

ANEXO A.1

Test de evaluación sensorial para elegir la muestra final

Nombre completo:set: L.T.A.

Fecha:.....Hora.....

Sírvase a degustar las muestras que se presentan en este panel evaluando los atributos sensoriales según un test en escala hedónica, indicados a continuación.

Su juicio sincero será útil en el desarrollo del trabajo de investigación elaboración de sidra natural de manzana

Rango de puntuación

- 9) Me gusta muchísimo
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta ligeramente
- 5) Ni me gusta ni me disgusta
- 4) Me desagrada ligeramente
- 3) Me desagrada moderadamente
- 2) Me desagrada mucho
- 1) Me desagrada muchísimo

Muestras	Color	Aroma	Limpidez (aspecto)
M1			
M2			
M3			
M4			

Observaciones:

.....

.....

.....

ANEXO A.2

Test de evaluación sensorial para determinar las propiedades organolépticas del producto terminado

Nombre completo:set: L.T.A.

Fecha:.....Hora.....

Sírvase a degustar las muestras que se presentan en este panel evaluando los atributos sensoriales según un test en escala hedónica, indicados a continuación.

Su juicio sincero será útil en el desarrollo del trabajo de investigación elaboración de sidra natural de manzana

Rango de puntuación

- 9) Me gusta muchísimo
- 8) Me gusta mucho
- 7) Me gusta moderadamente
- 6) Me gusta ligeramente
- 5) Ni me gusta ni me disgusta
- 4) Me desagrada ligeramente
- 3) Me desagrada moderadamente
- 2) Me desagrada mucho
- 1) Me desagrada muchísimo

Muestras	Color	Aroma	Limpidez (aspecto)
M2 (muestra final)			

Observaciones:

.....

.....

.....



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGIA"
CENTRO DE ANALISIS, INVESTIGACION Y DESARROLLO "CEANID"
Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos
Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
Laboratorio Oficial del "SENASAG"



INFORME DE ENSAYO

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Cliente:	Alexander Huarachi Carl				
Solicitante:	Alexander Huarachi Carl				
Dirección:	Calle 6 de agosto sin Barrio san Bernardo				
Teléfono/Fax:	65832078	Correo-e	***	Código	AL 110/18

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Descripción de la muestra:	Sidra natural de manzana				
Código de muestreo:	*****	Fecha de vencimiento:	***	Lote:	***
Código de la muestra:	404 FQ 271	Fecha de recepción de la muestra:	2018-05-23		
Cantidad recibida:	300 ml	Fecha de ejecución de ensayo:	De 2018-05-23 al 2018-06-04		

III. RESULTADOS

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LIMITES
				Min.	Max.	
Acidez total (Ac. málico)	Volumétrico	mg/l	163	NB 322004:04	Sin Referencia	
Grado alcohólico	Densímetro	%	6,5	NB:322003:07	Sin Referencia	
Anhidrido sulfuroso total	Volumétrico	mg/l	85	NB 322003:04	Sin Referencia	

- 1) Los resultados reportados se remiten a la muestra ensayada en el Laboratorio
- 2) El presente informe solo puede ser reproducido en forma parcial y/o total, con la autorización del CEANID
- 3) Los datos de la muestra y el muestreo, fueron suministrados por el cliente.

Tarija, 04 de junio de 2018

Original: Cliente
Copia: CEANID

Ing. Adalid Aceituno Cáceres
JEFE DEL CEANID



ANEXO C.1

Análisis de varianza y pruebas de Duncan

Según Ureña D Arrigo (1999) los pasos que deben seguirse son los siguientes:

1.- Planteamiento de la hipótesis

Hp: No hay diferencia entre los tratamientos (muestras).

Ha: Al menos una muestra es diferente de las demás.

Hp: No hay diferencia entre los jueces.

Ha: Al menos un juez emitió una opinión diferente.

2.- Nivel de significancia: 0,05 (5%)

3.- Prueba de significancia: Fisher y Duncan

4.- Suposiciones:

Los datos siguen una distribución Normal ($\sim N$).

Los datos son extraídos completamente al azar.

