiendo que el juez sensorial plasme de manera universal, mediante la suma de valor dado en cada uno de los atributos (escala de 60 a 100), la percepción individual de cada uno de las características y defectos, que determinan la calidad en taza del café que se desee evaluar y el nivel de calidad del grano a evaluar.

### 3.3. Proceso de análisis jerárquico (AHP)

De acuerdo con Moreno Jiménez J. A.,(2001), los métodos de análisis de decisión multicriterio o técnicas de decisión multicriterio (TDM), son un conjunto de herramientas y procedimientos utilizados en la resolución de problemas de decisión complejos, en los que intervienen diferentes actores y criterios, éstas técnicas pueden clasificarse conforme a numerosos aspectos entre los cuales se destaca la consideración simultánea de todos los criterios, lo que implica la generación de soluciones eficientes.

Están disponibles diversos métodos de análisis de decisión multicriterio entre los que se destacan el AHP, ANP, ELECTRE y PROMETHE, todos ellos con múltiples aplicaciones prácticas, aunque no es fácil determinar cuál es considerada la mejor técnica. Wasil E, *et al.*, (2003) recomiendan ampliamente la técnica AHP para la evaluación de tecnologías y prototipos en general; además el éxito de esta técnica se debe a la versatilidad, poder de estructuración y análisis de problemas complejos lo cual lo hace muy sencillo y confiable según Yusuff R.,(2001).

Para el desarrollo de este trabajo se utiliza la TDM, Proceso Análisis Jerárquico (AHP), debido a su flexibilidad, la cual facilita el entendimiento de la situación de los problemas. Esto permite llevar a cabo un proceso ordenado y gráfico de las etapas requeridas en la toma de decisiones. Asimismo, el AHP permite analizar por separado la contribución de cada componente del modelo respecto al objetivo, además su utilidad para disminuir la inconsistencia de la mente humana. Además se utiliza el software Expert Choice 2000 para el proceso de la información.

El Proceso de Análisis Jerárquico, desarrollado por Thomas L. Saaty (The Analytic Hierarchy Process, 1980) está diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples. El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que, después, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

Análisis de Procesos Jerárquico (AHP), es como descomponer la información respecto al problema que se tiene, analizarla de forma separada y luego unir todas las soluciones en una conclusión, comparando la relevancia de cada criterio para la toma de las mejores decisiones.

### **3.3.1. Fundamentos y ventajas de AHP**

Según Toskano, (2005); esta técnica desglosa el problema y permite analizarlo por partes, transformándolo a un modelo matemático fiable y eficaz que muestra la mejor solución que satisface los intereses y el objetivo, permitiendo además involucrar diferentes puntos de vista o jueces en el análisis para generar un consenso, igualmente calcula la RC y facilita realizar correcciones si no se cumplen las condiciones, haciéndolo muy práctico de utilizar e implementar.

AHP se basa en una Jerarquía que comprende los niveles como; objetivo, criterios, subcriterios y alternativas, los cuales separan el problema y lo hacen

más fácil de interpretar y comprender, siendo una clave importante en la solución del problema. Una vez definido e identificado el problema se realizan las comparaciones binarias entre criterios y alternativas, evaluándolas bajo una escala de asignación de rangos de importancia que van desde igual de Importante con valor 1, hasta extremadamente importante con valor 9, lo que asigna pesos en la preferencia de uno con respecto al otro criterio y/o alternativa que se esté comparando.

La asignación previa de pesos de preferencia de los criterios se conoce como sensibilización, y se utiliza para definir qué criterios influyen más a la hora de tomar la decisión.

Los juicios suministrados por el decisor son medidos por la razón de consistencia (RC) que verifica la coherencia y concordancia de la información, a medida que se realizan las comparaciones pareadas, como límite de aceptación una RC inferior al 10% (Toskano, 2005).

El resultado de la TDM es una lista a manera de ranking donde se ordenan las preferencias de las alternativas representadas en porcentaje, correspondiendo a la mejor solución, la que más alto porcentaje obtuvo.

### 3.3.2. Estructuración básica del Modelo Jerárquico

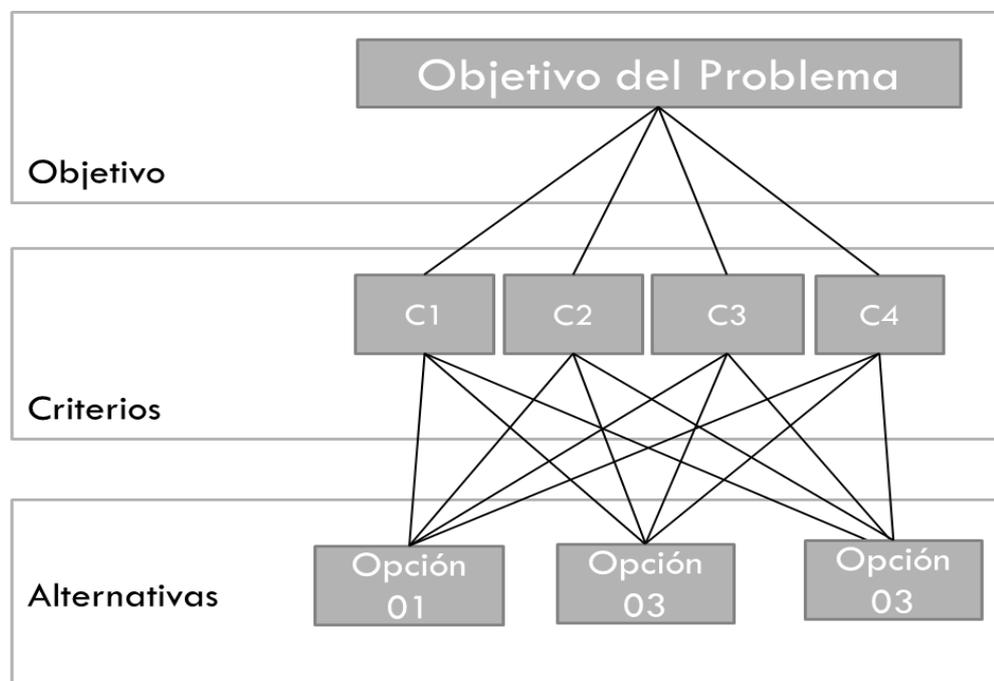


Figura 1. Estructura del modelo jerárquico.

Fuente: Casañ Pèrez, 2012

Según Toskano, (2005).Una de las partes más relevantes del AHP, consiste en la estructuración de la jerarquía del problema (Figura 1), para ello se requiere que el decisor o decisores tengan bastante información sobre el tema y conozcan el problema para hacer valida la decisión final, construyendo paso a paso cada uno de los niveles de la jerarquía de la siguiente manera:

**Identificación del Problema.** Es la situación que se desea resolver mediante la selección de una de las alternativas de las que se dispone.

**Definición del Objetivo.** Objetivo o meta del problema describe lo que el decisor o grupo de decisores quiere alcanzar, al escoger entre una de las alternativas que se plantean. En la jerarquía el objetivo se sitúa en el nivel superior, independiente del resto de niveles y elementos (criterios, subcriterios y alternativas).

**Identificación de Criterios.** Los criterios representan los factores que el decisor o grupo de decisores, consideran que son esenciales para analizar el problema. Se pueden representar los criterios en un único nivel de la jerarquía, pero si es necesario detallarlos mejor, se pueden insertar tantos niveles como sean necesarios, llamados subcriterios.

Se deben incluir aspectos vitales cuantitativos y cualitativos a tener en cuenta en la toma de decisión. Normalmente hay aspectos cualitativos que pueden incidir fuertemente en la decisión, pero que no son incorporados debido a su complejidad para definir algún esquema de medición que revele su grado de aporte en el proceso de toma de decisión.

**Identificación de Alternativas.** Las alternativas son las posibles soluciones al problema que se trata, entre las que se deben escoger una, que cumpla con el objetivo o se acerque lo más posible a él. La elección no implica que la alternativa elegida sea la óptima para resolver el problema, pero si la mejor de entre todas las alternativas que tiene para satisfacer el objetivo.

**Determinación de prioridades.** Una vez representado el problema de decisión a través de una jerarquía, se debe determinar las prioridades de los criterios, subcriterios y alternativas. El primer paso para establecer las prioridades, es realizar comparaciones por pares de los criterios, subcriterios y alternativas. Estas comparaciones reflejan la preferencia que cada elemento tiene sobre otro en relación con el elemento situado en el nivel inmediatamente superior. Es como definir cuál criterio tiene más peso en la toma de las decisiones o cual es el más importante, luego se sintetizan los resultados y así obtener un número único que determina las prioridades de cada uno de los elementos como subcriterios, criterios y alternativas. Con estos resultados ya

se puede tomar una decisión, y escoger la alternativa que presente la prioridad mayor (Toskano, 2005).

### 3.3.3. Base matemática AHP

La base para adquirir la información es la comparación pareada entre criterios para determinar su preferencia y luego una comparación pareada entre alternativas con respecto a cada criterio evaluado, bajo una escala de rangos de importancia (Tabla 5) que va desde 1 (Igual) hasta 9 (Extremadamente Importante), para definir la mejor opción o alternativa.

**Tabla 5.**Escala de importancia AHP

ESCALA DE IMPORTANCIA	DEFINICION
9	Extremadamente Importante
7	Muy fuertemente Importante
5	Fuertemente Importante
3	Moderadamente Importante
1	Igual de Importante
2,4,6,8	Valores intermedios
<b>Recíprocos</b>	Si la actividad <i>i</i> tiene uno de los números anteriores que se le asignen en comparación con la actividad <i>j</i> . Entonces <i>j</i> tiene el valor recíproco cuando se compara con <i>i</i> .

Fuente: Saaty , 1990

### Matriz de comparación

Según Toskano Hurtado, (2005) los resultados del juicio de las comparaciones pareadas toman forma de una matriz cuadrada la cual se define de la siguiente manera:

Sea **A** una matriz  $n \times n$ , donde  $n$  son enteros positivos ( $Z +$ ), Sea  $a_{ij}$  el elemento  $(i, j)$  de **A**, para  $i = 1, 2, \dots, n$ , y,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Decimos que **A** es una matriz de comparaciones pareadas de  $n$  alternativas, si  $a_{ij}$  es la medida de la preferencia de la alternativa en el renglón  $i$  cuando se le compara con la alternativa de la columna  $j$ . Cuando  $i = j$ , el valor de  $a_{ij}$  será igual a 1, debido que se compara la alternativa consigo misma.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Además se cumple la condición  $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$ .

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Una vez que se elabora la matriz de comparaciones pareadas se procede a calcular la prioridad (síntesis) de cada uno de los criterios (Tabla 6), determinando cuál de ellos es más importante que los demás a tener en cuenta en el juicio. Para esto se calcula los vectores característicos. Se considera las prioridades de cada criterio en términos del objetivo:

**Tabla 6.** Síntesis de criterios

	<b>Prioridad</b>
<b>Criterio 1</b>	P1
<b>Criterio 2</b>	P2
<b>Criterio :</b>	P3
<b>Criterio m</b>	Pm

Fuente: Toskano, 2005

Donde  $m$  es el número de criterios y  $P_i$  es la prioridad del criterio  $i$  con respecto a la lista global, para  $i = 1, 2, \dots, m$  (Tabla 7). Se denominada matriz de prioridades a la que resume las prioridades para cada alternativa en términos de cada criterio, para  $m$  criterios y  $n$  alternativas de la siguiente manera:

**Tabla 7.** Prioridad entre Criterios y alternativas

	<b>Criterio 1</b>	<b>Criterio 2</b>	<b>Criterio m</b>
<b>Alternativa 1</b>	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{1m}$
<b>Alternativa 2</b>	$P_{21}$	$P_{22}$	$P_{2m}$
<b>Alternativa n</b>	$P_{n1}$	$P_{n2}$	$P_{nm}$

Fuente: Toskano, 2005

Donde  $P_{ij}$  es la prioridad de la alternativa  $i$  con respecto al criterio  $j$ , para  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $y j = 1, 2, \dots, m$ . Se observa la prioridad global para cada alternativa de decisión que se resume en el vector columna que resulta del producto de la matriz de prioridades con el vector de prioridades de los criterios.

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P1 \\ P2 \\ P3 \\ Pm \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} PG1 \\ PG2 \\ PG3 \\ PG4 \end{bmatrix}$$

Donde  $PG_i$  es la prioridad global respecto a la meta global de la alternativa  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

## Análisis de consistencia

Según Toskano, (2005); La consistencia determina la calidad de la decisión final, y se ve reflejada por los juicios que el decisor aporta a medida que realiza las comparaciones pareadas, sin contradecirse acerca de las decisiones, para ello se tiene que la consistencia debe ser aceptable para continuar con el método, de lo contrario el decisor deberá analizar y evaluar nuevamente los juicios. Además la consistencia perfecta es difícil de lograr, debido a que son juicios emitidos por seres humanos, pero en este trabajo se plantea un entrenamiento en AHP, el cual se basa en 3 niveles de dificultad el cual enfoca a una consistencia aceptable en la cual se pueda confiar.

La consistencia además de verificar la información, realiza un seguimiento a los jueces determinando que a medida que avanza con las comparaciones se puede o no contradecir con juicios anteriores, lo cual ayuda a categorizar el nivel del juez en diferenciar y asociar preferencias. AHP brinda la posibilidad de calcular la Razón de Consistencia (RC) de la siguiente manera:

Matemáticamente, se dice que una matriz de comparación  $\mathbf{A}$   $n \times n$  es consistente si:  $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$ , para  $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ . Esta propiedad requiere que todas las columnas de la matriz  $\mathbf{A}$  sean *linealmente dependientes*. En particular, las columnas de cualquier matriz de comparación  $2 \times 2$  son dependientes y, por tanto una matriz  $2 \times 2$  siempre es consistente.

Para determinar si el nivel de consistencia es o no "Aceptable", se necesita saber que si la matriz  $\mathbf{A}$  es perfectamente consistente produce una matriz  $\mathbf{N}$   $n \times n$  normalizada, para comprobar la matriz debe conmutarse con la transpuesta, ver Ec. 1.

$$M \cdot M_T = M_T \cdot M \quad (1)$$

Los elementos  $w_{ij}$  (para  $i, j = 1, 2, \dots, n$ ), tal que todas las columnas de la matriz son idénticas, es decir:

$$N = \begin{bmatrix} w_1 & w_1 & \dots & w_1 \\ w_2 & w_2 & \dots & w_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n & w_n & \dots & w_n \end{bmatrix}$$

Se concluye entonces que la matriz de comparación, correspondiente  $\mathbf{A}$ , se puede determinar a partir de  $\mathbf{N}$ , dividiendo los elementos de la columna  $i$  entre  $w_i$ , que es el proceso inverso de determinación de  $\mathbf{N}$  a partir de  $\mathbf{A}$ . Entonces se tiene:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

De la definición **A**, se tiene:

$$\begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

De forma más compacta, decimos que **A** es consistente si y sólo si:

$$AW = nW \quad (2)$$

Donde **W** es un vector columna de pesos relativos  $w_i$ , ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) se aproxima con el promedio de los “ $n$ ” elementos del renglón en la matriz normalizada **N** Ec. 2. Haciendo  $\hat{W}$  el estimado calculado, se puede mostrar que:

$$A\hat{W} = n_{max}\hat{W} \quad (3)$$

Donde  $n_{max} \approx n$ . En este caso, entre más cercana sea  $n_{max}$  a  $n$  Ec. 3, más Consistente será la matriz de comparación **A**. Como resultado, el AHP calcula la razón de consistencia (**RC**) como el cociente entre el índice de consistencia de **A** y el índice de consistencia aleatorio (**IA**) Ec. 4.

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (4)$$

Donde (**IC**) Ec. 5, es el índice de consistencia de **A** y se calcula como sigue:

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

El valor de  $n_{max}$  se calcula de  $A\hat{W} = n_{max}\hat{W}$  Ec. 6, observando que la  $i$ -ésima ecuación es:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \hat{W}_j = n_{max} \hat{W}_i \quad (6)$$

$l=1,2,\dots, n$  .Dado que  $\sum_{i=1}^n \hat{W}_i = 1$ , obtenemos la Ec. 6:

$$\sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} \hat{W}_j \right) = n_{max} \sum_{i=1}^n \hat{W}_i \quad (6)$$

Esto significa que el valor de  $n_{max}$  se determina al calcular primero el vector columna  $\mathbf{A}$  y después sumando sus elementos.  $\mathbf{IA}$  es el índice de consistencia aleatoria de  $\mathbf{A}$ , es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria. (Tabla 8)

Se puede mostrar que el  $\mathbf{IA}$  depende del número de elementos que se comparan, y asume los siguientes valores:

**Tabla 8.** Índice Aleatorio de consistencia

N° de elementos que se comparan.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio de Consistencia (IA)	0	0	0,58	0,89	1,11	1,24	1,32	1,40	1,45	1,49

Fuente: Toskano, 2005

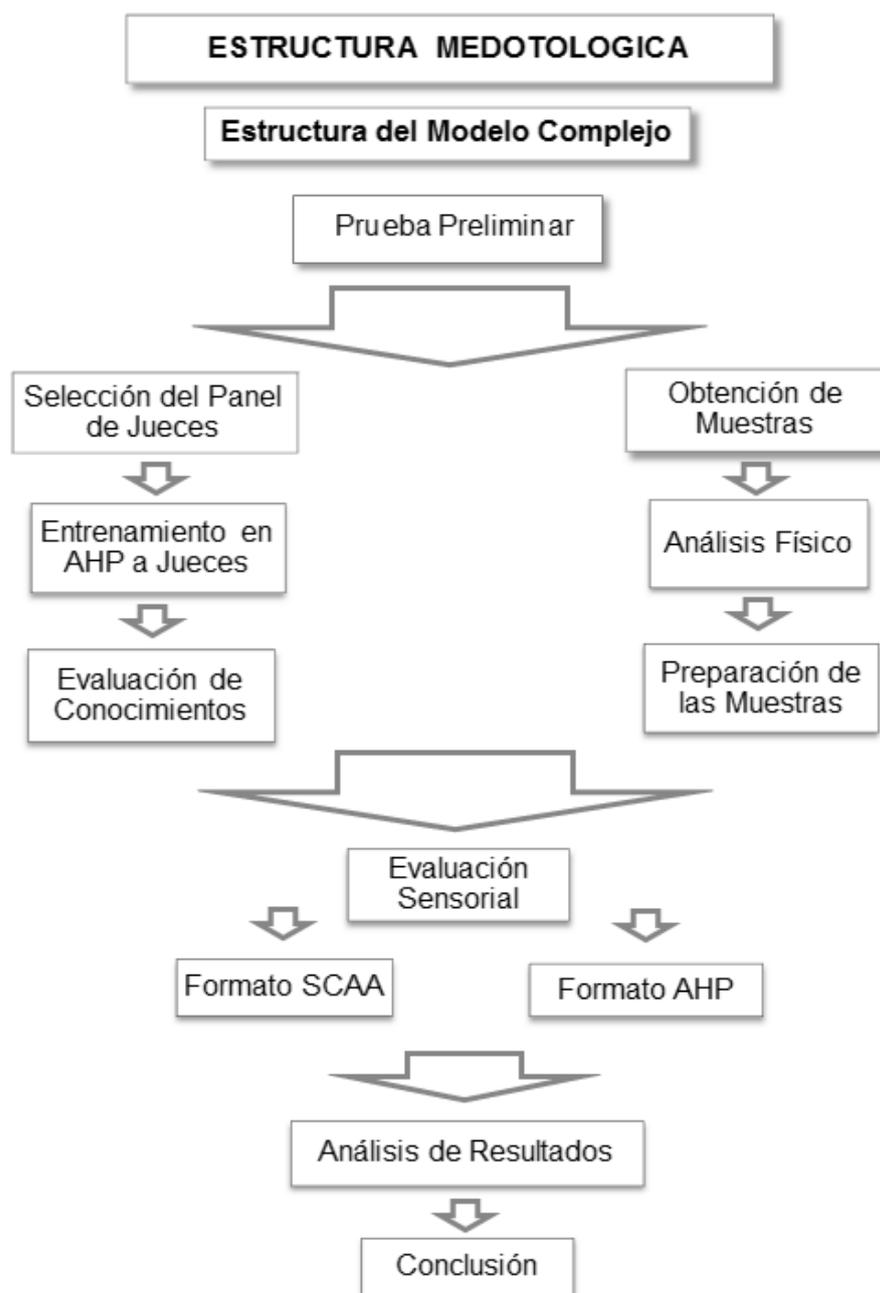
Se considera que los valores con razón de consistencia de 0.10 o menos son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas por lo cual es aceptada la información (Saaty , 1997). Si sucede lo contrario el decisor deberá nuevamente modificar los juicios por que para AHP la información no es congruente y no aporta veracidad al resultado final.

