



DESARROLLO Y OPTIMIZACIÓN DE UNA INFUSIÓN AROMÁTICA TIPO TISANA APLICANDO DISEÑO DE PLACKETT-BURMAN Y OPTIMIZACIÓN DE MÁXIMA PENDIENTE

Cristian Rojas
Universidad del Azuay

Piero Tripaldi
Universidad del Azuay

Hugo Dután
Universidad de Cuenca

Recibido: junio 23, 2010 Aceptado: noviembre 25, 2010

Pág. 103-115

Resumen

El uso de las tisanas es bastante difundido a nivel de Latinoamérica, generando grandes ganancias a las empresas dedicadas a este negocio. El presente trabajo ha buscado estudiar las condiciones de elaboración y optimizar las materias primas utilizadas. Para esta investigación se ha empleado un total de 22 hierbas aromáticas que conforman la tisana, para estudiarlas en una primera etapa se ha utilizado un diseño de Plackett-Burman. Las muestras generadas fueron evaluadas por un panel de catación conformado por 30 personas; las respuestas de la valoración sensorial han sido estudiadas mediante funciones de utilidad para favorecer respuestas agradables y penalizar las indeseables. Se ha identificado que únicamente resultan importantes 2 variables, mientras que otras se las puede mantener constantes. Estas dos variables se han optimizado en tres etapas sucesivas aplicando la metodología de máxima pendiente, observándose que no existen variaciones por parte del panel de cata, indicando que se encuentran alrededor del máximo, el cual brinda las condiciones de optimalidad para el producto.

Palabras clave: Tisana, sensorial, Plackett-Burman, máxima pendiente

Abstract

The use of herbal tea (tisane) is quite commonplace in Latin America, generating profit to companies dedicated to this business. This work sought to study the conditions for elaborating and optimizing the raw materials used. For this research, we used a total of 22 aromatic herbs that comprise tisane. To study them during a first stage, we utilized a Plackett-Burman design. The samples generated were evaluated by a taste panel made up of 30 individuals; responses to the sensory evaluation were studied via utility functions to favor pleasing responses and penalize the undesirable ones. We identified that only two variables turned out to be important, while the others may be kept constant. These two variables have been optimized in three subsequent stages by applying the maximum slope methodology, noting that there are no variations from the panel, indicating that they are around the maximum, which offers the optimal conditions for the product.

Keywords: Tisane, sensory, Plackett-Burman, steepest ascent

1 Introducción

La tisana es una infusión aromática que se consigue al hervir ciertas especies de hierbas aromáticas en agua; En la cual quedan retenidas las sustancias hidrosolubles que pueden aportar efectos beneficiosos en la salud de las personas. Actualmente son utilizadas dentro de la medicina alternativa, también son denominadas bebidas aromáticas o té. Comercialmente las hierbas a usarse deben ser deshidratadas y molidas para posteriormente ser introducidas en bolsas de papel filtro.

Frecuentemente en el área de los alimentos se tienen que optimizar respuestas que dependen de varias respuestas; por ejemplo, ensayos organolépticos [1]. Normalmente la mayoría de selecciones se basan sobre una serie de preferencias definidas en función de otros criterios. Las funciones multicriterio [2], entre ellas las de utilidad, son un instrumento fundamental que ayudan a tener una estrategia matemática adecuada para englobar las diferentes sensaciones gustativas de las muestras desarrolladas en una sola respuesta que representa el resultado total del experimento.

La experimentación factorial a dos niveles [3] permite de forma simple y rápida determinar las relaciones entre las variables predictivas y las respuestas experimentales. El inconveniente en estos diseños es el número elevado de experimentos a medida que incrementan las variables de estudio (2^k). Una excelente alternativa cuando se enfrenta el estudio de muchas variables, es utilizar un diseño de Plackett-Burman [4] que trabaja con una matriz ortogonal de Hadamard la que permite estudiar únicamente efectos principales.

2 Materiales

Se han utilizado las hierbas que conforman la tisana (Tabla 1), sacarosa y ácido cítrico. Las pruebas se han realizado en los laboratorios de la Universidad del Azuay; tanto para el proceso de elaboración como de valoración sensorial. Las hierbas han sido previamente secadas a una temperatura de 50°C , con la finalidad de que el peso sea únicamente en extracto seco y evitar pérdida de componentes termolábiles. La infusión se realizó en un evaporador abierto, colocando las materias primas una vez que ha alcanzado la temperatura de ebullición. La tisana fue almacenada en recipientes de vidrio y la valoración sensorial fue realizada a temperatura ambiente (18°C).

