

Universidad Técnica Particular de Loja
BIBLIOTECA GENERAL

Recibido el 91-09-16

Valor 9 200 =

Clasificación 1991 C314 IA.60



660
café descafeinado

663.93

663

198 x 861 V



UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA

Facultad de Ingeniería en Industrias Agropecuarias

**“ELABORACION DE CAFE
DESCAFEINADO”**

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTEN-
CION DEL TITULO DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

AUTORAS:

RUTH ESTHER CARRERA M.

TERESA NATIVIDAD FAJARDO C.

DIRECTOR:

ING. JAIME GERMAN GUAMAN

Loja - Ecuador

1.991



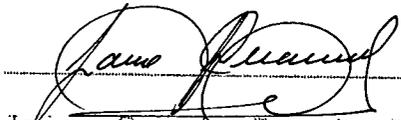
Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2017

Jaime Germán Guamán, Ing.
Profesor de la Facultad de
Ingeniería en Industrias
Agropecuarias,

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de Tesis
ha sido revisado en todas sus
partes, por lo que autoriza su
presentación.


Jaime Germán Guamán, Ing.

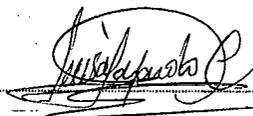
DIRECTOR DE TESIS

Loja, Julio de 1 991

Las ideas, conceptos y otros
criterios son de exclusiva
responsabilidad de las autoras.



Ruth E. Carrera M



Teresa N. Fajardo C

DEDICATORIA

"TRIUNFAR, ES ENCONTRAR PLENAMENTE SATISFECHOS NUESTROS
IDEALES"

Por tal razón dedico este trabajo con singular cariño:

A MIS PADRES: José Leoncio y Sara Herminia,

A MIS HERMANOS: Sonia, Roberto, Mauricio, Nelly, Sandrita
y Susanita,

cuya fé, amor, comprensión, ayuda y sobre todo paciencia
con mi impaciencia, que ha sido poco menos que DIVINA
durante todo el transcurso de mi vida, a quienes debo todo
lo que soy.

RuthEsther

A mis queridos padres José Guillermo y María Rosario, a mi
querido hermano José Fernando, por su amor y comprensión
que he recibido para culminar esta etapa de mi vida.

A mi familia en especial a mi abuelita y a mis tíos, por
el cariño y apoyo que me han brindado para alcanzar este
triunfo y ser mejor intelectual y espiritualmente en el
futuro.

Teresa Natividad.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar queremos dar gracias a DIOS, por habernos permitido culminar esta faceta de nuestras vidas.

También es nuestro deber dejar constancia de nuestra impercedera gratitud a los directivos de la Fábrica "SOLUBLES INSTANTANEOS C.A", de la ciudad de Guayaquil, al Personal del Laboratorio de Control de Calidad, de manera muy especial al Sr. Ing. Jorge Guamán, Jefe de Producción por la significativa ayuda Técnica y Económica recibida en apoyo a esta investigación.

De igual forma nuestra gratitud para el Sr. Ing. Vicente Bastidas S. Director del Departamento de Relaciones Industriales de nuestra Facultad, por su participación activa en la consecución de nuestros objetivos.

A los Srs. Ing. Jaime G. Guamán e Ing. Romel Ortega C. Miembros de la Facultad de Ingeniería en Industrias Agropecuarias de la UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA, por la dirección, asesoramiento y revisión técnica del trabajo.

A todos quienes tuvieron el interés y la buena voluntad de contribuir con la realización de la presente investigación.

INDICE

| | Páginas |
|--|---------|
| CERTIFICACION..... | i |
| AUTORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| INDICE..... | v |
| LISTA DE TABLAS..... | x |
| LISTA DE ANEXOS..... | xii |
| RESUMEN..... | xiv |
| | |
| Cap.1 INTRODUCCIÓN | |
| 1.1 Justificación e importancia de la investigación..... | 1 |
| 1.2 Objetivos..... | 2 |
| 1.3 Hipótesis..... | 3 |
| 1.4 Alcance de la investigación..... | 3 |
| 1.5 Metodología..... | 4 |
| | |
| Cap. 2 Marco Teórico | |
| 2.1 El Café..... | 6 |
| 2.1.1 Generalidades..... | 6 |
| 2.1.2 Especies cultivadas..... | 8 |
| 2.1.3 Volumen de Producción..... | 10 |
| 2.1.4 Destino de la producción..... | 11 |
| 2.2 Características del grano de café..... | 12 |
| 2.2.1 Propiedades Físicas..... | 12 |
| 2.2.2 Composición Química..... | 16 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.3 | Procesamiento Industrial del Grano..... | 21 |
| 2.3.1 | Tostado y Molido del Café..... | 21 |
| 2.3.2 | Liofilizado..... | |
| 2.3.3 | Descafeinado..... | |
| 2.4 | El café y sus efectos en el consumidor..... | 35 |
| 2.4.1 | Efectos fisiológicos de la cafeína..... | 36 |
| 2.5 | Usos de la Cafeína..... | 37 |
| | | |
| Cap 3. | PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE CAFÉ DESCAFEINADO | |
| 3.1 | Muestras a ensayar..... | 39 |
| 3.2 | Clasificación de las muestras..... | 39 |
| 3.2.1 | Muestra 1..... | 39 |
| 3.2.2 | Muestra 2..... | 39 |
| 3.2.3 | Muestra 3..... | 39 |
| 3.2.4 | Muestra 4..... | 39 |
| 3.3 | Análisis físico-químicos..... | 40 |
| 3.3.1 | Análisis físicos..... | 40 |
| 3.3.1.1 | Humedad..... | 41 |
| 3.3.1.2 | Granulometría..... | 41 |
| 3.3.1.2 | Clasificación del Grano | 42 |
| 3.3.1.3 | Densidad..... | 42 |
| 3.3.2 | Análisis Químico..... | 43 |
| 3.3.2.1 | Cafeína..... | 43 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.4 | Extracción de la cafeína..... | 46 |
| 3.4.1 | Con Diclorometano..... | 47 |
| 3.4.1.1 | Hidratación..... | 47 |
| 3.4.1.2 | Extracción..... | 47 |
| 3.4.2 | Con agua..... | 48 |
| 3.4.2.1 | Hidratación..... | 48 |
| 3.4.2.2 | Extracción..... | 48 |
| 3.4.3 | Aislamiento de la cafeína... | 49 |
| 3.4.4 | Eliminación del solvente residual..... | 49 |
| 3.5 | Secado del grano..... | 50 |
| 3.6 | Tostación del café..... | 51 |
| 3.6.1 | Tostado muy fuerte..... | 52 |
| 3.6.2 | Tostado fuerte..... | 53 |
| 3.6.3 | Tostado suave..... | 53 |
| 3.7 | Molturación del café..... | 54 |
| 3.8 | Liofilización..... | 55 |
| 3.8.1 | Extracción de los sólidos soluble..... | 55 |
| 3.8.2 | Concentración..... | 56 |
| 3.8.3 | Congelamiento y granulado del café..... | 56 |
| 3.8.4 | Liofilizado..... | 57 |
| 3.9 | Envasado..... | 57 |
| 3.10 | Diagrama de flujo | 58 |
| 3.11 | Balance de Materiales..... | 59 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.11.1 | Balance de materiales para la extracción de la cafeína con diclorometano..... | 60 |
| 3.11.1.1 | Café Molido..... | 60 |
| 3.11.1.2 | Café Liofilizado..... | 61 |
| 3.11.2 | Balance de materiales para la extracción de la cafeína con agua..... | 62 |
| 3.11.2.1 | Café Molido..... | 62 |
| 3.11.2.2 | Café Liofilizado..... | 63 |
| 3.12 | Análisis Bromatológicos de los productos terminados..... | 64 |
| 3.12.1 | Análisis Organoléptico..... | 64 |
| 3.12.2 | Análisis Físicos..... | 64 |
| 3.12.3 | Análisis Químicos..... | 64 |
| Cap. 4 | Resultados y Discusión..... | 66 |
| 4.1 | Resultados de los análisis físico-químicos..... | 66 |
| 4.2 | Resultados y Análisis Estadístico del contenido de Cafeína..... | 69 |
| 4.3 | Evaluación Organoléptica..... | 81 |
| 4.3.1 | Aroma..... | 81 |
| 4.3.2 | Sabor..... | 85 |
| 4.3.3 | Color..... | 88 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.4 | Comprobación estadística de las hipótesis de la investigación..... | 91 |
| 4.4.1 | Primera Hipótesis..... | 91 |
| 4.4.2 | Segunda Hipótesis..... | 92 |
| 4.4.3 | Tercera Hipótesis..... | 96 |
| 4.4.4 | Cuarta Hipótesis..... | 99 |
| Cap. 5 | Costos de producción..... | 103 |
| 5.1 | Para el Café Molido Descafeinado..... | 104 |
| 5.1.1 | Costos directos..... | 104 |
| 5.1.2 | Costos Indirectos..... | 104 |
| 5.1.3 | Costo por Unidad de Producto..... | 104 |
| 5.2 | Para el Café Liofilizado Descafeinado..... | 105 |
| 5.2.1 | Costos directos..... | 105 |
| 5.2.2 | Costos Indirectos..... | 105 |
| 5.2.3 | Costo por Unidad de Producto..... | 105 |
| Cap 6. | Conclusiones y Recomendaciones..... | 106 |
| | BIBLIOGRAFIA..... | 112 |
| | ANEXOS..... | 115 |
| | APENDICE..... | 143 |

LISTA DE TABLAS

| | Páginas |
|---|---------|
| TABLA 1. Condiciones Cromatográficas para el análisis de cafeína | 44 |
| TABLA 2. Análisis Físico-químicos de las muestras..... | 62 |
| TABLA 3. Resultados originales..... | 70 |
| TABLA 4. Valores transformados..... | 72 |
| ANÁLISIS ESTADÍSTICO | |
| SOLVENTE EXTRACTANTE DICLOROMETANO | |
| TABLA 4.1 Café arabica..... | 74 |
| TABLA 4.1.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 74 |
| TABLA 4.1.2 Prueba de Significación (D.M.S)..... | 74 |
| TABLA 4.2 Café robusta..... | 75 |
| TABLA 4.2.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 75 |
| TABLA 4.2.2 Prueba de Significación (D.M.S)..... | 75 |
| TABLA 4.3 Mezcla de café..... | 76 |
| TABLA 4.3.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 76 |
| TABLA 4.3.2 Prueba de Significación (D.M.S)..... | 76 |
| SOLVENTE EXTRACTANTE AGUA | |
| TABLA 4.4 Café arabica..... | 77 |
| TABLA 4.4.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 77 |
| TABLA 4.4.2 Prueba de Significación (D.M.S)..... | 77 |
| TABLA 4.5 Café robusta..... | 78 |
| TABLA 4.5.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 78 |
| TABLA 4.5.2 Prueba de Significación (D.M.S)..... | 78 |

| | |
|--|----|
| TABLA 4.6 Mezcla de café..... | 79 |
| TABLA 4.6.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 79 |
| TABLA 4.6.2 Prueba de Significación (D.M.S)..... | 79 |
| TABLA 5. Evaluación organoléptica del aroma..... | 83 |
| TABLA 5.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 84 |
| TABLA 5.2 Prueba de Significación - Teste de DUNCAN..... | 84 |
| TABLA 6. Evaluación organoléptica del sabor..... | 86 |
| TABLA 6.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 87 |
| TABLA 6.2 Prueba de Significación - Teste de DUNCAN..... | 87 |
| TABLA 7. Evaluación organoléptica del color..... | 89 |
| TABLA 7.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 90 |
| TABLA 7.2 Prueba de Significación - Teste de DUNCAN..... | 90 |
| TABLA 8. Evaluación organoléptica del café Descafeinado y entero..... | 94 |
| TABLA 8.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 95 |
| TABLA 8.2 Prueba de Significación - Teste de DUNCAN..... | 95 |
| TABLA 9. Contenido de cafeína en las muestras 1 y 4 después del proceso de descafeinacion..... | 97 |
| TABLA 10. Datos transformados..... | 98 |
| TABLA 10.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 90 |
| TABLA 10.2 Prueba de Significación t-Student.... | 90 |

| | |
|--|-----|
| TABLA 11. Datos originales del rendimiento..... | 100 |
| TABLA 11.1 Datos transformados para el café | |
| molido..... | 100 |
| TABLA 11.1.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 101 |
| TABLA 11.1.2 Prueba de Significación t-Student.. | 101 |
| TABLA 11.2 Datos transformados para el café | |
| liofilizado..... | 101 |
| TABLA 11.2.1 Análisis de varianza (ADEVA)..... | 102 |
| TABLA 11.2.2 Prueba de Significación t-Student.. | 102 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| ANEXO 1. Tabla para determinar la humedad..... | 115 |
| ANEXO 2. Cromatogramas..... | 116 |
| ANEXO 2.1 Estandar..... | 116 |
| ANEXO 2.2 Café Arábica (Materia Prima)..... | 117 |
| ANEXO 2.3 Café Robusta (Materia Prima)..... | 118 |
| ANEXO 2.4 Mezcla de Café (Materia Prima)..... | 119 |
| ANEXO 2.5 Estandar..... | 120 |
| ANEXO 2.6 Café Arábica-Diclorometano..... | 121 |
| ANEXO 2.7 Café Robusta-Diclorometano..... | 122 |
| ANEXO 2.8 Mezcla de Café-Diclorometano..... | 123 |
| ANEXO 2.9 Café Arábica-Agua..... | 124 |
| ANEXO 2.10 Café Robusta-Agua..... | 125 |
| ANEXO 2.11 Mezcla de Café-Agua..... | 126 |
| ANEXO 2.12 Muestra 1..... | 127 |
| ANEXO 2.13 Muestra 4..... | 128 |
| ANEXO 3. Gráficas del contenido de cafeína-tiempo de hidratación..... | 129 |
| ANEXO 3.1 Café Arábica-Diclorometano..... | 129 |
| ANEXO 3.2 Café Robusta-Diclorometano..... | 130 |
| ANEXO 3.3 Mezcla de Café-Diclorometano..... | 131 |
| ANEXO 3.4 Café Arábica-Agua..... | 132 |
| ANEXO 3.5 Café Robusta-Agua..... | 133 |
| ANEXO 3.6 Mezcla de Café-Agua..... | 134 |
| ANEXO 4. Test de Evaluación Organoléptica..... | 135 |

| | |
|---|-----|
| ANEXO 5. Evaluación Organoléptica..... | 136 |
| ANEXO 5.1 Aroma..... | 136 |
| ANEXO 5.2 Sabor..... | 137 |
| ANEXO 6 Test de Evaluación del Color..... | 138 |
| ANEXO 7 Evaluación Organoléptica del Color..... | 139 |
| ANEXO 8 Evaluación Organoléptica Café Descafeinado-Café sin descafeinar.. | 140 |
| ANEXO 9 Comparación de Muestras de diferente calidad sometidas a descafeinación..... | 141 |
| ANEXO 10 Gráfica de Rendimientos..... | 142 |

RESUMEN

Una de las bebidas más populares que ha incidido notablemente en las costumbres alimentarias de nuestro pueblo ha sido el café, y, desde que empezó su consumo se ha criticado siempre su acción fisiológica, esto se debe a la presencia de un alcaloide denominado "Cafeína". La afición de numerosos individuos al café, pero sensibles a la cafeína condujo al desarrollo del café descafeinado.

Nuestro trabajo pretende aprovechar los recursos existentes en nuestro país, elaborando café descafeinado utilizando el método analítico experimental.

Para ello se han escogido tres muestras: *Coffea arabica* y *Coffea canephora* - variedad robusta y una mezcla del 50% de *Coffea arabica* y 50% *Coffea robusta*, por ser éstas las de mayor producción en el país.

La extracción de la cafeína se realizó utilizando los solventes diclorometano y agua, se eligió el Diclorometano por ser uno de los solventes permitidos en la industria alimentaria, por su disponibilidad en el mercado, su costo relativamente bajo y sobretodo por ser el menos nocivo para la salud.

El equipo utilizado, por sus adaptaciones adecuadas, permitieron mantener constante parámetros de suma importancia como la ~~temperatura~~ y la presión, según la necesidad del tratamiento.

Para la comprobación de la PRIMERA HIPÓTESIS, cada muestra fue sometida a tiempos de hidratación según el solvente a utilizar; así, para el diclorometano estos tiempos son de 10, 20, 30 horas y para el agua son de 18, 24, y 30 horas. La extracción de la cafeína se probó con 2 y 3 horas para cada tiempo de hidratación, para cada solvente, duplicando el proceso, resultando 24 tratamientos por muestra.

La determinación de la cafeína en las muestras después del proceso de descafeinación se la realizó mediante cromatografía líquida de alta resolución (H.P.L.C).

Estos resultados analizados estadísticamente y en forma separada para el diclorometano y agua por el método simple al azar, proporcionan como resultado el tratamiento de menor contenido de cafeína para cada muestra y solvente, éstos tratamientos servirán de base para la evaluación organoléptica.

La catación se la realizó aplicando un "test" a 30 personas conocedoras del buen café, quienes de acuerdo a su criterio valoraron cuantitativamente el aroma y sabor, en una escala de 1 a 5. De éstas encuestas concluimos que el café arabica extraído con agua y que recibe el tratamiento de 18h00 de hidratación y 2 h00 de extracción es de mayor aceptación a los encuestados.

Posteriormente a ésta muestra seleccionada se la sometió a tres grados de tostación con el fin de evaluar en cual de ellos se desarrolla en mejor forma sus características de aroma y sabor. El grado de tostación del café se mide utilizando la refracción de la luz a través de un instrumento llamado "PHOTOVOLT" que proporciona un valor numérico de acuerdo al color de la muestra. Los grados de tostado realizados fueron:

- Muy fuerte color 17 - 19
- Fuerte color 28 - 30
- Suave color 40 - 42

De éstas pruebas aplicando una nueva evaluación organoléptica determinamos que la muestra que recibe el tostado fuerte es la más aceptada.