RC < 0.10: Consistencia Razonable.

RC > 0.10: Inconsistencia.

#### 4. METODOLOGÍA

En la Figura 2 se presenta el proceso metodológico desarrollado para obtener el ranking de la mejor taza en el análisis sensorial de café, en el cual se realizó de manera paralela; la preparación de las muestras y el entrenamiento de los jueces, las cuales se unificaron para la ejecución del análisis sensorial y obtención de resultados, permitiendo la elaboración del análisis comparativo de los métodos utilizados.



**Figura 2.** Diagrama de flujo de la metodología a implementar

En el presente trabajo se utilizó la TDM AHP, para evaluar la calidad mediante análisis sensorial de once (11) muestras provenientes de micro lotes de café del departamento del Huila, para esto se definió la jerarquía propia del método, el ajuste y la aplicación en la catación. Para el planteamiento de la estructura del modelo complejo, se realizó una prueba preliminar con una bebida diferente al café como lo fue la avena, en la cual se requería identificar la mejor muestra entre cuatro alternativas de solución, evaluadas bajo cuatro criterios como: sabor, aroma, color y densidad, por cuatro (4) jueces inducidos o con conocimientos básicos; personas que ya han tomado parte en algunas pruebas sensoriales. Con el objetivo de implementar la técnica, construir el modelo jerárquico, identificar las posibles ventajas, desventajas y los problemas que a futuro se pudieran presentar en el análisis sensorial en café.

Para la ejecución de este trabajo, se seleccionaron cuatro (4) jueces expertos, con amplia experiencia en análisis sensorial en café. Se desarrolló el entrenamiento a los jueces, para darles a conocer los conceptos y utilidades de la TDM AHP, en el cual se establecieron tres niveles de avance, los cuales fueron aumentando su grado de complejidad en la toma de las decisiones (incrementando el número de comparaciones); al evaluar dos (2) muestras, tres (3) muestras, y cinco (5) muestras, permitiendo que los jueces ajustaran su razón de consistencia, con el fin de generar veracidad en la información obtenida en el análisis sensorial.

Para el análisis sensorial en café, se contó con un total de once (11) muestras de café pergamino seco, con un peso que osciló entre 1.5 a 3 kg, procedentes de los municipios de Algeciras, Nataga, Neiva Paicol, Pitalito y Tello. A las cuales se les realizó análisis físico conforme a lo establecido por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, lo cual permitió hallar el porcentaje de merma y el factor de rendimiento. Se continuó con el protocolo de trilla, tostión y molienda para dar por terminada la preparación de las muestras para el día de la sesión.

El análisis sensorial se realizó en tres (3) sesiones, cada una con dos (2) jornadas evaluando las mismas muestras para cada método (6 muestras por sesión), empleando diferente codificación entre muestras. Una jornada se evaluó con el Formato SCAA y la otra con el formato AHP, para así cotejar los resultados por ambos métodos.

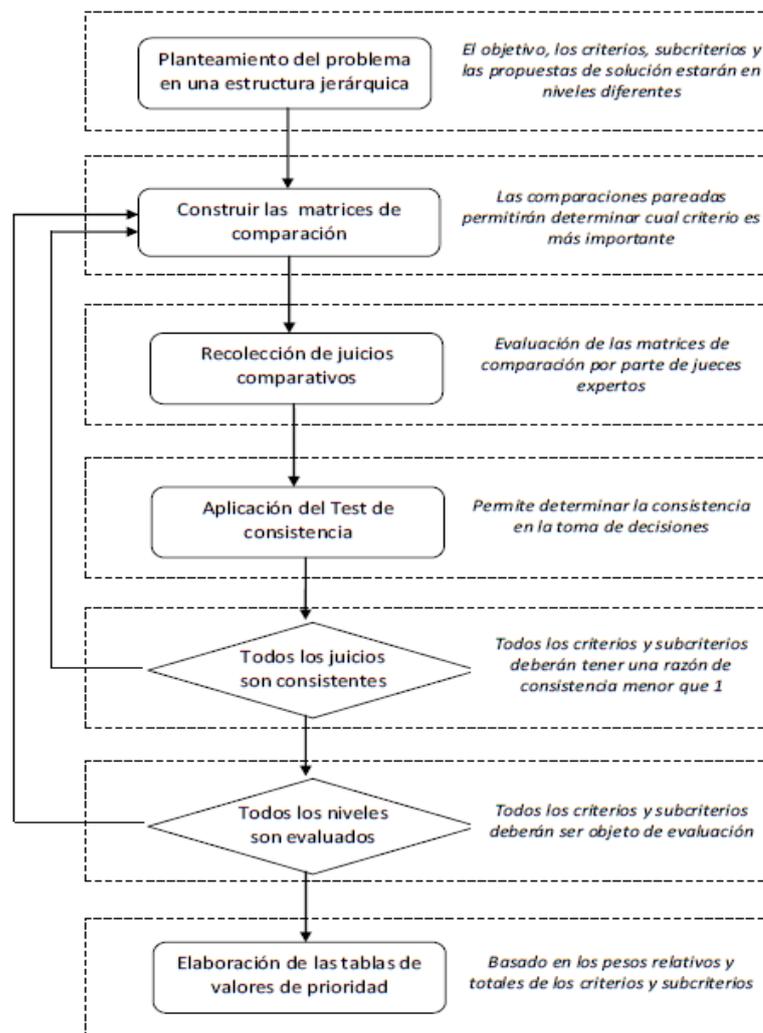
Los juicios consignados en los formatos AHP se ingresaron al software Expert Choice para el procesamiento de las matrices, el cálculo de la RC y la obtención del ranking de la mejor taza a nivel de cada juez y consenso general. A los resultados de las muestras evaluadas con el Formato SCAA se les aplicó la media geométrica para obtener el consenso general. Por último se

realizó la comparación entre los aciertos de las posiciones de las muestras en los rankings de los consensos generales, de cada una de las sesiones realizadas por ambos métodos.

#### 4.1. Estructura del modelo para el problema complejo

##### Construcción de la jerarquía

La metodología seguida para la estructuración del problema complejo, corresponde a la secuencia propuesta por Ho, (2006), e implementada por Gutiérrez, (2008) Figura 3. Se inició con la construcción de la Jerarquía en orden descendente, definiendo en primer lugar el objetivo seguido de los criterios y finalizando con las posibles alternativas de solución, lo cual dio como resultado tres niveles de jerarquía, de esta manera se incluyeron los aspectos generales recopilados en la definición del problema.



**Figura 3.**Diagrama de flujo de AHP.

Fuente: Gutierrez, 2008

Definir la estructura del problema complejo permitió visionar la magnitud del problema, exponer las posibles soluciones y además identificar el conjunto de actores involucrados en la toma de decisiones (criterios); esto facilitó la comprensión global.

A continuación se define cada uno de ellos:

**Objetivo (Nivel 1).** El objetivo particular fue determinar el “Ranking de la Mejor Taza”, mediante la evaluación sensorial de seis (6) muestras de café por cada sesión.

**Criterios (Nivel 2).** El análisis sensorial en café se basó en el protocolo decantación de la SCAA, el cual considera diez (10) atributos para evaluar la calidad de una taza de café, los cuales se utilizaron como criterios de evaluación para la TDM AHP.

**Criterios:**

- |                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| 1. Aroma/ Fragancia | 6. Balance              |
| 2. Sabor            | 7. Dulzor               |
| 3. Sabor residual   | 8. Uniformidad          |
| 4. Acidez           | 9. Taza limpia          |
| 5. Cuerpo           | 10. Puntaje del catado. |

La jerarquía planteada no incluyó subcriterios para la toma de las decisiones, aunque el atributo aroma/fragancia que se califica, se podía haber planteado en dos subcriterios, aroma para su calificación en seco y fragancia al momento de romper taza; lo que aumentaría en quince (15) el número de comparaciones a realizar, para ello se solicitó que el juez, realizara la combinación de estos subcriterios en un solo atributo (aroma/fragancia).

**Alternativas (Nivel 3).** Para satisfacer el objetivo “ranking de la mejor taza”, se tuvieron en consideración seis (6) muestras (alternativas de solución), denominadas como M1, M2, M3, M4, M5, M6, que corresponden a una muestra de café previamente etiquetada y procesada para su catación.

En este trabajo el número de alternativas se limitó a seis (6) muestras por cada sesión, acercándose al límite, entre el número de elementos a ser comparados en cualquier proceso de implementación de AHP, conocido por ser alrededor de siete (7) elementos, debido a su efecto en la consistencia global de los juicios y la validación de la prioridades de las alternativas. (Sagir, 2005)

En la Tabla 9 se observa cada elemento en la matriz correspondiente a la comparación de las alternativas ubicadas en las filas con las alternativas ubicadas en las columnas; así por ejemplo, el elemento  $a_{ij}$  corresponde a la comparación de la Alternativa de la fila  $A_i$  con la alternativa de la columna  $A_j$ ; los elementos de la diagonal principal de la matriz serán rellenos con 1 debido a que corresponden a la comparación de cada criterio consigo mismo, de esta forma se asegura que se comparan todas las posibles parejas de criterios que componen un nivel determinado en la estructura jerárquica definida.

**Tabla 9.** Matriz recíproca para comparación pareada de juicios en AHP

P	$A_i$	$A_j$	$A_k$
$A_i$	1	$a_{ij}$	$a_{ik}$
$A_j$	$1/a_{ij}$	1	$a_{jk}$
$A_k$	$1/a_{ik}$	$1/a_{jk}$	1

Fuente: Saaty y Vargas 2001.

### Determinación de prioridades (síntesis) entre criterios

Fue necesario construir diez (10) matrices recíprocas positivas en la comparación pareada de cada grupo de seis (6) muestras de café, además una matriz para definir la importancia de los criterios para la cual se precisó el valor de 1; debido a que estos tienen la misma importancia, según lo requerido por la SCAA, asignándole el valor presente en la escala fundamental (Tabla 5).

El proceso de síntesis entre criterios en esta jerarquía no aporta peso a la decisión final debido a que no existen prioridades entre criterios, se consideran todos iguales; lo que indica que la decisión final solo depende de las comparaciones entre las alternativas en cada criterio.

	FRAGANCIA	SABOR	SABOR RE	ACIDEZ	CUERPO	UNIFORMI	BALANCE	TAZA LIMP	DULZOR	PUNTAJE CATADOR
FRAGANCIA/AROMA		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SABOR			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SABOR RESIDUAL				1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ACIDEZ					1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CUERPO						1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
UNIFORMIDAD							1,0	1,0	1,0	1,0
BALANCE								1,0	1,0	1,0
TAZA LIMPIA									1,0	1,0
DULZOR										1,0
PUNTAJE CATADOR	Incon: 0,00									

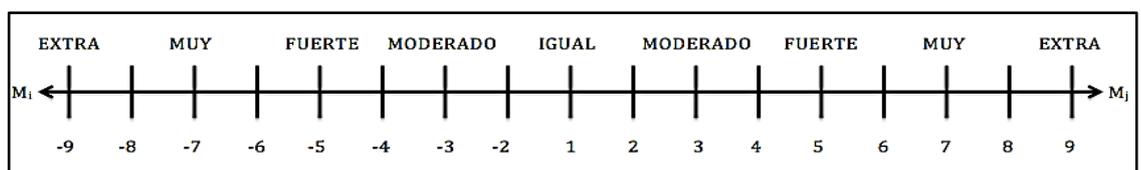
**Figura 4.** Matriz de síntesis entre criterios

En la Figura 4 se aprecia la matriz de comparación pareada entre criterios en la que la razón de consistencia (RC) es cero debido a que no existe

contradicción alguna en la comparación, es como si siempre el juez opinara lo mismo, que todos son iguales de importantes para determinar el mejor café.

### Adaptación escala de evaluación AHP

La escala de comparación, correspondió a una adaptación de la escala fundamental (Tabla 5) propuesta por Saaty y Vargas (2001); esta escala permite la posibilidad de elegir en qué magnitud un criterio es más o menos dominante que otro con respecto a un parámetro determinado; la escala permite a los evaluadores expresar los juicios en valores numéricos o mediante expresiones verbales (Figura 5).



**Figura 5.** Escala Adaptada de Evaluación AHP.

Fuente: adoptada de Saaty, Thomas L., 1990

La eliminación de los valores recíprocos se hizo para facilitar el entrenamiento y asimilación del método a los jueces, además para agilizar el diligenciamiento procesamiento de las matrices provenientes del formato AHP diseñado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

### Formato de catación AHP

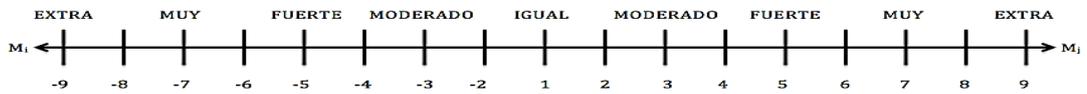
Para el compilado de los valores emitidos por los jueces al momento de realizar las comparaciones entre muestras de los diez (10) atributos para cada una de las jornadas de catación, se diseñó el formato AHP (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**6), el cual permite calificar un total de seis (6) muestras de café, éste cuenta con un espacios para las observaciones, con el propósito de complementar el perfil de las muestras evaluadas; características bondades y defectos.



## FORMATO DE CATACIÓN METODO ALTERNATIVO AHP

NOMBRE: \_\_\_\_\_ SESION \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_



### FRAGANCIA/AROMA

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2		1				
M3			1			
M4				1		
M5					1	
M6						1

### SABOR

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2		1				
M3			1			
M4				1		
M5					1	
M6						1

### SABOR RESIDUAL

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2		1				
M3			1			
M4				1		
M5					1	
M6						1

### ACIDEZ

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2		1				
M3			1			
M4				1		
M5					1	
M6						1

### CUERPO

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2		1				
M3			1			
M4				1		
M5					1	
M6						1

### UNIFORMIDAD

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2		1				
M3			1			
M4				1		
M5					1	
M6						1

### BALANCE

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2		1				
M3			1			
M4				1		
M5					1	
M6						1

### TAZA LIMPIA

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2		1				
M3			1			
M4				1		
M5					1	
M6						1

### DULZOR

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2		1				
M3			1			
M4				1		
M5					1	
M6						1

### PUNTAJE CATADOR

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2		1				
M3			1			
M4				1		
M5					1	
M6						1

### Observaciones:

M1 \_\_\_\_\_

M2 \_\_\_\_\_

M3 \_\_\_\_\_

M4 \_\_\_\_\_

M5 \_\_\_\_\_

M6 \_\_\_\_\_

Figura 6. Formato de catación implementado en AHP.

## Prueba Preliminar

Previo a la realización del análisis sensorial de la avena, se realizó la inducción teórica del funcionamiento de la técnica de decisión multicriterio AHP a los jueces inducidos, mediante el planteamiento de un problema de selección de una bebida a base de avena (Figura 7), con la que se pretendía validar la metodología al realizar las comparaciones pareadas, se definieron cuatro (4) diferentes bebidas a base de avena como alternativas de solución (Tabla 10), estableciendo como criterio de evaluación el sabor, aroma, color y densidad; evaluados por un grupo de cinco (5) consumidores habituales, con el propósito de simular las posibles ventajas y requerimientos al aplicar la TDM AHP en la obtención de ranking en aceptación de alimentos.



a. Inducción en AHP      b. Análisis sensorial      c. Expresión de Juicio

**Figura 7.** Prueba Preliminar en Avena

**Tabla 10.** Características de las bebidas a base de avena

N° Muestra	Procedencia – Avena	Características
1	Quaker Instantánea	Sabor a Vainilla
2	Alpina – UHT	Sabor Natural
3	USCO	Indefinible
4	Alquería	Sabor Canela

## 4.2. Selección de los Jueces de Catación

Para la selección de los jueces que integraron el panel de catación se tuvo en cuenta, jueces con un alto conocimiento en el análisis sensorial de café según la SCAA, además su experiencia y su actitud para conocer nuevas herramientas en el análisis sensorial del café. El panel de catación se conformó con cuatro (4) jueces expertos, presentes en las tres sesiones; conformado por los catadores: Ing. Bertulfo Delgado Joven con certificación Q Grader emitida por la Instituto de la Calidad del Café (CQI), Ing. Oscar Mauricio Bermeo y Ing. Nataly Peña Gómez, auxiliares de investigación del centro de investigación CESURCAFE, y Ing. Yesica Bravo de la Cooperativa de café especial de Pitalito-Huila, los cuales asumieron el compromiso y la dedicación de conocer y aprender una nueva herramienta de evaluación sensorial basada en AHP. Además de compartir sus experiencias y conocimientos en la cata de café.

### 4.2.1. Inducción a los jueces en AHP.



**Figura 8.** Inducción en AHP, al panel de catación

Para el entrenamiento específico en la metodología AHP, se consideró la estructura del modelo jerárquico, la escala fundamental de comparación AHP, la consistencia y el análisis de sensibilidad, como elementos esenciales para la comprensión de la teoría y aplicación de AHP, según Lawrence, (2003).

Cada uno de estos elementos fueron explicados detalladamente (Figura 88), haciéndose necesario la total comprensión del funcionamiento de AHP por parte los jueces, además la estimación de los rangos al usar la escala fundamental establecida, debido a que los jueces no estaban familiarizados

con la metodología de evaluación de la TDM AHP, creando cierta dificultad al momento de emitir los juicios en las comparaciones pareadas, por ello se siguió la recomendación dada por Gutierrez, (2008); la comunicación directa y personalizada favorece la explicación del mecanismo de diligenciamiento y la resolución de dudas.

El ejemplo práctico es una de las mejores formas de enseñar y entender la estructura jerárquica según Mejia O, *et al* (2011). El cual ayuda a comprender la gran utilidad del método en la toma de decisiones.

Se realizó un ejemplo práctico en el que se buscaba “determinar la mejor taza de café”, haciendo uso del formato AHP, evaluando tres (3) muestras como alternativas de solución, con diferentes perfiles, adicional a esto la realización de un listado de la mejor a la peor muestra.