3 Métodos

Este estudio se dividió en tres etapas, las que obedecen a las diferentes fases del diseño escogido para la investigación. 1) Inicialmente se trabaja con una exploración (screening) de las variables propuestas del cual se obtendrán las variables que tienen relevancia en calidad de la tisana. 2) Evaluación sensorial de las muestras realizadas durante el diseño. 3) Optimización aplicando el método de la máxima pendiente para encontrar el campo de mejor aplicación de las variables de estudio.

Diseño de Plackett-Burman

El diseño de Plackett-Burman [4] es un tipo de diseño en el que cada factor se coloca a 2 niveles y donde el número de experimentos N es múltiplo de 4. Las variables pueden ser de tipo cualitativa o cuantitativa. Los niveles se denotan como -1 y +1; pudiendo escribirse en forma simple como (-) y (+). Es muy simple construir una matriz para este tipo de diseño. En la mayoría de los casos la primera línea de signos está ya definida y las restantes se obtienen mediante permutaciones, excepto la última, en la cual se coloca todos con signo menos.

Análisis sensorial

La valoración sensorial [5] ha demostrado ser un instrumento de gran eficacia para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento. El análisis sensorial se ha definido como una disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos de las personas hacia ciertas características intrínsecas de un alimento como son su sabor, olor, color y textura, que son los indicadores organolépticos de aceptación o rechazo de un producto, por lo que el resultado de este complejo de sensaciones captadas e interpretadas son usadas para medir la calidad de los mismos. La valoración sensorial es útil además para el control del proceso, tanto como adaptación del alimento a su perfil final, como para realizar modificaciones o correcciones; permitiendo obtener condiciones para conseguir datos que posteriormente serán tratados estadísticamente.

Funciones de utilidad

Las funciones de utilidad [2, 6] son algoritmos matemáticos en los que cada criterio se transforma independientemente en una "utilidad" u_r mediante una función la cual transforma el valor actual de cada elemento en un nuevo valor comprendido entre 0 y 1.

$$u_{ir} = f_r(y_{ir}) \quad 0 \leq u_{ir} \leq 1$$

r es el criterio seleccionado, f la función establecida e y_{ir} es el valor actual del i -ésimo elemento para el r -ésimo criterio.

La función de utilidad pesada total se calcula de la siguiente manera:

$$U_i = \sum_{r=1}^R w_r u_{ir} \quad 0 \leq U_i \leq 1$$

Optimización máxima pendiente

La máxima pendiente [4] es un método de optimización que funciona solo si el dominio experimental ha sido definido con un grado razonable de certeza. Muy frecuentemente los experimentos iniciales (exploración) permiten situar el área de interés del cual se parte para obtener el máximo. Máxima pendiente es útil incluso con muchas variables. Sin embargo es invariante al escalado de las variables y por lo general encuentra soluciones muy cercanas al óptimo.

4 Resultados y discusión

Se ha propuesto para el estudio las diversas hierbas aromáticas, las que constituyen el agua aromática tisana. En la siguiente tabla se presentan las hierbas utilizadas y sus diversas condiciones experimentales.