5.- Establecer los criterios de aceptación o rechazo para $\alpha=0,05$:

Se acepta la Hp si $F_{cal} \leq F_{tab}$, no se realiza la prueba de Duncan

Se acepta la Ha si $F_{cal} \geq F_{tab}$, se realiza la prueba de Duncan

6.- Construcción del cuadro ANVA:

Para realizar la construcción del cuadro ANVA, se tomaron en cuenta las siguientes expresiones matemáticas citadas a continuación:

Prueba de Fisher

Desarrollo de la prueba estadística

♣ Suma de cuadrados totales SC(T):

$$SC(T) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{(y_{..})^2}{n \times a} \quad C.1$$

♣ Suma de cuadrados del tratamiento SC(A):

$$SC(A) = \frac{\sum_{j=1}^a Y_j^2}{n} - \frac{(y_{...})^2}{n \times a} \quad C.2$$

♣ Suma de cuadrados de los jueces SC(B):

$$SC(B) = \frac{\sum_{i=1}^a Y_j^2}{a} - \frac{(y_{...})^2}{n \times a} \quad C.3$$

Donde:

a = número de tratamientos o muestras

n = número de jueces

♣ **Suma de cuadrados del error:**

$$SC(E) = SC(T) - SC(A) - SC(B) \quad C.4$$

7.- Determinación del análisis de varianza (ANVA)

Tabla C.1
Análisis de varianza

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Media de cuadrados (MC)	Fcal	Ftab
Total	SC(T)	$n * a - 1$			
Muestras (A)	SC(A)	$a - 1$	$CM(A) = \frac{SC(A)}{(a - 1)}$	$\frac{SM(A)}{CM(E)}$	$\frac{v_1}{v_2} = \frac{GL_{SC(A)}}{GL_{SC(E)}}$
Jueces (B)	SC(B)	$n - 1$	$CM(B) = \frac{SC(B)}{(a - 1)}$	$\frac{SM(B)}{CM(E)}$	$\frac{v_1}{v_2} = \frac{GL_{SC(B)}}{GL_{SC(E)}}$
Error	SC(E)	$(a - 1)(n - 1)$	$CM(E) = \frac{SC(E)}{(a - 1)(N - 1)}$		

Fuente: Ureña, 1999

DESARROLLO DE LA RUEBA DE DUNCAN

Desarrollo de la prueba estadística

Se establecen los siguientes criterios de aceptación o rechazo.

- Se acepta H_p si la diferencia de promedios entre tratamientos es \leq que el límite de significancia de Duncan ALS (D).
- Se acepta H_p si la diferencia de promedios entre tratamientos es \geq que el límite de significancia de Duncan ALS (D).

♣ **Ecuación para determinar el valor de la varianza muestra de (S/Y^2)**

$$\frac{S^2}{Y} = \sqrt{\frac{CM(E)}{n}} \quad C.5$$

Para encontrar las amplitudes estudiadas de Duncan AES (D) con un nivel de significación $\alpha = 0.05$, grados de libertad (GLE) y P, que es el número de promedios que están involucrados en la comparación de dos tratamientos después de los tratamientos después de los promedios de tratamientos han sido ordenados según su magnitud (Ureña. 1999).

♣ **Ecuación para calcular las amplitudes de ALS(D)**

$$ALS(D) = AES(D) * \frac{S^2}{Y} \quad C.6$$

♣ **Ordenar los promedios del tratamiento en forma progresiva**

Encontrando los valores de las amplitudes estudiantizadas de Duncan y los límites de significancia de Duncan: los grados de libertad del error y el nivel de significancia del 0.05 para cada número de promedios de ordenamiento que están probando

♣ **Determinación de la existencia de diferencias significativas.**

< No hay diferencia; > si hay diferencia

ANEXO C.2

La tabla C.2.1 muestra la evaluación sensorial final para determinar el atributo aroma en la elaboración de sidra natural de manzana.

Tabla C.2.1
Evaluación sensorial final para el atributo aroma

JUECES	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	TOTAL
1	6	7	5	7	25
2	7	8	6	6	27
3	7	6	7	6	26
4	8	7	6	7	28
5	6	8	7	8	29
6	5	7	6	8	26
7	6	8	7	6	27
8	6	8	7	8	29
9	7	7	6	7	27
10	5	6	8	8	27
11	7	8	7	6	28
12	6	6	8	6	26
13	8	8	6	6	28
14	7	7	7	7	28
15	7	6	6	8	27
$\sum Y$	98	107	99	104	408
\bar{x}	6,53	7,13	6,6	6,93	27,2
$\sum Y^2$	652	773	663	732	11116

Fuente: elaboración propia

En base a las ecuaciones expuestas anteriormente (C.1), (C.2), (C.3), (C.4), se efectuó los siguientes cálculos.