#### 4.2.2. Entrenamiento específico a los jueces en AHP para café

El entrenamiento se llevó a cabo en el Centro Surcolombiano de Investigación en café CESURCAFE de la Universidad Surcolombiana. Una vez los jueces conocieron el funcionamiento de la TDM procesos de análisis jerárquicos AHP, se inició con la implementación en el análisis sensorial en café.



**Figura 9.** Entrenamiento en AHP.

Se inició con las comparaciones pareadas entre las alternativas (Figura 9. Entrenamiento en AHP.9), evaluadas con la escala fundamental AHP, para cada una de las muestras analizadas, luego se ingresaron las matrices de comparación al software Expert Choice y se obtuvo el ranking, además se solicitó a cada juez que realizara un listado del posible ranking individual, para determinar si existía similitud entre estos, y determinar si el juez logra transmitir los juicios de cada una de las muestras al formato por medio de las matrices de comparación, los cuales fueron socializados por cada uno de los jueces en el consenso (Figura 10)



**Figura 10.** Consenso del Entrenamiento

De esta manera se realiza hasta que exista similitud entre los rankings y el consenso, luego se procede a superar los niveles 1,2 y 3, diseñados para disminuir la razón de consistencia y validar los juicios.

Según Hurtado, (2005) una consideración importante en término de la calidad de la decisión final se refiere a la consistencia de los juicios que muestra el tomador de decisiones en el transcurso de la series de comparaciones pareadas. Se debe tener presente que la consistencia perfecta es muy difícil de lograr y que es de esperar cierta inconsistencia en casi cualquier conjunto de comparaciones pareadas, después de todo son juicios rendidos por seres humanos.

### **Evaluación de la apropiación de la técnica AHP**

Se definieron tres niveles de complejidad (Nivel 1, Nivel 2, Nivel 3), para evaluar el avance y la comprensión de los jueces al emitir los juicios, todo esto además para disminuir la RC con valores inferiores a 0.10 lo que hace posible utilizar la información de los juicios emitidos y no rechazarla.

Cada uno de los jueces fue sometido a este proceso de entrenamiento por niveles.

**Nivel 1.** Consiste en la comparación de dos (2) muestras de café y definir cuál es la mejor; esta prueba solo tiene la finalidad de determinar si el juez conoce el manejo del formato establecido, debido a que la matriz generada al comparar dos muestras es exacta, por ello su razón de consistencia es cero. Es el nivel básico al diferenciar cuál de las dos muestras es la mejor o si son iguales. Además se pide al juez realizar el ranking que el considere en la sección de notas para corroborar si el juez plasma lo que quiere decir en el formato.

**Nivel 2.** Consiste en la comparación entre tres (3) muestras de café y definir el ranking de la mejor a la peor; esta prueba aumenta el nivel de complejidad debido a que aumenta a tres el número de comparaciones pareadas y puede estar susceptible a contradecirse en los juicios, además se corrobora si el juez transmite a las matrices la información que deriva del análisis sensorial. La utilidad de caracterizar cada una de las muestras brinda al juez un ranking global en su cerebro, el cual logra transmitir a las matrices. Una vez alcance una  $RC < 0.10$ , en tres ejercicios consecutivos se superara este nivel.

**Nivel 3.** Este nivel aumenta su complejidad al realizar 7 siete comparaciones pareadas, en las cuales define el ranking teniendo en cuenta que debe ser consistente con la información y lograr que coincida lo que quiere decir con lo que consignó en los juicios. Una vez logre consistencia con  $RC < 0,10$  en tres ejercicios consecutivos se encuentra preparado en el manejo del formato de catación AHP.

#### 4.3. Preparación de las muestras para análisis sensorial mediante AHP

Se seleccionaron y etiquetaron once (11) muestras de café (Figura 11), cada una de 1,5 a 3 kilogramos de café pergamino seco (CPS), provenientes de los municipios de Algeciras, Nataga, Neiva Paicol, Pitalito y Tello. A las cuales se les determinó el porcentaje de humedad, establecido como criterio de aceptación, un rango del 10% al 12%. Posteriormente se efectuó la asignación de un código alfanumérico (Mi), según el orden de llegada al laboratorio CESURCAFE; con el objetivo de identificar la muestra durante todo el proceso del análisis físico y sensorial, adicional a esto se asoció la información correspondiente a cada muestra en el formato de muestras empleado por CESURCAFE. Ver (Anexo 1).



a. Recepción y etiquetado



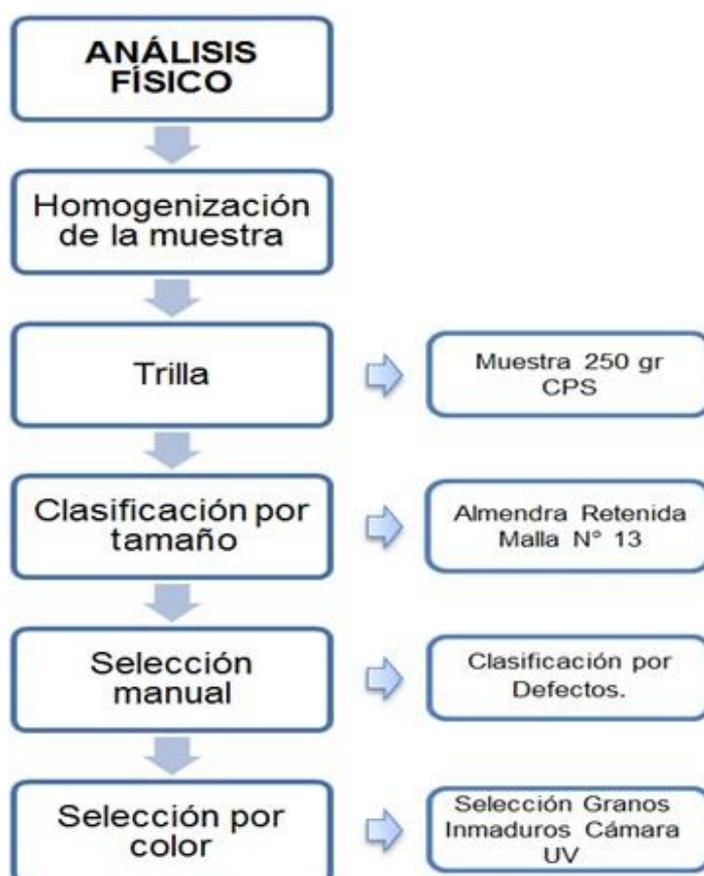
b. Pesado de la muestra

**Figura 11.** Obtención y etiquetado de las muestras de café.

### 4.3.1 Análisis físico

La realización del análisis físico, permite establecer la calidad del café, y a su vez los procesos previos de cultivo, mediante la evaluación de las características exclusivas del grano de café, como; contenido de humedad, clasificación granulométrica y el contenido de defectos.

Los procedimientos realizados a las muestras de cps; para el análisis físico se muestran en la figura 12, los cuales tuvieron concordancia con la norma internacional: (ISO 6668, 2008) y el protocolo de catación, desarrollado por (SCAA), del 10 de septiembre de 2003.



**Figura 12.** Diagrama de flujo análisis físico

Una vez se reunieron la totalidad de las muestras, se inició el proceso de análisis físico, tomando 250 g de cada una de las muestras a evaluar, las cuales previamente fueron pasadas por el homogenizador mecánico de muestras tipo Boerner (Figura 13). Posteriormente se realizó la trilla del café pergamino (Trilladora de Muestras ING-C-200 marca Ingsec), el cual consistió en retirar mecánicamente la cáscara (pergamino) que cubre la almendra de café (denominada cisco en la trilla), con la finalidad de permitir la selección de la almendra por tamaños, el retiro de impurezas y granos defectuosos.

Luego de efectuada la trilla, se pesaron nuevamente cada una de las muestras de café excelso, para determinar el porcentaje o factor de rendimiento, el cual se define como la cantidad de café pergamino que es necesario utilizar para obtener un saco de 70 Kg. de café excelso.



a. Homogenización

b. Muestra 250 g CPS

c. Proceso de Trilla

**Figura 13.** Proceso de Homogenización y Trilla.

Para clasificar la almendra, se estableció diferencias entre las propiedades físicas de los granos, respecto al tamaño y color ver Tabla 2 y Tabla 3. En la clasificación granulométrica, se decidió trabajar con un café excelso UGQ (Usual Good Quality), caracterizado por estar compuesto de un grano plano y caracol retenido en un 98,5% por encima de la malla N° 13. Para lo cual se empleó la zaranda eléctrica ING-Z-TAMIZ-E, durante un tiempo aproximado de un minuto por muestra, descartando la almendra que pasaba la malla N° 13 la cual se sumó al porcentaje de merma.

La selección manual (Figura 14), consistió en realizar una evaluación visual del total de la almendra retenida sobre la malla N° 13, con la finalidad de catalogar la almendra sana y la almendra defectuosa, identificando los granos que presentaran coloración inadecuada, granos con presencia parcial o total de picadura a causa de la broca, grano partido por daño mecánico, aplastamiento, entre otros, causados por el inadecuado manejo, en las diferentes etapas del proceso; recolección, beneficio, secado, ataque de plagas o enfermedades (Tabla 3).

En ocasiones, los granos que presentan coloración ámbar o decolorados (blaqueados) no son fácilmente detectados en la evaluación visual, por lo que se hizo necesario el uso de la cámara marca INGESEC, modelo A-UV, que mediante la utilización de luz ultravioleta, permitió detectar y separar los granos fermentados o atacados por hongos (Figura 15), con el objetivo de reducir los factores que pudieran llegar a afectar la calidad en taza.

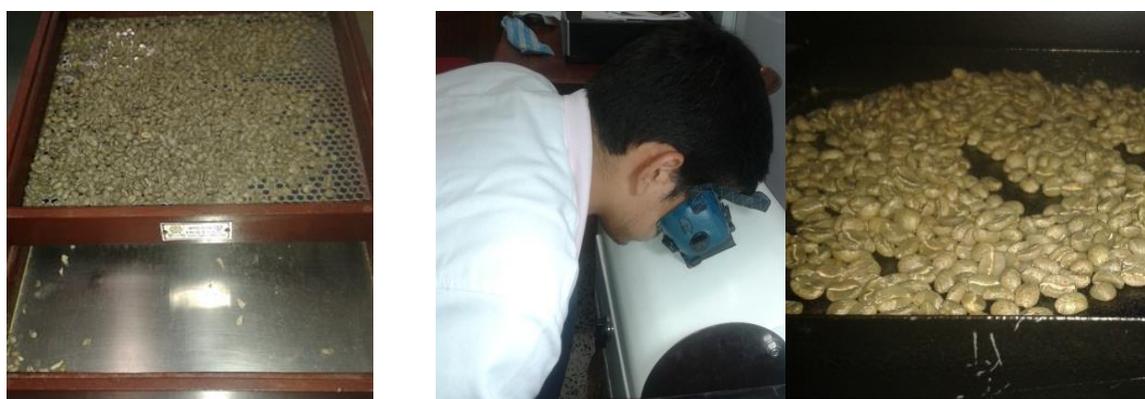


a. Evaluación visual

b. Granos defectuosos.

c. Almendra sana.

**Figura 14.** Clasificación manual



a. Clasificación por tamaño

b. Observación y clasificación en cámara UV

**Figura 15.** Granulometría y selección de defectos.

### 4.3.2 Protocolo de Tostión y Molienda

El proceso de tostión se realizó con un día de anterioridad a cada una de las jornadas de catación, en una tostadora de muestras DIBAR-MD-150, realizando de manera inicial la calibración de la temperatura de la máquina (en un rango de 160°C – 165°C) lo denominado “la purga” en el proceso de tostión, lo que consistió en tostar una muestra de café de 200 g (capacidad máxima de la tostadora).

Una vez calibrada la máquina tostadora, se realizó el tueste del total de las muestras a emplear, seis (6) por sesión (Figura 16), durante un periodo de tiempo que osciló entre 8 y 10 minutos de tueste por muestra, la variación del tiempo de tueste, se debió al contenido de humedad que presentaba cada muestra. El nivel del tueste se debía encontrar entre el grado “claro” y “claro-medio”, que aproximadamente equivale entre 55 y 65 en la escala Agtron referida por la SCAA, en café molido.

Una vez tostado el grano de café, se dejó reposar por un periodo de cinco minutos, con el propósito de que ésta alcanzara una temperatura aproximada a la del ambiente, para así ser empacadas en bolsas herméticas (ziploc) previamente etiquetadas, para evitar contaminación y pérdida de aroma, con una cantidad de 120 gr por bolsa.



**Figura 16.** Tostado y empacado de las muestras

El proceso de molienda del grano (Figura 17), se realizó el día de la jornada de catación, se estableció una granulometría perceptible al tacto sin llegar a tener una consistencia harinosa, de tal forma que un 70% a 75% de las partículas pasaran a través de la malla N° 20, como referencia se tomó el tamaño del molido empleado para cafeteras de goteo, teniendo en cuenta que el tamaño de las partículas a emplear para la catación debe ser un poco más grueso que éste. Para la preparación de la mesa de catación, se emplearon 10.5 gr de grano de café molido en cada uno de los cinco vasos de 180 ml por muestra, tomando como referencia 8.25 g. +/- 0.25 g. de café para 150 ml de agua.

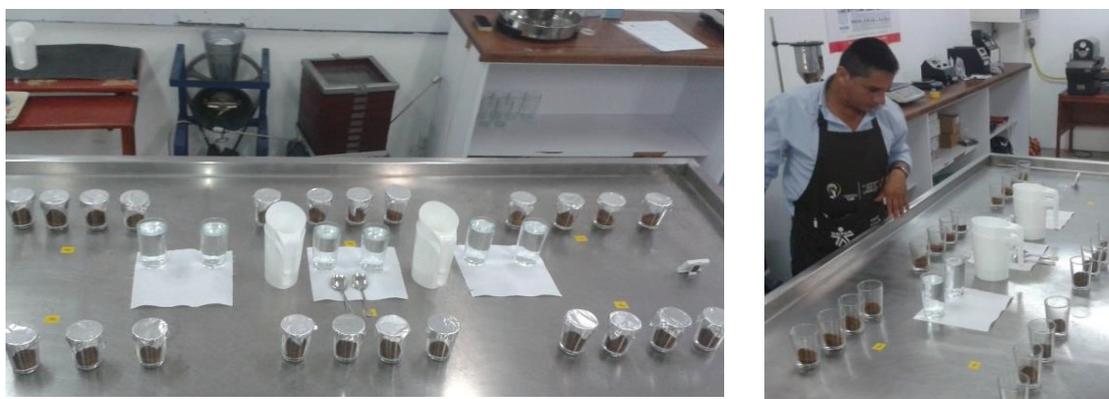


**Figura 17.** Molienda de las muestras

### 4.3.3 Procedimiento de catación del café

En el desarrollo del análisis sensorial, mediante la implementación de los formatos de la SCAA y formato AHP, se tuvo como punto de partida, la disposición y organización de las seis (6) muestras de café, en grano excelso y grano tostado, en la mesa de catación (Figura 18), para cada una de las sesiones, las cuales fueron inspeccionadas visualmente por cada uno de los jueces, con el criterio de generar una idea previa de las posibles características y apreciación de los atributos específicos a encontrar en la bebida, según el nivel de tosti3n.

La evaluaci3n de los diez atributos de calidad se ejecut3, teniendo en cuenta la transici3n de 3stos, con el paso del tiempo y los cambios de temperatura.



**Figura 18.** Organizaci3n e inspecci3n de muestras

**Fragancia / Aroma.** La apreciaci3n de la fragancia, fue percibida por los jueces, dentro de los 15 minutos, posteriores a la molienda de las muestras, ya que en este periodo se logra la estabilizaci3n de la muestra y la intensidad se encuentra en niveles muy elevados. (Figura 19). Se verti3 el agua a una temperatura entre 90 3C y 923C, hasta el borde de la taza, formando una capa espesa de las part3culas del caf3 en la superficie de est3, el rompimiento de taza, permite la liberaci3n y apreciaci3n de los gases, aromas formados como resultado de la temperatura elevada del agua. La capa de cada vaso fue retirada para dar a paso a la evaluaci3n de los dem3s atributos.



**Figura 19.** Evaluación atributo aroma/ fragancia

**Sabor, sabor residual, acidez, cuerpo y balance.** Cuando la muestra alcanzó una temperatura cercana a los 70° C, luego de 10 minutos de efectuada la infusión, los jueces examinaron el sabor de la bebida de café, mediante una aspiración de manera enérgica, permitiendo la extensión del líquido sobre toda la superficie de la lengua, accediendo a una modulación completa del sabor (dulce, salado, ácido, y sensaciones amargas). De esta manera, determinaron las características gustativas primarias y secundarias de la bebida. Cuando la bebida de café continuo enfriándose entre 70°C a 60° C, la acidez, el cuerpo y el balance fueron valorados.

**Dulzor, uniformidad y taza limpia.** Cuando la muestra se acercó a la temperatura ambiente (26° C a 20° C) se evaluó el dulzor, la uniformidad y la taza limpia.

Por último se evaluó el puntaje del catador el cual se fundamentó en la combinación de todos los atributos percibidos, su comportamiento y evolución mediante el paso del tiempo, y variación de la temperatura; caliente, tibia, frio, permitiendo la perfilación de las muestras, respecto a los diferentes atributos,



**Figura 20.** Evaluación sensorial de la bebida

### **Implementación formato de la SCAA**

El análisis sensorial, consistió en calificar los diez atributos de cada una de las muestras en un escala de 6 a 10 puntos. Obteniendo como resultado la suma algebraica de cada uno de ellos, permitiendo evaluar la calidad de taza en la bebida (Tabla 4), y perfilar la muestra según sus las características que la definen notas y/o defectos, reflejadas en la puntuación final.

### **Implementación formato AHP**

El formato diseñado para efectuar la evaluación sensorial de la bebida de café mediante el análisis de procesos jerárquico AHP, requirió que cada uno de los jueces realizara la comparación pareada por atributo de calidad, del total de las muestras propuestas en la mesa, estableciendo como dinámica de flujo en sentido anti-horario al panel. Teniendo como referencia la escala establecida en rangos de importancia (Figura 5). Permitiendo la obtención de manera ordenada de los valores consignados en las casillas de la matriz de cada uno de los atributos de calidad, para el total de las muestras.

### **Consideraciones al utilizar el formato de catación AHP**

Este método es utilizado para rankear muestras, pero no es utilizado para analizar muestras de baja calidad o de cafés estándar, las muestras rechazadas por algún defecto no son analizadas o sea no realiza matriz de comparación.

El atributo aroma/fragancia no fue dividido como subcriterios para ser calificados, pero si es evaluado por los jueces de manera separada, fragancia y aroma, pero al momento de calificar el juez combina estos resultados en un solo atributo.

El castigo realizado por defectos sean graves o leves en algunos de los vasos de la misma muestra son incluidos en el instante de la comparación pareada.

La rotación ideal en la mesa de catación es empezar con la primera muestra y seguir con la muestra de la derecha hasta finalizar. Esto para facilitar la circulación de los jueces y el orden en la comparación de las muestras, ya que el formato de catación AHP indica un orden.

El número mínimo de muestra a analizar calificado en AHP es de seis muestras, lo que hace más confiable la selección y el resultado final, y su número máximo por sesión no podrá ser superior a 30 muestras, ya que se satura demasiado al juez.