Tabla 1. Variables y condiciones experimentales

Id	Variable	Nombre Científico	Unidad	Valor Mínimo (-1)	Valor Máximo (1)
X ₁	Oreja de burro	<i>Stachys sp.</i>	gr / Lt	0	1
X ₂	Cola caballo	<i>Equisetum bogotense H.B.K</i>	gr / Lt	0	1
X ₃	Toronjil	<i>Melissa officinalis</i>	gr / Lt	0	1
X ₄	Malva	<i>Pelargonium odoratissimum (L.) L'Hér</i>	gr / Lt	0	1
X ₅	Guarmi Poleo	<i>Minthostachys mollis (Kumth) Griseb</i>	gr / Lt	0	1
X ₆	Hierba Luisa	<i>Cymbopogon citratus</i>	gr / Lt	0	1
X ₇	Shullo	<i>Oenothera sp.</i>	gr / Lt	0	1
X ₈	Borraja	<i>Borago officinalis L.</i>	gr / Lt	0	1
X ₉	Gañal	<i>Oreocallis grandiflora</i>	gr / Lt	0	1
X ₁₀	Esencia de rosas	<i>Pelargonium odoratissimum (L.) L'Hér.</i>	gr / Lt	0	1
X ₁₁	Menta	<i>Mentha pulegium</i>	gr / Lt	0	1
X ₁₂	Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i>	gr / Lt	0	1
X ₁₃	Mortino	<i>Solanum americanum Mill</i>	gr / Lt	0	1
X ₁₄	Sangoracha	<i>Amaranthus quitensis</i>	gr / Lt	0	1
X ₁₅	Cedrón	<i>Aloysia triphylla (L' Hér.) Britton</i>	gr / Lt	0	1
X ₁₆	Linaza	<i>Linum usitatissimum</i>	gr / Lt	0	1
X ₁₇	Pata con panga	<i>Peperomia peltigera</i>	gr / Lt	0	1
X ₁₈	Hinojo	<i>Foeniculum vulgare Miller</i>	gr / Lt	0	1
X ₁₉	Hoja canela	<i>Cinnamomun sp.</i>	gr / Lt	0	1
X ₂₀	Alelí	<i>Erysimum cheiri (L.) Crantz</i>	gr / Lt	0	1
X ₂₁	Clavel	<i>Dianthus caryophyllus</i>	gr / Lt	0	1
X ₂₂	Flor de Cristo	<i>Epidendrum sp</i>	gr / Lt	0	1

Con estas variables se ha utilizado una planificación experimental de Plackett-Burman para estudiar a nivel de efectos principales la influencia de cada una sobre la respuesta sensorial brindada por un panel de catación.

Para obtener la variable de respuesta, o función de utilidad, se empleó un panel de catación semientrenado, en un número de 30 personas de los dos géneros y comprendido entre las edades de 25 y 30 años.

Antes de realizar la evaluación sensorial de cada uno de los experimentos, se definió una ficha de catación, en la cual cada panelista debía registrar cada una de las percepciones gustativas. En la siguiente figura se muestra la ficha utilizada.

Edad _____
 Experimento _____

1. Señale con una X la primera impresión que le da la bebida

5 Muy llamativo	
4 Llamativo	
3 Poco llamativo	
2 Nada llamativo	
1 Indiferente	

2. De a la copa un movimiento circular, a continuación introduzca su nariz en la boca de la copa, con el fin de investigar los aromas que tiene la bebida

Califique en una escala de 3 al 1

	Bastante	Medio	Poco
	3	2	1
AROMA AGRADABLE			
AROMA FUERTE			
AROMA A FRUTA			
AROMA DESAGRADABLE			
AROMA ANORMAL (Madera, metal corcho, otro)			

3. **Gusto.** Tome un bocado de esta bebida y manténgalo en la boca por varios segundos luego ingiéralo y califique en una escala del 1 al 3

	Bastante	Medio	Poco
	3	2	1
Dulce			
Salado			
Amargo			
Ácido			
Picante			
Otro			

4. **Retrogusto.** Luego de haber ingerido la bebida, describa la sensación que queda en su boca

	Bastante	Medio	Poco
	3	2	1
Dulce			
Salado			
Amargo			
Ácido			
Picante			
Otro			

5. De una calificación de cómo le pareció la bebida como producto final

Muy Bueno	
Bueno	
Malo	
Indiferente	

Gracias por su colaboración

Figura 1 Ficha de catación utilizada para valorar la tisana

Cada panelista debió registrar las percepciones relativas a la primera impresión que le causó la bebida, aroma, gusto y retrogusto y una calificación final del producto.

El análisis sensorial utilizado fue de escalas de intervalo a 5 puntos para la primera impresión, de 1 a 3 para el aroma, gusto y retrogusto; finalmente una escala de 1 a 4 para el producto final.