Suma de cuadrados totales SC (T):

$$SC(T) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{(y_{..})^2}{n * a} \quad C.1$$

$$SC(T) = 6^2 + 7^2 + 7^2 + \dots + 6^2 + 7^2 + 8^2 - \frac{(408)^2}{15 * 4} \Rightarrow SC(T) = 45.6$$

Suma de cuadrados del tratamiento SC(A):

$$SC(A) = \frac{\sum_{j=1}^a Y_j^2}{n} - \frac{(y_{...})^2}{n * a} \quad C.2$$

$$SC(A) = \frac{98^2 + 107^2 + 99^2 + 104^2}{15} - \frac{(408)^2}{15 * 4} \Rightarrow SC(A) = 3.60$$

Suma de cuadrados de los jueces SC (B):

$$SC(B) = \frac{\sum_{i=1}^a Y_j^2}{a} - \frac{(y_{...})^2}{n * a} \quad C.3$$

$$SC(B) = \frac{25^2 + 27^2 + 26^2 + \dots + 28^2 + 28^2 + 27^2}{4} - \frac{(408)^2}{15 * 4} \Rightarrow SC(B) = 4.60$$

Suma de cuadrados del error:

$$SC(E) = SC(T) - SC(A) - SC(B) \quad C.4$$

$$SC(E) = 45.60 - 3.60 - 4.60 \Rightarrow SC(E) = 37.4$$

En base a los datos de la suma de cuadrados, se procede a construir la tabla C.2.2

Tabla C.2.2
Análisis de varianza de la evaluación sensorial final del atributo aroma

Fuente de variación (CM)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F calculado (F cal)	F tabulado (F tab)
Total	45,6	59			
Muestras (A)	3,6	3	1,200	1,348	2,836
Jueces (B)	4,6	14	0,329	0,369	1,941
Error (E)	37,4	42	0,890		

Fuente: elaboración propia

En la tabla C.2.2 se puede observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($1.348 < 2.836$) para las muestras; por lo tanto se acepta la hipótesis H_p y se puede decir que no hay diferencia significativa entre las muestras.

ANEXO C.3

La tabla C.3.1 muestra la evaluación sensorial final para determinar el atributo aspecto (limpidez) en la elaboración de sidra natural de manzana.

Tabla C.3.1
Evaluación sensorial final para el atributo aspecto (limpidez)

JUECES	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	TOTAL
1	6	7	7	6	26
2	5	6	6	5	22
3	7	6	7	6	26
4	7	7	6	7	27
5	5	7	5	7	24
6	7	8	6	6	27
7	6	7	7	8	28
8	5	6	7	6	24
9	5	5	6	7	23
10	7	8	5	6	26
11	6	7	6	7	26
12	6	6	5	5	22
13	5	7	7	6	25
14	6	6	6	6	24
15	7	6	7	7	27
ΣY	90	99	93	95	377
\bar{x}	6	6,6	6,2	6,33	25,13
ΣY^2	550	663	585	622	9525

Fuente: elaboración propia

En base a las ecuaciones expuestas anteriormente (C.1), (C.2), (C.3), (C.4), se efectuó los siguientes cálculos.

Suma de cuadrados totales SC (T):

$$SC(T) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{(y_{..})^2}{n * a} \quad C.1$$

$$SC(T) = 6^2 + 5^2 + 7^2 + \dots + 6^2 + 6^2 + 7^2 - \frac{(377)^2}{15 * 4} \Rightarrow SC(T) = 51.18$$

Suma de cuadrados del tratamiento SC(A):

$$SC(A) = \frac{\sum_{j=1}^a Y_j^2}{n} - \frac{(y_{..})^2}{n * a} \quad C.2$$

$$SC(A) = \frac{90^2 + 99^2 + 93^2 + 95^2}{15} - \frac{(377)^2}{15 * 4} \Rightarrow SC(A) = 2.85$$

Suma de cuadrados de los jueces SC (B):

$$SC(B) = \frac{\sum_{i=1}^a Y_j^2}{a} - \frac{(y \dots)^2}{n * a} \quad C.3$$

$$SC(B) = \frac{26^2 + 22^2 + 26^2 + \dots + 25^2 + 24^2 + 27^2}{4} - \frac{(377)^2}{15 * 4} \Rightarrow SC(B) = 12.43$$

Suma de cuadrados del error:

$$SC(E) = SC(T) - SC(A) - SC(B) \quad C.4$$

$$SC(E) = 51.18 - 2.85 - 12.43 \Rightarrow SC(E) = 35.9$$

En base a los datos de la suma de cuadrados, se procede a construir la tabla C.3.2

Tabla C.3.2

Análisis de varianza de la evaluación sensorial final del atributo aspecto (limpiez)

Fuente de variación (CM)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F calculado (F cal)	F tabulado (F tab)
Total	51,18	59			
Muestras (A)	2,85	3	0,950	1,111	2,836
Jueces (B)	12,43	14	0,888	1,039	1,941
Error (E)	35,9	42	0,855		

Fuente: elaboración propia

En la tabla C.2.2 se puede observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($1.111 < 2.836$) para las muestras; por lo tanto se acepta la hipótesis H_p y se puede decir que no hay diferencia significativa entre las muestras.

ANEXO C.4

La tabla C.4.1 muestra la evaluación sensorial final para determinar el atributo color en la elaboración de sidra natural de manzana.