#### **4.4 Procesamiento de la información**

Luego de la recolección de los formatos emitidos por los jueces, derivados del análisis sensorial del café, efectuados aplicando el formato SCAA y formato AHP, se requiere validar la información e interpretar cada uno de los juicios, para la construcción de los rankings de ambos métodos que son objetivo de comparación para cada una de las sesiones de este trabajo.

Para el formato SCAA, se obtuvo el ranking de las muestras analizadas sumados los valores de cada atributos y clasificando sus totales. Para el formato AHP se utiliza el software Expert Choice® 2000.

##### **4.4.1 Manejo de la información formato SCAA**

En este punto el manejo es sencillo debido a que el catador (luego de emitidos sus juicios) procede a realizar la suma de cada uno de los valores respecto a cada atributo, obteniendo un ponderado de cada muestra, el cual luego se organizó de mayor a menor para identificar la calidad de la mejor taza. Lo que concluye en la elaboración del ranking por SCAA para cada sesión.

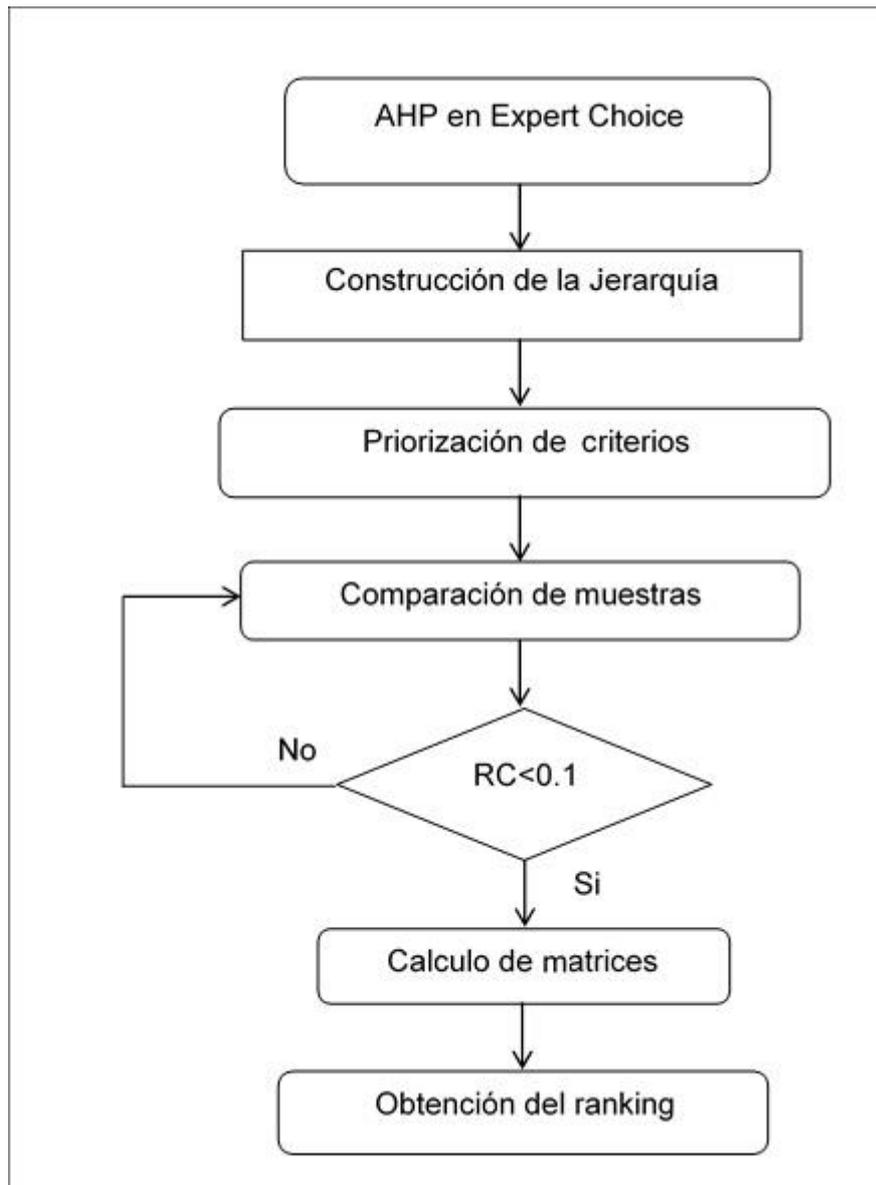
##### **4.4.2 Manejo de la Información AHP**

Para el análisis sensorial en café, con el formato AHP se utilizó el software Expert Choice® 2000, en el cual se creó la interfaz de la jerarquía planteada en la estructura del modelo complejo, la cual define el objetivo “ranking de la mejor taza” y los criterios como los atributos contemplados por la SCAA y las alternativas de solución para las seis muestras analizadas en cada sesión.

Luego se ingresa en el software el número de jueces participantes en la sesión, para su consenso en la decisión final.

Una vez creada la interfaz, se ingresó en la matriz correspondiente a las comparaciones entre criterios, para asignar la preferencia de estos ante la decisión final; las cuales tienen un valor de 1, debido a que todos los criterios tienen el mismo peso en la evaluación de la calidad del café, lo que deduce una  $RC=0.00$ .

A continuación se llenó la matriz de comparación entre alternativas respecto a los criterios, con las comparaciones emitidas por los jueces en el análisis, en el que se realizó el cálculo de la razón de consistencia, con el objetivo de validar la información si la  $RC < 0.10$ , o de lo contrario rechazarla (Figura 21).



**Figura 21.** Diagrama de flujo AHP en Expert Choice

Una vez se ingresaron los juicios correspondientes a los cuatro catadores, se obtuvo el consenso general de las sesiones, con la ayuda de Expert Choice el cual se basa en la media geométrica, para incluir los juicios individuales donde cada juez tiene igual peso en la decisión final. Contrastando con Ramírez, (2012) al proponer la utilización de la media geométrica para considerar todos los juicios emitidos por los expertos en la decisión final, excluyendo la alteración por juicios muy dispersos, o juicios por fuera de la media.

Los resultados obtenidos muestran un ranking basado en porcentaje en un rango de 1% a 100 %, donde la suma de ellos siempre será 100%, sin importar el número de muestras o alternativas, la mejor obtiene el mayor valor en porcentaje.

#### **4.4.3 Comparación descriptiva de los rankings obtenidos**

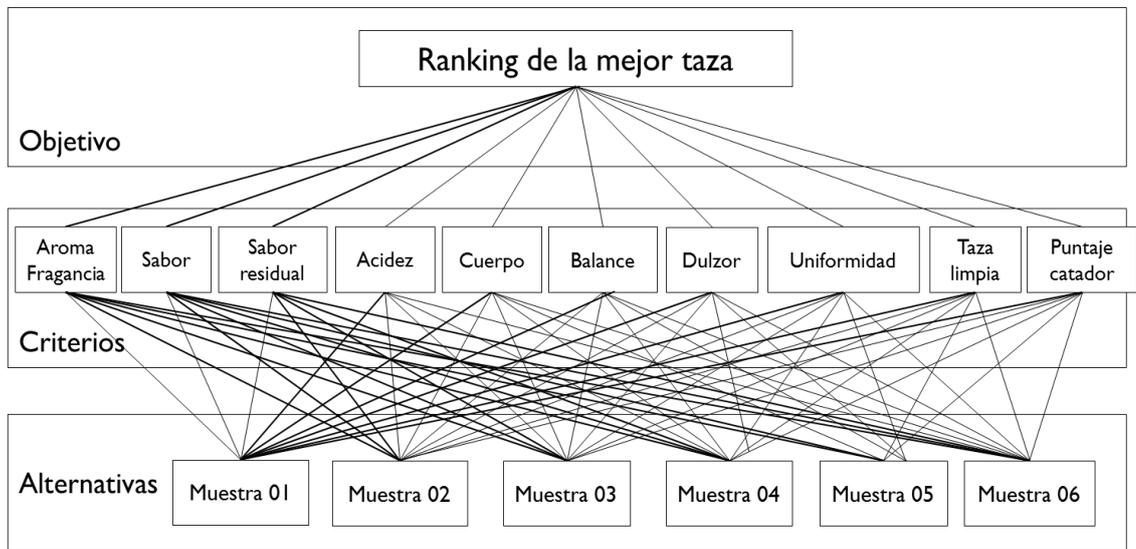
Los resultados obtenidos de los rankings de la mejor taza de café por los formatos, formato SCAA y formato de catación AHP, durante las tres sesiones se compararon, describiendo los aciertos o desaciertos de las posiciones que ocupó cada muestra en el ranking del consenso general, observando las variaciones u aproximaciones que tiene AHP, frente a la inclusión de aspectos cualitativos y cuantitativos en los juicios respecto al método tradicional, además se comparan gráficamente los resultados de ambos formatos, y se sustenta matemáticamente la decisión final.

Las muestras analizadas bajo los formatos de catación AHP y SCAA, fueron las mismas por cada sesión, solo se les cambió el código de muestra para no predisponer al catador en la evaluación, y permitir el análisis de los resultados de la misma muestra con el fin de comparar los métodos.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Estructuración del modelo jerárquico

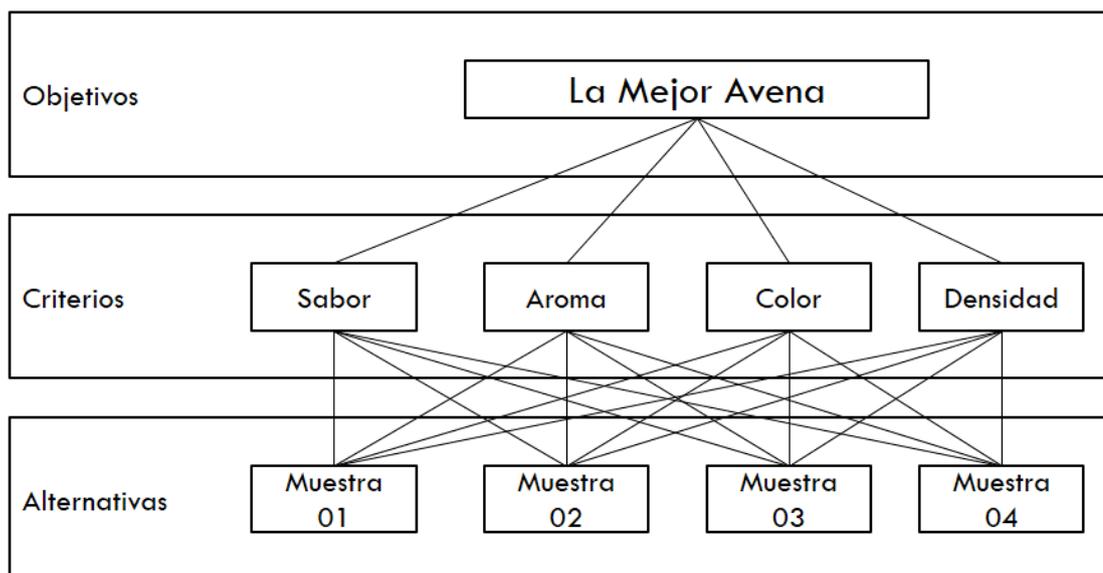
En la Figura 22 se presenta la estructura jerárquica definida para el problema complejo que permitió definir el ranking de la mejor taza, como puede verse, se definen los tres (3) niveles que componen la jerarquía, en el nivel superior se ubica el objetivo “ranking de la mejor taza”, en el nivel subsiguiente se ubican los criterios de evaluación que corresponde a los diez (10) atributos requeridos por la SCAA, en el tercer nivel se establecen el número de muestras a evaluar como alternativas de solución.



**Figura 22.** Estructura del modelo jerárquico AHP

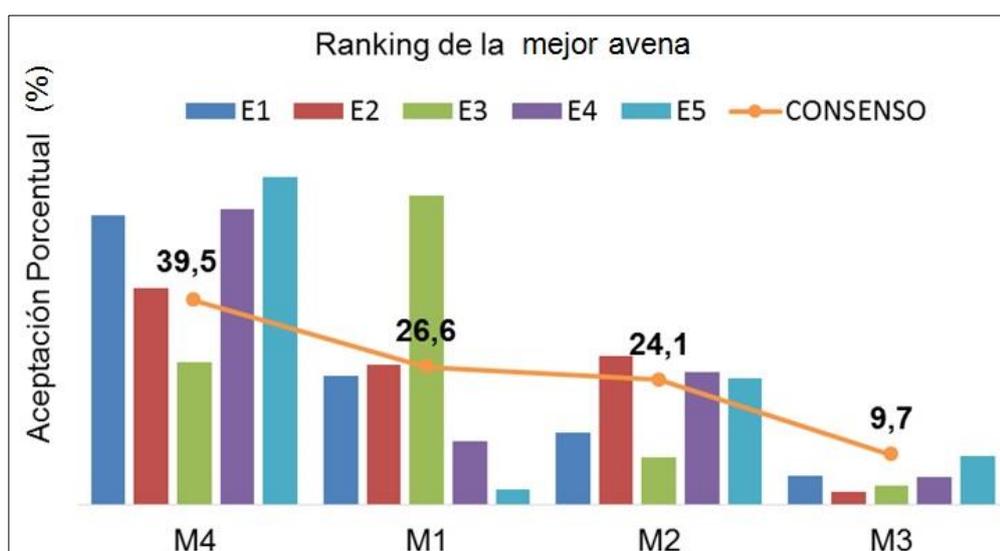
### 5.2. Resultados Prueba preliminar

Con el objetivo de seleccionar la mejor avena de un grupo de cuatro (4) muestras con diferentes características y procedencia (Tabla 10), se construyó el modelo jerárquico (Figura 23), con el objetivo “la mejor avena”, estableciendo como criterios de evaluación cuatro (4) atributos; sabor, aroma, color y densidad, por un panel de cinco (5) jueces iniciados.



**Figura 23.** Modelo jerárquico - avena

En la Figura 24 se presentan los resultados de la prueba de aceptación de la avena, se observa que la muestra M4 alcanzó las mayores puntuaciones por cuatro (4) de los cinco (5) evaluadores (E1, E2, E3, E4, E5) encargados de hacer la valoración de la bebida, posicionándola como la mejor con un acumulado porcentual del 39,5% en el consenso general, seguida de la muestra M1 con un 26,6 %; lo que evidencio que las bebidas con adición de esencias, mejoran notablemente la preferencia de los evaluadores respecto a la elección de la muestra, ver características Tabla 10. De igual manera la muestra M3 se ubicó en último lugar con la puntuación más baja de 9,7%, debido a la falta de características sobresalientes en los criterios evaluados.

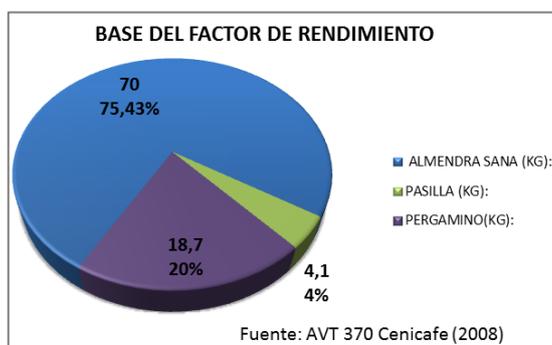


**Figura 24.** Ranking general de la mejor avena

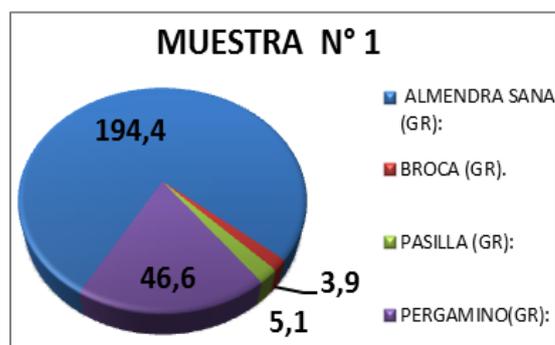
Como aporte de este ensayo, se comprobó la necesidad de seguir un orden en la comparación pareada de las muestras, para ello la primera muestra se comparó con la muestra de la derecha y así sucesivamente hasta terminar el total de ellas. Además permitió identificar la dificultad al momento de estimar la amplitud y proporción de los rangos contemplados en la escala general propuesta por Saaty (1990) en la toma de las decisiones.

### 5.3. Análisis físicos de las muestras

**El factor rendimiento (FR).** La Figura 25 representa la línea base de comercialización en Colombia igual al 92,8 kg de cps, de los cuales 18,7 kg corresponden al cisco y 4,1 kg a los subproductos (Cenicafé, 2008).



**Figura 25.** Base de los componentes físicos del café en Colombia  
Fuente: Cenicafé, 2008



**Figura 26.** Composición Física de la Muestra M1

En la Figura 26 se muestra gráficamente la composición física de la muestra M1, con un contenido de almendra sana de 194.4 gr, el cual permite una merma total del 22,24%, atribuida principalmente al contenido de grano brocado, equivalente a un factor de rendimiento FR de 90, inferior al promedio nacional estipulado por FNC, (2005), atribuyéndole como ventaja un incentivo de calidad en el precio de compra por kilo de cps.

En la tTabla 11, se presentan los resultados en peso (g) del análisis físico realizado a cada una de las muestras de café empleadas para determinar el ranking de la mejor taza.

**Tabla 11.** Composición física de las muestras

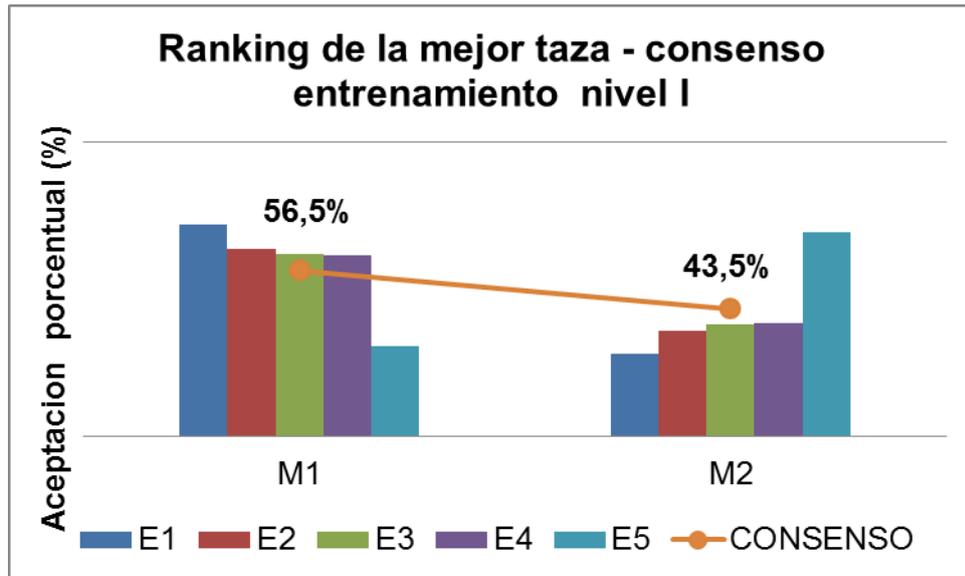
<b>Composición física del café pergamino seco</b>					
<b>N° Muestra</b>	<b>Almendra Sana (g)</b>	<b>Broca (g)</b>	<b>Pasilla (g)</b>	<b>Pergamino (g)</b>	<b>FR</b>
1	194,4	3,9	5,1	46,6	90,02
2	191,0	8,6	4,5	45,9	91,62
3	204,0	0,0	1,1	44,9	85,78
4	192,2	0,1	7,0	50,7	91,05
5	183,8	0,1	5,2	60,9	95,21
6	191,6	0,8	8,6	49,0	91,34
7	198,8	0,3	2,2	48,7	88,03
8	199,3	0,0	1,3	49,4	87,81
9	185,4	7,1	8,4	49,1	94,39
10	198,4	2,0	4,6	45,0	88,21
11	195,3	0,0	6,5	48,2	89,61

#### **5.4. Niveles de Entrenamiento AHP**

A continuación se presentan los resultados de cada uno de los niveles de entrenamiento, realizados con el propósito de familiarizar a los jueces con la metodología y formatos empleados en AHP, y a su vez generar veracidad en los juicios emitidos por ellos al evaluar los atributos considerados en la metodología de la SCAA y ajustar la RC hasta valores por debajo del al 10%.