Para la comprobación de SEGUNDA HIPÓTESIS de éste trabajo investigativo, procedemos a comprar ésta muestra seleccionada con otra de la misma variedad y mejor calidad sometida al mismo proceso de descafeinación y tostado, determinándose que el proceso de descafeinación es inversamente proporcional a la calidad del café, es decir que a mayor calidad de la muestra menor es el descafeinado obtenido.

Comprobando la TERCERA HIPÓTESIS, determinamos que el café descafeinado posee características diferentes de aroma y sabor al compararse con un café entero de igual grado de tostación, por haber perdido "cuerpo" siendo por consiguiente más suave.

Para la comprobación de la CUARTA HIPOTESIS en donde comparamos el rendimiento del producto final obtenido con los dos solventes extractante, determinamos que utilizando el diclorometano como solvente extractante de la cafeína tanto para el café molido como para el liofilizado el rendimiento es menor que el obtenido al extraer la cafeína con el agua, teniendo 51,42% para el café molido; 0,42% para el liofilizado y 73,4% para el café molido; 0,44% para el liofilizado respectivamente.

En lo que respecta a los costos de los productos, determinamos que los elaborados utilizando el diclorometano son más altos que los elaborados con el agua. Además el costo del café molido es más bajo que el costo del café liofilizado.

El realizar una investigación es una faceta de la basta labor en el quehacer educativo, el desarrollo científico y tecnológico están transformando la estructura económica - social y es hora, por ser instrumento indispensable del progreso, de darle el impulso necesario. El fomento de la investigación, la enseñanza, la difusión de la ciencia, la tecnología, la formación y el perfeccionamiento del personal científico, la transformación y adaptación de tecnologías generadas en otras regiones, son premisas fundamentales en la realización de este tipo de trabajos, lo que representan una contribución directa a la enseñanza de la ciencia para impulsar la difusión del saber científico.

Nuestro deseo, es que la realización de este trabajo sea un aporte aunque pequeño pero significativo al adelanto de la investigación y sirva como un incentivo a las generaciones venideras, para lograr mejores triunfos.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA:

El café es un cultivo perenne, forma parte de los tres principales productos de exportación del País.

Nuestra provincia tiene una considerable producción de café y de buena calidad, las condiciones favorables como clima y suelo constituyen los factores que permiten incentivar la producción e industria del café, que no se ha desarrollado de la manera más adecuada por el descuido de los pertinentes organismos estatales, así como por la falta de organización del gremio de caficultores por lo que se ha destinado aproximadamente un 82% de la producción nacional a las exportaciones, quedando la diferencia para consumo interno, desechos o pérdidas.

En el país se procesa este producto para consumo interno, elaborándose principalmente café soluble y molido.

El aprovechamiento del café descafeinado tendría gran preferencia por numerosos individuos aficionados al café, que preocupados por la acción fisiológica que produce, se privan de consumir dicha bebida.

En este sentido, es importante adaptar una tecnología en nuestro medio, para este tipo de productos, los cuales servirán como bienes de consumo interno. El proceso de descafeinado cumple con un doble objetivo, la extracción del alcaloide y la obtención de Café Descafeinado.

La importancia del tema radica en el hecho de que se va a aportar conocimientos eminentemente prácticos y útiles con respecto al rendimiento, calidad y cantidad de los productos obtenidos, así como en la rentabilidad económica para la emisión de criterios valederos con respecto a la utilización de esos productos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Incentivar el desarrollo de la industria del café descafeinado, aprovechando los recursos existentes.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Elaborar café descafeinado molido /
- Elaborar café descafeinado soluble /
- Determinar el rendimiento y calidad de los productos elaborados. /

1.3 HIPÓTESIS:

1. "El contenido de cafeína residual de las muestras en estudio, sometidas a diferentes tratamientos y solventes extractantes es similar".
2. "El descafeinar el café no influye en la calidad del producto final"
3. "La calidad del grano influye en el procesamiento de descafeinación"
4. "El solvente extractante de la cafeína no influye en el rendimiento final de los productos elaborados".

1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACION

En vista de que esta investigación es financiada por la fábrica "SOLUBLES INSTANTANEOS C.A" de Guayaquil, nos proponemos además determinar la factibilidad de adaptar tecnología, para elaborar el café descafeinado y obtener un producto de características similares a las de un café entero.

1.5 METODOLOGIA

Una investigación tiene validez cuando las variables en estudio son sometidas de tal manera que permitan la comprobación de las hipótesis.

METODO:

Para la ejecución del presente trabajo se utilizó el método analítico-experimental.

TECNICAS:

Una vez realizado el análisis bromatológicos de las muestras de café, se realizaron diversos tratamientos de descafeinación, mediante una extracción sólido-líquido, utilizando diclorometano y agua. Cada muestra es sometida a tiempos de hidratación, según el solvente a utilizar, así: para el diclorometano 10, 20, 30 h00 y para el agua: 18, 24 y 30 h00; la extracción de la cafeína se probó con dos y tres horas.

En la torrefacción de las muestras se utilizó la técnica del flameado.

Para la evaluación organoléptica se recurrió a la aplicación de un "test".

DISEÑO EXPERIMENTAL

Para poder determinar si los tratamientos a los que se someten las muestras son estadísticamente diferentes, se aplicó un diseño simple al azar, en el cual los tratamientos se ordenaron así:

| TRATAMIENTOS | Tiempo de hidratación (horas) | | Tiempo de Extracción (horas) |
|--------------|-------------------------------|------|------------------------------|
| | Diclorometano | Agua | |
| A | 10 | 18 | 2 |
| B | 10 | 18 | 3 |
| C | 20 | 24 | 2 |
| D | 20 | 24 | 3 |
| E | 30 | 30 | 2 |
| F | 30 | 30 | 3 |

Para la comprobación de las hipótesis, se utilizó igualmente el diseño simple al azar, mientras que para las evaluaciones organolépticas se empleó un diseño de bloques al azar, en el cual las muestras tratadas son los tratamientos y los bloques son los catadores.

CAPITULO 2

* MARCO TEORICO

2.1 EL CAFE

2.1.1 GENERALIDADES

El café forma parte de la gran familia de las Rubiáceas de la que constituye el género COFFEA, investigaciones realizadas han descubierto la existencia de más de 70 especies, siendo las principales: Coffea arabica L y Coffea canephora F; algunas especies menos comunes son: Coffea excelsa y Coffea liberica. El Coffea robusta, muy extendido se considera en general como una variedad o una forma del Coffea canephora.

Cada especie comprende en si misma variedades, formas y tipos que hacen variar las características específicas de los granos, a estos criterios botánicos, se añaden otras menos evidentes ligadas al medio como: pluviometría, ubicación geográfica, clima y otros debidos a la tecnología de preparación de los cafés verdes: secado, descorticado, limpieza y almacenamiento se traducen en diferencias tales como: grosor, forma, color de las semillas e incluso en su estructura.

Desde el punto de vista comercial, la apariencia es extraordinariamente importante debido a que clasifica de algún modo el lote.

Ciertamente, siendo el destino del café la preparación de una bebida, podría creerse que es inútil conceder demasiada importancia al aspecto de las semillas, pero la buena presentación está justificada. La calificación del producto deriva no solamente de su identidad botánica, si no también y en gran parte, del cuidado con que el productor ha efectuado la tria (eliminación de los granos de color anormal, principalmente los granos negros que dan mal gusto a la bebida, de las impurezas y de los trozos de granos que se torrefactan mal), el calibrado (homogeneidad de los lotes, factor de una buena torrefacción) y, en resumen la preparación y el acondicionamiento.

La degustación es obligatoria para apreciar las reales cualidades organolépticas del brebaje.⁴

⁴.Coste Rene. El café. págs.11,185

2.1.2 ESPECIES CULTIVADAS

El cultivo del café en nuestro país fue introducido por primera vez en el año 1784, obteniéndose dicho material de propagación de las indias occidentales. Los cultivos que se consideran comerciábiles son los de los del género *Coffea*, que incluye las variedades: arábica, canephora con su variedad robusta y liberica. La variedad típica y caturra de la especie arábica son generalmente las más cultivadas en la provincia de Loja.

COFFEA ARABICA.- Es un arbusto de hoja perenne, de 9-10 m de altura, ramas opuestas, largas y flexibles muy delgadas. Flores blancas de perfume ajazminado, agrupadas en las axilas de las parejas de hojas. La cereza es ovoidea subglobulosa, roja cuando está madura, de 10-15 mm de diámetro, constituido con una piel coloreada, un mesocarpio carnoso y blanco amarillento (pulpa) y de semillas unidas por las caras planas; por naturaleza muy fértil. Entre las numerosas variedades podemos citar las siguientes: típica; amarella, de frutos amarillentos; maragogype, arbusto de gran desarrollo; bourbon, de buena calidad y vegetación; laurina; mokka; caturra, originada por una mutación en el bourbon y de una actividad mayor que la típica, es apta para soportar variaciones de temperatura, precisa un ambiente húmedo.

COFFEA CANEPHORA.— Corresponde a zonas de clima cálido húmedo, su área natural de dispersión es muy amplia. El arbusto alcanza una altura de 8-12 m; con ramas largas y hojas grandes. Tiene un crecimiento vigoroso y es de mayor productividad que el Arabica, es una especie robusta y menos sensible a las enfermedades; el contenido de cafeína es superior que en la arábica; es auto estéril. Las variedades más importantes son las siguientes: robusta, constituye el 90% de las plantaciones del canephora; kouillou y niaouli.

Otras especies cultivadas son: liberica; abeokutae; dewevrei, cuya variedad excelsa se adapta a las zonas de clima tropical, con estación seca-intensa y prolongada.

Las dos grandes especies: arabica y canephora producen por lo menos el 98% de las cosechas mundiales.⁴

⁴. Coste René. El café. págs.12-19

2.1.3 VOLUMEN DE PRODUCCIÓN

Uno de los productos agrícolas más importantes, tomando en cuenta la superficie cultivada y la producción, es el café ⁴. En nuestro país se cultiva tanto café de altura que es más apreciación en el mercado, como el café robusta en las zonas bajas y húmedas de la costa ⁵. La superficie cultivada de café es 499 078 Ha y una producción anual de 342.080 para 1 988 y 387 926 para 1 989 de acuerdo a la información recolectada de los Anuarios de Producción del Banco Central del Ecuador.

La provincia de Manabí aporta con el 30 % a la producción nacional, siendo el ~~sector~~ más productivo tanto en cantidad como en calidad, le siguen en importancia las provincias de Los Ríos, Napo, Pichincha y Guayas, en éstas cinco provincias se produce el 75% de café en el país, y el 25% está repartido en las demás Provincias ⁶.

⁴. Guerrero C. T. Comercialización de los productos agrícolas en la provincia de Loja. pág.5-7

⁵. CENDES. Café Liofilizado. pág.3

⁶. MAG. Informe de 1989. pág.1-15

En cuanto a la provincia de Loja, por la participación ancestral de los campesinos en determinadas áreas, se ha logrado gradualmente una "especialización natural de la producción", detectándose que los cantones en donde se hallan emplazados los cafetales son en orden de importancia: Puyango con cerca del 43% de la producción y dentro de éste las parroquias de Alamor, El limo, Vicentino, Ciano; Paltas con el 21%, la mayoría de las cuales se encuentran en las parroquias de Olmedo, Orianga y Santa Rufina; Celica con el 12%, Saraguro con el 6% y el resto en los cantones de Macará, Espíndola y Loja ⁶.

2.1.4 DESTINO DE LA PRODUCCIÓN

Con respecto al destino de la producción, las cifras oficiales de comercialización señalan que, las ventas al exterior "en grano lavado" asciende a 74 200 TM para 1988 y de 96 000 TM para el año de 1989. El saldo 267 880 TM para 1 988 y 291 926 para 1 989, fue destinada a procesamiento tanto para exportar café molido como el soluble que se destina tanto a exportación como a consumo interno. ²

⁶. Guerrero C. T. Comercialización de los productos Agrícolas en la Provincia de Loja. pág.5-7

². Banco Central del Ecuador. Boletín - Anuario # 12, pág. 145-147

2.2 CARACTERISTICAS DEL GRANO DE CAFE

2.2.1 PROPIEDADES FISICAS

La calidad del grano de café está estrechamente asociada con sus propiedades, pero el café es un producto natural cuyas propiedades son variables. Entre las físicas tenemos:

1. **DENSIDAD** .- La fruta recién cortada tiene una densidad aparente de 0,8 g/cc. Los granos secos sin pergamino (12% de humedad) tienen una densidad aparente de 0,64 g/cc, dependiendo de la calidad y la edad. El grano de café tostado tiene una densidad aparente de cerca de 0,32 g/cc, mientras que el café molido puede variar de 0,28 a 0,38 g/cc siendo más densas las moliendas finas vibradas. El café Robusta y los que se cultivan a gran altura son más densos.

2. **COLOR**.- En el café verde el color depende de su edad, calidad e imperfecciones. El color de los cafés tostado y secado por aspersion es un dato común para su control. El color en el tostado está en función de la mezcla, edad, humedad, del aceite en la superficie del grano que da baja lectura refractométrica; el tamaño de partícula influye grandemente ya que los finos pueden dar

colores claros y los gruesos colores oscuros, la aglomeración de finos dan colores claros. Un menor obscurecimiento en el tostado puede ser causado por el incremento del contenido de ácidos grasos.

Cafés instantáneos, provenientes de tostado obscuro puede ser muy claro porque las partículas son finas, cuando procede de tostado claro el café instantáneo puede ser obscuro con apariencia brillante y dan color claro.

Cuando las comparaciones son realizadas a simple vista se prefiere la luz solar a la eléctrica.

La superficie externa del grano no es un buen índice del grado de tostado pudiendo ser oscura en el exterior pero muy claro en el interior y viceversa. Los cafés oscuros son de mayor preferencia por parte del consumidor.

3. DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULAS (GRANULOMETRIA).-

Es esencial este análisis para los granos verdes, tostados y molidos, los aglomerados y los secados por aspersion, así como el café secado por congelación para controlar la producción. Cada productor tiene su estandar

para la clasificación por tamizado así por ejemplo los granos de café verde, retenidos en las mallas:

| | |
|-------------------------|----------------------------|
| Número 20 | es un grano "Super" grande |
| Número 19 | "Extra" grande |
| Número 18 | muy grueso |
| Número 17 | grueso |
| Número 16 | bueno |
| Número 15 | mediano |
| Número 14 y en adelante | son pequeños. |

Las dimensiones del grano en término medio son: largo de 7 - 11 mm; ancho de 6 - 7 mm, el peso del grano oscila de 0,1 a 0,2 g cada uno.

El café tostado causa cerca del 16% de pérdidas en el peso e incrementa de 50 a 80 % su volumen.

En el café instantáneo, se utilizan tamices finos de malla 40 y 80. Los polvos secados en spray tienen de 10 a 35% en la malla 40 y sobre un 10% en la malla 80. La abertura de la malla 40 corresponde a 350 μ y la malla 80 a 180 μ .

4. HUMEDAD .- En el café verde el contenido de humedad inicial está cerca de 70% y luego del secado esta entre 10 a 13%, dependiendo de las

especificaciones de cada país, condiciones y tiempo de almacenamiento. En el café tostado la humedad está entre 4,5 a 6% . En el café instantáneo cuando el producto está terminado debe ser inferior al 3%. El café tostado se hidrata en un tiempo comprendido de días a semanas, en tanto que los cafés solubles lo hacen en horas a días.

5. pH .- Cuando la concentración de la bebida es de 1 a 1,5% de sólidos solubles y procede de arabica tiene un pH cercano a 5.1, para los Robusta presentan 5,25 hasta 5,75.

Un extracto de café con 35% de sólidos solubles puede tener un pH de 4.85 a 5.2. Las bebidas de café instantáneo tienen un pH comprendido entre un intervalo de 4.75 a 5.

El pH en un extracto es mayor que el pH del café instantáneo; dependiendo de la mezcla y el tostado.

La acidez inferior a 4.75 puede provocar que se corte la leche y la crema.¹²

¹². Sivets M y Desrosier N. Coffee Technology, págs 260-290.

2.2.2 COMPOSICION QUIMICA.

Entre los principales constituyentes del café tenemos:

AGUA.- Generalmente el café verde comercial posee entre un 10 a 13% de humedad; por encima de este porcentaje, la conservación del café se ve comprometida; especialmente en medio húmedo no tarda en enmohecer y decolorarse.

Cuando el secado es solar, difícilmente puede obtenerse un producto más seco, mientras que los que utilizan medios de calentamiento exponen al café al riesgo que se inicie la torrefacción cuando el contenido del agua desciende del 10%.

Algunos cafés húmedos modifican su capacidad de dar productos aromáticos y sabrosos tras la torrefacción, debido a reacciones químicas, las cuales se pueden evitar cuando el contenido de agua de los granos es inferior al 10%. El porcentaje de agua, ejerce influencia sobre la torrefacción que es tanto más rápida cuanto más secos están los granos. En el transcurso de dicha operación un café natural pierde más agua de la que contiene, este fenómeno aparentemente paradójico, por la liberación de

moléculas de agua cuyos átomos de hidrógeno y oxígeno son extraídos de moléculas orgánicas transformadas y se le da el nombre de "agua química", que se añade al agua biológica que contiene el grano verde.