Con las diferentes sensaciones percibidas por los panelistas, se obtuvo el valor medio de la distribución, con los cuales se modularon cada percepción en función de las características esperadas del producto. En la siguiente tabla se resumen las diferentes funciones de modulación utilizadas para cada atributo, los que se realizaron en el programa DART 2.5 [8]; los datos y tipos de transformación se presentan a continuación:

Tabla 2 Tipos de transformación de las respuestas sensoriales

Id.	Respuesta	Transformada	Optimalidad	Peso	L. Inferior	L. Superior
Y1	Primera impresión	Sigmoidal	Alta	0.067	2.0	4.0
Y2	Aroma agradable	Logarítmica	Alta	0.067	0.0	3.0
Y3	Aroma fuerte	Normal	1.00	0.067	0.0	2.0
Y4	Aroma a frutas	Normal	0.50	0.067	0.0	1.0
Y5	Aroma desagradable	Inv. Logarítmica	Baja	0.067	0.0	3.0
Y6	Aroma normal	Inv. Lineal	Baja	0.067	0.0	3.0
Y7	Gusto dulce	Normal	1.00	0.067	0.0	2.0
Y8	Gusto salado	Inv. Lineal	Baja	0.067	0.0	1.0
Y9	Gusto amargo	Inv. Lineal	Baja	0.067	0.0	2.0
Y10	Gusto ácido	Normal	1.75	0.067	0.5	3.0
Y11	Retrogusto dulce	Normal	1.00	0.067	0.0	2.0
Y12	Retrogusto salado	Inv. Lineal	Baja	0.067	0.0	1.0
Y13	Retrogusto amargo	Inv. Lineal	Baja	0.067	0.0	0.5
Y14	Retrogusto ácido	Normal	1.00	0.067	0.0	2.0
Y15	Producto final	Logarítmica	Alta	0.067	2.0	3.0

La función logarítmica y la sigmoideal premian los atributos que se busca estén presentes en el producto, es decir, las sensaciones agradables.

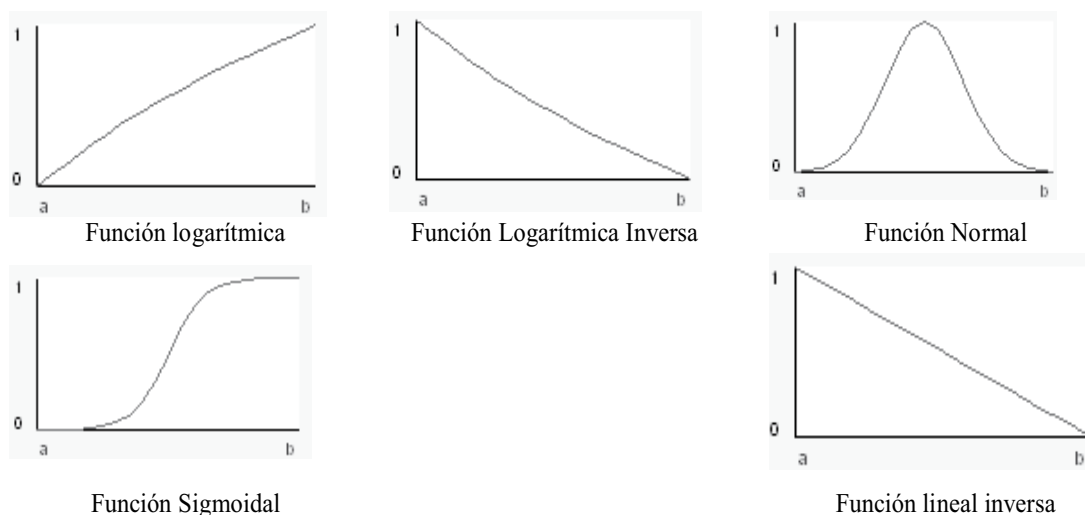


Figura 2 Funciones de utilidad

La función normal premia la presencia intermedia de los atributos, esto quiere decir que no debe existir ausencia, ni una presencia muy marcada de un cierto atributo.

La función inversa lineal y la inversa logarítmica penaliza los atributos de forma proporcional y logarítmica respectivamente, este tipo de funciones son normalmente utilizadas cuando se trabaja con atributos no deseables.

Existieron ciertos atributos que fueron eliminados, pues sus valores en todos los experimentos se mantuvieron constantes e imperceptibles, estos son: Gusto y Retrogusto Picante.

La función de utilidad total representa la aceptación global del producto en función de cada una de las modulaciones de cada atributo. Esta función de utilidad representa la respuesta experimental (Y), la cual se utilizó para calcular los coeficientes del modelo de regresión del diseño experimental utilizando regresión de mínimos cuadrados multivariante [9].

$$b = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y$$

En la tabla 3 se muestra la matriz del diseño con la respuesta experimental.