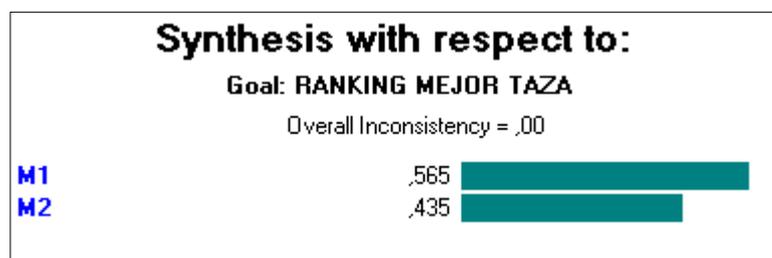
##### **5.4.1. Nivel de entrenamiento N° 1**

En la Figura 27 se presentan las puntuaciones del primer nivel de entrenamiento evaluando simultáneamente dos (2) muestras de café; después del consenso la muestra M1, resultó ser la de mayor preferencia, con una aceptación porcentual del 56,5 % respecto a la muestra M2 que obtuvo un 43,5%, esto indica que los evaluadores percibieron la diferencia y la transformaron a rangos relativos de importancia uno con respecto del otro. Además se aprecia que el evaluador E5 difiere en sus juicios respecto al grupo, aunque al ponderar el grupo completo no se afecta el resultado final, debido que AHP se basa en la media geométrica para incorporar los juicios individuales.



**Figura 27.** Ranking consenso entrenamiento nivel 1

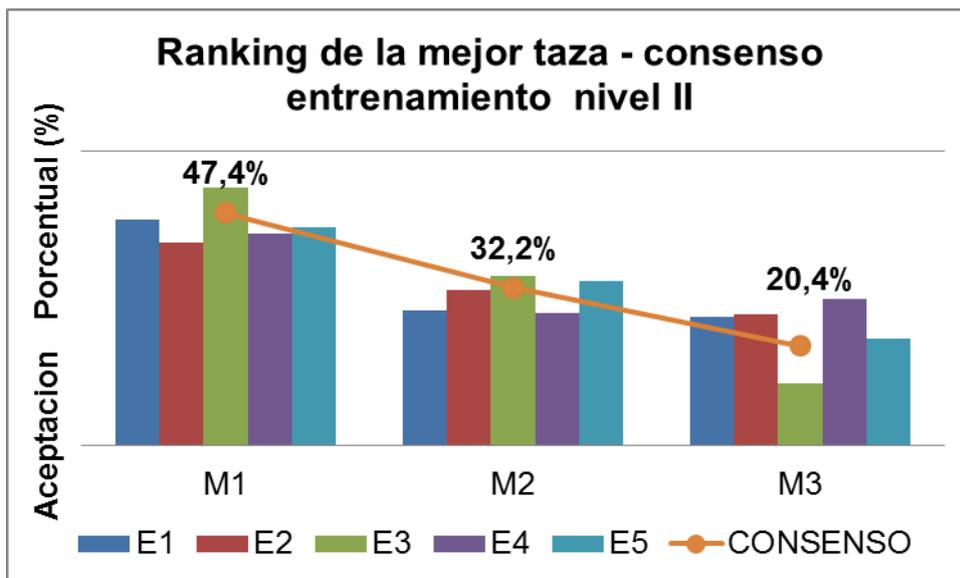
La Figura 28 corresponde a la representación gráfica del vector de prioridades de las alternativas de solución del consenso general del nivel 1 de entrenamiento, la cual muestra los resultados del test de consistencia que garantiza la veracidad de la información igual al 0%, debido a que se realiza una sola comparación, sin dar cabida al error; el método obliga al juez a definirse por solo una de las ellas, permitiendo la obtención del mínimo valor porcentual al emitir los juicios.



**Figura 28.** RC consenso entrenamiento nivel 1

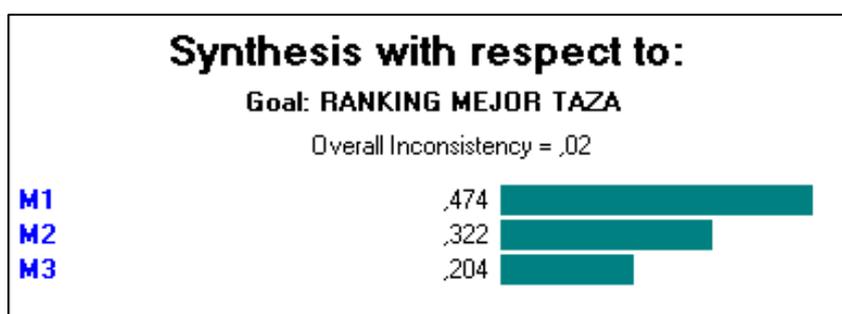
#### 5.4.2. Nivel de entrenamiento N° 2

En la Figura 29 se observa los resultados finales de cada uno de los jueces en el consenso general, obtenidos del segundo nivel de entrenamiento, donde se evidencia que la muestra M1, fue la mejor muestra del ranking con una aceptación porcentual del 47,4%, de acuerdo a la percepción de la totalidad del equipo evaluador. Se puede apreciar que el evaluador E4 difiere en las dos últimas posiciones del ranking respecto al consenso general, definiendo a M3 en segundo lugar por encima de M2. Este nivel ayudo a los evaluadores a la comprensión de los rangos de importancia y en la construcción de las matrices de comparación, disminuyendo la RC de consistencia.



**Figura 29.** Ranking consenso entrenamiento nivel 2

En la Figura 30 se presenta de manera gráfica los resultados del segundo nivel de entrenamiento, en el que se comparan tres (3) muestras de café, esto permite que los evaluadores puedan incurrir en algún error al emitir sus juicios, debido a que pueden presentar contradicción en las comparaciones pareadas, se obtuvo RC de 0.02 inferior al 0.1 planteado, es de resaltar que el gráfico presenta un valor mayor respecto al nivel 1, lo que indica un aumento en el grado de complejidad, debido a que se incrementa el número de comparaciones.

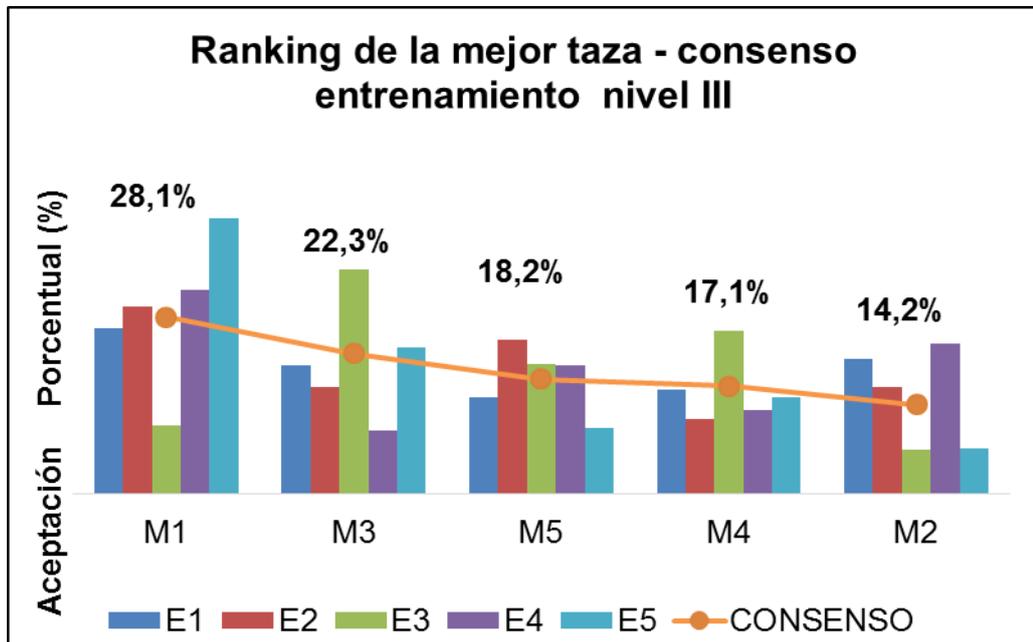


**Figura 30.** RC consenso entrenamiento nivel 2

### 5.4.3. Nivel de entrenamiento N° 3

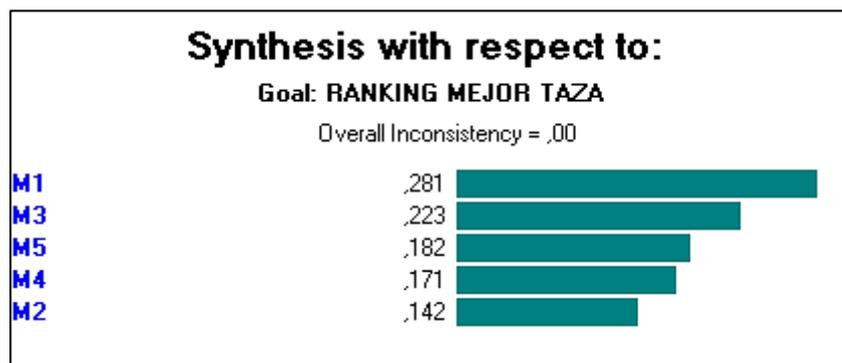
En el nivel 3 de entrenamiento se evaluaron cinco (5) muestras de café, la Figura 31 indica que la muestra de mayor aceptación es M1 con 28,1 % de aceptación, seguida de la muestra M3 con 22,3 %, las muestras M5 y M4 presenta un porcentaje muy similar, lo que apunta a que las muestras no presentaron diferencias notorias al momento de realizar la comparación de

cada uno de las atributos, de igual manera la muestra M2 se posiciona en último lugar con un aceptación porcentual de 14,2 %.



**Figura 31.** Ranking Consenso Entrenamiento Nivel 3

Al evaluar cinco (5) muestras de café, se requiere que cada juez realice ocho (8) comparaciones pareadas para cada atributo, generando mayor información para obtener el ranking del consenso general, en la Figura 32 se observa que la RC fue de 0.00, lo que permite deducir que todos los evaluadores coinciden en las posiciones que cada muestra obtuvo en el ranking general, y que existió similitud en sus rangos de calificación, lo que se conoce como panel calibrado.



**Figura 32.** RC consenso entrenamiento nivel 3

### 5.5. Resultados del análisis sensorial SCAA –AHP

En las tablas 12, 13 y 14 se presentan los resultados finales de la evaluación de las seis muestras en las tres sesiones realizadas, en el caso de los rankings generados con la metodología SCAA, los resultados corresponden a los valores alcanzados después del consenso general, en los rankings obtenidos mediante el método alternativo con base en el AHP, corresponden a valoraciones porcentuales.

**Tabla 12.** Resultados Consenso General Sesión 1

Nº Muestra	Id Muestra SCAA	Id Muestra AHP	Puntos SCAA	% AHP
M3	910	128	84,92	27,40
M1	719	063	82,93	21,50
M2	270	920	82,82	18,90
M5	014	170	81,21	12,60
M4	182	811	0,00	12,50
M6	121	191	0,00	7,10

**Tabla 13.** Resultados Consenso General Sesión 2.

Nº Muestra	Id Muestra SCAA	Id Muestra AHP	Puntos SCAA	% AHP
M6	310	203	84,91	24,20
M1	101	422	83,87	22,10
M5	855	842	82,12	15,30
M4	705	513	83,04	15,30
M3	946	373	82,04	8,9
M2	288	747	80,93	14,20

**Tabla 14.** Resultados Consenso General Sesión 3

Nº Muestra	Id Muestra SCAA	Id Muestra AHP	Puntos SCAA	% AHP
M5	618	051	85,61	29,70
M4	384	915	85,56	22,48
M6	146	156	83,35	14,96
M1	026	623	82,62	14,09
M2	207	628	80,35	11,05
M3	842	171	74,79	7,72

Las figuras 33, 34 y 35 corresponden a la representación gráfica del análisis comparativo de los dos métodos de análisis evaluados y muestran los mismos resultados presentados en las tablas 12,13 y 14. Como puede verse, la información gráfica permite la comparación respecto al posicionamiento de las muestras en un orden descendente, teniendo como medida de comparación los resultados de la SCAA, para así determinar la similitud o diferencia con la TDM AHP.

En la Figura 33 se observa la comparación de los rankings de los consensos generales de la Sesión 1, con total acierto en las posiciones de las muestras evaluadas por ambos métodos; la muestra M3 se ubica en primer lugar con un porcentaje de aceptación de 27,4% en APH y con 84,92 puntos por SCAA; después se ubican M1, M2 con 21.5% y 18.9 % en segundo y tercer puesto respectivamente; las muestras M4 y M6 se ubicaron en los dos últimos lugares de ambos rankings, las cuales fueron rechazadas por presentar defectos según los evaluadores en la metodología SCAA, y por AHP fueron evaluadas con las puntuaciones más bajas 12,5% y 7,1%.

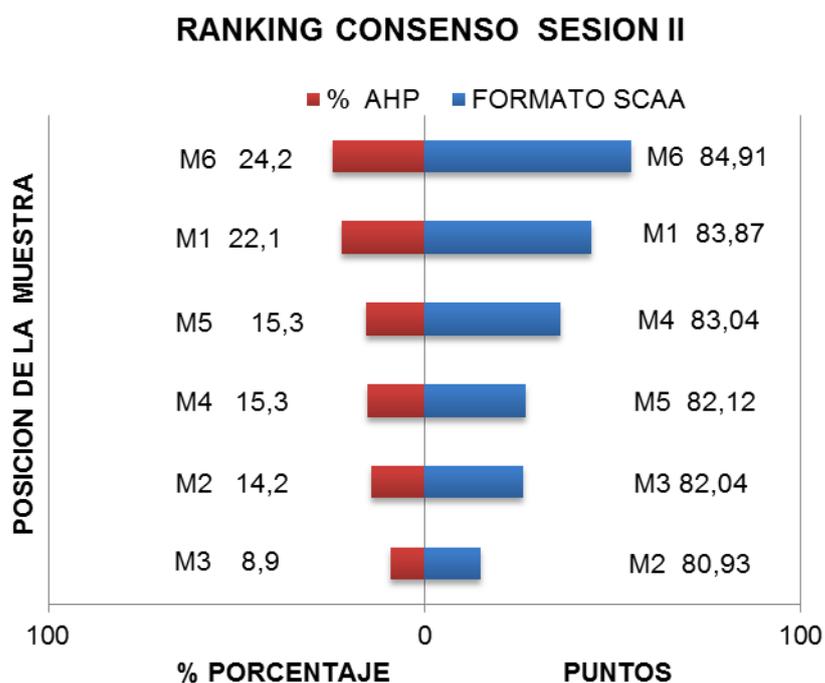


**Figura 33.** Análisis comparativo de los métodos AHP y SCAA sesión 1

La Figura 34 contiene la representación gráfica de los rankings del consenso de la sesión 2, donde se observa coincidencia en las dos primeras posiciones del ranking con las muestras M6 y M1, presentan una pequeña diferencia en la tercera y cuarta posición, donde las muestras M5 con aceptación porcentual de 15.31% y M4 con 15.30% presentan posiciones diferentes con el método

SCAA, que plantea a M4 con 83.04 en tercer lugar y M5 con 82.12 en cuarto lugar.

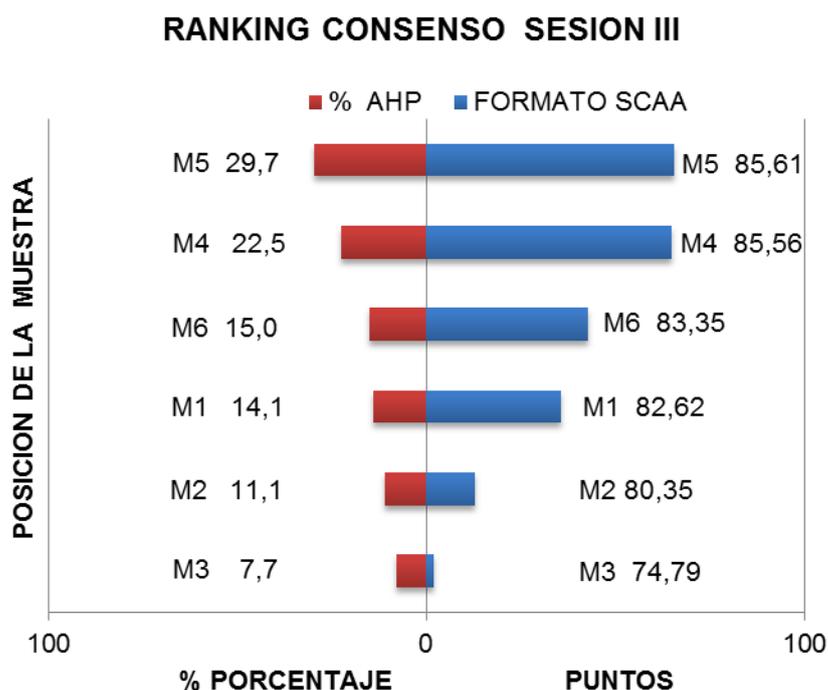
Para la muestra M5 los jueces percibieron notas que destacan la calidad de la bebida, mientras que para M4 se percibieron defectos como reposo y sobre maduro, estas características cualitativas que en el formato SCAA no tienen una valoración debido a su complejidad, el método AHP las incluye al momento de la comparación pareada, lo que pudo influir en mejorar su calificación y posiciona a M5 en tercer lugar.



**Figura 34.** Análisis comparativo de los métodos AHP y SCAA sesión 2

En el quinto y sexto lugar del ranking se encuentran las muestras M2 y M3 las cuales presentan una diferencia con las posiciones dadas como resultado del análisis sensorial de la SCAA, las cuales se invierten (M3 quinto y sexto M2). En la muestra M2 los evaluadores perciben bondades sensoriales que se aumentan la preferencia hacia la bebida, mientras que en M3 se aprecian defectos marcados como un ligero reposo, plástico, áspera y astringente que devalúa su resultado y la posesiona en último lugar.

En la Figura 35, se observa la comparación de los rankings de los consensos generales de la Sesión 3, donde se aprecia concordancia total en las posiciones de los dos métodos utilizados, ubicando la muestra a M5 como la de mayor aceptación con 29,7% en AHP y con 85.61 puntos en la metodología SCAA, el resto de las muestras presentaron coincidencia en las apreciaciones de los jueces, demostrando que es indiferente el uso de cualquiera de los dos métodos.