MATERIAS MINERALES.- El contenido de cenizas de los cafés es por término medio del 3 al 4 % del café verde; contiene principalmente potasio, sodio, calcio, magnesio, fósforo, azufre, entre otros. Igualmente se ha comprobado la presencia de oligoelementos como: hierro, aluminio, cobre, yodo, flúor, boro, magnesio entre otros.

PROTIDOS.- Los cafés verdes contienen del 1 al 3 % de Nitrógeno total, formando parte de diversas combinaciones, las principales de las cuales son los prótidos y alcaloides. Algunos aminoácidos azufrados (cistina, metionina) contenidos en los prótidos del café, juegan un papel importante en la formación del aroma del café torrefactado.

ALCALOIDES Y OTRAS SUSTANCIAS NITROGENADAS NO PROTEICAS.- Los principales alcaloides del café son la cafeína y la trigonelina; en menor cantidad los acompañan otras bases nitrogenadas como la betaína y colina.

Los *Coffea arabica* son los menos ricos en cafeína con una media de 0.8 al 1.5%, mientras que los *canephora* (robusta, kanillou) el contenido varía por término medio entre 1.6 y 2.2 % .

En el café verde, la cafeína está combinada en forma de una sal doble, el ~~Clerogenato~~ de Cafeína y de Potasio. La Cafeína es la homóloga superior de la Teobromina, se presenta en forma de cristales blancos, finos y sedosos; se funde a 234-237 oC, y claramente a los 180 oC, lo que explica en parte la pérdida de sustancias que se observa en el curso de la torrefacción.

La cafeína existe también en los demás componentes del fruto (Pulpa 9%), así como en las diferentes partes del cafeto. Análisis del *Coffea arabica*, han demostrado un contenido que varía según la estación entre: 0.5 y 0.9 %, en las hojas desecadas; en las flores 0.9% y en el tronco 0.08%.

La trigonelina es la metilbetaína del ácido nicotínico. Los cafés verdes la contienen entre: 0.4 y 1.2 % y su descomposición durante la torrefacción está relacionada con la aparición del ácido nicotínico (vitamina P o niacina).

LIPIDOS .- El café contiene sustancias grasas y su presencia es capaz de incidir en la conservación de sus características organolépticas.

Estas grasas ricas en sustancias insaponificables que no se eliminan con el procedimiento de refinado corriente, tiene las siguientes características:

| | |
|------------------------------|-------|
| Indice de yodo, | 97,6 |
| Indice de Saponificación | 180,6 |
| Acidez libre en ácido oleico | 0,27% |
| Insaponificable | 5,84% |
| Indice de peróxido | 5,2 |

GLÚCIDOS .- Los glúcidos ^c representan más de la mitad de la materia seca de los granos de café verde. Sin embargo no parecen desempeñar un papel fundamental en las cualidades de la bebida, pero le proporciona sobre todo color y sabor acaramelado ya que es característica de otros productos torrefactados: grano de cebada, raíz de achicoria, entre otros.

El café verde contiene pequeñas cantidades de azúcares reductores libres y de sacarosa (de 5 a 8%). Entre los polisacáridos insolubles se señalan la presencia de celulosa, lignina, y otros.

ACIDOS Y TANINOS.- Los granos de café contiene diversos ácidos orgánicos, especialmente ácidos fenólicos que presentan características de taninos. Se distinguen los taninos "catéchiques", en el pericarpio de los frutos, los taninos gálicos cuya presencia es muy discutida, y los taninos clorogénicos especialmente presentados en los granos bajo la forma de ácido clorogénico (4 - 8%), en estado de clorogenato doble de cafeína y de potasio. Este compuesto se destruye en gran parte en el curso de la torrefacción liberando el alcaloide.

Existen en el café otros ácidos orgánicos como el caféico, oxálico, málico, cítrico, tartárico y acético, cuya detección y medida son factibles gracias a los métodos cromatográficos.

PRINCIPIOS VOLATILES Y CONSTITUYENTES DEL AROMA .-

Los principios volátiles contenidos en el café verde están representados por el agua y una pequeña cantidad de aceites esenciales, cuya presencia se descubre por el olor, especialmente si se muele el grano, el aroma del café se forma durante la torrefacción, a partir de sustancias poco conocidas y designadas con el nombre de precursores del aroma.

La cromatografía en fase gaseosa ha detectado hasta el momento de 250 a 300 sustancias diferentes entre las que contribuyen al aroma del café, pero ninguna de ellas caracteriza por sí sola en el aroma. ⁴

2.3 PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DEL GRANO

2.3.1 TOSTADO Y MOLIDO DEL CAFÉ

TOSTADO

Las cualidades aromáticas del café no se presentan ni se desarrollan, sino es bajo la acción de altas temperaturas a las que es sometido en el curso de la torrefacción, llamada también "quemado" o "tostado". A parte de las modificaciones que se producen en su aspecto exterior (color, volumen) y su contextura durante esta operación, el producto es objeto de profundas transformaciones químicas, algunas de las cuales originan el aroma y sabor especiales y característicos del café.

La torrefacción de los cafés va precedida de diversas operaciones de limpieza y desempolvado, que tiene por objeto eliminar sustancias extrañas mezcladas

⁴. Coste R. El Café. pág. 196-199.

con los granos, a continuación se almacenan en silos, en espera de su torrefacción.

La acción de la temperatura que va elevándose progresivamente, da lugar a las siguientes modificaciones. Hacia los 100°C el color verde de los granos comienza a variar a amarillo; la desecación se traduce por desprendimiento de agua y olor a pan tostado; por encima de los 120 a 130 °C el grano adquiere un tinte castaño que se acentúa poco a poco hacia variantes pardas más o menos oscuras. En esta fase (150 °C), el café comienza a desprender un olor que recuerda al de los granos tostados, sin que pueda percibirse todavía su aroma característico, el mismo que comienza a producirse alrededor de los 180 °C. A esta temperatura los gases de combustión aparecen en forma de volutas blanco-azuladas y se desprenden CO_2 y CO . Se observa también que el color de los granos pasa de castaño oscuro (pardo) a marrón, aumentando simultáneamente el volumen de los mismos. A temperatura más elevada, el desprendimiento de gas es más abundante y de color más oscuro; el aroma alcanza ahora su plenitud. Los granos aumentan todavía más de volumen, crepitan y en su superficie aparece un exudado brillante más o menos abundante. Hacia los 270 °C el desprendimiento de humo se acentúa, los granos se ennegrecen y se tornan mates; su volumen ya no aumenta.

Hacia los 300 °C, son negros, carbonosos, desmenuzables a la más ligera presión; el aroma ha desaparecido por completo; en este estado excesivo de torrefacción el café está carbonizado, perdiendo completamente sus características organolépticas.

Los especialistas sitúan la zona de torrefacción entre 185 y 240 °C, siendo la temperatura óptima comprendida entre 210 y 230 °C. Por encima de los valores citados, se inicia la sobretorrefacción (quemado).

La temperatura de torrefacción y los cuidados con que ésta se efectúa tienen una considerable influencia sobre las cualidades del café.

La duración de la torrefacción es habitualmente de 12 a 15 minutos.

El color de las semillas varía mucho con la torrefacción, siendo función sobretodo de la intensidad y la duración de esta operación.

El gusto de los consumidores tiene en este caso mayor importancia y, la torrefacción clara, mediana u oscura, son otros criterios que determinan el aroma y sabor específicos.

Las propiedades físico-químicas del grano quedan profundamente modificadas por la torrefacción, adquiriendo una estructura porosa lo que lo hace desmenuzable, bajo presión.

En lo que concierne a la naturaleza del aroma, se estima que la complejidad de la mezcla de principios aromáticos es tal, que no se puede discernir de cual de ellos es el olor dominante.

MOLIDO

En lo que se refiere al molido, el grado de finura de la molturación del café es uno de los puntos clave. Si la moltura es demasiado grosera, el agua se filtra con excesiva rapidez y el brebaje, poco cargado de principios aromáticos, tiene un sabor poco agradable. Por el contrario, si el polvo es demasiado fino, por una parte el agua arrastra partículas que se depositan en el fondo de la taza, y por otra parte la filtración es demasiado lenta y se efectúa con el agua ya enfriada, en cuyo caso el café es fangoso y acre.

Entre estos dos extremos, se sitúa la gama de grados de finura de molturación que convienen más según el tipo de requerimientos de preparación, siendo: moltura

mediana, molienda fina, molienda especial, molienda ultrafina.

Un porcentaje de extracción tras la filtración, de 18 a 22% del peso de la molienda es el óptimo para el perfume y aroma del brebaje. Por debajo del 18% el café tiene gusto a verde; por encima tiende a hacerse amargo.¹

2.3.2 LIOFILIZADO

El principio de la fabricación de café liofilizado es relativamente sencillo: se prepara con agua caliente un extracto de café, a continuación se extrae la mayor cantidad de agua del concentrado antes de liofilizarlo, luego es sometido a un proceso de secamiento en congelación que comprende la transferencia de calor al sólido congelado por conducción a través de una pared sólida de retención, sin embargo si la temperatura de la pared sube a más del punto de congelación del sólido se efectúa la fusión.

¹. Coste René. El Café. págs 201-207

En síntesis se distingue en el proceso de fabricación seis operaciones principales: selección de los cafés verdes, torrefacción, molturación y tamizado, extracción, evaporación y, acondicionamiento.

Los dos primeros no presentan ninguna diferencia con los habituales de preparación de los cafés torrefactados. En la molienda se debe conceder gran atención al grado de la misma, dependiendo del tipo de extractor utilizado y de la relación polvo-agua que se considere económica.

La extracción se realiza a presión en una batería de percoladores ya sea en forma discontinua o continua a contracorriente, es decir comenzando el tratamiento por los orujos más exprimidos.

Estos dos procedimientos permiten obtener por término medio, una solución de material soluble que representa el 25 o 30 % del peso de la moltura.

La deshidratación del concentrado de café puede realizarse por secado en vacío o por sublimación (liofilización), y éste último se prefiere por las altas cualidades aromáticas del café que se obtiene.

El uso del café soluble, está llamado a imponerse en todo el mundo; la sencillez y prontitud con que se prepara una taza de café, cuya calidad mejora a medida que lo hacen los procesos técnicos, siendo la mayor garantía de su éxito.

2.3.3 DESCAFEINADO

Consiste en eliminar casi la totalidad de alcaloides, procurando no alterar en la medida de lo posible los componentes aromáticos.

El café torrefacto descafeinado debe contener menos de 0,1% de peso de cafeína anhidra en relación al producto seco.

Cualquiera que sea el procedimiento de extracción, la descafeinación del café verde requiere tres operaciones secuenciales:

1. Liberación de la cafeína de sus combinaciones.
2. Extracción del alcaloide,
3. Preparación del café torrefacto.

La preparación del café descafeinado a dado lugar a que en todo el mundo se haya registrado gran número de patentes, cuya lista continúa alargándose.

Mucho tiempo se ha reprochado a éstos cafés el haber perdido gran parte de su aroma durante la preparación. Esta opinión es mucho menos válida, por que ahora es posible conseguir éstos cafés con cualidades muy aproximadas a las de los cafés completos. Estos progresos de fabricación los apreciarán sobre todo aquellos que por razones de salud se ven obligados a suspender o suprimir el uso del café.²

HISTORIA DE LA DESCAFEINACIÓN .-

El primer proceso de descafeinización del café fue desarrollado en Alemania en 1908. La organización KOFFEE H.A.G. en Brenan fue la primera firma y la más prominente en el desarrollo y procesamiento de este producto, la idea básica fue utilizada durante varias décadas y consistía en que los granos verdes de café eran sometidos a un proceso de vaporización durante algunas horas hasta conseguir un 21 % de Humedad, luego del

². COSTE Rene. El Café. págs 200-215

humedecimiento eran tratados con amoníaco o ácidos para ser extraídos con tricloruro de etileno, cloroformo o benceno, luego el grano era tratado con vapor para remover el solvente y finalmente era secado.

La remoción del solvente es extremadamente importante para evitar que algún residuo sea transmitido al consumidor.

La descafeinización del café R&G fue vendido exclusivamente en esa forma hasta después de la Segunda Guerra Mundial, después de esto los cafés solubles descafeinados se hicieron famosos tanto en Estados Unidos como en Europa.

Punnett registró más de 100 patentes de descafeinación desde 1908 - 1950. Lee en 1960 escribió algunos desarrollos de los últimos 50 años. Históricamente Koffee H.A.G. fue el líder en el mundo en el campo de la descafeinización hasta la Segunda Guerra Mundial.

En 1932, General Foods adquirió la propiedad completa con todo su mobiliario en nombre de la fábrica Sanka de Bruclin-Nueva York, esta era una planta de diseño alemán para el tostado de café descafeinado.

En 1946 Sanka fue la primera en vender el café soluble. El café tostado, descafeinado llamado Koffee H.A.G., fue vendido antes de 1946, el proceso utilizado fue un contacto directo con el solvente clorinado y los granos de café verdes previamente mojados y prevaporizados. La firma Breen de Koffee H.A.G. todavía es una fábrica importante en el mundo de comercio de los cafés solubles tostados y descafeinados. Hoy en los Estados Unidos y Europa más o menos el 10% de los cafés solubles vendidos son descafeinados por lo tanto para los Estados Unidos existe un mercado anual de 400 millones de dólares en cafés solubles más o menos de 40 a 50 millones de dólares en cafés tostados y descafeinados soluble, que lo vende la compañía de café Sanka. Para el año de 1955 Nest Café, introdujo su Decafy Chase y Samber. Para 1960 Tenco produjo su café instantáneo descafeinado.¹²

PATENTES

Entre las patentes registradas para descafeinar el café tenemos:

1942 - 1943 . Patente americana 2,309,092 de Berry y Walters de la General Foods utiliza un sistema de bandejas, un extracto de agua y granos verdes de café.

¹². Sivetz Coffee Technology pag 207-208.

1 946, Enero 26. Patente de General Foods utiliza un sistema de percoladores, la extracción se realiza con la alimentación de agua a 93 °C, removiendo el 98 % de cafeína.

1 957. Patente de Barch's, el proceso varía con el tipo y tamaño de grano, granos humedecidos, la descafeinación se realiza mediante una fase de agua.

Aunque no se ha indicado que los cafés solubles haya sido comercialmente preparados de la descafeinación del extracto del café tostado, pero ha sido patentado por Whitaker y Metzger en 1915, Ornfelt en 1949, Durrenmatt a comienzos de 1942, Nutting en 1957 y Adler-Earle en 1960; las patentes de Adler-Earle y Nutting son similares excepto que Nutting destila el aroma a través del vapor del café antes de la extracción con el agua mientras que Adler-Earle lo hace desde el extracto.¹²

1 968. Enero 2 Patente Americana 3,361,571 y 3,361,572 de L.Nutting y G.S.-Chong, asignados a la firma Hills Brothers. El extracto procedente del café tostado y molido, es concentrado, seguidamente se procede a la remoción de la cafeína en un extractor, utilizando

¹² Sivetz. Coffee Technology pág. 214.

solvente en relación de 7.7 : 1. Recupera el aroma y seca mediante pulverización.

1 972. Junio 20. Patente Americana 3,671,26 de J.M.Patel y A.B. Wolfson, asignada a The Procter & Gamble Company, realiza el proceso de extracción semicontinuo y contracorriente en el grano verde, utilizando solvente orgánico y una serie de columnas de extracción.

1 972. Junio 20. Patente Americana 3,671,262 de A. B. Wolfson y J.M.Patel y B. Lawrence; asignada a The Procter & Gamble Company, es un proceso básico para la extracción de la cafeína con Cloruro de Metileno. Los granos descafeinados son secados al vacío, enfriados y luego utilizados para preparar café soluble.

1 972. Junio 13, Patente Americana 3,669,679 de H.P. Panzer, R.S.Yare y M.R. Forbes, asignado a General Foods Corporation, extraen la cafeína de los granos de café verde con hidrocarburos fluorinados, específicamente difluoromonoclorometano - Freón 22.

Los mismos autores un año después el 30 de Octubre de 1 973, registraron la patente 3.769,033 que era un perfeccionamiento en la utilización de freón 22.

1 972. Agosto 8, Patente Americana 3,682,648 de W. A. Mitchell y R. Klose, asignado a la General Foods Corporation. Descafeinan los granos verdes de café con Triacetato de Glicerina.

1 973. Junio 19, Patente Americana 3,740,230 de J.P.Mahlmann, asignado a General Foods Corporation, el sabor y el aroma son removidos del café verde antes de la extracción con agua y adicionados luego al final del ciclo de la extracción.

1 974. Octubre 22, Patente Americana 3,843,824 de W. Roselius, O.Vitzhum y P. Hubert, asignada a HAG, AG, Alemania, encontraron que la cafeína puede ser extraída del café tostado con CO2 líquido.

Una extracción dividida con patente Americana 3,840,684 del 8 de Octubre de 1 974, asignada a General Foods Corporation por T.L.Fazzina, G.V.Jones y R.F.Scelia, separadamente descafeinaban café de alta calidad con solvente y un café de baja calidad, con agua (ambos granos verdes seleccionados). Los cafés son separadamente tostados y molidos finamente y mezclados.

1 963. Junio 4. Patente Americana 3,092,498 de W.V. White, M.Hamell y E. Danielczik, asignada a General

Food Corporation, tiene por objeto recuperar la fracción del sabor de la bebida de café en una forma sustancialmente libre de cafeína y aceite no aromático, el café es tratado con un solvente extractante del sabor. El solvente podría ser butano, exáno, pentano o mezclas con el 50% de dicloro metileno y 50% de éter de petróleo.