Tabla C.4.1
Evaluación sensorial final para el atributo color

JUECES	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	TOTAL
1	6	7	6	6	25
2	5	6	5	6	22
3	5	6	5	7	23
4	6	7	6	6	25
5	7	6	5	5	23
6	6	6	6	6	24
7	6	7	7	6	26
8	5	7	5	7	24
9	5	6	6	6	23
10	6	6	7	7	26
11	5	7	7	6	25
12	5	6	5	5	21
13	6	5	7	7	25
14	6	7	6	6	25
15	7	6	7	6	26
$\sum Y$	86	95	90	92	363
\bar{x}	5,73	6,33	6	6.13	24,2
$\sum Y^2$	500	607	550	570	8817

Fuente: elaboración propia

En base a las ecuaciones expuestas anteriormente (C.1), (C.2), (C.3), (C.4), se efectuó los siguientes cálculos.

Suma de cuadrados totales SC (T):

$$SC(T) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{(y_{..})^2}{n * a} \quad C.1$$

$$SC(T) = 6^2 + 5^2 + 5^2 + \dots + 7^2 + 6^2 + 6^2 - \frac{(363)^2}{15 * 4} \Rightarrow SC(T) = 30.85$$

Suma de cuadrados del tratamiento SC(A):

$$SC(A) = \frac{\sum_{j=1}^a Y_j^2}{n} - \frac{(y_{..})^2}{n * a} \quad C.2$$

$$SC(A) = \frac{86^2 + 95^2 + 90^2 + 92^2}{15} - \frac{(363)^2}{15 * 4} \Rightarrow SC(A) = 2.85$$

Suma de cuadrados de los jueces SC (B):

$$SC(B) = \frac{\sum_{i=1}^a Y_j^2}{a} - \frac{(y \dots)^2}{n * a} \quad C.3$$

$$SC(B) = \frac{25^2 + 22^2 + 23^2 + \dots + 25^2 + 25^2 + 26^2}{4} - \frac{(363)^2}{15 * 4} \Rightarrow SC(B) = 8.10$$

Suma de cuadrados del error:

$$SC(E) = SC(T) - SC(A) - SC(B) \quad C.4$$

$$SC(E) = 30.85 - 2.85 - 8.10 \Rightarrow SC(E) = 19.90$$

En base a los datos de la suma de cuadrados, se procede a construir la tabla C.2.2

Tabla C.4.2

Análisis de varianza de la evaluación sensorial final del atributo color

Fuente de variación (CM)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F calculado (F cal)	F tabulado (F tab)
Total	30,85	59			
Muestras (A)	2,85	3	0,950	2,005	2,836
Jueces (B)	8,1	14	0,579	1,221	1,941
Error (E)	19,9	42	0,474		

Fuente: elaboración propia

En la tabla C.4.2 se puede observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,005 < 2,836$) para las muestras; por lo tanto se acepta la hipótesis H_p y se puede decir que no hay diferencia significativa entre las muestras.

ANEXO C.5

La tabla C.5.1 muestra la evaluación sensorial final para determinar las propiedades organolépticas del producto terminado.

Tabla C.5.1
Evaluación sensorial final para determinar las propiedades organolépticas del producto terminado

JUECES	MUESTRAS			
	Aroma	Aspecto (Limpidez)	Color	Total
1	8	7	8	23
2	8	7	6	21
3	7	6	7	20
4	7	7	8	22
5	6	7	6	19
6	8	6	7	21
7	7	7	7	21
8	8	6	7	21
9	7	7	8	22
10	7	8	8	23
11	6	6	7	19
12	7	7	7	21
13	8	8	7	23
14	7	8	6	21
15	8	7	6	21
$\sum X$	109	104	105	318
\bar{x}	7,27	6,93	7,00	21,2
$\sum Y^2$	799	728	743	2270

Fuente: elaboración propia

En base a las ecuaciones expuestas anteriormente (C.1), (C.2), (C.3), (C.4), se efectuó los siguientes cálculos.