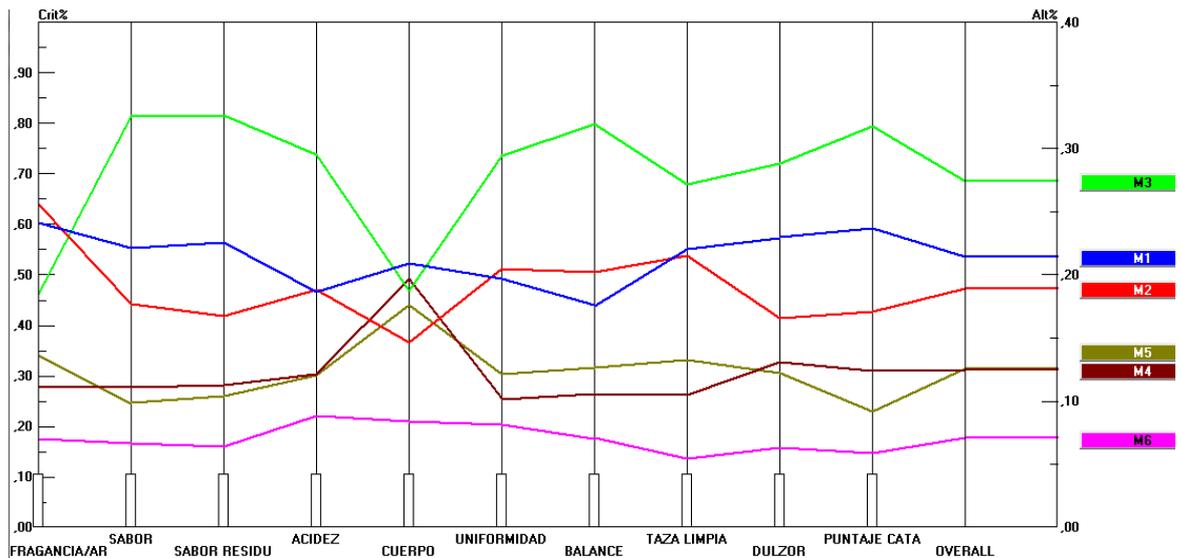
**Figura 35.** Análisis comparativo de los métodos AHP y SCAA Sesión 3

### Escenarios de priorización de las alternativas

En los escenarios de priorización para las alternativas de solución en función de los criterios considerados (atributos), los cuales se derivan del procesamiento de la información (juicios individuales) en el software Expert Choice® 2000; en este tipo de grafica se evidencian los valores que cada muestra alcanzó para cada uno de los criterios evaluados, además se refleja la intensidad de cada atributo presente en la muestra; lo que ayuda a definir su perfil, identificando bondades y falencias en cada una de ellas. Lo que es de gran utilidad al momento de proponer las denominadas mezclas en café (Blends), donde se puede proporcionar al café un sabor más complejo o balanceado, al combinar diferentes muestras que mejoren sus características.

En la Figura 36 se observa la calificación que cada muestra obtuvo respecto a los criterios de evaluación en la sesión 1, para la mejor muestra del ranking

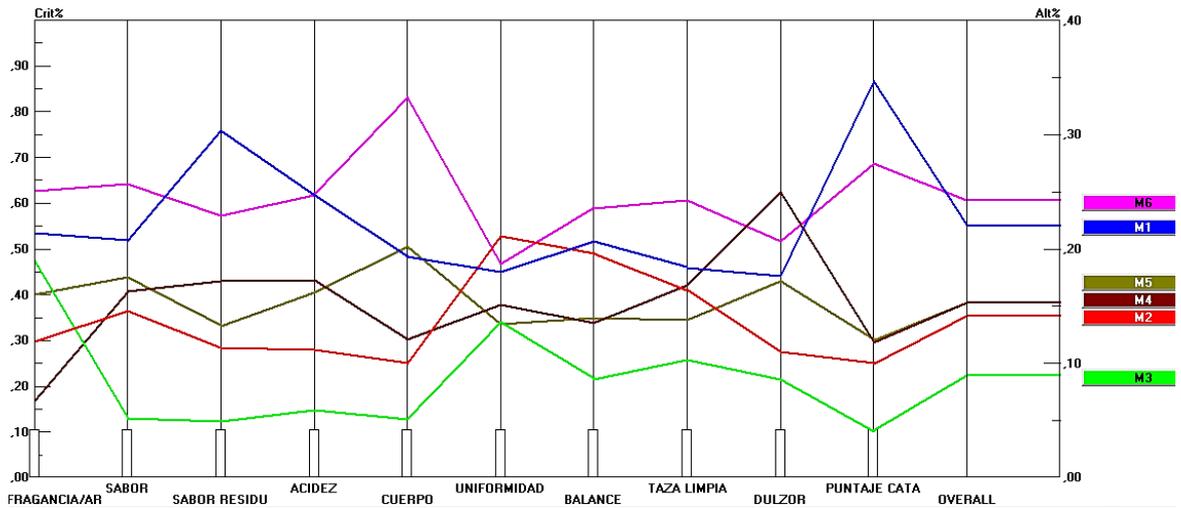
M3 se evidencia los mayores porcentajes de aceptación en ocho de los diez atributos considerados, en el caso las muestras M4 y M5, la gráfica permite observar los atributos como fragancia, balance y taza limpia los cuales influyeron en definir la ubicación de estas, evitando el empate aun cuando presentaron cierta aproximación en los resultados finales del consenso general. De igual manera la muestra M6 ubicada en último lugar no presenta valores destacados en ninguno de los atributos evaluados.



**Figura 36.** Escenarios de priorización de las alternativas. Consenso sesión 1.

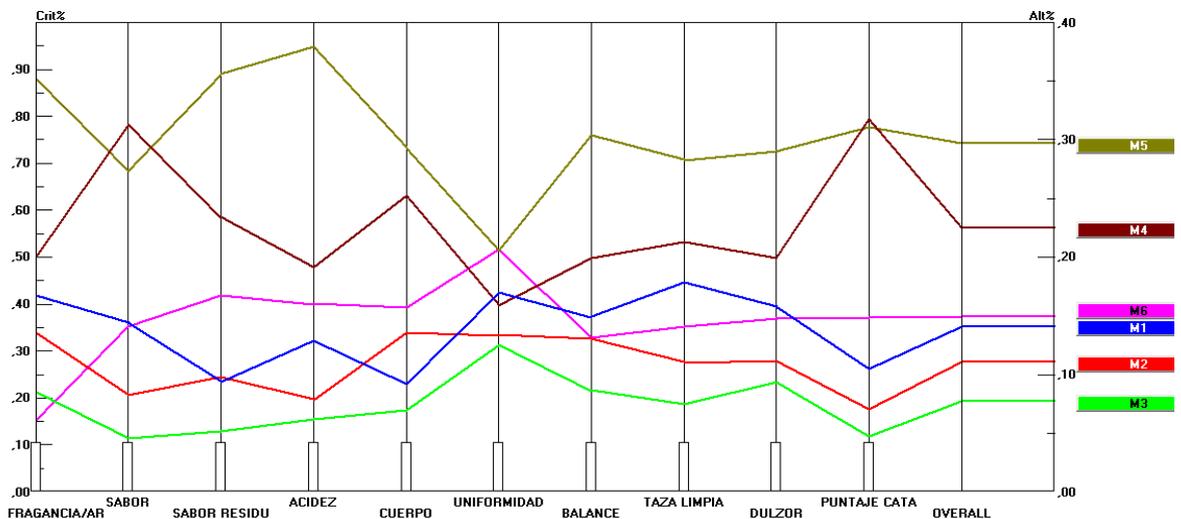
También se observa que el atributo denominado cuerpo fue valorado de manera similar en todas las muestras de este grupo, en un rango de importancia entre 40% y 50% y los atributos sabor, sabor residual, dulzor y puntaje del catador, presentan las mayores diferencias en la puntuación resultante de las muestras de manera independiente.

La **Figura 37** corresponde a las valoraciones finales proporcionadas a cada muestra respecto a los criterios estimados en el consenso de la sesión 2, en la que se observa el dinamismo respecto al comportamiento del porcentaje de aceptación de los atributos en cada una de las alternativas confirmando sus posiciones en el ranking. También se observa que las seis muestras propuestas como alternativas de solución presentan proximidad en las puntuaciones emitidas para el atributo uniformidad, éstas convergen en un rango entre el 30 y 50%.



**Figura 37.** Escenarios de priorización de las Alternativas. Consenso Sesión 2

En la Figura 38 se observan la valoraciones que alcanzaron las seis muestra respecto a los criterios de evaluación de la sesión 3, se evidencia que la mejor muestras del ranking la M5 obtiene los mayores porcentajes de aceptación en siete de los diez atributos considerados; destacándose la fragancia/aroma, sabor residual y acidez. El atributo uniformidad fue calificado en una rango de 55 a 30%, lo que deduce que no exista una variación marcada entre las muestras.



**Figura 38.** Escenarios de priorización de las alternativas. Consenso sesión 3

## Razón de consistencia general

Como medida de validación de los resultados, se muestra el cálculo de la RC; la cual determina la concordancia de cada uno de los juicios, y ayuda a categorizar el nivel del juez al diferenciar y asociar rangos de importancia, en el ranking general de las sesiones por la metodología de análisis de procesos jerárquico AHP.

En la Figura 39 se muestra la consistencia general del panel de catación en la primera sesión, el cual fue del 4% mostrándose inferior al límite  $RC < 10\%$ , lo que acepta la utilización de los juicios derivados del análisis sensorial. Así mismo este bajo resultado de la RC, demuestra que los jueces se encontraban nivelados en la calificación de las muestras, lo que se conoce como un panel calibrado; permitió que no se excluyese a ningún integrante del panel por presentar fuertes desviaciones en las valoraciones.

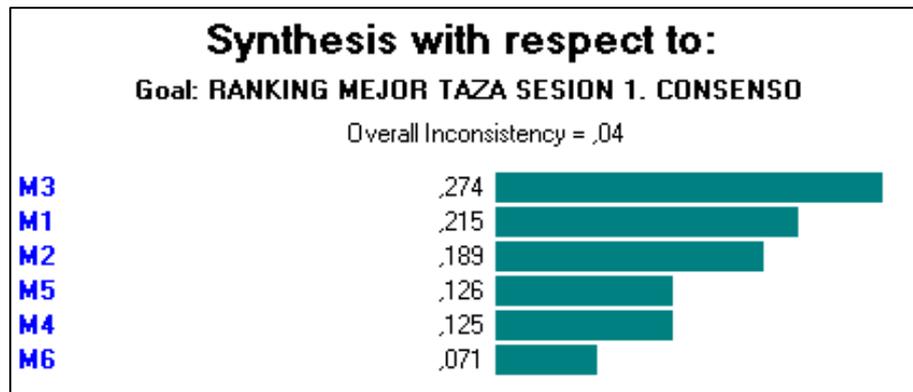


Figura 39. Razón de consistencia general sesión 1

La Figura 40, muestra la razón de consistencia del RC 1% del consenso del ranking AHP para la sesión 2, lo que valida la información y confiere al resultado un carácter más robusto.

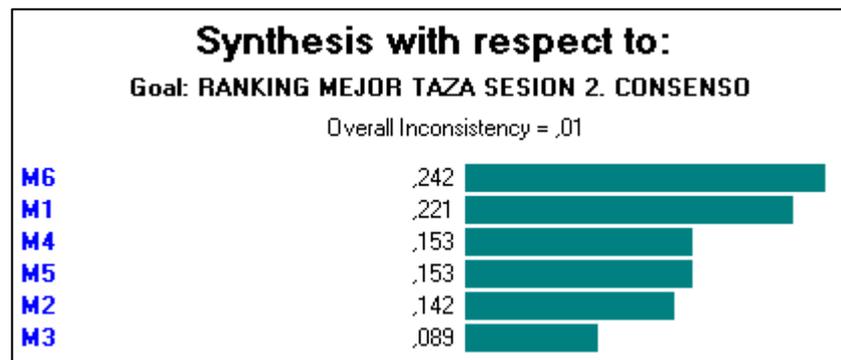
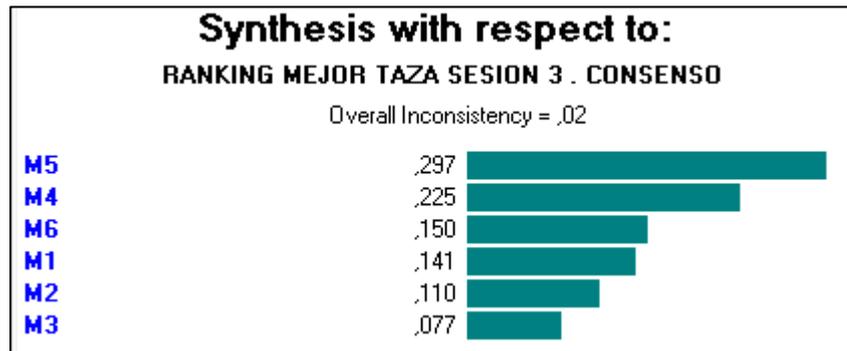


Figura 40. Razón de consistencia general sesión 2

La razón de consistencia del consenso general del ranking AHP de la sesión 3 se muestra en la Figura 41, de la cual se deduce que el panel de catación tuvo una RC= 0.02 equivalente al 2%, lo que permite la utilización de los datos y además ratifica la veracidad en la decisión final y da credibilidad de ella, se interpreta que los jueces no diferían y se encontraban de acuerdo con el ranking obtenido, que expresó como la mejor a la muestra M5 con 29.7%



**Figura 41.**Razón de consistencia general sesión 3

## 6. CONCLUSIONES

Se desarrolló una metodología alternativa para definir el ranking en procesos de selección de la mejor taza de café asociada a los atributos considerados en la metodología SCAA, implementando la técnica de decisión multicriterio AHP en el análisis sensorial de café, basada en comparaciones pareadas empleando la escala de valoración de 9 rangos de importancia, lo que le permite disminuir el error asociado a la imprecisión de la mente humana.

Se obtuvieron tres rankings con una RC de 0.04, 0.01 y 0.02 para cada una de las sesiones, con valores inferiores al 10% planteado, lo que afirma la veracidad de los juicios y confiabilidad de los resultados.

El entrenamiento en AHP a los catadores, permitió reducir la razón de consistencia en la realización de las comparaciones pareadas a valores aceptables inferiores al 10 %, aceptando los juicios emitidos por los catadores.

La metodología propuesta como alternativa de definición de rankings para muestras de café, puede ser asimilada por un panel de catación en tan solo tres sesiones de entrenamiento, evaluando los atributos requeridos por la SCAA.

Una de las ventajas adicionales al implementar la TDM AHP, es la generación de las gráficas de escenarios de priorización para las alternativas de solución, que ofrecen información detallada de las puntuaciones de cada muestra en función de cada atributo evaluado, lo cual es de utilidad en el desarrollo de investigaciones futuras en la elaboración de los denominados cafés Blends.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado Alvarado, G., Moreno Gonzalez, E., & Montoya Restrepo, E. C. (2009). Calidad Física y en taza de los Componentes de la Variedad Castillo y sus Derivadas Regionales. *Revista Cenicafé*, 60, 210-228.
- Aragonés, P. G. (2004). Importancia de la aplicación de las técnicas de decisión multicriterio (MCDM), en la Industria forestal mecánica de Venezuela. *Revista Forestal*, 75-90.
- Barbera, P. (2000). *Forum del Café: Como catar el Café*. Consultado el 15 de marzo de 2015, [http://www.forumdelcafe.com/pdf/F\\_02-Cata.pdf](http://www.forumdelcafe.com/pdf/F_02-Cata.pdf)
- Barrera Bermeo, O. M. (2014). Selección y Entrenamiento de un panel en análisis sensorial de Café (Tesis de Pregrado). Universidad Surcolombiana, Neiva, 37-39.
- Berrios, E. E. (2008). Guía Práctica para el control de calidad en la cosecha y beneficiado húmedo para producir cafés de especialidad. Consultado el 1 de Marzo de 2015, <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35450023>, Guatemala, 5-6.
- Berumen, S. A., & Redondo, F. L. (2007). La Utilidad de métodos de decisión multicriterio (Como el AHP) en un Entorno de Competitividad Creciente. *Cuadernos de Administracion. Vol 20. Universidad Pontificia javeriana*, 69-84.
- Casañ Pèrez, A. (2012). *La Decisiòn Multicriterio; Aplicacion en la Seleccion de Ofertas Competitivas en Edificacion (Proyecto Final de Master)*. Universidad Politecnica de Valencia, España.
- Cenicafé. (2008). Propiedades Físicas y factores de Conversión del Café en el Proceso de Beneficio. *Avances Tecnicos 370*, 1-8.
- Costell, E. (2001). La Aceptabilidad de los Alimentos. *Arbor CLXVIII(661)*, 65-85.
- Fischersworing, B. H., & Robkamp, R. R. (2001). Guía para la Caficultura. Editorial López, Tercera Edición , 130-133
- FNC. (2013). *Federacion Nacional de Cafeteros de Colombia*. Alirio aguilerca caficultor huilense, ocupó el primer puesto en el concurso taza de la excelencia. Consultado el 26 de Mayo de 2014, [http://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/sala\\_de\\_prensa/detalle/alirio\\_aguilera\\_caficultor\\_huilense\\_ocupo\\_el\\_primer\\_puesto\\_en\\_el\\_concurso\\_t/](http://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/sala_de_prensa/detalle/alirio_aguilera_caficultor_huilense_ocupo_el_primer_puesto_en_el_concurso_t/)
- FNC, & CENICAFÉ. (2004). Beneficio del Café II: Secado del café pergamino seco. *Cartilla Cafetera* (págs. 173-190). Chinchina, Caldas, Colombia.
- FNC, A. P. (2005). *Aspectos de Calidad del Café para la Industria Torrefactora Nacional* (Vol. Sexta Edición), 14-15.

- FNC, F. N. (2010). La Importancia del Origen. Consultado el 22 de Febrero de 2015, [http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre\\_el\\_cafe/mucho\\_mas\\_que\\_un\\_a\\_bebida/la\\_importancia\\_del\\_origen/](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/mucho_mas_que_un_a_bebida/la_importancia_del_origen/)
- Gurmeric, V. E., Dogan, M., Toker, O. S., & Senyigit, E. (2013). Application of Different Multi-criteria Decision Techniques to Determine Optimum Flavour of Prebiotic Pudding Based on Sensory Analyses. *Food Bioprocess Technol* (6), 2844-2859.
- Gutierrez Guzmán, N. (2008). *Identificación y Priorización de Factores Críticos para Implementar BPA en Productores de Café y Frutas en el Departamento del Huila en Colombia (Tesis Doctoral)*. Valencia, España.
- Ho, W. D. (2006). Multiple Criteria Decision Making Techniques in Higher Education. *International Journal of Educational Management*, 20 (5), 319-337.
- ISO. (2008). ISO 6668 Green coffee- Preparation of samples for use in sensory analysis.
- Lawrence Bodin, S. i. (2003). On Teaching the Analytic Hierarchy Process. *Computer & Operations Research* (30), 1487 – 1497.
- Lin, X., & Zu, Y. (2013). *Multi-criteria GIS-based procedure for coffee (Tesis de Pregrado)*. Universidad de Gävle, Suecia.
- Mejía O, L. A., Zuluaga R, C. M., & Arenas Valencia, W. (2011). Escenario Lúdico en el Salón de Clases para Enseñar la Técnica de Investigación Operativa AHP. *Scientia et Technica Año XVI* (48), 53-58.
- Molina, O. G. (1999). Evaluación sensorial de los alimentos: aplicación didáctica. Editorial Agraria.
- Moreno Jiménez, J. A. (2001). Metodología Científica en Valoración y Selección Ambiental. *Pesquisa Operacional. Vol. 21, N° 1*, 1-16.
- Moreno Jiménez, J. M. (2002). El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones. *Recta Monográfico 1*, 21-53.
- Oro Verde. (2002). El proceso de catación. Cooperativa agraria cafetalera oro verde Ltda. San Martín, Perú. 5-11.
- Peláez, R. (1991). Vademécum del tostador colombiano. Editado en: Bogotá, Colombia, LIQC, 63-66.
- Peña, N. (2013). *Caracterización Sensorial de Cafés especiales utilizando la metodología SCAA*. (Pasantía Ingeniería Agrícola). Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila.
- Puerta Quintero, G. I. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. Cenicafé. *Avances Técnicos 422*, 1-2.