El tiempo total del proceso y el tiempo de extracción de la cafeína se puede reducir al usar altas temperaturas de extracción y rangos elevados de prehumedecimiento de los granos, esto es dado por J.M. Patel, A.B. Wolfon y B. Lawrence; Patente Americana 3,700,464; 24 de Octubre de 1972 asignado a The Procter & Gamble Company. En otra patente de los autores y asignados a la misma empresa reducen el tiempo de secado de los granos de café descafeinado al utilizar un proceso de secado al vacío con temperaturas entre 100 a 150 ° C.

Un método de cambio de iones fue usado por H.H. Tursken y T.P. Daly. Patente Americana 3,108,876; del 29 de Octubre de 1963 asignado a Duncan Coffee Company para remover la cafeína de los extractos concentrados del café.

Extractos de café son fermentados con el microorganismo *Penicillium Crustosum* (llamado PC) para

metabolizar la cafeína, este proceso es desarrollado por R.H. Kurtzman, Jr. y S. Schwimmer; Patente Americana 3,749,584; del 31 de Julio de 1973, asignado a la Secretaría de Agricultura de los E.U.A., puede ser usada para descafeinar el café con bases comerciales.⁹

2.4 EL CAFE Y SUS EFECTOS EN EL CONSUMIDOR

El café provoca gran variedad de reacciones en el organismo, el máximo de consumidores se encuentra entre 30 y 50 años de edad y las personas mayores sacan ventaja de su estimulación. El organismo desarrolla una tolerancia a la cafeína y al café pudiendo causar adicción, ya que inicialmente no tiene sabor agradable, sino que más bien el gusto se adquiere de manera que los bebedores habituales necesitan mayor cantidad para lograr tener un efecto; a unas personas no les afecta tener que tomar dos o tres tazas al día, sin embargo en otras causa trastornos fisiológicos, especialmente en el sistema nervioso, muscular y respiratorio.¹²

⁹. Pintauro N.D. Coffee Solubilization. Págs.212-229.

¹². Sivets M y Desrosier N, Coffee Technology, pág. 597

2.4.1 EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CAFEÍNA.

La bebida del café es una fuente muy potente de cafeína, un estimulante, además de los productos aromáticos y otras sustancias químicas del tostado. Una taza de café tiene 150 mg de cafeína como promedio, que es más o menos la cantidad suficiente para lograr un efecto estimulante. Una taza de café robusta o café arábica fuerte o cargada puede llegar a tener 250 mg de cafeína. La cafeína se ha estudiado muy ampliamente respecto de su influencia sobre el hombre, en esta dosis provoca estimulación del sistema nervioso central, aumenta la respiración y la circulación sanguínea.

Una dosis letal de cafeína para el hombre resulta 100g (50 - 100 tazas de café), dependiendo de la edad, peso, tolerancia. Sobre un gramo de cafeína (5 a 10 tazas de café dependiendo de la cantidad y volumen de café utilizado), puede causar excesiva influencia en el sistema nervioso central y respiratorio caracterizado por agitación, excitación, insomnio y posibilidad de delirio, irritabilidad, disturbios sensoriales tales como zumbido en los oídos o destellos de luz, las manos pueden temblar o los músculos estar tensos, la respiración es acelerada y ejerce acción diurética sobre el nivel de algunos gramos de cafeína produce convulsiones, y comportamiento

epiléptico, dolor de cabeza, palpitaciones, mareos y nauseas. Frente a una elevada dosis de cafeína puede ocurrir la falta de respiración.¹²

2.5 USOS DE LA CAFEINA

La cafeína en combinación con sustancias como aspirina o acetamina, calma el dolor mejor que el analgésico solo, unida a otras drogas puede ayudar a muchas células cancerosas. Es utilizado como tonificante y neutraliza el sabor desagradable de ciertos medicamentos. Hace que aumente el flujo sanguíneo en personas con desórdenes circulatorios, despeja y activa las funciones cerebrales.

Entre otros usos que se le da a la cafeína tenemos: como estimulante: cardíaco, respiratorio y mental; por sus propiedades curativas se la utiliza para tratamiento de enfermedades corporales de entorpecimiento de los sentidos o disposición a la apoplejía, paludismo o temperatura intermitente, asma nerviosos, tosferina, tifoidea, fiebres catarrales, somnolencia, jaquecas o cefalagias, venenos, sustancias opiadas o narcóticos, discipador de los vapores del licor. Además tiene la

¹². Sivetz. Coffee Technology. pág. 598.

propiedad de sostener y producir por tiempo determinado el efecto de la alimentación, deteniendo el movimiento de la descomposición.

El uso excesivo puede incrementar la tolerancia y podría causar adicción.¹¹

¹¹. ROCHAR Alonso. Diccionario del café. pág.280

CAPITULO 3

PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA OBTENCIÓN DE CAFÉ DESCAFEINADO

3.1 MUESTRAS A ENSAYAR

En la presente investigación se utiliza como materia prima el café verde en grano.

3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras se clasifican tomando en consideración las variedades cultivadas en nuestro medio, la mayor producción y por sus características organolépticas.

Entre las variedades seleccionadas tenemos: el Coffea Arabica y el Coffea Robusta, cuyas características de aroma y sabor son las que hacen que sean aceptables por el consumidor.

- 3.2.1 MUESTRA 1: Coffea arabica (Café arabica)
- 3.2.2 MUESTRA 2: Coffea robusta (Café robusta)
- 3.2.3 MUESTRA 3: 50 % de Coffea arabica + 50%
de Coffea robusta (Mezcla)
- 3.2.4 MUESTRA 4: Coffea arabica¹

1. Esta muestra se elige luego del análisis estadístico de las tres muestras anteriores.

Con la finalidad de utilizar una sola terminología en lo posterior emplearemos el nombre entre paréntesis.

3.3 ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS

Una vez que el café llega a la fábrica, se toma una muestra representativa para su análisis físico de acuerdo a los procedimientos de muestreo en el laboratorio de Control de Calidad de la Fábrica y es aquí donde se acepta o se rechaza el producto; cuando éste es aceptado, se efectúa la recepción y es enviado a los silos de almacenamiento hasta su posterior procesamiento.

3.3.1 ANÁLISIS FÍSICOS

Entre los análisis físicos que se realizan en las muestras de café son: humedad, granulometría, clasificación del grano, densidad.

Estos análisis se realizan en el laboratorio de Control de Calidad de la Fábrica "Solubles Instantáneos C.A" de Guayaquil.

3.3.1.1 HUMEDAD

Se determina la humedad en el grano con la finalidad de conocer si el contenido se encuentra en el rango de 10 - 12% establecido comercialmente.

La humedad se mide en una balanza dieléctrica, provista de una escala y se efectúa de la siguiente manera:

1. Se calibra el equipo, ubicando la aguja en la posición cero (0).
2. Se pesa 141,875 gr de muestra.
3. Se coloca la muestra en la parte superior de la balanza.
4. Se sitúa la tecla en la posición DN, se mueve la aguja, mediante un botón hasta encerrar nuevamente.
5. Se registra la lectura, en la escala exterior.
6. Con el valor que da la escala se busca en la tabla del Anexo 1, el equivalente al porcentaje de humedad.

3.3.1.2 GRANULOMETRÍA

Con el objeto de seleccionar el mejor grano, se procede a efectuar esta prueba, utilizando un juego de tamices con las mallas #: 18, 17.5, 16, 15, 14,

12 y la base. Se coloca una muestra representativa sobre la malla # 18, se agita fuertemente, luego de cada tamiz son separadas las cerezas, ~~la cascarilla~~, las piedras y los palos (pedazos de ramas y tallos); a continuación se pesa el retenido de cada malla, así como las impurezas aisladas y con estos datos se realizan los cálculos refiriéndolos a porcentajes.

3.3.1.3 CLASIFICACIÓN DEL GRANO

Para determinar el contenido de grano bueno que se encuentra en la muestra se realiza la clasificación, para lo cual, del grano retenido en las mallas desde la # 18 hasta la # 12 son mezclados homogéneamente, luego se toma de esta mezcla una nueva muestra de la cual se separan: granos enteros, negros, fermentados y el cisco grueso (grano partido) se pesan y, con los valores obtenidos se realiza el cálculo correspondiente al porcentaje.

3.3.1.4 DENSIDAD

Se utiliza una probeta de 250 ml, se vierte en ella la muestra que se está analizando, se enraza y se pesa, relacionando ~~estos valores~~, se determina la densidad.

3.3.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

Dentro de los análisis químicos, el de mayor importancia es el contenido de cafeína, en el grano antes y después de realizar el proceso de descafeinación.

Este análisis se efectúa en el laboratorio de Análisis Instrumental de la U.T.F.L.

3.3.2.1 CAFEINA

Para realizar este análisis de cafeína se utilizó un Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución (H.P.L.C), Pye Unicam Philips, equipado con una bomba de pistón recíprocante, un horno en el cual se instala la columna, un detector ultravioleta visible y un registrador para obtener los cromatogramas y, se procede de la siguiente manera:

1. **PREPARACIÓN DEL ESTANDAR:** En un frasco volumétrico de 5 ml se prepara una solución de 25 ug/ml de concentración a partir de cafeína pura (p.a), se lleva a volumen con solución metanol:agua (20:80 v/v) ajustando el pH a 3,5 (este solvente es utilizado también como fase móvil); la solución estandar está lista para ser utilizada en la calibración del Cromatógrafo H.P.L.C y posterior análisis de las muestras.

2. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO: Degasificado el solvente (fase móvil) metanol:agua en un baño ultrasónico "Cole Parner 5850", se fijan las condiciones de trabajo y se corre el estandar, con el objeto de optimizar el Cromatógrafo y, así obtener resultados precisos, confiables y medibles; las condiciones cromatográficas se presentan a continuación:

TABLA 1 CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS PARA EL ANÁLISIS DE CAFEINA.

| | |
|---|----------------------------|
| Instrumento | : Fye Unicam-Philips |
| Columna | : LiChRosorb RPB |
| Temperatura | : 28 °C |
| Solvente | : Metanol:Agua (20:80 v/v) |
| Flujo | : 2,3 ml/min |
| Presión | : 295 bar |
| Back off | : 8 |
| Longitud de onda | : 254 nm |
| Rango del detector | : 0,02 AUFS |
| Velocidad de la carta | : 5 mm/min |
| Volumen de inyección (estandar y muestra) | : 15 µl |

Calibrado el equipo bajo estas condiciones, está listo para el análisis cromatográfico de todas las muestras.

3. PREPARACION DE LAS MUESTRAS: Las muestras de café obtenidas después de haber recibido los diferentes tratamientos de descafeinación son secadas, tostadas y molidas por igual;

del producto obtenido se extraen los sólidos solubles mediante ebullición a presión y temperatura controlada, se filtra a vacío sobre un baño de hielo, se recoge el extracto, desechando los sólidos insolubles.

Del extracto se prepara una solución al 4% de concentración, en un balón de 25 ml y se lleva a volumen con solvente metanol:agua (20:80 v/v), degasificado y acidulado a pH 3,5, se agita fuertemente y se filtra a través de filtros microporosos de 45µm, recibiendo la solución en tubos de ensayo, se tapa cuidadosamente hasta ser inyectadas en el cromatógrafo.

4. ANALISIS DE LAS MUESTRAS: En las condiciones establecidas, se analizan las muestras previamente preparadas para lo cual se sigue la siguiente secuencia: se inyecta el estandar, se hace el lavado, se inyecta la muestra, luego de lo cual se observan los cromatogramas adjuntos en el Anexo 2; para calcular el contenido de cafeína se efectúa relacionando el área del estandar con el área de cada una de las muestras.

Los resultados de los análisis fisico-químicos de las muestras a ensayar se encuentran en la Tabla 2 del Capítulo IV.

3.4 EXTRACCION DE LA CAFEINA

Antes de realizar el descafeinado del café, es necesario realizar una limpieza del grano, debido a que pueden existir materias extrañas como: piedras, palos, metales entre otros, que pueden ocasionar daños posteriores tanto en el procesamiento como en la calidad del producto final.

Para obtener el producto se adapta una Tecnología a nivel de Laboratorio, para lo cual utilizamos el Laboratorio de Tecnología Agrícola de la U.T.P.L.

Para extraer la cafeína del grano se utiliza dos solventes extractantes: diclorometano y agua, mediante el método de extracción sólido - líquido.

Se pretende determinar cual de estos dos extractantes conserva mejor las características organolépticas de aroma y sabor en el grano, así como el rendimiento que se obtiene con cada uno de ellos.

Luego de haber realizado la limpieza del grano, se procede a lavarlo con la finalidad de eliminar las trazas de polvo para evitar que el producto final adquiera sabores extraños y así obtener mejores resultados.

3.4.1 CON DICLOROMETANO

El solvente Diclorometano ($C_2H_2Cl_2$) tiene las siguientes características:

| | | |
|--------------------------------|---|------------|
| densidad | : | 1,316 g/ml |
| punto de ebullición | : | 39,8 °C |
| residuo después de evaporación | : | 0,0004% |

Con este solvente se trata de extraer por lo meos o alrededor del 95% de cafeína del grano.

3.4.1.1 HIDRATACION

Las muestras de café son hidratadas por tiempos de 10, 20 y 30 horas con la finalidad de incrementar la humedad inicial y así facilitar la extracción de la cafeína. La relación grano:agua es 1:5.

Este proceso se realiza utilizando bandejas, en las cuales se coloca el grano más agua, donde permanecen por los tiempos anteriormente indicados.

3.4.1.2 EXTRACCIÓN DE LA CAFEÍNA

El grano hidratado es separado del líquido que lo contiene y es sometido a una extracción sólido-

líquido, por 2 y 3 horas; utilizando un equipo de destilación a presión atmosférica y como medio de calentamiento un baño maría a 42 °C.; la relación grano:diclorometano es 1:6.

3.4.2 CON AGUA

A diferencia del procedimiento anterior, se utiliza como solvente extractante agua desionizada.

3.4.2.1 HIDRATACIÓN

Se realiza de igual manera la hidratación como para la extracción de la cafeína con diclorometano, con la diferencia de que los tiempos son de 18, 24 y 30 horas, respectivamente, la relación grano:agua es también 1:5.

3.4.2.2 EXTRACCIÓN DE LA CAFEÍNA

En esta operación se utiliza dos equipos de destilación a vacío conectados en serie, provisto de un baño maría a una temperatura de 60 °C.

Para extraer la cafeína se coloca en el balón la muestra de café y el agua en una relación

grano:agua de 1:6 por tiempos de 2 y 3 horas con dos repeticiones respectivamente y manteniéndolos a ebullición mediante vacío, a una presión de 300 mmHg.

3.4.3 AISLAMIENTO DE LA CAFEÍNA

Transcurridos los tiempos establecidos para el proceso de extracción de la cafeína, con los dos solventes, se aísla el grano del líquido extractante en el cual se encuentra disuelta la cafeína.

El primer líquido extractante (diclorometano), es sometido a un proceso de recuperación mediante una destilación simple, obteniéndose el solvente libre de cafeína que puede ser utilizado nuevamente, la cafeína obtenida es desechada, aun que en un proceso industrial, puede ser purificada y dársele el uso debido. Mientras que, en el segundo líquido extractante (agua desionizada) la mezcla: agua - cafeína se desecha totalmente.

3.4.4 ELIMINACIÓN DEL SOLVENTE RESIDUAL

Siendo el solvente una sustancia tóxica para el organismo, es de vital importancia eliminar el solvente que se encuentra en el grano después de realizar

la extracción de la cafeína con diclorometano, para ello, la muestra se expone directamente a vapor por 30 minutos, tiempo suficiente para volatilizar el solvente.

3.5 SECADO DEL GRANO

Luego de la eliminación del solvente residual en el grano tratado con diclorometano y de la extracción de la cafeína con agua, las muestras se secan en estufa por 2h30 minutos a 100 °C, obteniéndose una humedad final de 9 a 10 %.

Llegando hasta ésta etapa de secado, con todas las muestras obtenidas de los distintos tratamientos de descafeinación, para cada una de las tres muestras. Y con el objeto de determinar si efectivamente se ha eliminado la cafeína y elegir el tratamientos que mejores resultados de extracción da para cada una de las muestras, se procede a determinar el contenido de cafeína por análisis cromatográfico, según el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados del contenido de cafeína en el grano tratado se encuentran en la tabla 3 del Capítulo IV.

3.6 TOSTACION DEL CAFE

El proceso de tostación se realiza a altas temperaturas para desarrollar las cualidades aromáticas del café.

Después de obtener los resultados de los tratamientos con los cuales se obtiene el mínimo contenido de cafeína para cada muestra y con los dos solventes de extracción se procede a una torrefacción previa en igual grado de tostado, luego de lo cual se realiza una evaluación de sus características organolépticas.

Los resultados de la evaluación organoléptica se presentan en las tablas 5 y 6 del capítulo IV.

Una vez que se ha elegido la muestra con mínimo contenido de cafeína, el solvente y el tratamiento con que se conservan mejor las características organolépticas, se desea determinar si el grado de tostado influye en la aceptación del producto, por lo que a esta muestra se la somete a tres grados diferentes de tostado que son: tostado muy fuerte, tostado fuerte y tostado suave.

Para determinar el grado de tostación, se utiliza un colorímetro "PHOTOVOLT", el cual nos da la

medida del color y se procede de la siguiente manera:

1. Se enciende el instrumento ~~y se encera.~~
2. Se limpia la luna y tapa.
3. Se enciende la lámpara y la aguja debe marcar 74,5
4. Se apaga la lámpara
5. Se coloca la muestra en la celda transparente
6. Se enciende nuevamente la lámpara y se registra la lectura que señala la escala.
7. El valor leído se lo multiplica por 5 y es el valor del color de la muestra.

La medida del color de los diferentes grados de tostación se lo realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Fábrica.

3.6.1 TOSTADO MUY FUERTE

Para realizar el tostado se utiliza la técnica del flameado y el método del cilindro, dentro del cual está el café y al que se imprime un movimiento de rotación sobre un quemador a gas.