Tabla 3 Matriz del modelo experimental de Plackett-Burman

Exp.	I	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂	F.U.
1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	0.448
2	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	0.567
3	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	0.590
4	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0.598
5	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	0.327
6	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	0.433
7	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	0.521
8	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	0.671
9	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	0.418
10	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	0.438
11	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	0.671
12	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	0.704
13	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	0.544
14	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	0.543
15	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	0.643
16	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	0.659
17	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	0.726
18	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	0.518
19	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	0.570
20	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0.649
21	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	0.642
22	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	0.633
23	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	0.670
24	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.000

Los coeficientes obtenidos mediante regresión de mínimos cuadrados multivariantes resultan ser:

Tabla 4 Coeficientes del modelo de regresión

Coeficiente	Valor
b0	0.549
b1	-0.025
b2	0.019
b3	0.048
b4	0.019
b5	-0.013
b6	0.033
b7	0.039
b8	0.036
b9	0.002
b10	0.027
b11	0.048
b12	0.052
b13	0.014
b14	0.051
b15	0.023
b16	0.043
b17	0.047
b18	0.036
b19	-0.004
b20	0.008
b21	0.026
b22	0.015

Para identificar los factores relevantes en el modelo obtenido por regresión sobre la respuesta o función de utilidad, se ha utilizado el Gráfico de probabilidad normal (Normal Probability Plot) [10]; en el cual los efectos no significativos se muestran aproximados a una distribución normal. Por el contrario, los efectos significativos salen de ésta distribución, siendo más significativos a medida que se alejan de la línea de distribución.

GRAFICO DE PROBABILIDAD NORMAL

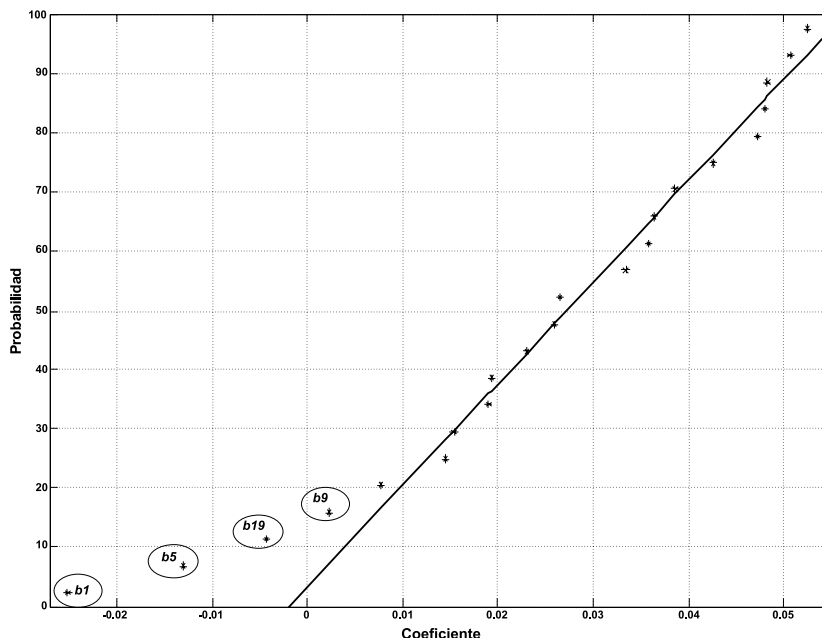


Figura 3. Gráfico de probabilidad normal de los coeficientes de regresión

Se identifica que únicamente existen 4 variables que presentan una influencia notable sobre la respuesta y corresponden a las variables a optimizar: Oreja de burro (X_1), Guarmi Poleo (X_5)

La Oreja de burro [11] es la medicina tradicional utilizada para combatir la dispepsia o problemas digestivos. Contiene los alcaloides estaquidrina y “betonicina”. El Guarmi poleo [12] contiene aceites esenciales del grupo de los terpenoides (97.8%) principalmente pulegona (83.6%), mentona (7.6%), limoneno (2.0%) linalool (1.2%), e “isomentona” (0.8%).