- Puerta Quintero, G. I. (2009). Los catadores de café. Cenicafé. *Avances Tecnicos* 370, 1-8.
- Puerta Quintero, G. I. (1997). Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde *Coffea arabica*, procesado por vía húmeda. *Cenicafé* 47(4): 231-234. 1996.
- Ramírez Guardi, A. (2012). Toma de Decisión para la Obtención de Recursos Hidricos en Empresas Mineras de Cobre Mediante la Aplicacion de AHP. *Revista Universitaria La Ruta*(14), 9-24.
- Saaty, T. (1990). How to Make a Desicion: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Reserch*(48), 9-26.
- Saaty, T. L. (1982). *Proceso de Análisis Jerárquico*. Mc Graw-Hill Universidad de Pittsburgh,Pensilvania, USA.
- Saaty, T. L. (1997). *Toma de Desiciones para Lideres: El proceso analítico jerárquico la toma de decisiones en un mundo complejo*. Pittsburgh, RWS Publication
- Saaty, T. y. (2001). *Models, Methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Kluwer academic publishers.
- Sagir Ozdemir, M. (2005). Validity and inconsistency in the analytic hierarchy process. *Applied Mathematics and Computation*(161), 707-720.
- SCAA, *Specialty Coffee Association of America* . (2009) Escala de Calidad. Consultada el 20 de Febrero de 2015, <http://www.scaa.org>
- Toskano Hurtado, G. B. (2005). *El Proceso de Analisis Jerarquico (AHP) como Herramienta para la Toma Decisiones en la Seleccion de Proveedores* (Tesis de Pregado en Licenciatura en Investigacion Operativa) .Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru.
- Wasil, E., & Golden, B. (2003). Celebrating 25 years of AHP-based decision making. *Computers & Operations Research*, 30(10), 1419-1420.
- Wen-Hwa Ko; Chihwei P. Chiu. (2006). A New Coffee Shop Location Planning for Customer. *International Journal of the Information Systems for Logistics and Management (IJISLM)*, II(1), 55-62.
- Yoichi, K., Kei, O., & Makoto, N. (1996). Sensory Evaluation of Sake with AHP. *Seibutsu - Kogaku*(74), 17 - 21.
- Yusuff, R. M., Yee, K. P., & Hashmi, M. S. J. (2001). A preliminary study on the potential use of the analytical hierarchical process (AHP) to predict advanced manufacturing technology (AMT) implementation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 17(5), 421-427.

## 8. ANEXOS

 <p><b>CESURCAFÉ</b> CENTRO SURCOLOMBIANO DE INVESTIGACIÓN EN CAFÉ</p>	<p><b>FICHA TECNICA</b></p>																													
<p>FECHA: 17 DE FEBRERO DE 2014 VERSION: 002</p>																														
<p>FECHA: 24 DE NOVIEMBRE 2014 CODIGO: M1</p>																														
<p><b>DATOS DEL PRODUCTOR</b></p>	<p>NOMBRE(PROPIETARIO): OSCAR CORTES</p> <p>C.C: NO INFORMA</p> <p>DEPARTAMENTO: HUILA</p> <p>MUNICIPIO: ALGECIRAS</p> <p>VEREDA: LA PERDIZ</p> <p>VARIEDAD: COLOMBIA</p> <p>ALTURA (m.s.n.m): 1500</p> <p>CANTIDAD: 2832</p>																													
<p><b>ANALISIS FISICO</b></p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">% HUMEDAD:</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">11,07</td> <td style="width: 10%;">%H (1):</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">11,1</td> </tr> <tr> <td>PESO ALMENDRA TOTAL(g):</td> <td style="text-align: center;">205,4</td> <td>%H (2):</td> <td style="text-align: center;">10,9</td> </tr> <tr> <td>PESO ALMENDRA SANA (g):</td> <td style="text-align: center;">194,4</td> <td>%H (3):</td> <td style="text-align: center;">11,2</td> </tr> <tr> <td>PESO BROCA (g).</td> <td style="text-align: center;">3,9</td> <td>%BROCA:</td> <td style="text-align: center;">1,899</td> </tr> <tr> <td>PESO PASILLA (g):</td> <td style="text-align: center;">5,1</td> <td>%PASILLA:</td> <td style="text-align: center;">4,4</td> </tr> <tr> <td>PESO MERMA (g):</td> <td style="text-align: center;">46,6</td> <td>%MERMA:</td> <td style="text-align: center;">22,24</td> </tr> <tr> <td>F.R. (kg):</td> <td style="text-align: center;">90,0</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		% HUMEDAD:	11,07	%H (1):	11,1	PESO ALMENDRA TOTAL(g):	205,4	%H (2):	10,9	PESO ALMENDRA SANA (g):	194,4	%H (3):	11,2	PESO BROCA (g).	3,9	%BROCA:	1,899	PESO PASILLA (g):	5,1	%PASILLA:	4,4	PESO MERMA (g):	46,6	%MERMA:	22,24	F.R. (kg):	90,0		
% HUMEDAD:	11,07	%H (1):	11,1																											
PESO ALMENDRA TOTAL(g):	205,4	%H (2):	10,9																											
PESO ALMENDRA SANA (g):	194,4	%H (3):	11,2																											
PESO BROCA (g).	3,9	%BROCA:	1,899																											
PESO PASILLA (g):	5,1	%PASILLA:	4,4																											
PESO MERMA (g):	46,6	%MERMA:	22,24																											
F.R. (kg):	90,0																													
<p>* EN BASE A 250 GR C.P.S</p>																														
<p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>																														

**Anexo 1.** Ficha técnica de los análisis físicos

SESION N° 1	N°	FRAGANCI A/AROMA	SABOR	SABOR RESIDUAL	ACIDEZ	CUERPO	UNIFORMID AD	BALANCE	TAZA LIMPIA	DULZOR	PUNTAJE CATADOR	PUNTAJE TOTAL
<b>ORCAR MAURICIO BARRERA CODIGO: C01</b>	719	7,00	6,75	7,00	6,50	6,75	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	81,00
	270	7,00	6,75	7,00	6,75	6,75	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	81,25
	910	7,25	7,00	7,00	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	82,25
	121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	014	6,50	6,75	6,25	6,50	6,75	10,00	10,00	10,00	8,00	6,50	77,25
	182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>NATALY PEÑA GOMEZ CODIGO: C02</b>	719	7,50	7,50	7,50	7,50	7,00	10,00	9,00	10,00	10,00	7,50	83,50
	270	8,00	7,50	7,50	8,00	7,50	10,00	10,00	10,00	7,00	7,50	83,00
	910	6,00	8,00	7,50	7,50	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00	8,00	84,50
	121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	014	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	6,00	81,00
	182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>BERTULFO DELGADO JOVEN CODIGO: C03</b>	719	8,00	7,50	7,00	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00	7,25	6,50	83,75
	270	8,00	7,50	7,00	7,25	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	6,75	83,50
	910	8,50	8,00	7,50	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00	7,50	7,50	86,50
	121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	014	8,00	7,25	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	6,50	82,75
	182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>JOHN FREDY HERNANDEZ CODIGO: C04</b>	719	8,00	8,00	7,50	7,50	10,00	10,00	7,50	10,00	7,50	7,50	83,50
	270	7,00	8,00	8,00	7,00	10,00	10,00	8,00	10,00	7,00	8,50	83,50
	910	7,00	8,50	8,00	8,50	10,00	10,00	8,00	10,00	8,00	8,50	86,50
	121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	014	7,00	7,50	7,50	8,00	10,00	10,00	8,00	10,00	8,00	8,00	84,00
	182	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## Anexo 2. Resultados análisis sensorial SCAA sesión 1

SESION N° 2	N°	FRAGANCI A/AROMA	SABOR	SABOR RESIDUAL	ACIDEZ	CUERPO	UNIFORMID AD	BALANCE	TAZA LIMPIA	DULZOR	PUNTAJE CATADOR	PUNTAJE TOTAL
<b>ORCAR MAURICIO BARRERA CODIGO: C01</b>	101	7,50	8,00	7,00	7,50	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	84,50
	288	7,25	7,00	6,75	7,25	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	6,75	82,00
	946	6,75	7,00	6,75	6,50	6,75	10,00	10,00	10,00	10,00	6,75	80,50
	705	7,50	7,50	7,00	7,25	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	83,75
	855	7,00	7,00	6,75	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	6,50	81,25
	310	7,50	7,00	7,00	7,00	7,25	10,00	10,00	10,00	10,00	6,75	82,50
<b>NATALY PEÑA GOMEZ CODIGO: C02</b>	101	8,00	7,50	7,50	7,00	7,50	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	82,50
	288	7,75	7,00	6,50	7,00	6,50	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	79,75
	946	7,25	7,00	7,00	7,00	7,50	10,00	7,00	10,00	10,00	7,00	79,75
	705	7,75	7,00	7,00	7,00	7,50	10,00	7,00	10,00	10,00	7,00	80,25
	855	7,00	7,50	7,50	8,00	7,50	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	82,50
	310	7,75	7,50	7,50	8,00	7,50	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	83,25
<b>BERTULFO DELGADO JOVEN CODIGO: C03</b>	101	8,00	8,00	7,50	7,00	7,25	10,00	10,00	10,00	10,00	6,50	84,25
	288	7,50	7,50	7,00	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	6,00	82,00
	946	8,00	8,00	7,50	7,25	7,25	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	85,00
	705	8,00	7,50	7,00	7,00	7,25	10,00	10,00	10,00	10,00	6,50	83,25
	855	7,50	8,00	7,50	7,25	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	6,50	83,75
	310	8,00	8,00	8,00	7,50	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00	7,25	86,25
<b>YESICA BRAVO CODIGO: C05</b>	101	8,75	8,00	7,00	7,50	8,00	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	84,25
	288	7,50	7,00	7,00	7,00	7,50	10,00	7,00	10,00	10,00	7,00	80,00
	946	7,00	7,50	8,00	7,50	8,00	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	83,00
	705	8,00	8,00	7,50	8,00	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	85,00
	855	7,50	7,50	7,50	7,00	7,00	10,00	7,25	10,00	10,00	7,25	81,00
	310	8,50	8,00	8,00	8,50	8,00	10,00	8,50	10,00	10,00	8,25	87,75

### Anexo 3. Resultados análisis sensorial SCAA sesión 2

SESION N° 3	N°	FRAGANCI A/AROMA	SABOR	SABOR RESIDUAL	ACIDEZ	CUERPO	UNIFORMID AD	BALANCE	TAZA LIMPIA	DULZOR	PUNTAJE CATADOR	PUNTAJE TOTAL
<b>ORCAR MAURICIO BARRERA CODIGO: C01</b>	026	7,75	8,00	7,25	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	84,00
	207	7,25	7,00	7,00	7,25	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	6,75	82,25
	842	7,75	7,75	7,50	7,75	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,50	85,25
	384	7,50	7,00	7,00	7,00	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00	6,75	82,75
	618	6,75	6,50	6,75	6,75	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	6,50	80,25
	146	7,00	6,75	6,75	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	6,75	81,25
<b>NATALY PEÑA GOMEZ CODIGO: C02</b>	026	7,75	7,50	7,50	7,50	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00	7,50	5,25
	207	7,50	7,25	7,25	8,00	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	84,00
	842	7,25	7,00	7,50	8,50	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00	7,25	85,00
	384	8,00	7,50	7,50	7,50	7,50	10,00	10,00	8,00	10,00	7,50	83,50
	618	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	10,00	10,00	6,00	10,00	6,00	75,00
	146	7,25	7,50	7,50	7,50	7,25	10,00	8,00	10,00	10,00	7,25	82,25
<b>BERTULFO DELGADO JOVEN CODIGO: C03</b>	026	8,00	8,00	8,50	7,50	7,50	10,00	10,00	10,00	10,00	7,50	87,00
	207	7,50	7,00	6,50	7,00	6,50	10,00	10,00	10,00	10,00	6,25	80,75
	842	8,00	7,50	7,00	7,25	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	7,00	83,75
	384	8,00	7,50	7,00	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00	10,00	6,00	82,50
	618	7,50	6,50	6,00	6,00	7,50	10,00	8,00	8,00	8,00	6,00	69,50
	146	7,50	7,00	6,50	6,00	7,25	10,00	10,00	8,00	10,00	6,00	74,25
<b>YESICA BRAVO CODIGO: C05</b>	026	8,00	8,50	7,50	8,00	8,00	10,00	8,00	10,00	10,00	8,00	86,00
	207	9,00	8,50	8,00	7,00	8,00	10,00	8,00	10,00	10,00	8,00	86,50
	842	8,00	9,00	8,50	8,50	8,00	10,00	8,25	10,00	10,00	8,25	88,50
	384	7,50	7,75	7,50	7,00	7,50	10,00	7,25	10,00	10,00	7,25	81,75
	618	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	146	8,00	7,50	8,00	7,50	8,00	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	84,00

#### Anexo 4. Resultados análisis sensorial SCAA sesión 3

<b>SESION N° 1</b>	<b>N° MUESTRA</b>	<b>% RANKING</b>
<b>ORCAR MAURICIO BARRERA CODIGO: C01</b>	063	22,30
	920	25,20
	128	26,10
	191	11,80
	170	9,30
	811	5,20
<b>NATALY PEÑA GOMEZ CODIGO: C02</b>	063	25,60
	920	20,20
	128	22,00
	191	10,50
	170	16,30
	811	5,30
<b>BERTULFO DELGADO JOVEN CODIGO: C03</b>	063	19,80
	920	12,20
	128	30,00
	191	16,60
	170	14,10
	811	7,40
<b>JOHN FREDY HERNANDEZ CODIGO: C04</b>	063	15,80
	920	18,10
	128	28,40
	191	11,50
	170	13,20
	811	13,00

**Anexo 5. Resultados Análisis Sensorial AHP Sesion 1.**

<b>SESION N° 2</b>	<b>N° MUESTRA</b>	<b>% RANKING</b>
<b>ORCAR MAURICIO BARRERA CODIGO: C01</b>	422	20,00
	373	14,00
	747	15,10
	842	17,30
	512	12,30
	203	21,20
<b>NATALY PEÑA GOMEZ CODIGO: C02</b>	422	19,60
	373	13,60
	747	15,00
	842	17,40
	512	13,00
	203	21,40
<b>BERTULFO DELGADO JOVEN CODIGO: C03</b>	422	37,70
	373	8,50
	747	12,80
	842	17,90
	512	6,60
	203	16,50
<b>YESICA BRAVO CODIGO: C05</b>	422	16,40
	373	19,70
	747	17,00
	842	10,50
	512	8,70
	203	27,70

**Anexo 6. Resultados Análisis Sensorial AHP Sesión 2.**

<b>SESION N° 3</b>	<b>N° MUESTRA</b>	<b>% RANKING</b>
<b>ORCAR MAURICIO BARRERA CODIGO: C01</b>	623	22,00
	628	19,00
	171	24,50
	915	13,00
	51	11,00
	156	10,50
<b>NATALY PEÑA GOMEZ CODIGO: C02</b>	623	20,50
	628	18,00
	171	20,20
	915	14,70
	51	10,20
	156	16,40
<b>BERTULFO</b>	623	13,60

<b>DELGADO JOVEN CODIGO: C03</b>	628	26,60
	171	33,90
	915	10,30
	51	5,20
<b>YESICA BRAVO CODIGO: C05</b>	156	10,50
	623	26,00
	628	3,10
	171	30,30
	915	20,40
	51	9,60
	156	10,60

**Anexo 7. Resultados Análisis Sensorial AHP Sesión 3.**

## Anexo 8. Guía metodología - procesos de análisis jerárquico AHP aplicado al análisis sensorial en café

En esta guía se desarrolla la metodología para construir el modelo jerárquico del problema complejo “Ranking de la mejor taza de café”, al igual que los pasos a seguir para el procesamiento de la información en el Software Expert Choice® 2000.

### 1. Estructuración del modelo jerárquico

Una de las partes más relevantes de la técnica de decisión multicriterio AHP, consiste en la estructuración de la jerarquía del problema complejo, etapa en la cual se desglosa el problema.

La Figura 42 muestra la estructura desarrollada en tres niveles, el primero corresponde al objetivo, que es el problema el cual se desea solucionar, el segundo nivel contempla la identificación de criterios que corresponden a los parámetros a los que someterán las alternativas, por último las alternativas son las posibles soluciones, para este caso las muestras a analizar.