Cuando el color está comprendido entre el valor 17 a 19 el grado de tostado es muy fuerte, la coloración se presenta completamente negra.

En este momento se descarga el tambor por la abertura que posee, sobre una cuba de enfriamiento en donde es agitado y sometido a una corriente de aire fresco, así la temperatura desciende rápidamente, eliminándose el riesgo de sobre-torrefacción.

3.6.2 TOSTADO FUERTE

La técnica y el método con que se realiza éste tostado es el mismo que se utiliza para el tostado fuerte.

Cuando el color se registra entre el rango de 28 - 30, corresponde al grado de tostado fuerte y el color del grano es café oscuro.

3.6.3 TOSTADO SUAVE

Se sigue el mismo procedimientos que para los grados de tostación anteriores y, el color se encuentra determinado entre los valores de 40 a 42, que corresponde a un color claro.

Después de realizar los diferentes grados de tostación, se determinará cual de ellos desarrolla mejor las características organolépticas mediante

cataciones, evaluando conjuntamente: aroma, sabor y color.

Los resultados se encuentran en la Tabla 7 del capítulo IV.

3.7 MOLTURACION DEL CAFE

La molienda se realiza con el fin de obtener un grado de finura adecuado, el café tostado descafeinado se lo somete a la molienda hasta una granulometría de 0,1 mm, a través de un dedal de 0,1 mm.

Una vez molido el café descafeinado, se lleva directamente al envasado, esto en el caso del producto que se obtendrá molido, mientras que para el liofilizado se procede a realizar la extracción de los sólidos solubles.

El aumento de granos finos impide la extracción, debido a la formación de un lodo y no permite la libre filtración de los sólidos solubles.

La molienda, se realizó en el laboratorio de Tecnología Agrícola de la U.T.P.L.

3.8 LIOFILIZADO

La muestra que presentó mejores características y, empleando método que mejor resultados dio para descafeinar y con su grado de tostación también determinado, es en la que se procede a realizar el proceso de liofilización.

El proceso de liofilización permite obtener productos deshidratados y de alta calidad, conservando sus características organolépticas por lo que se impone rápidamente en todo el mundo y la mayor garantía de su éxito es la sencillez y prontitud con que se prepara la bebida.

3.8.1 EXTRACCION DE LOS SOLIDOS SOLUBLES

La extracción se lleva a efecto en un medio acuoso en una relación sólido - líquido de 3.8:1.

A través de un filtro, sobre el cual está el café molido se hace pasar agua a 97 °C y a presión atmosférica, la misma que arrastra consigo los sólidos solubles aromáticos, mientras que los sólidos insolubles son eliminados.

3.8.2 CONCENTRACIÓN

Esta fase se realiza con la finalidad de concentrar el líquido obtenido durante la extracción y facilitar el proceso de liofilización.

La concentración se realiza en un "CENTRITERM" a temperatura de 60 °C y presión de - 0.5 Kg/cm², hasta obtener un líquido de concentración 18,65% de sólidos.

El proceso de extracción y concentración se realizó en la Planta de Lácteos de la U.T.P.L.

3.8.3 CONGELACIÓN Y GRANULADO DEL CAFÉ

El producto concentrado se somete a congelación - 48 °C, cuando este producto ha llegado a la temperatura señalada se somete a la operación de granulación e inmediatamente es molido a partículas de tamaño de 4 mm, las mismas que se colocan en bandejas especiales y se deja en congelación hasta su posterior liofilizado.

3.8.4 LIOFILIZADO

La liofilización se realiza a bajas temperaturas y en una cámara de vacío, en donde se separa el agua de las sustancias solubles, luego el agua se sublima y las sustancias solubles del café quedan sobre las bandejas.

Para este proceso se utilizó un liofilizador "FREEZE-DRYING", a presión de 0,5 Kg/cm², con temperatura inicial de secado de 100 °C, la misma que va disminuyendo hasta una temperatura final de 70 °C, transcurriendo 7 horas durante este rango de temperaturas.

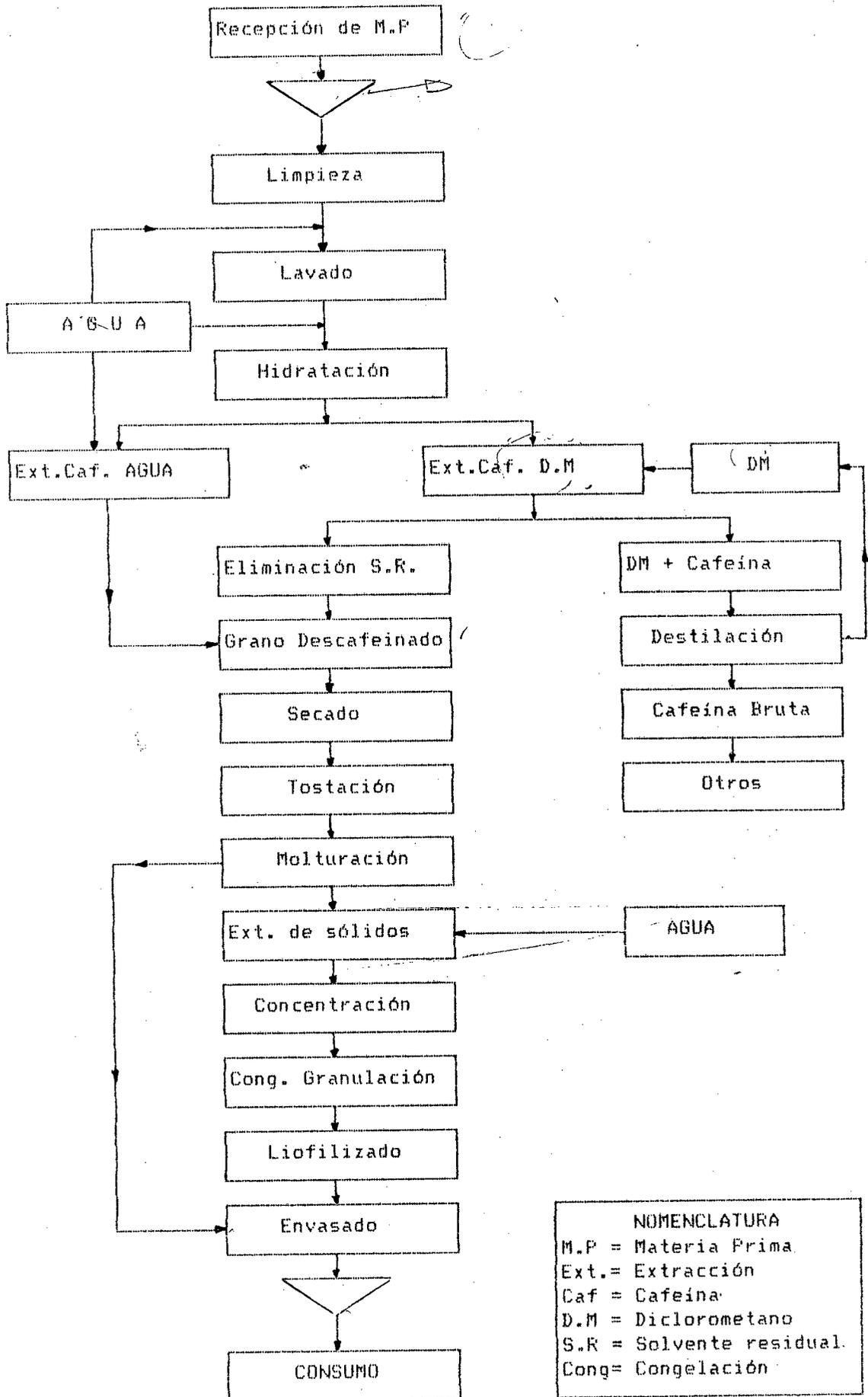
Este proceso de Liofilización se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Fábrica.

3.9 ENVASADO

Después de obtener el producto molido y liofilizado, se procede a su envasado en fundas de polietileno mediante una selladora eléctrica manual.

Este proceso se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Fábrica.

3.2.9 DIAGRAMA DE FLUJO



NOMENCLATURA
 M.P = Materia Prima
 Ext. = Extracción
 Caf = Cafeína
 D.M = Diclorometano
 S.R = Solvente residual.
 Cong = Congelación

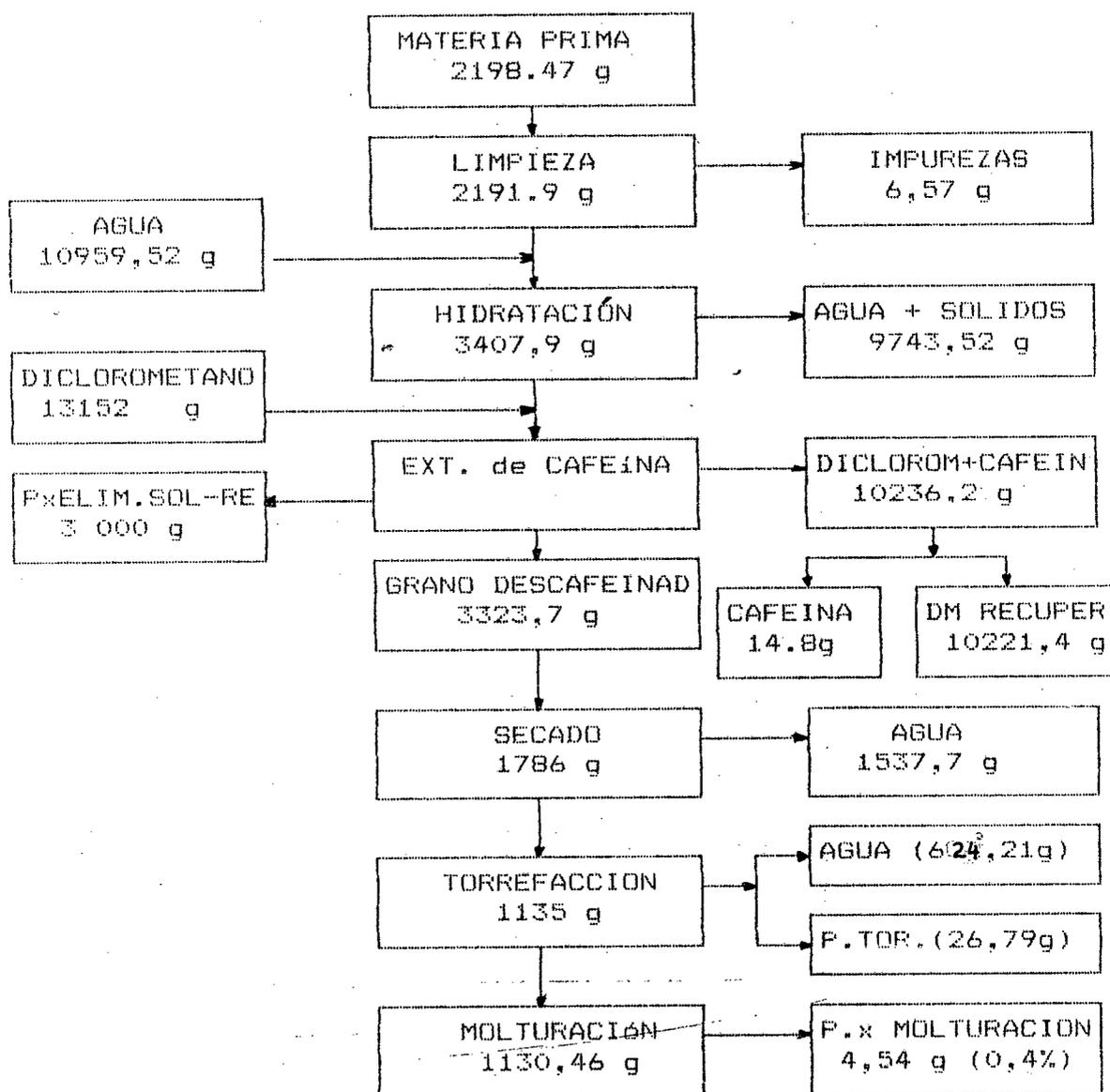
3.11 BALANCE DE MATERIALES

El balance de materiales se obtiene por diferencia entre el valor final de los productos y el de las materias primas que ingresan, representan el valor material añadido y de alguna manera indica el grado de transformación alcanzado.

El balance de materiales para los diferentes productos elaborados, se ha efectuado en base a los resultados obtenidos y a las diferentes pérdidas durante los procesos de extracción, secado, torrefacción, molido y liofilización.