Suma de cuadrados totales SC (T):

$$SC(T) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{(y_{..})^2}{n * a} \quad C.1$$

$$SC(T) = 8^2 + 8^2 + 7^2 + \dots + 7^2 + 6^2 + 6^2 - \frac{(318)^2}{15 * 3} \Rightarrow SC(T) = 22.8$$

Suma de cuadrados del tratamiento SC(A):

$$SC(A) = \frac{\sum_{j=1}^a Y_j^2}{n} - \frac{(y_{..})^2}{n * a} \quad C.2$$

$$SC(A) = \frac{109^2 + 104^2 + 105^2}{15} - \frac{(318)^2}{15 * 3} \Rightarrow SC(A) = 0,93$$

Suma de cuadrados de los jueces SC (B):

$$SC(B) = \frac{\sum_{i=1}^a Y_j^2}{a} - \frac{(y \dots)^2}{n \times a} \quad C.3$$

$$SC(B) = \frac{23^2 + 21^2 + 20^2 + \dots + 23^2 + 21^2 + 21^2}{3} - \frac{(318)^2}{15 * 3} \Rightarrow SC(B) = 7,47$$

Suma de cuadrados del error:

$$SC(E) = SC(T) - SC(A) - SC(B) \quad C.4$$

$$SC(E) = 22,8 - 0,93 - 7,47 \Rightarrow SC(E) = 14,4$$

En base a los datos de la suma de cuadrados, se procede a construir la tabla C.5.2

Tabla C.5.2

Análisis de varianza de la evaluación sensorial final para determinar las propiedades organolépticas del producto terminado

Fuente de variación (CM)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F calculado (F cal)	F tabulado (F tab)
Total	22,8	44			
Muestras (A)	0,93	2	0,465	0,905	3,340
Jueces (B)	7,47	14	0,534	1,039	2,064
Error (E)	14,4	28	0,514		

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4.9 se puede observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,905 < 3,340$) para las muestras; por lo tanto se acepta la hipótesis H_p y se puede decir que no hay diferencia significativa entre las muestras.

ANEXO D.1

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR (DCA) UNIFACTORIAL

Un diseño completamente al azar (DCA), es el más simple de todos los diseños experimentales, también se llama diseño de clasificación simple de una vía (one way).según (fuentes y col, 1999). A este tipo de diseño están incluidos los principios de repetición y de aleatorización, o sea es utilizado cuando no hay necesidad del control local, debido a que el ambiente experimental es homogéneo o cuando la variación entre ellas es muy pequeña; tal es el caso de experimentos de laboratorio, invernadero, etc., y los tratamientos se asignan a las unidades experimentales bajo condiciones controladas mediante una aleatorización completa, sin ninguna restricción (Montgomery, 2004).

VENTAJAS DEL DISEÑO

- No impone ninguna restricción en la aleatorización, permitiendo flexibilidad completa entre el número de tratamientos y de repeticiones no importando que estos sean iguales.
- Es un diseño flexible en tanto que el número de tratamientos y de repeticiones solo está limitado por el número de unidades experimentales.

DESVENTAJAS

- No es apropiado el uso de este diseño, cuando existe heterogeneidad entre las unidades experimentales, por lo tanto, este diseño debe ser usado solamente en laboratorios e invernaderos, pero en ningún caso será usado en el campo experimental.
- Cuando el número de unidades experimentales es muy grande es difícil encontrar lugares grandes que presenten la homogeneidad requerida.

Un diseño completamente al azar desbalanceado, es cuando el tamaño de los tratamientos es desigual (Tabla D.1.1) es decir, los niveles del factor en estudio no poseen el mismo número de repeticiones, debido a la pérdida de los datos experimentales o a falta de material experimental.

Tabla D.1.1

Diseño completamente al azar cuando el número de tratamientos es desigual

repeticiones (factor A)		tratamientos (factor B)							Total (Y)
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	...	a_n	
		1	2	3	4	5	...	n	
r_1	1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}	...	Y_{1n}	Y_1
r_2	2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	Y_{25}	...	Y_{2n}	Y_2
r_3	3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}	Y_{35}	...	Y_{3n}	Y_3
r_4	4	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{44}	Y_{45}	...	Y_{4n}	Y_4
r_5	5	Y_{51}	Y_{52}	Y_{53}	Y_{54}	Y_{55}	...	Y_{5n}	Y_5
...
...
r_i	r	Y_{r1}	Y_{r2}	Y_{r3}	Y_{r4}	Y_{r5}	...	Y_{rn}	Y_r
Total(Y_j)		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	...	Y_n	Y

Fuente: Montgomery, 2004

Tomando en cuenta los datos experimentales de la tabla D.1.1, el análisis estadístico puede expresarse como:

La suma total de cuadrados: SS (T)

$$SS(T) = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{N} \quad \text{Ecuacion D.1}$$

Calculando la suma de cuadrados de las muestras SS (B):

$$SS(B) = \frac{\sum_{j=1}^n Y_j^2}{r_i} - \frac{Y^2}{N} \quad \text{Ecuacion D.2}$$

Donde:

r_i = numero de repeticiones del tratamiento i .

N = numero de tratamientos del experimento.

Pero N , se puede expresar:

$$N = \sum a_i r_i = a_1 r_1 + a_1 r_1 + a_2 r_2 + a_3 r_3 + a_4 r_4 \quad \text{Ecuacion D.3}$$

Del total de unidades experimentales involucrados en el experimento.