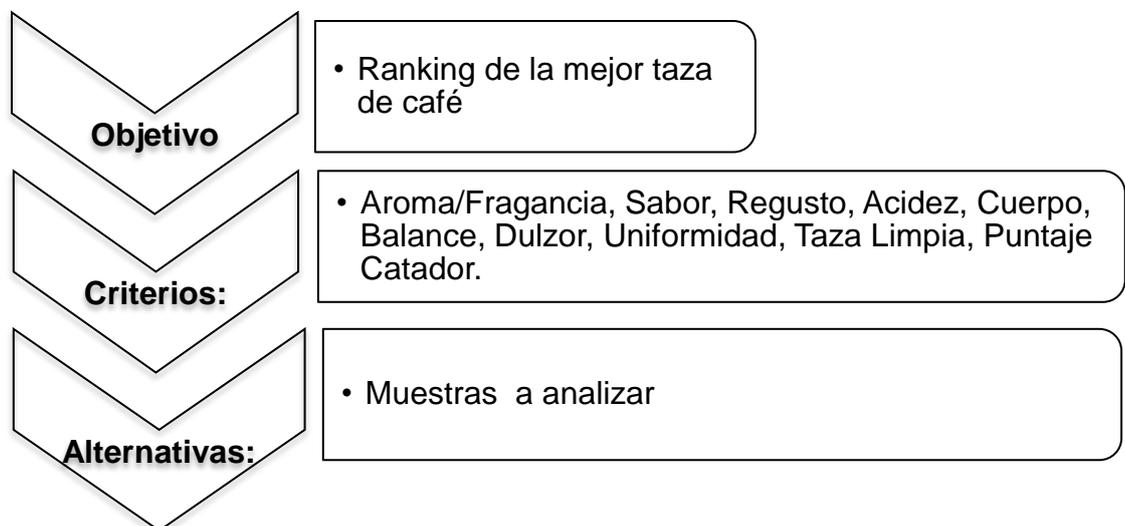
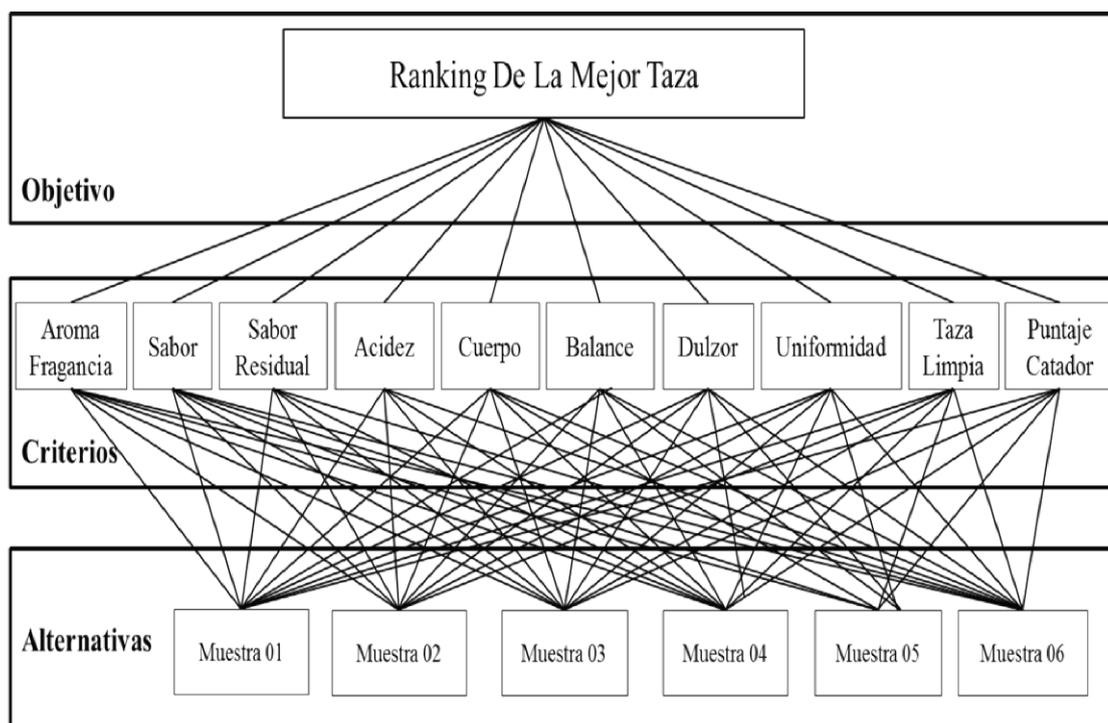


Figura 42. Descripción de la estructura jerárquica de tres niveles

En la Figura 43 se observa la red enlaces que corresponden a las comparaciones pareadas de las muestras con respecto a los atributos planteados, para generar el ranking de la mejor taza.



**Figura 43. Estructura jerarquía AHP aplicada al análisis**

## 2. Procesamiento de la información

### Ranking de la mejor taza de café

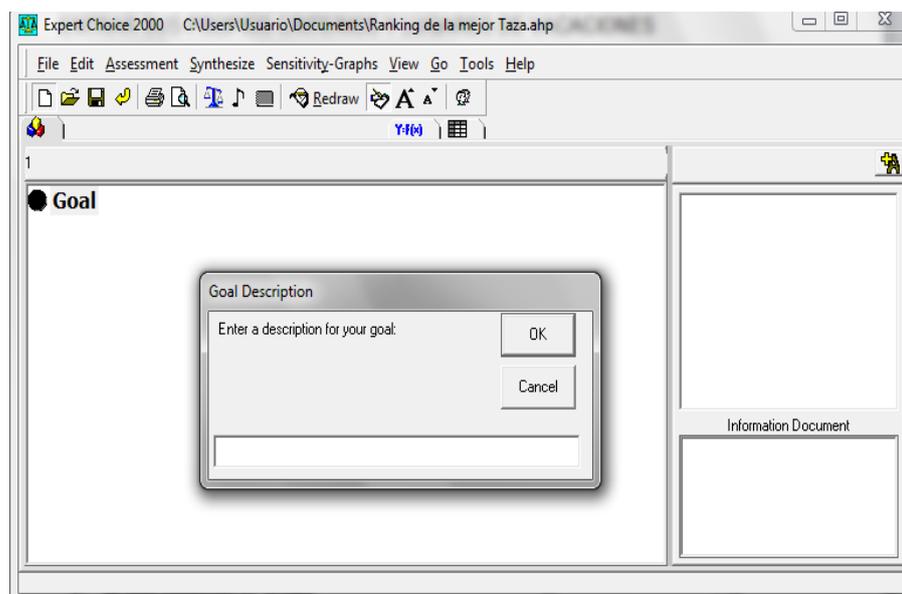
A continuación se ingresa cada uno de los componentes el modelo jerárquico “Ranking de la mejor taza” (Figura 42) “, en el software Expert Choice 2000 de manera practica en los siguientes cinco pasos:

1. Una vez iniciado el programa Expert Choice 2000, Seleccione archivo (File) y luego nuevo (New) en el menú. Introduzca el nombre del modelo; la mejor taza.



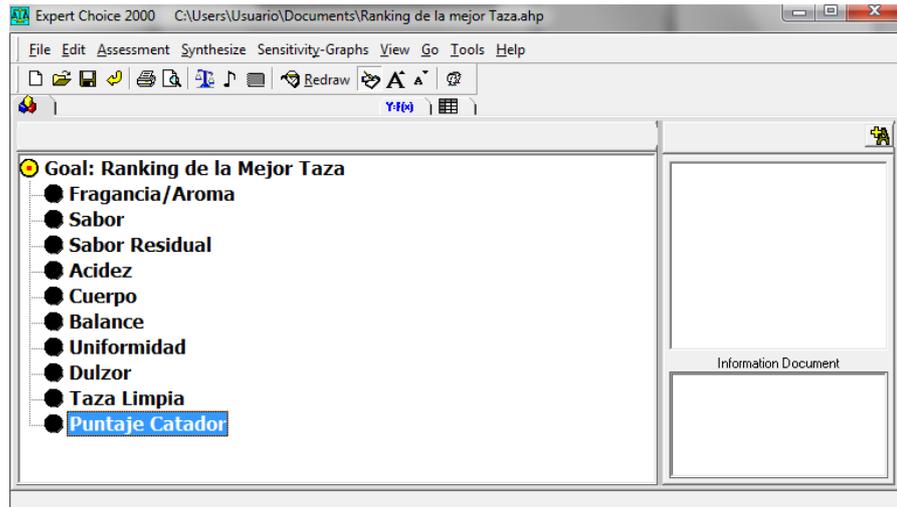
**Figura 44. Modelo nuevo**

2. Ingrese el objetivo planteado "Ranking de la mejor taza".



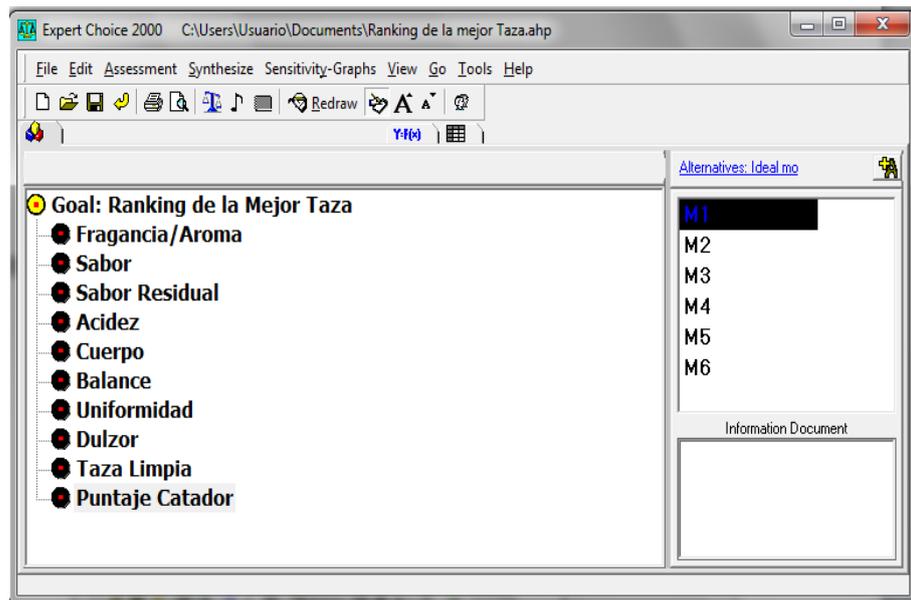
**Figura 45. Definición del objetivo**

3. Para realizar el ingreso de los criterios, seleccione Editar (Edit) y luego en Insertar (Insert Child) en el menú, introduce el nombre del primer criterio y presione la tecla <Enter> para continuar introduciendo el total de los criterios, o pulse <Esc> para detener el proceso de inserción de criterios.



**Figura 46. Criterios de evaluación**

4. Después es necesario ingresar las alternativas de solución; las seis muestras de café, seleccionando editar (Edit), alternativa (Alternative), insertar (Insert), o clic en el icono  adicionar alternativa (Add Alternative) ubicado en la parte superior derecha.



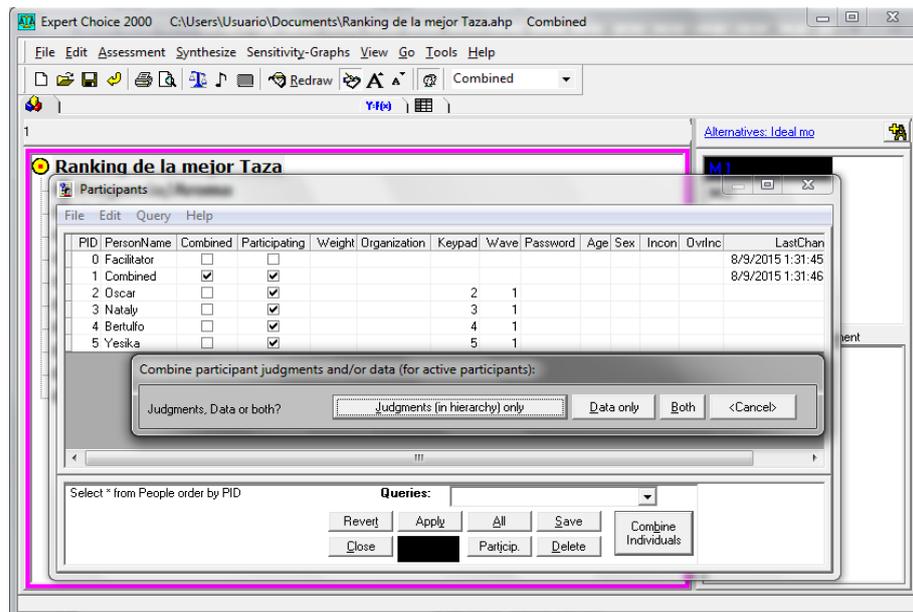
**Figura 47. Alternativas**

La inserción del modelo jerárquico se ha completado (Figura 7). El objetivo y los criterios están en el panel de vista de árbol de la izquierda. Las alternativas están en el Panel Alternativa a la derecha.

**Nota:** en el caso que se requiera detallar más el problema, se podrá insertar subcriterios y sub-subcriterios en el panel de vista de árbol,

seleccionando el criterio o subcriterio que se desee detallar, realizando de nuevo el paso N° 3

5. El ingreso de los participantes o jueces del panel de catación se realiza seleccionando el icono participantes  (participants), luego en edición (edit) agregar número de participantes (add N Participants), este corresponde a la cantidad de jueces que integran el panel. Luego se asigna el nombre seleccionando P1 y escribiendo sobre él, de este modo hasta terminar con los demás.

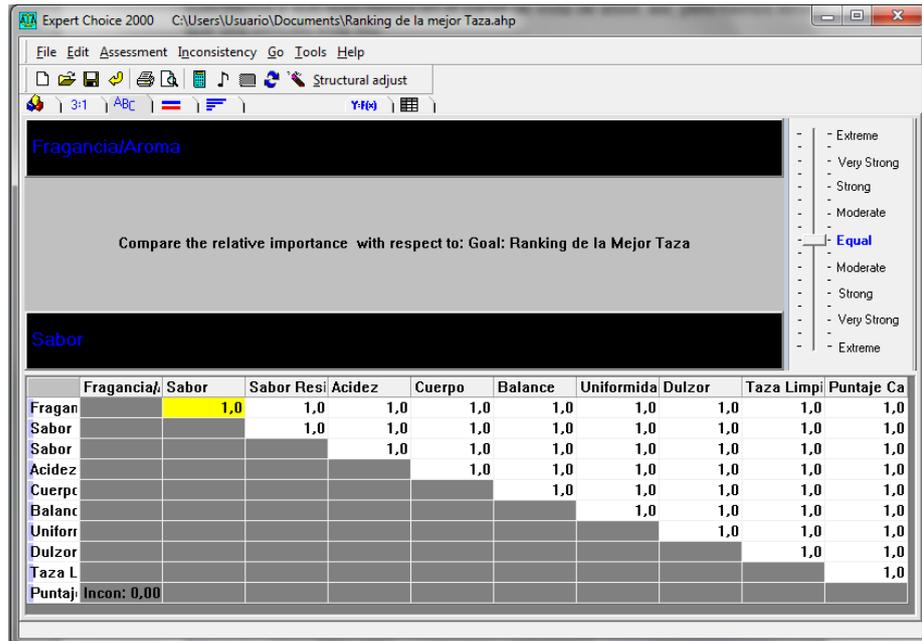


Luego en la casilla (combine Individual), seleccionar (Judgments in hierarchy only), esto para realizar un consenso entre los integrantes para determinar el ranking, donde combina los juicios individuales respecto a la media geométrica.

## Introducción de los juicios

Lo primero que se debe realizar es la asignación de prioridades para los criterios de evaluación; los atributos requeridos por la SCAA, para la determinación del ranking de la mejor taza de café, los cuales se consideran con igual importancia para la toma de la decisión final, por lo tanto se asigna el valor de uno (1) en el momento de la comparación, como se observa (Figura 7)

6. Seleccione el objetivo “Goal: Ranking de la mejor taza” y haga clic en Evaluación (Assessment), escoja la opción por parejas (Pairwise) y a continuación asigne el valor de uno.

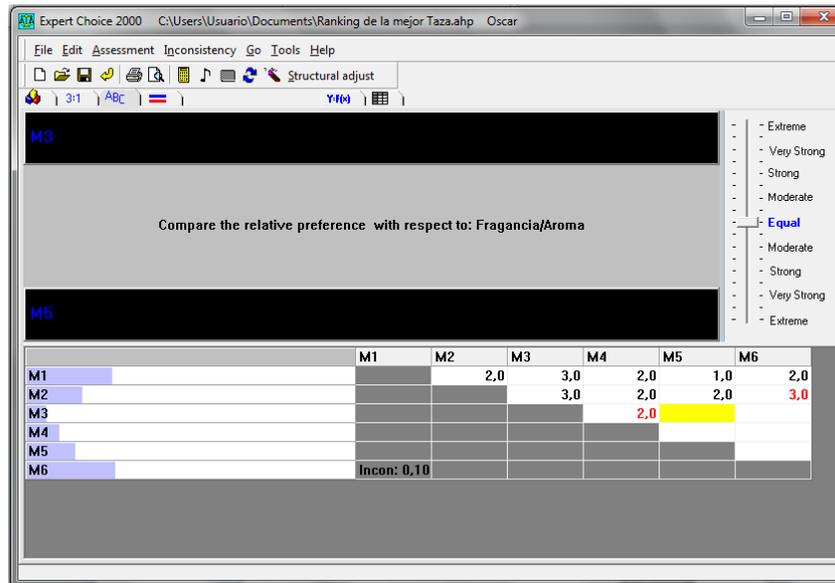


**Figura 48. Priorización de criterios**

**Nota:** al realizar la anterior asignación se iguala la preferencia de los criterios, y el peso de la decisión final solo dependerá de la comparación entre alternativas.

- Una vez recopilados los resultados emitido por los jueces, en el formato de catación AHP, se procede a realizar el ingreso de las diez matrices de comparación.

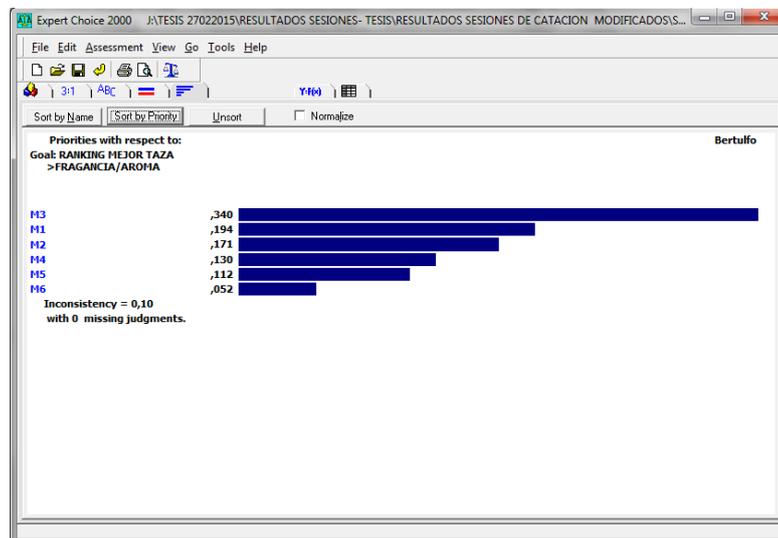
Seleccione un juez en el icono participantes  (participants), después vaya al primer atributo Fragancia/Aroma para introducir las sentencias de las alternativas, para ello haga clic en Evaluación (Assessment), escoja la opción por parejas (Pairwise) e ingrese los resultados emitido por el juez en este atributo.



**Figura 49. Matriz de comparación de alternativas**

La figura 8 muestra los juicios, de los cuales dos (2) se encuentran en rojo, indicando que la alternativa de la parte superior es más importante que la alternativa de la izquierda. Cuando está en negro, la de la izquierda es más importante que la de la derecha.

- Seguido se calcula la razón de consistencia, se da clic en icono calcular (Calcule), si la RC (Figura 9) es inferior al 10% los resultados son válidos de lo contrario el juez debe reevaluar las muestras.

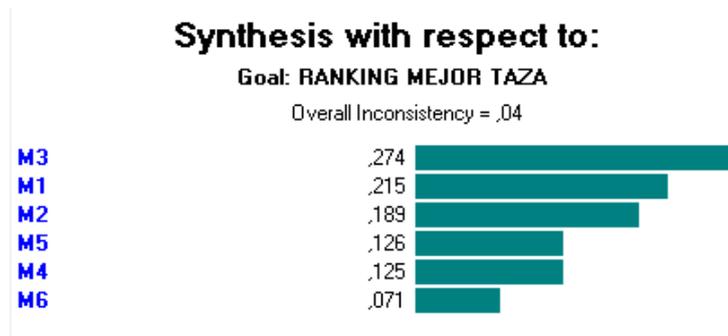


**Figura 50. Razón de Consistencia**

**Nota:** Los pasos 7 y 8 se realizan para los diez atributos y para cada uno de los integrantes del panel.

- Una vez ingresados todos los resultados de los jueces, y estos hayan sido validados se genera el ranking de la mejor taza expresada en porcentajes de

aceptación (Figura 10), para ello selecciona el objetivo y da clic en sintetizar (synthesize) generando el resultado, esto puede hacerse de manera individual por cada juez o el consenso del panel.



**Figura 10. Razón de Consistencia**

Adicional a esto Expert Choice 2000, le genera donde muestra toda la información del problema. Performance, Dynamic, Head to Head, 2D, Gradient.