Para optimizar se ha utilizado la metodología de la máxima pendiente, para tal efecto se ha observado de la etapa de exploración (Tabla 3) el experimento con la respuesta mas alta y la que contiene las condiciones para las 4 variables. El experimento 17, es el punto de partida para buscar nuevas condiciones que generen un aumento de la función de utilidad.

Tabla 5 Máxima pendiente: Primera optimización $K=1$

Var.	Escalado	Coef.	K	Nueva Var.	Nuevo Esc.	V. real
X_1	1	-0.025	1	$X1'$	0.975	0.487
X_5	-1	-0.013	1	$X5'$	-1.013	-0.507
X_9	1	0.002	1	$X9'$	1.002	0.501
X_{19}	-1	-0.004	1	$X19'$	-1.004	-0.502

Las demás hierbas que no han tenido una influencia significativa sobre la evaluación sensorial se han mantenido constantes al valor intermedio. Los nuevos valores reales calculados para las variables X_5 (Guarmi Poleo) y X_{19} (Hoja canela), son negativos. Como el valor de (-1) en el diseño experimental correspondía a la ausencia de la especie (Tabla 1), por lo tanto constituía un vinculo natural del domino experimental. Se ha decidido realizar la optimización sin estas dos hierbas. Otra razón por lo cual se ha decidido no colocar estas hiervas, es que a diferencia de las demás que no influyen sobre la aceptación, estas dos por el signo de su coeficiente influyen negativamente sobre la aceptación.

Para la Oreja de burro el nuevo valor experimental para la optimización corresponde a un peso de 0.487 gr/Lt, mientras que para el Gañal corresponde a 0.501 gr/Lt. Con estos nuevos valores se realiza un nuevo experimento, el cual viene comparado con el mejor experimento del diseño de Plackett-Burman. Para este nuevo experimento se obtuvo una función utilidad de 0.726, que es igual al punto inicial, que es el mejor experimento de la exploración.

Con el fin de averiguar si se ha encontrado efectivamente un punto estacionario, se ha repetido el cálculo ampliando el paso de la máxima pendiente, colocando un valor de $k=5$.

Tabla 6 Máxima pendiente: Segunda optimización $K=5$

Var.	Escalado	Coef.	K	Nueva Var.	Nuevo Esc.	V. real
X_1	0.8744	-0.025	5	$X1'$	0.749	0.374
X_5	-1	-0.013	5	$X5'$	-1.065	-0.533
X_9	1.0115	0.002	5	$X9'$	1.023	0.511
X_{19}	-1	-0.004	5	$X19'$	-1.021	-0.511

Para la Oreja de burro corresponde un peso de 0.374 gr/Lt, y para el Gañal un peso de 0.511 gr/Lt. De la misma manera que el caso anterior no se han utilizado el Guarmi Poleo y la Hoja canela, porque el valor calculado es menor al vínculo natural. La función de utilidad para este experimento ha sido de 0.726, que corresponde al mismo valor de optimización con $k=1$ y al de exploración. Por esta razón se ha considerado que la mejor formulación del diseño experimental coincide con el óptimo.

Tabla 7 Composición final de la Tisana

Id	Hierba	Cantidad (%)
X ₁	Oreja de burro	0,0347
X ₂	Cola caballo	0,0500
X ₃	Toronjil	0,0500
X ₄	Malva	0,0500
X ₅	Guarmi Poleo	0,0000
X ₆	Hierba Luisa	0,0500
X ₇	Shullo	0,0500
X ₈	Borraja	0,0500
X ₉	Gañal	0,0511
X ₁₀	Esencia de rosas	0,0500
X ₁₁	Menta	0,0500
X ₁₂	Manzanilla	0,0500
X ₁₃	Mortiño	0,0500
X ₁₄	Sangoracha	0,0500
X ₁₅	Cedrón	0,0500
X ₁₆	Linaza	0,0500
X ₁₇	Pata con panga	0,0500
X ₁₈	Hinojo	0,0500
X ₁₉	Hoja canela	0,0000
X ₂₀	Alelí	0,0500
X ₂₁	Clavel	0,0500
X ₂₂	Flor de Cristo	0,0500

Se ha mantenido una cantidad constante de edulcorante (100gr/Lt) y ácido cítrico (0.37%). Para el panel utilizado, el mejor producto desde el punto de vista de aceptación sensorial se orienta hacia uno que contenga las siguientes características:

Tabla 8 Condiciones medias de aceptación sensorial de la Tisana

Atributo	Mediana	Calificación
Primera Impresión	4	Llamativo
Aroma Agradable	2	Medio
Aroma Fuerte	0	Ninguno
Aroma Frutas	0	Ninguno
Aroma Desagradable	0	Ninguno
Aroma Anormal	0	Ninguno
Gusto Dulce	1	Poco
Gusto Salado	0	Ninguno
Gusto Amargo	0	Ninguno
Gusto Ácido	1	Poco
Retrogusto Dulce	0	Ninguno
Retrogusto Salado	0	Ninguno
Retrogusto Amargo	0	Ninguno
Retrogusto Ácido	1	Poco
Producto Final	3	Bueno

A nivel de esta investigación no se ha realizado el estudio toxicológico de los componentes de las plantas. Cabe señalar que las tisanas con estas especies son de uso común en Ecuador, sin que se hayan reportado casos de intoxicación.

5 Conclusiones

El presente trabajo ha permitido desarrollar una tisana de buena aceptación mediante la utilización de técnicas de diseño experimental, primero en la parte de exploración de las variables, poniendo en evidencia que solo 3 componentes influyen significativamente sobre la aceptación.

La utilización contemporánea de métodos de decisión de criterio múltiple ha permitido manejar en forma flexible y simple las respuestas sensoriales de las respuestas de panel.

En cuanto a la optimización, se ha optado por utilizar la técnica más rápida, cual es el método de la máxima pendientes, obteniendo una función de utilidad constante después de la tercera iteración.

Referencias bibliográficas

- [1] Montedoro, G. 1985. *Definizioni ed analisi delle caratteristiche olfattive e gustative degli alimenti*. Chiriote Editori. Pinerolo Italia.
- [2] Todeschini, R. 1998. *Introduzione alla chemiometria*. Edites S.r.l., Napoli. Italia.
- [3] Lundstedt, T., Seifert, E., Abramo, L., Thelin, B., Nyström, Å., Pettersen, J. and Bergman, R. 1998. *Experimental design and optimization, Chemometr. Intel. Lab. Syst.* 42: 3-40.
- [4] Lewis, GA., Mathieu, D., and Phan-Tan-Luu, R. 1999. *Pharmaceutical experimental design*. Marcel Dekker, Inc., New York, U.S.A.
- [5] Sancho, J., Bota, E. y De Castro, JJ. 2002. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Alfaomega grupo editor, S.A. de C.V., México, D.F. México.
- [6] Pavan, M. 2003. *Total and partial ranking methods in chemical sciences*. Ph.D. thesis in chemical sciences, University of Milano-Bicocca, Milano, Italy.
- [7] Massart, DL., Vandeginste, BGM. and Buydens, LMC. 1997. *Handbook of chemometrics and qualimetrics: Part A*. Elsevier Science B.V., Amsterdam. The Netherlands.
- [8] Talete srl. 2007. DART-Decision analysis by ranking techniques (Version 2.0).

- [9] Draper, NR. and Smith, H. 1966. *Applied regression analysis*. John Wiley & Sons, Inc. New York. U.S.A.
- [10] Box, GE., Hunter, WG. and Hunter, JS. 1978. *Statistics for experimenters: An introduction to design, data analysis, and model building*. John Wiley & Sons, New York. U.S.A.
- [11] <http://www.infoerbe.org/>
- [12] Alonso ME., Usubillaga A., Ávila JL., Oliveros A., Avendaño M. 2006. *Effects of *Minthostachys mollis* essential oil and volatiles on seedlings of lettuce, tomato, cucumber and *Bidens pilosa**. *Allelopathy Journal*, Volume: 18, Issue: 2.

Dirección de los autores

Cristian Rojas
Escuela de Ingeniería de Alimentos
Universidad del Azuay, Cuenca - Ecuador
crojasvilla@uazuay.edu.ec

Piero Tripaldi
Escuela de Ingeniería de Alimentos
Universidad del Azuay, Cuenca - Ecuador
tripaldi@uazuay.edu.ec

Hugo Dután
Maestría en Gestión Tecnológica
Universidad de Cuenca, Cuenca - Ecuador
hugo_dutan@hotmail.com