La suma de cuadrados del error: SS (E)

$$SS(E) = SS(T) - SS(B) \quad \text{Ecuacion D.4}$$

Para estimar los grados de libertad del error:

$$GL = \sum a_i (r_i - 1) = a_1(r_1 - 1) - a_2(r_2 - 1) - a_3(r_3 - 1) - a_4(r_4 - 1) \text{ Ecuacion D.5}$$

En la tabla D.1.2, se muestra la tabla de análisis de varianza (ANVA) para un diseño completamente al azar (DCA) en base a la aplicación de la prueba estadística de Fisher (F), cuando los tamaños de los tratamientos son desiguales.

Tabla D.1.2
Análisis de varianza

Fuente de variación (CM)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F calculado (F cal)	F tabulado (F tab)
Total	SS(T)	N-1			
Tratamientos	SS(B)	(n-1)	$CM(B) = \frac{SC(B)}{(n-1)}$	$\frac{SM(A)}{CM(E)}$	$\frac{v_1}{v_2} = \frac{GL_{SC(A)}}{GL_{SC(E)}}$
Error	SS(E)	$a_i(r_i - 1)$	$CM(E) = \frac{SC(E)}{a_i(r_i - 1)}$		

Fuente: Montgomery, 2004

ANEXO D.2

La tabla E.3 muestra el control de °Baumé por tiempo durante la fermentación alcohólica para el diseño experimental al azar en la elaboración de sidra natural de manzana.

Tabla D.2.1
Control de °Baumé por tiempo durante la fermentación alcohólica para el diseño completamente al azar (DCA)

Tiempo (días)	Muestras				Total (Yi)
	M1	M2	M3	M4	
0	6,4	7,8	6,4	7,8	28,4
1	5,9	7,3	5,8	7,1	26,1
2	5,4	7,1	5,7	6,6	24,8
3	5,1	6,7	5,4	6,2	23,4
4	4,8	6,4	5,2	5,6	22
5	4,4	5,9	4,8	5,2	20,3
6	3,9	5,4	4,5	4,8	18,6
7	2,5	3,3	2,7	3,4	11,9
8	0,8	1,6	0,6	1,4	4,4
9	0	0,2	0	0,3	0,5
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
Total (Yj)	39,2	51,7	41,1	48,4	180,4
ΣY ²	195,44	327,85	214,23	288,3	1025,82

Fuente: Elaboración propia

En base a las ecuaciones expuestas anteriormente (D.3), (D.1), (D.2), (D.4), (D.5), se efectuó los siguientes cálculos.

Calculando N en función a los datos experimentales

$$N = \sum a_i r_i = a_1 r_1 + a_1 r_1 + a_2 r_2 + a_3 r_3 + a_4 r_4 \quad \text{Ecuacion D.3}$$

$$N = 1(9) + 1(10) + 1(9) + 1(10) \quad \Rightarrow \quad N = 38$$

Calculando la suma de cuadrados totales SS (T):

$$SS(T) = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 = -\frac{Y^2}{N} \quad \text{Ecuacion D.1}$$

$$SS(T) = 6,4^2 + 5,9^2 + 5,4^2 \dots \dots 3,4^2 + 1,4^2 + 0,3^2 - \frac{(180,4)^2}{38}$$

$$SS(T) = 169,39$$

Calculando la suma de cuadrados de las muestras SS (B):

$$SS(B) = \frac{\sum_{j=1}^n Y_j^2}{r_i} - \frac{Y^2}{N} \quad \text{Ecuacion D.2}$$

$$SS(B) = \frac{39,2^2}{9} + \frac{51,7^2}{10} + \frac{41,1^2}{9} + \frac{48,4^2}{10} - \frac{(180,4)^2}{38}$$

$$SS(B) = 3,54$$

Calculando la suma de cuadrados del error SS (E):

$$SS(E) = SS(T) - SS(B) \quad \text{Ecuacion D.4}$$

$$SS(E) = 169,39 - 3,54$$

$$SS(E) = 165,85$$

Grados libertad del error

$$GL = \sum a_i (r_i - 1) = a_1(r_1 - 1) - a_2(r_2 - 1) - a_3(r_3 - 1) - a_4(r_4 - 1) \quad \text{Ecuacion D.5}$$

$$GL = 1(9 - 1) + 1(10 - 1) + 1(9 - 1) + 1(10 - 1) \Rightarrow GL = 34$$

Tabla D.2.2
Análisis de varianza (ANVA) en la fermentación alcohólica para el diseño completamente al azar (DCA)

Fuente de variación (CM)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F calculado (F cal)	F tabulado (F tab)
Total	169,39	37			
Muestras (B)	3,54	3	1,18	0,242	2,916
Error (E)	165,85	34	4,88		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla D.2.2 se puede observar que $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,242 < 2,916$) para las muestras; por lo tanto se acepta la hipótesis H_p y se puede decir que no hay diferencia significativa entre las muestras.