3.11.1 BALANCE DE MATERIALES PARA LA EXTRACCIÓN DE LA CAFEÍNA CON SOLVENTE DICLOROMETANO.

3.11.1.1 CAFÉ MOLIDO.



Ext. = Extracción

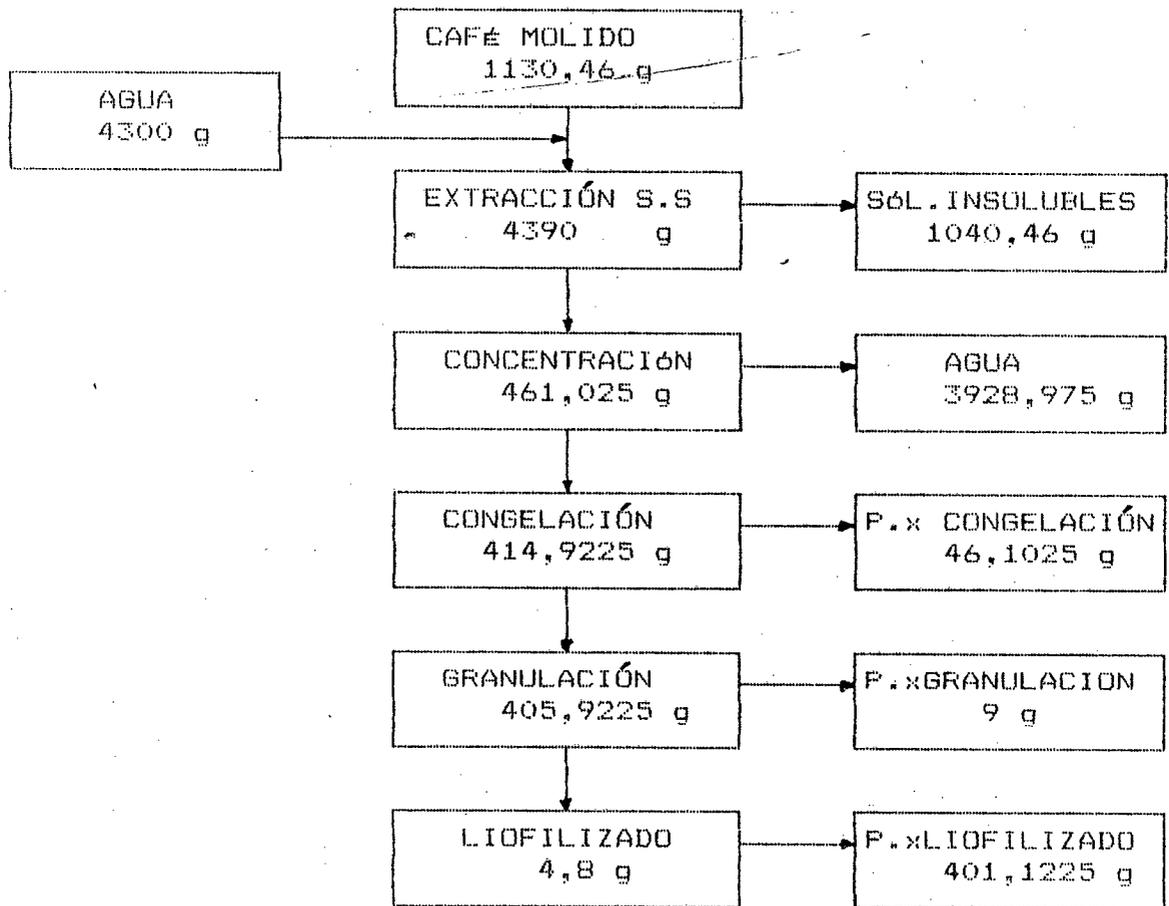
P. = Pérdida

TOR. = Torrefacción

ELIM SOLV-RE = Eliminación de solvente residual

RENDIMIENTO = 51,42%

3.11.1.2 CAFÉ LIOFILIZADO



S.S = Sólidos solubles

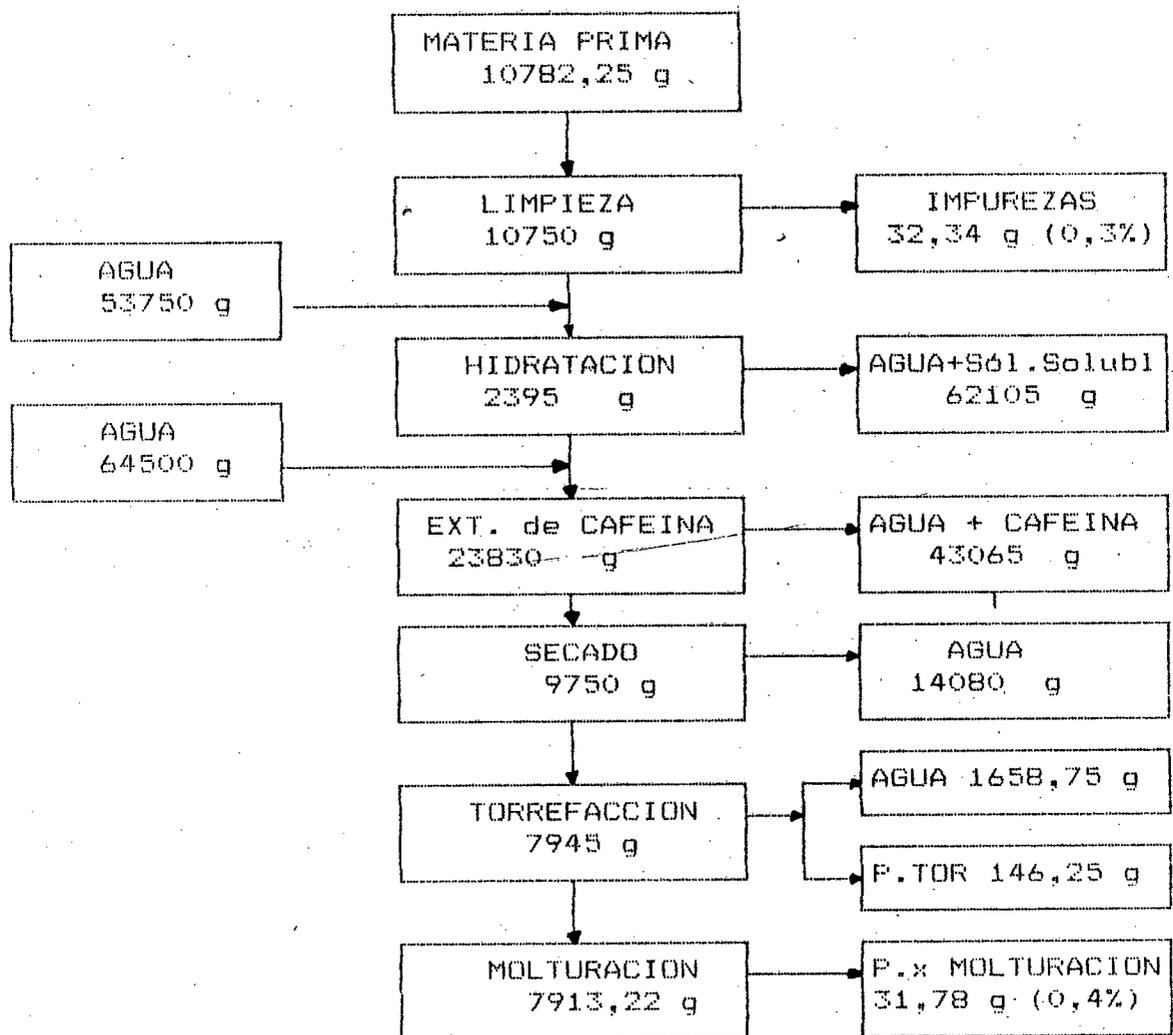
Sól = Sólidos

p. = Pérdidas

RENDIMIENTO = 0,42%

3.2.10.2 BALANCE DE MATERIALES PARA LA EXTRACCION DE LA CAFEINA CON EL SOLVENTE AGUA

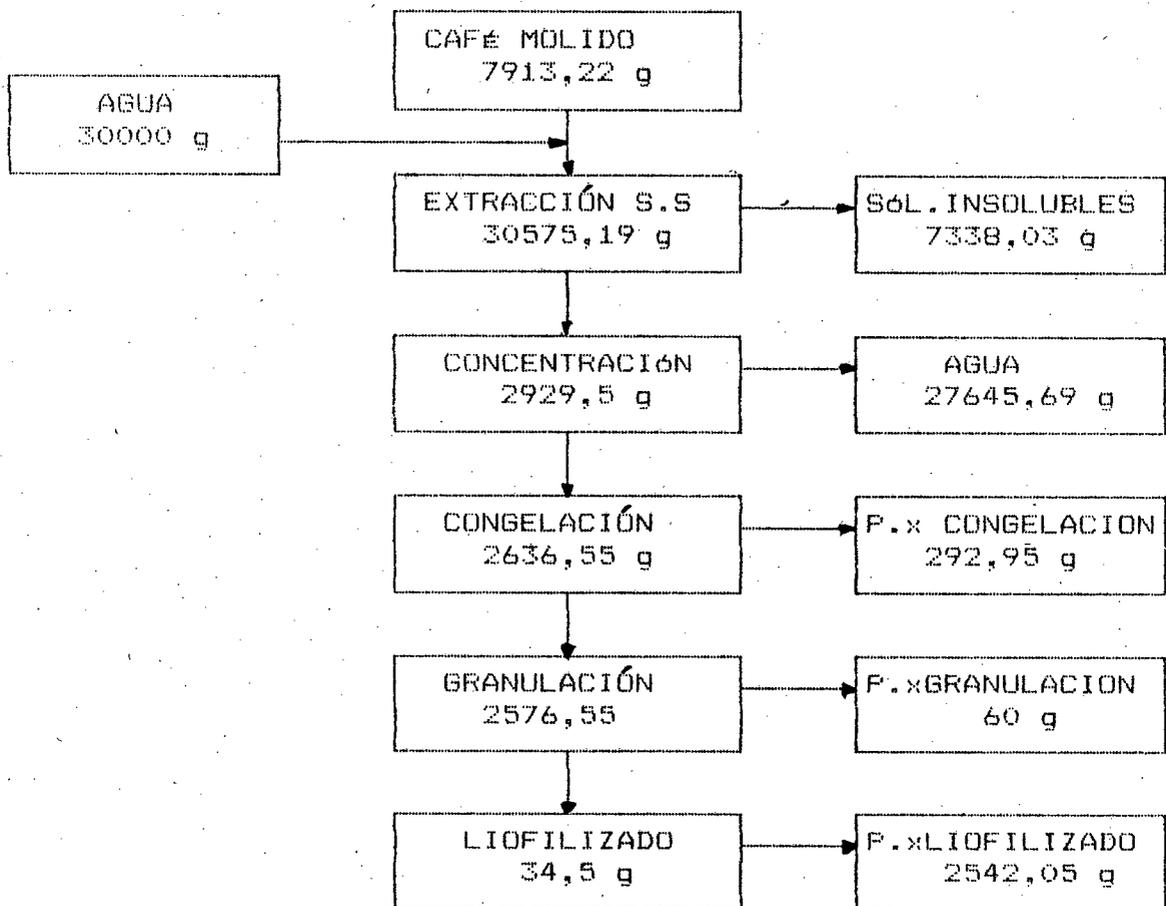
3.2.10.2.1 CAFE MOLIDO



Sól = Sólidos
 Ext. = Extracción
 P. = Pérdida
 TOR. = Torrefacción

RENDIMIENTO = 73,4%

3.2.10.2.2 CAFÉ LIOFILIZADO



S.S = Sólidos solubles
 Sól = Sólidos
 p. = Pérdidas

RENDIMIENTO = 0,44%

3.12 ANALISIS BROMATOLOGICOS DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS.

Los análisis realizados en los productos terminados fueron efectuados tanto en el laboratorio de Control de Calidad de la fábrica, así como en el laboratorio de Análisis Instrumental. Entre los análisis que se efectuaron tenemos:

3.12.1 ANALISIS ORGANOLEPTICO

Las características de color, aroma y sabor se las obtiene mediante una evaluación organoléptica, para el café descafeinado molido y liofilizado.

3.12.2 ANALISIS FISICOS

Las determinaciones de la humedad y pH, se los realizó en una balanza ultravioleta y un pHmetro, respectivamente, en tanto que la densidad y la granulometría  sigue los métodos anteriores.

3.12.3 ANALISIS QUIMICO:

El análisis químico que se realiza en el producto terminado es la cafeína, siguiendo el mismo

método como el utilizado para las muestras tratadas, utilizando el Cromatógrafo H.P.L.C.

Los datos obtenidos se los presenta en el siguiente cuadro:

| ANÁLISIS | CAFE MOLIDO DESCAFEINADO | CAFE LIOFILIZADO DESCAFEINADO |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| ORGANOLEPTICOS | | |
| COLOR | 28 | 28 |
| AROMA | AGRADABLE | AGRADABLE |
| SABOR | SUAVE Y AGRADABLE | SUAVE Y AGRADABLE |
| FISICOS | | |
| DENSIDAD | 0,32 | 0,22 |
| HUMEDAD | 1% | 3% |
| pH | 4,86 | 4,95 |
| GRANULOMETRIA | 0,1 mm | 4 mm |
| QUIMICOS | | |
| CAFEINA | 0,049 % | 0,15% |

El extracto que se obtiene luego de la concentración tiene 18,22% de sólidos.

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ANALISIS FISICO-QUIMICOS

En la tabla 3 se presenta los resultados del análisis físico-químico de las muestras de café en grano que se sometió a los diferentes tratamientos, con los dos solventes extractantes.

TABLA 2 ANALISIS FISICO-QUIMICO DE LAS MUESTRAS

| ANALISIS | MUESTRAS | | | |
|-----------------|----------|-------|-------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 ^a |
| FISICOS | | | | |
| HUMEDAD(%) | 9,9 | 9,8 | 9,7 | 8,25 |
| GRANULOMETRIA% | | | | |
| Malla # 18 | 11,14 | 8,47 | 10,63 | 2,33 |
| 17.5 | 5,95 | 2,98 | 3,93 | 4,31 |
| 16 | 26,46 | 14,11 | 20,82 | 37,70 |
| 15 | 15,26 | 16,24 | 15,67 | 26,15 |
| 14 | 14,48 | 14,98 | 14,35 | 11,68 |
| 12 | 13,04 | 22,97 | 18,56 | 11,75 |
| Base | 6,52 | 10,05 | 8,89 | 3,31 |
| Cerezas | 1,62 | 3,05 | 2,10 | 0,57 |
| Cascarillas | 5,23 | 6,69 | 4,66 | 2,16 |
| Piedra-Palos | 0,30 | 0,46 | 0,39 | 0,04 |
| CLASIFICACION% | | | | |
| Entero | 64,57 | 40,32 | 52,28 | 87,74 |
| Neq. y Fermen | 15,72 | 22,48 | 16,26 | 2,13 |
| Cisco Grueso | 6,04 | 16,95 | 15,42 | 4,05 |
| DENSIDADg/ml | 0,61 | 0,53 | 0,58 | 0,64 |
| DIMENSIONES | | | | |
| Largo(mm) | 9,60 | 8,90 | 9,24 | 8,60 |
| Ancho(mm) | 6,60 | 7,30 | 6,90 | 6,30 |
| Espesor(mm) | 3,50 | 4,40 | 3,90 | 3,50 |
| QUÍMICOS | | | | |
| CAFEINA (%) | 0,90 | 1,30 | 1,12 | 1,20 |

En éste cuadro de análisis se observa que las tres muestras se encuentran dentro de los límites de contenido de humedad que para estos casos se requiere.

***. Esta muestra se analizó luego del análisis estadístico de las tres muestras anteriores.

La granulometría y la clasificación del grano se realiza con el objeto de determinar los porcentajes de granos entero y defectuosos que posee cada muestra, así como el porcentaje de impureza que contiene la muestra; de acuerdo a estos contenidos las muestras se encuentran dentro de los límites de aceptación para ser procesados.

Se llega a establecer que la muestra 1 posee un alto porcentaje de granos buenos la misma que se considera de mejor calidad y, presentación además contiene un 0,3% de impurezas siendo bajo, mientras la muestra 3 presenta un porcentaje relativamente bajo de granos buenos y con 0,39 % de impurezas, mientras que el porcentaje de granos buenos en la muestra 2 es bajo y con 0,46 % de impurezas.

Referente al contenido de cafeína que es el parámetro principal en esta investigación, se observa que la muestra 2 inicialmente posee el 1,3 % de cafeína en tanto que la muestra 3 presenta el 1,12 % y finalmente la muestra 1 posee 0,9 %, que es la de contenido más bajo.

Con estos resultados las muestras se someten a los tratamientos establecidos para el proceso de descafeinación con los dos solventes extractantes citados anteriormente.

4.2 RESULTADOS Y ANALISIS ESTADISTICO DEL CONTENIDO DE CAFEINA.

A continuación se presenta los diferentes porcentajes de cafeína residual que se llegó a obtener en las muestras con los tratamientos seleccionados.

TABLA 3. RESULTADOS ORIGINALES

CONTENIDO DE CAFEINA EN EL GRANO (%)

| Muestra | r\te | DICLOROMETANO | | | | | | AGUA | | | | | |
|---------|------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | TIEMPO DE HIDRATACION (horas) | | | | | | TIEMPO DE HIDRATACION (horas) | | | | | |
| | | 10 | | 20 | | 30 | | 18 | | 24 | | 30 | |
| | | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| C.A. | 1 | 0.0586 | 0.0608 | 0.0747 | 0.0407 | 0.0676 | 0.0348 | 0.0336 | 0.0821 | 0.0970 | 0.0463 | 0.0730 | 0.0970 |
| | 2 | 0.0919 | 0.0000 | 0.0852 | 0.0698 | 0.1144 | 0.0387 | 0.0657 | 0.0740 | 0.1182 | 0.0944 | 0.0700 | 0.0874 |
| C.R. | 1 | 0.0625 | 0.1302 | 0.1539 | 0.1479 | 0.0670 | 0.0568 | 0.1640 | 0.1582 | 0.1190 | 0.1456 | 0.2407 | 0.1942 |
| | 2 | 0.1370 | 0.3121 | 0.1072 | 0.1576 | 0.0000 | 0.0415 | 0.3225 | 0.2275 | 0.2134 | 0.1813 | 0.2100 | 0.0650 |
| MEZCL | 1 | 0.0502 | 0.1273 | 0.1246 | 0.0368 | 0.1178 | 0.0568 | 0.1575 | 0.0879 | 0.0970 | 0.1207 | 0.2158 | 0.1367 |
| CA-CR | 2 | 0.0120 | 0.0735 | 0.0675 | 0.0547 | 0.0300 | 0.1044 | 0.0695 | 0.0514 | 0.2380 | 0.1767 | 0.1981 | 0.1453 |

te=tiempo de extraccion

r =repeticiones

CA=CAFE ARABICA

CR=CAFE ROBUSTA

Como podemos apreciar en la tabla 4 las muestras sometidas a los diferentes tratamientos presentan un contenido de cafeína proporcional al obtenido en el análisis de la materia prima, esto es que dependiendo de las muestras si su contenido es elevado, en el proceso de descafeinación sigue siendo elevado y, si es bajo en el proceso de descafeinación continua siendo bajo.

Se observa claramente que existe variación entre los solventes de extracción y, que el diclorometano extrae más cafeína que el agua.

4.2.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con la finalidad de analizar estadísticamente los resultados obtenidos en el análisis cromatográfico y determinar el tratamiento que extrae con mayor eficiencia la cafeína en cada una de las tres muestras y con cada solvente de extracción. Los datos de la tabla 3 son transformados mediante la fórmula $(X + 0,5)^{1/2}$, cuyos resultados se presentan en la tabla 4.

TABLA 4. VALORES TRANSFORMADOS $(X+0.5)^{1/2}$

| Muestra | r\te | DICLOROMETANO | | | | | | AGUA | | | | | |
|-----------------|------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | TIEMPO DE HIDRATAION (Horas) | | | | | | TIEMPO DE HIDRATAION (horas) | | | | | |
| | | 10 | | 20 | | 30 | | 18 | | 24 | | 30 | |
| | | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| C. A | 1 | 0.7474 | 0.7489 | 0.7581 | 0.7353 | 0.7534 | 0.7313 | 0.7305 | 0.7630 | 0.7727 | 0.7391 | 0.7570 | 0.7727 |
| | 2 | 0.7694 | 0.7071 | 0.7650 | 0.7549 | 0.7838 | 0.7340 | 0.7521 | 0.7576 | 0.7863 | 0.7710 | 0.7550 | 0.7664 |
| C. R. | 1 | 0.7500 | 0.7939 | 0.8086 | 0.8049 | 0.7530 | 0.7462 | 0.8149 | 0.8113 | 0.7868 | 0.8035 | 0.8606 | 0.8332 |
| | 2 | 0.7981 | 0.9012 | 0.7792 | 0.8109 | 0.7071 | 0.7359 | 0.9069 | 0.8529 | 0.8446 | 0.8254 | 0.8426 | 0.7517 |
| Mezcla CA-CR | 1 | 0.7418 | 0.7920 | 0.7903 | 0.7327 | 0.7860 | 0.7462 | 0.8109 | 0.7667 | 0.7727 | 0.7878 | 0.8460 | 0.7979 |
| | 2 | 0.7155 | 0.7573 | 0.7533 | 0.7448 | 0.7280 | 0.7774 | 0.7547 | 0.7426 | 0.8591 | 0.8226 | 0.8355 | 0.8033 |

te=tiempo de extraccion

r =repeticiones

CA=CAFE ARABICA

CR=CAFE ROBUSTA

Con los datos de la tabla 5. se realiza el análisis estadístico para cada una de las muestras y para cada solvente extractante, planteándose las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula H_0 : $T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6$

Hipótesis alternativa H_1 : $T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4 \neq T_5 \neq T_6$
Donde T_1, \dots, T_6 = Tratamientos

La hipótesis a verificar es: "El contenido de cafeína residual de las muestras en estudio, sometidas a diferentes tratamientos y solventes extractantes es similar".

Para realizar éste análisis se utiliza el Diseño Experimental Simple al Azar, para cuyo efecto los tratamientos se ordenan de la siguiente manera:

| TRATAMIENTOS | Tiempo de Hidratación (horas) | | Tiempo de Extracción (horas) |
|--------------|-------------------------------|------|------------------------------|
| | DICLOROMETANO | AGUA | |
| A | 10 | 18 | 2 |
| B | 10 | 18 | 3 |
| C | 20 | 24 | 2 |
| D | 20 | 24 | 3 |
| E | 30 | 30 | 2 |
| F | 30 | 30 | 3 |

Se efectúa los análisis de varianza (ADEVA) y las pruebas de significación de la Diferencia Mínima Significativa (D.M.S); los resultados se detallan en las tablas siguientes:

**CONTENIDO DE CAFEINA EN EL GRAND
SOLVENTE DE EXTRACCIÓN: DICLOROMETANO**

TABLA 4.1 CAFE ARABICA

| REPETICIONES | TRATAMIENTOS | | | | | | SUMA TOTAL |
|----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0,7474 | 0,7489 | 0,7581 | 0,7353 | 0,7313 | 0,7313 | |
| 2 | 0,7694 | 0,7071 | 0,7650 | 0,7549 | 0,7340 | 0,7340 | |
| T.Tratamientos | 1.5168 | 1,4566 | 1,5231 | 1,4902 | 1,5372 | 1,4653 | 8,9886 |
| PROMEDIOS | 0,7584 | 0,7280 | 0,7616 | 0,7451 | 0,7686 | 0,7327 | |

TABLA 4.1.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|---------|----------|
| TRATAMIENTOS | 5 | 0,0027 | 0,00054 | 1,80 | 4,39 |
| ERROR | 6 | 0,0018 | 0,00030 | | |
| TOTAL | 11 | 0,0045 | | Fc < Ft | |

Como se observa el F calculado es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo cual se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

TABLA 4.1.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN (D.M.S)

| TRATAMIENTO | B | F | D | A | C | E |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PROMEDIO | 0,7280 | 0,7327 | 0,7451 | 0,7584 | 0,7616 | 0,7686 |
| No hay diferencia significativa entre los TRATAMIENTOS | | | | | | |

SOLVENTE DE EXTRACCIÓN: DICLOROMETANO

TABLA 4.2 CAFÉ ROBUSTA

| REPETICIONES | TRATAMIENTOS | | | | | | SUMA TOTAL |
|----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0,7500 | 0,7939 | 0,8086 | 0,8049 | 0,7530 | 0,7462 | |
| 2 | 0,7981 | 0,9012 | 0,7792 | 0,8109 | 0,7071 | 0,7359 | |
| T.Tratamientos | 1.5481 | 1,6951 | 1,5878 | 1,6158 | 1,4601 | 1,4821 | 9,389 |
| PROMEDIOS | 0,7741 | 0,8476 | 0,7939 | 0,8079 | 0,7300 | 0,7411 | |

TABLA 4.2.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|---------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 5 | 0,0191 | 0,00382 | 2,709 | 4,39 |
| ERROR | 6 | 0,0085 | 0,00141 | | |
| TOTAL | 11 | 0,0276 | | Fc < Ft | |

Como se observa el F calculado es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo cual se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

TABLA 4.2.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN (D.M.S)

| TRATAMIENTO | E | F | A | C | D | B |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PROMEDIO | 0,7300 | 0,7411 | 0,7741 | 0,7939 | 0,8079 | 0,8476 |
| | E-B† | F-B† | | | | |

† Hay Diferencia Significativa

SOLVENTE DE EXTRACCIÓN: DICLOROMETANO

TABLA 4.3 MEZCLA (50%CAFÉ ARABICA-50%CAFÉ ROBUSTA)

| REPETICIONES | TRATAMIENTOS | | | | | | SUMA TOTAL |
|----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0,7418 | 0,7920 | 0,7903 | 0,7327 | 0,7860 | 0,7462 | |
| 2 | 0,7155 | 0,7573 | 0,7533 | 0,7448 | 0,7280 | 0,7774 | |
| T.Tratamientos | 1.4573 | 1,5493 | 1,5436 | 1,4775 | 1,5140 | 1,5236 | 9,0653 |
| PROMEDIOS | 0,7287 | 0,7747 | 0,7718 | 0,7388 | 0,7570 | 0,7618 | |

TABLA 4.3.1 ANALISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|---------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 5 | 0,00335 | 0,00067 | 1,1551 | 4,39 |
| ERROR | 6 | 0,00348 | 0,00058 | | |
| TOTAL | 11 | 0,0071 | | Fc < Ft | |

Como se observa el F calculado es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo cual se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

TABLA 4.3.2 PRUEBA DE SIGNIFICACION (D.M.S)

| TRATAMIENTO | A | D | E | F | C | B |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PROMEDIO | 0,7287 | 0,7388 | 0,7570 | 0,7618 | 0,7718 | 0,7747 |
| No hay diferencia significativa entre los TRATAMIENTOS | | | | | | |

SOLVENTE DE EXTRACCIÓN: AGUA

TABLA 4.4 CAFÉ ARABICA

| REPETICIONES | TRATAMIENTOS | | | | | | SUMA TOTAL |
|----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0,7305 | 0,7630 | 0,7727 | 0,7391 | 0,7570 | 0,7727 | |
| 2 | 0,7521 | 0,7576 | 0,7863 | 0,7710 | 0,7550 | 0,7664 | |
| T.Tratamientos | 1.4826 | 1,5206 | 1,5590 | 1,5101 | 1,5120 | 1,5391 | 9,1234 |
| PROMEDIOS | 0,7413 | 0,7603 | 0,7795 | 0,7551 | 0,7560 | 0,7696 | |

TABLA 4.4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|---------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 5 | 0,0017 | 0,0003 | 2,266 | 4,39 |
| ERROR | 6 | 0,0009 | 0,0002 | | |
| TOTAL | 11 | 0,0026 | | Fc < Ft | |

Como se observa el F calculado es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo cual se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

TABLA 4.4.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN (D.M.S)

| TRATAMIENTO | A | D | E | B | F | C |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PROMEDIO | 0,7413 | 0,7551 | 0,7560 | 0,7603 | 0,7696 | 0,7795 |
| | (A-C)* | | | | | |

* Hay Diferencia Significativa

SOLVENTE DE EXTRACCIÓN: AGUA

TABLA 4.5 CAFE ROBUSTA

| REPETICIONES | TRATAMIENTOS | | | | | | SUMA TOTAL |
|----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0,8149 | 0,8113 | 0,7868 | 0,8035 | 0,8606 | 0,8332 | |
| 2 | 0,9069 | 0,8529 | 0,8446 | 0,8254 | 0,8426 | 0,7517 | |
| T.Tratamientos | 1.7218 | 1,6642 | 1,6314 | 1,6289 | 1,7032 | 1,5849 | 9,9344 |
| PROMEDIOS | 0,8609 | 0,8321 | 0,8157 | 0,8145 | 0,8516 | 0,7925 | |

TABLA 4.5.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|---------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 5 | 0,0065 | 0,0013 | 0,76 | 4,39 |
| ERROR | 6 | 0,0104 | 0,0017 | | |
| TOTAL | 11 | 0,0169 | | Fc < Ft | |

Como se observa el F calculado es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo cual se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

TABLA 4.5.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN (D.M.S)

| TRATAMIENTO | F | D | C | B | E | A |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PROMEDIO | 0,7925 | 0,8175 | 0,8157 | 0,8321 | 0,8516 | 0,8609 |
| No hay diferencia significativa entre los tratamientos | | | | | | |

SOLVENTE DE EXTRACCIÓN: AGUA

TABLA 4.6 CAFÉ MEZCLA (50 % CAFÉ ARABICA-50% CAFÉ ROBUSTA)

| REPETICIONES | TRATAMIENTOS | | | | | | SUMA TOTAL |
|----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0,8109 | 0,7667 | 0,7727 | 0,7878 | 0,8460 | 0,7979 | |
| 2 | 0,7547 | 0,7426 | 0,8591 | 0,8226 | 0,8355 | 0,8033 | |
| T.Tratamientos | 1.5656 | 1,5093 | 1,6318 | 1,6104 | 1,6815 | 1,6012 | 9,5998 |
| PROMEDIOS | 0,7828 | 0,7547 | 0,8159 | 0,8052 | 0,8408 | 0,8006 | |

TABLA 4.6.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|---------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 5 | 0,0086 | 0,0017 | 1,70 | 4,39 |
| ERROR | 6 | 0,0062 | 0,0010 | | |
| TOTAL | 11 | 0,0148 | | Fc < Ft | |

Como se observa el F calculado es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo cual se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

TABLA 4.6.2 PRUEBA DE SIGNIFICACION (D.M.S)

| TRATAMIENTO | B | A | F | D | C | E |
|-------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PROMEDIO | 0,7547 (E-B)† | 0,7828 | 0,8006 | 0,8052 | 0,8196 | 0,8408 |

† Existe diferencia significativa

Como se puede observar en las tablas de ADEVA para cada muestra tratada con los dos extractantes, en la fuente de variación correspondiente a los tratamientos, el F calculado es menor que el F tabular, para el nivel de significación 0,05; lo que demuestra que no existe diferencia significativa, por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa.

Para reafirmar esta conclusión se realiza la prueba D.M.S, cuyo análisis demuestra efectivamente que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, tomándose por consiguiente el tratamiento con que se obtiene menor contenido de cafeína en el grano, así:

| MUESTRA | DICLOROMETANO | | | AGUA | | |
|---------|---------------|----|----|------|----|----|
| | T | th | te | T | th | te |
| # 1 | B | 10 | 3 | A | 18 | 2 |
| # 2 | E | 30 | 2 | F | 30 | 3 |
| # 3 | A | 10 | 2 | B | 18 | 3 |

T = tratamientos

th = tiempo de hidratación (horas)

te = tiempo de extracción (horas)

Para una mejor apreciación de los resultados se presentan gráficas de barras en el anexo 3.

4.3 EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

Una vez elegido el mejor tratamiento en contenido mínimo de cafeína para cada una de las tres muestras, con los dos extractantes: DICLOROMETANO y AGUA, se realiza un tostado y molido previo para luego preparar una bebida en iguales condiciones y realizar la evaluación organoléptica con lo que se determinará si existe diferencia en las características de aroma y sabor de éstas seis muestras. Para nuestra evaluación se utiliza un panel de 30 personas a quienes se les presentó el "test" cuyo modelo se adjunta en el Anexo 4.

4.3.1 AROMA

Para esta evaluación organoléptica del aroma se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis Nula : $A1 = A2 = A3 = A4 = A5 = A6$

Hipótesis Alternativa: $A1 \neq A2 \neq A3 \neq A4 \neq A5 \neq A6$

$A1 \dots A6$ = Aroma de las diferentes muestras.

La Hipótesis a verificarse es: "El aroma de las diferentes muestras tratadas no difieren entre sí".

Seguida a la aplicación del "test" se realiza la tabulación y el ordenamiento de los datos, valiéndonos de la siguiente nomenclatura:

A = Café Arabica - Diclorometano

B = Café Robusta - Diclorometano

C = Café Mezcla - Diclorometano

D = Café Arabica - Agua

E = Café Robusta - Agua

F = Café Mezcla - Agua

se aplica un Diseño Simple al Azar, el mismo que se desarrolla a continuación.

TABLA 5. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DEL AROMA

| # CATADOR | DICLOROMETANO | | | AGUA | | | Tj |
|-----------|---------------|------|------|------|------|------|-----|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 20 |
| 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 5 | 20 |
| 3 | 5 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 18 |
| 4 | 3 | 1 | 4 | 4 | 2 | 3 | 17 |
| 5 | 5 | 3 | 2 | 5 | 4 | 4 | 23 |
| 6 | 3 | 1 | 4 | 2 | 1 | 4 | 15 |
| 7 | 2 | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 13 |
| 8 | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 18 |
| 9 | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 20 |
| 10 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 20 |
| 11 | 5 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 24 |
| 12 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 16 |
| 13 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 21 |
| 14 | 1 | 1 | 4 | 4 | 5 | 1 | 16 |
| 15 | 5 | 4 | 4 | 5 | 1 | 5 | 24 |
| 16 | 5 | 1 | 4 | 4 | 1 | 5 | 20 |
| 17 | 5 | 4 | 3 | 4 | 1 | 3 | 20 |
| 18 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 4 | 17 |
| 19 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 22 |
| 20 | 5 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 21 |
| 21 | 2 | 3 | 2 | 5 | 1 | 4 | 17 |
| 22 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 23 |
| 23 | 4 | 1 | 4 | 4 | 3 | 5 | 21 |
| 24 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 10 |
| 25 | 4 | 2 | 4 | 2 | 5 | 3 | 20 |
| 26 | 4 | 1 | 2 | 4 | 5 | 3 | 19 |
| 27 | 4 | 1 | 2 | 5 | 3 | 4 | 19 |
| 28 | 3 | 3 | 2 | 5 | 5 | 4 | 22 |
| 29 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 22 |
| 30 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 21 |
| Ti | 107 | 70 | 97 | 113 | 84 | 108 | 579 |
| X | 3,57 | 2,33 | 3,23 | 3,77 | 2,80 | 3,60 | |

TABLA 5.1 ANALISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|-----|-------------------|----------------|----------|------------|
| TRATAMIENTOS | 5 | 45,783 | 9,1576 | 7,471 | 3,16 |
| BLOQUES | 29 | 49,050 | 1,6910 | 1,384 | 1,86 |
| ERROR | 145 | 177,717 | 1,2210 | | |
| TOTAL | 179 | 272,550 | | Fct > Ft | & Fcb < Ft |

Como se observa el F calculado para tratamientos es mayor que el F tabulado por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa mientras que para los bloques el F calculado es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre los bloques los.

TABLA 5.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN - Test de DUNCAN

| TRATAMIENTO | B | E | C | A | F | D |
|-------------|--------|--------|----------|---------|--------|-------|
| PROMEDIO | 2,33fe | 2,80ed | 3,23dabc | 3,57cab | 3,60ba | 3,77a |

En los tratamientos que comparte la misma letra minúscula en el subíndice no existe diferencia significativa.

4.3.2 SABOR

Para esta evaluación organoléptica del sabor se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis Nula : $S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = S_5 = S_6$

Hipótesis Alternativa: $S_1 \neq S_2 \neq S_3 \neq S_4 \neq S_5 \neq S_6$

$S_1 \dots S_6$ = Sabor de las diferentes muestras.

La Hipótesis a verificarse es: "El sabor de las diferentes muestras tratadas no difieren entre sí".

Seguida a la aplicación del Test se realiza la tabulación y ordenación de los datos, valiéndonos de la siguiente nomenclatura:

A = Café Arabica - Diclorometano

B = Café Robusta - Diclorometano

C = Café Mezcla - Diclorometano

D = Café Arabica - Agua

E = Café Robusta - Agua

F = Café Mezcla - Agua

Se aplica un Diseño Simple al Azar, el mismo que se desarrolla a continuación.

TABLA 6. EVALUACIÓN ORGANOLEPTICA DEL SABOR

| CATADOR | DICLOROMETANO | | | AGUA | | | Tj |
|---------|---------------|------|------|------|------|------|-----|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 21 |
| 2 | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 | 5 | 19 |
| 3 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 24 |
| 4 | 3 | 2 | 5 | 4 | 4 | 4 | 22 |
| 5 | 5 | 2 | 1 | 5 | 4 | 4 | 21 |
| 6 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | 5 | 17 |
| 7 | 4 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 17 |
| 8 | 3 | 2 | 3 | 5 | 4 | 4 | 21 |
| 9 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 5 | 24 |
| 10 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 24 |
| 11 | 5 | 2 | 4 | 5 | 3 | 3 | 22 |
| 12 | 4 | 1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 15 |
| 13 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 20 |
| 14 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 20 |
| 15 | 4 | 3 | 2 | 5 | 4 | 5 | 23 |
| 16 | 4 | 1 | 4 | 5 | 1 | 5 | 20 |
| 17 | 4 | 4 | 4 | 5 | 1 | 3 | 21 |
| 18 | 5 | 3 | 4 | 1 | 3 | 3 | 19 |
| 19 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 23 |
| 20 | 2 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 21 |
| 21 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 22 |
| 22 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 23 |
| 23 | 4 | 1 | 4 | 4 | 3 | 4 | 20 |
| 24 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 11 |
| 25 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 19 |
| 26 | 5 | 1 | 3 | 5 | 4 | 3 | 21 |
| 27 | 5 | 2 | 3 | 5 | 4 | 3 | 22 |
| 28 | 5 | 3 | 2 | 4 | 5 | 4 | 23 |
| 29 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 | 24 |
| 30 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 5 | 20 |
| Ti | 114 | 79 | 105 | 115 | 93 | 113 | 619 |
| X | 3,80 | 2,63 | 3,50 | 3,83 | 3,10 | 3,77 | |

TABLA 6.1 ANALISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|-----|-------------------|----------------|----------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 5 | 34,828 | 6,966 | 6,084 | 3,16 |
| BLOQUES | 29 | 39,494 | 1,362 | 1,190 | 1,86 |
| ERROR | 145 | 166,006 | 1,145 | | |
| TOTAL | 179 | 240,328 | | Fct > Ft | Fcb < Ft |

Como se observa el F calculado para los tratamientos es mayor que el F tabulado por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, en tanto que el F calculado para los bloques es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre ellos.

TABLA 6.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN - Test de DUNCAN

| TRATAMIENTO | B | E | C | F | A | D |
|-------------|--------|----------|----------|---------|--------|-------|
| PROMEDIO | 2,63fe | 3,10ebcd | 3,50dabc | 3,77cab | 3,80ba | 3,83a |

Los tratamientos que comparte la misma letra minúscula en el subíndice no existe diferencia significativa.

Resultando que existe diferencia organoléptica de aroma y sabor entre las muestras comparadas, en donde la muestra 1, que corresponde al Café arabica tiene mayor aceptación que las otras muestras, le sigue en orden de aceptación la muestra 3 correspondiente a la Mezcla de café (50% Café Arabica + 50% Café Robusta) y finalmente la 2 que corresponde al café Robusta, este comportamiento es similar tanto para el Diclorometano como para el agua.

Por lo tanto, se elige la muestra 1 (café Arabica) tratada con AGUA, por ser la que mejor aroma y sabor presenta. Para una mejor apreciación se presentan gráficas de barras en el Anexo # 5.