ANEXO E.1

En la tabla E.1 se muestra el control de fermentación alcohólica obtenidos de las mediciones diarias, en °Brix, °Baumé y temperatura que sirven para evaluar el buen seguimiento de la fermentación y para demostrar el principio de la reacción de fermentación.

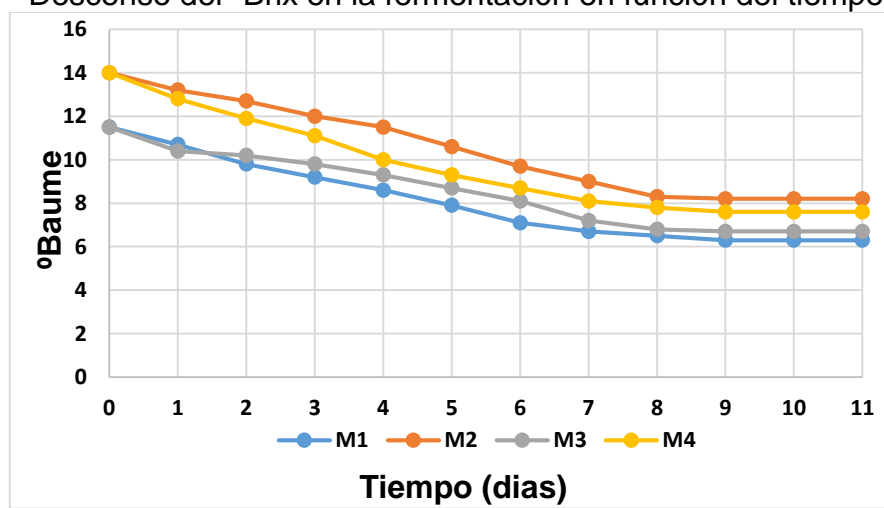
Tabla E.1
Datos experimentales del descenso del °Brix en la fermentación

Tiempo (días)	M1	Temp. (°C)	M2	Temp. (°C)	M3	Temp. (°C)	M4	Temp. (°C)
0	14	18	14	15	12	15	12	18
1	10,7	18	13,2	15	10,4	15	12,8	18
2	9,8	18	12,7	15	10,2	15	11,9	18
3	9,2	18	12	15	9,8	15	11,1	18
4	8,6	18	11,5	15	9,3	15	10	18
5	7,9	18	10,6	15	8,7	15	9,3	18
6	7,1	18	9,2	15	8,1	15	8,7	18
7	6,7	18	8,5	15	7,2	15	8,1	18
8	6,5	18	7,3	15	6,8	15	7,8	18
9	6,3	18	6,8	15	5,8	15	5,7	18
10	6,3	18	6,1	15	5,5	15	5,7	18
11	6,3	18	6,1	15	5,5	15	5,7	18

Fuente: elaboración propia

En la figura E.1 se puede observar como los °Brix (azúcar) van disminuyendo en el medio conforme va pasando el tiempo durante la fermentación alcohólica.

Figura E.1
Descenso del °Brix en la fermentación en función del tiempo



Fuente: elaboración propia

En la tabla E.2 se muestra el control de fermentación alcohólica en °Baumé; obtenidos de las mediciones diarias en el cual empezó con una concentración la M1 (6,4), M2 (7,8), M3 (6,4) y M4 (7.8) grados Baumé, terminando en cero grados en un periodo de tiempo de 11 días.

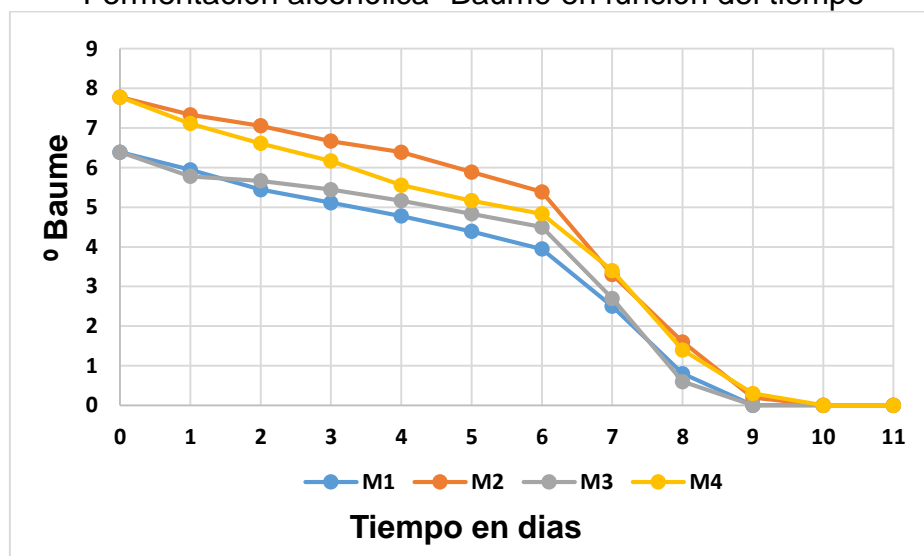
Tabla E.2
Datos experimentales del incremento del grado alcohólico

Tiempo (días)	M1	M2	M3	M4	Observaciones
0	6,4	7,8	6,4	7,8	Inicio de la fermentación
1	5,9	7,3	5,8	7,1	
2	5,4	7,1	5,7	6,6	
3	5,1	6,7	5,4	6,2	
4	4,8	6,4	5,2	5,6	
5	4,4	5,9	4,8	5,2	
6	3,9	5,4	4,5	4,8	
7	2,5	3,3	2,7	3,4	
8	0,8	1,6	0,6	1,4	
9	0,0	0,2	0,0	0,3	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	Realizar el 1º trasiego

Fuente: elaboración propia

En la figura E.2 se puede observar la gráfica de fermentación alcohólica de los grados Baumé en relación al tiempo según la tabla E.2,

Figura E.2
Fermentación alcohólica °Baumé en función del tiempo



Fuente: elaboración propia

EFFECTO DE LA VARIACIÓN DE ACIDEZ EN EL PROCESO FERMENTATIVO

En la tabla E.3 se muestra las mediciones de variación de pH, experimentalmente se controla diariamente del producto final la acidez total, tomando en cuenta que se tomó como día 1 la primera medición realizada transcurridas 24 horas desde la inoculación del mosto.

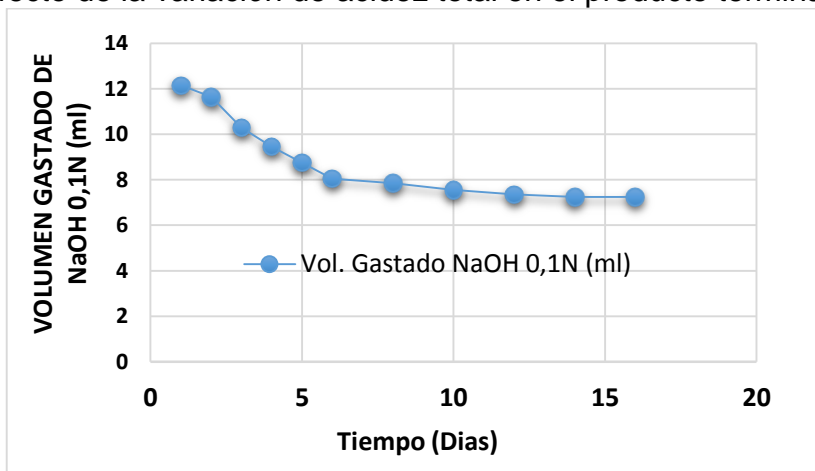
Tabla E.3
Mediciones de variación de la acidez total durante la fermentación alcohólica del producto terminado

Días	pH	Vol. Gastado NaOH 0,1N (ml)	Acidez Total mg Acido málico/l
1	4,20	12,15	269,76
2	4,18	11,65	258,65
3	4,12	10,3	228,69
4	4,03	9,45	209,81
5	3,95	8,75	194,27
6	3,83	8,05	178,73
8	3,77	7,85	174,29
10	3,65	7,55	167,63
12	3,60	7,35	163,32
14	3,55	7,25	160,96
16	3,55	7,25	160,96

Fuente: elaboración propia

En la figura E.3 se muestra el efecto de la variación de acidez total en el proceso fermentativo

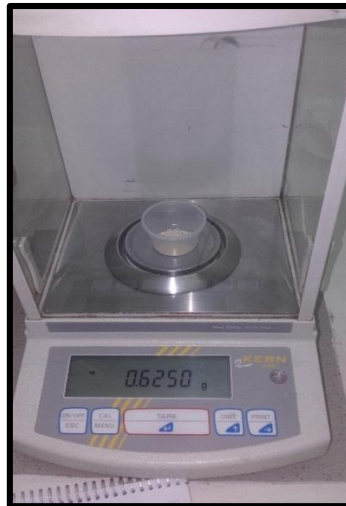
Figura E.3
Efecto de la variación de acidez total en el producto terminado



Fuente: elaboración propia

Pesado de materia primas

Pesado de insumos



Proceso de extracción



Medición de acidez total



Filtración



Dosificación de sacarosa



Embotellado