4.3.3 COLOR

En la muestra 1, se prueba tres grados de tostación: muy fuerte, fuerte y suave. Se evalúa luego las características organolépticas del color conjuntamente con el aroma y sabor, utilizando un panel de 25 personas y el test que se aplica se presenta en el Anexo 6.

Posteriormente se procede a la ordenación y tabulación de los datos y análisis estadístico del mismo, utilizando hipótesis similares y el modelo presentado para la evaluación del aroma y sabor.

Los tratamientos se ordenan de la siguiente manera:

A = tostado muy fuerte

B = Tostado fuerte

C = Tostado suave

TABLA 7. EVALUACIÓN ORGANOLEPTICA DEL COLOR

| # CATADOR | GRADOS DE TOSTACIÓN | | | |
|-----------|---------------------|------|-----|-----|
| | A | B | C | Tj |
| 1 | 4 | 5 | 3 | 12 |
| 2 | 4 | 3 | 1 | 8 |
| 3 | 4 | 5 | 4 | 13 |
| 4 | 4 | 5 | 3 | 12 |
| 5 | 1 | 5 | 4 | 10 |
| 6 | 3 | 5 | 3 | 11 |
| 7 | 4 | 5 | 3 | 12 |
| 8 | 4 | 5 | 3 | 12 |
| 9 | 4 | 4 | 3 | 11 |
| 10 | 4 | 4 | 3 | 11 |
| 11 | 4 | 3 | 2 | 9 |
| 12 | 4 | 5 | 3 | 12 |
| 13 | 4 | 5 | 3 | 12 |
| 14 | 3 | 5 | 4 | 12 |
| 15 | 3 | 5 | 4 | 12 |
| 16 | 0 | 4 | 0 | 4 |
| 17 | 5 | 3 | 4 | 12 |
| 18 | 4 | 5 | 3 | 12 |
| 19 | 5 | 4 | 3 | 12 |
| 20 | 4 | 5 | 3 | 12 |
| 21 | 4 | 5 | 3 | 12 |
| 22 | 2 | 4 | 3 | 9 |
| 23 | 4 | 3 | 3 | 10 |
| 24 | 4 | 5 | 1 | 10 |
| 25 | 3 | 5 | 1 | 9 |
| Ti | 89 | 112 | 70 | 271 |
| X | 3,56 | 4,48 | 2,8 | |

TABLA 7.1 ANALISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|----------|------------|
| TRATAMIENTOS | 2 | 35,3867 | 17,6934 | 20,9115 | 5,084 |
| BLOQUES | 24 | 29,7867 | 1,2411 | 1,4668 | 2,202 |
| ERROR | 48 | 40,6133 | 0,8361 | | |
| TOTAL | 74 | 105,7867 | | Fct > Ft | & Fcb < Ft |

Como se observa el F calculado para los tratamientos es mayor que el F tabulado por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, mientras que el F calculado para los bloques es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre ellos.

TABLA 7.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN - Test de DUNCAN

| TRATAMIENTO | C | A | B |
|-------------|-------|-------|-------|
| PROMEDIO | 2,80c | 3,56b | 4,48a |

Existe diferencia significativa entre los tratamientos.

De este análisis se concluye que la muestra que recibe un tostado fuerte (color 28) es la que desarrolla mejor las características de aroma y sabor, por lo que el panel de catadores demuestra una marcada preferencia.

En la gráfica del Anexo 7, se puede apreciar estas diferencias de los resultados.

4.4 COMPROBACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN:

4.4.1 PRIMERA HIPÓTESIS:

La hipótesis verificada se enuncia así: " El contenido de cafeína residual de las muestras en estudio, sometidas a diferentes tratamientos y solventes extractantes es similar".

Como se expone en el numeral 4.2 de éste capítulo, el análisis estadístico se lo realiza en base al contenido residual de cafeína en las muestras luego de haberse efectuado el proceso de la descafeinación, en el análisis de varianza se comprueba que los tratamientos no difieren estadísticamente entre sí, para verificar esta conclusión se realizó la prueba de significación de la Diferencia Mínima significativa, que reafirma nuestra conclusión.

Una vez que se ha elegido los tratamientos que contienen la menor cantidad de cafeína residual tanto para el DICLOROMETANO como para el AGUA, luego de haber evaluado sus características organolépticas de aroma y sabor, determinamos que la muestra que mejor a conservado dichas

cualidades es la 1 que corresponde al café arabica descafeinada con agua y que recibe el tratamiento A es decir 18h00 de hidratación y 2h00 de extracción, de igual manera se ha estudiado la incidencia de la variación del grado de tostado en esta muestra 1, resultando ser el de mayor aceptación el tostado fuerte.

Luego de este análisis, se verificará las hipótesis restantes planteadas en este trabajo de investigación.

4.4.2 SEGUNDA HIPOTESIS

El enunciado de la hipótesis sujeto a verificación es: "El descafeinar el café no influye en la calidad del producto final".

En símbolos tenemos:

Hipótesis nula : H_0 : $CD = CE$

Hipótesis alternativa: H_1 : $CD \neq CE$

donde: $CD =$ Café Descafeinado

$CE =$ Café sin descafeinar

Para el análisis de esta hipótesis nula se procede a realizar una evaluación organoléptica utilizando dos muestras de café: Una de café descafeinado y otra de Café no descafeinado (entero), sometidas a condiciones iguales de torrefacción (color 28) y molido para luego preparar una bebida en condiciones también similares y realizar la evaluación organoléptica. Se utiliza un panel de 20 personas, a las cuales se les pidió evaluar el aroma y sabor en conjunto, luego se tabula y ordena los datos para realizar el análisis estadístico mediante un Diseño Simple al Azar.

TABLA 8. EVALUACIÓN ORGANOLEPTICA DEL CAFÉ DESCAFEINADO Y
ENTERO

| # CATADOR | C A F E | | |
|-----------|-------------|--------|-----|
| | DESCAFEINA. | ENTERO | Tj |
| 1 | 4 | 5 | 9 |
| 2 | 3 | 5 | 8 |
| 3 | 5 | 5 | 10 |
| 4 | 5 | 5 | 10 |
| 5 | 4 | 5 | 9 |
| 6 | 5 | 5 | 10 |
| 7 | 5 | 5 | 10 |
| 8 | 5 | 5 | 10 |
| 9 | 4 | 5 | 9 |
| 10 | 4 | 5 | 9 |
| 11 | 3 | 5 | 8 |
| 12 | 4 | 5 | 9 |
| 13 | 3 | 5 | 8 |
| 14 | 4 | 5 | 9 |
| 15 | 3 | 5 | 8 |
| 16 | 5 | 5 | 10 |
| 17 | 2 | 5 | 7 |
| 18 | 4 | 5 | 9 |
| 19 | 3 | 5 | 8 |
| 20 | 2 | 5 | 7 |
| Ti | 77 | 100 | 177 |
| X | 3,85 | 5 | |

TABLA 8.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|----------|------------|
| TRATAMIENTOS | 1 | 13,23 | 13,23 | 27,43 | 4,38 |
| BLOQUES | 19 | 9,28 | 0,48 | 1,00 | 4,38 |
| ERROR | 19 | 9,28 | 0,48 | | |
| TOTAL | 39 | 31,78 | | Fct > Ft | & Fcb < Ft |

Como se observa el F calculado para los tratamientos es mayor que el F tabulado por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, mientras que el F calculado para los bloques es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre los bloques.

TABLA 8.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN - Test de DUNCAN

| TRATAMIENTO | DESCAFEINADO | ENTERO |
|-------------|-------------------|-------------------|
| PROMEDIO | 3,85 _b | 5,00 _a |

El presente análisis nos ayuda a concluir que el proceso de descafeinación si influye en la calidad del producto final, puesto que el café entero tiene mayor aceptación que el café descafeinado.

4.5.2 TERCERA HIPÓTESIS

El enunciado de la hipótesis alternativa a verificar es: "La calidad del grano influye en el proceso de descafeinación".

En símbolos tenemos:

Hipótesis nula :- $H_0 : C_1 = C_2$

Hipótesis alternativa: $H_1 : C_1 \neq C_2$

en donde: C = calidad

En la comprobación de esta hipótesis nos valdremos de la muestra 1 en la cual se obtiene un mínimo de contenido de cafeína luego del proceso de descafeinación y es la que mejor conserva sus características organolépticas, por lo que se compara con una muestra de igual variedad pero de mejor calidad.

La nueva muestra es designada como muestra 4 y es analizada al igual que la muestra 1, para luego ser sometida a un tratamiento semejante al óptimo conseguido con la muestra 1, los datos de estos análisis se los incorpora igualmente en la tabla 3 de resultados al inicio de este capítulo.

Luego del análisis cromatográfico del contenido de cafeína después del tratamiento de descafeinación tenemos los resultados en la siguiente tabla:

**TABLA 9. CONTENIDO DE CAFEÍNA EN LAS MUESTRA 1 Y 4
DESPUES DEL PROCESO DE DESCAFEINACIÓN (%)**

| | | |
|----------------------------------|--------|--------|
| Solvente de extracción: A G U A | | |
| Tiempo de Hidratación : 18 horas | | |
| Tiempo de extracción : 2 horas | | |
| M U E S T R A S | | |
| REPETICIONES | 1 | 4 |
| 1 | 0,0336 | 0,3847 |
| 2 | 0,0657 | 0,3658 |

Los datos de estas tablas son transformados mediante la fórmula $(X + 0,5)^{1/2}$, se aplica el diseño simple al azar y la prueba de significación - t de Student.

TABLA 10. DATOS TRANSFORMADOS

| REPETICIONES | MUESTRAS | | SUMA |
|-----------------|----------|--------|--------------|
| | 1 | 4 | REPETICIONES |
| 1 | 0,7305 | 0,9406 | 1,6711 |
| 2 | 0,7521 | 0,9305 | 1,6826 |
| SUMA TRATAMIEN. | 1,4826 | 1,8711 | 3,3537 |
| X | 0,7413 | 0,9356 | |

TABLA 10.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|---------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 1 | 0,0377 | 0,0377 | 282,46 | 18,51 |
| ERROR | 2 | 0,0003 | 0,0001 | | |
| TOTAL | 3 | 0,0380 | | Fc > Ft | |

Como se observa el F calculado para los tratamientos es mayor que el F tabulado por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

TABLA 10.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN - t de STUDENT

| TRATAMIENTO | 1 | 2 |
|-------------|---------|---------|
| PROMEDIO | 0,9356* | 0,7413* |

* Existe diferencia significativa entre las muestras.

Luego de realizar esta prueba se concluye que existe diferencia entre las muestras de la misma variedad pero de diferente calidad, resultando que la muestra 4 que es de mejor calidad contiene mayor porcentaje de cafeína después de haber sido sometida a un tratamiento de descafeinación similar al que recibe la muestra 1.

4.4.4 CUARTA HIPÓTESIS

La hipótesis es: "el solvente extractante de la cafeína no influye en el rendimiento final de los productos elaborados"

Literalmente se plantea como:

Hipótesis nula : $H_0 : R_1 = R_2$

Hipótesis alternativa: $H_1 : R_1 \neq R_2$

Donde R = Rendimiento.

Los resultados del rendimiento de los productos terminados se presentan a continuación:

TABLA 11. DATOS ORIGINALES DEL RENDIMIENTO (%)

| REPETI- CIONES | CAFÉ MOLIDO | | CAFÉ LIOFILIZADO | |
|-------------------|-------------|-------|------------------|-------|
| | DICLOROMETA | AGUA | DICLOROMETA | AGUA |
| 1 | 50,825 | 73,74 | 0,418 | 0,434 |
| 2 | 52,015 | 73,03 | 0,422 | 0,446 |

Para aplicar un diseño simple al azar se transforma los datos mediante la fórmula $(X + 0,5)^{1/2}$, los cuales detallamos a continuación tanto para el café molido como para el liofilizado. Además se efectúa el análisis de Varianza y la prueba de significación- t de Student.

TABLA 11.1 DATOS TRANSFORMADOS DEL CAFÉ MOLIDO

| Repetición | DICLOROMETA | AGUA | Tj |
|------------|-------------|--------|--------|
| 1 | 7,164 | 8,616 | 15,780 |
| 2 | 7,247 | 8,576 | 15,823 |
| Ti | 14,411 | 17,192 | 31,603 |
| X | 7,206 | 8,596 | |

TABLA 11.1.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|---------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 1 | 1,9327 | 1,9327 | 920,3 | 18,5 |
| ERROR | 2 | 0,0042 | 0,0021 | | |
| TOTAL | 3 | 1,9369 | | Fc > Ft | |

Como se observa el F calculado para los tratamientos es mayor que el F tabulado por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

TABLA 11.1.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN - t de Student

| TRATAMIENTO | DICLOROMETANO | AGUA |
|-------------|---------------|--------|
| FROMMEDIO | 7,206* | 8,595* |

* Hay diferencia significativa.

De éste análisis se concluye que el rendimiento es mayor para el agua que para el diclorometano.

TABLA 11.2 DATOS TRANSFORMADOS DEL CAFÉ LIOFILIZADO

| Repetición | DICLOROMETANO | AGUA | Tj |
|------------|---------------|--------|--------|
| 1 | 0,9581 | 0,9664 | 1,9245 |
| 2 | 0,9602 | 0,9726 | 1,9328 |
| Ti | 1,9183 | 1,9390 | 3,8573 |
| X | 0,9592 | 0,9695 | |

TABLA 11.2.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|---------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 1 | 0,000107 | 0,000107 | 10 | 18,51 |
| ERROR | 2 | 0,0000214 | 0,0000107 | | |
| TOTAL | 3 | 0,000128 | | Fc < Ft | |

Como se observa el F calculado para los tratamientos es menor que el F tabulado por lo cual se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

TABLA 11.2.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN - t de Student

| TRATAMIENTO | DICLOROMETANO | AGUA |
|-------------|---------------|--------|
| PROMEDIO | 0,9592 | 0,9695 |

Como se puede apreciar, los resultados de este análisis demuestran que no existe diferencia en el rendimiento del café liofilizado obtenido con agua y diclorometano.

CAPITULO 5

COSTOS DE PRODUCCION

Los costos que se determinan en los productos elaborados son considerados a nivel de laboratorio y para la extracción de la cafeína realizada con el agua, por ser el solvente con el cual se obtuvo las mejores características organolépticas.

Además no se realizaron los cálculos del costo para el café elaborado con diclorometano por cuanto, la adquisición de éste solvente es cuantiosa, puesto que 1 lt de solvente cuesta 23 200 sucres sin que se incluya el I.V.A, lo que significaría elevar aún más el precio del producto final.

5.1 CAFE MOLIDO DESCAFEINADO

5.1.1 COSTOS DIRECTOS

| R U B R O | CANTIDAD | P.UNITARIO sucres | TOTAL sucres |
|-------------------------------------|-----------|----------------------|-----------------|
| <u>MATERIALES</u> Café en grano | 10,782 Kg | 6 00,00 | 6 469,20 |
| <u>MANO DE OBRA</u> Mano de obra | 12 horas | 375,00 | 4 500,00 |
| S U M A N | | | 10 969,20 |

5.1.2 COSTOS INDIRECTOS

| R U B R O | CANTIDAD | P.UNITARIO sucres | TOTAL sucres |
|---|----------------|----------------------|-----------------|
| <u>MATERIALES</u> Aceite | 1/8 lt | 3 000,00 | 375,00 |
| Detergente | 100 g | 2/g | 200,00 |
| <u>GASTOS GENERALES DE FABRICACIÓN</u> Luz | 50 Kw.h | 6,00 | 300,00 |
| Agua | m ³ | | 200,00 |
| S U M A N | | | 1 075,00 |

COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS:

12 044,20
=====

5.1.3 COSTO POR UNIDAD DE PRODUCTO = \$ 1 522,04/Kg.

5.2 CAFÉ LIOFILIZADO DESCAFEINADO

5.2.1 COSTOS DIRECTOS

| RUBRO | CANTIDAD | P.UNITARIO sucres | TOTAL sucres |
|--|----------|----------------------|-----------------|
| <u>MATERIALES</u> Café molido descafeinad | 7,913kg | 1 522,04 | 12 044,20 |
| <u>MANO DE OBRA</u> Mano de obra | 4 horas | 375,00 | 1 500,00 |
| S U M A N | | | 13 544,20 |

5.2.2 COSTOS INDIRECTOS

| RUBRO | CANTIDAD | P.UNITARIO sucres | TOTAL sucres |
|---|----------------|----------------------|-----------------|
| <u>MATERIALES</u> Diesel | 10 gal. | 380,00 | 3 800,00 |
| <u>GASTOS GENERALES DE FABRICACIÓN</u> Luz | 20 Kw.h | 6,00 | 120,00 |
| Agua | m ³ | | 150,00 |
| S U M A N | | | 4 070,00 |

COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS:

17 614,20
=====

5.2.3 COSTO POR UNIDAD DE PRODUCTO : \$ 510,56/g.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La necesidad de producir una bebida de características organolépticas aceptables y que contenga un mínimo contenido de cafeína, nos ha llevado a adaptar una tecnología con la que hemos obtenido buenos resultados y así hemos cumplido con los objetivos planteados.

Las **CONCLUSIONES** a las que hemos llegado son las siguientes:

- De las muestras sometidas a diferentes tratamientos, utilizando los dos solventes extractantes Diclorometano y Agua, los diferentes tiempos de hidratación 10, 20, 30h00 y 18, 24, 30h00, respectivamente no presentan una diferencia significativa debido a que los resultados obtenidos son similares.
- Las características organolépticas se ven degradadas especialmente al utilizar el diclorometano, debido al arrastre de principios aromáticos durante el proceso de extracción, mientras que en la extracción con agua se conservan de mejor manera tanto el aroma como el sabor.

- De las materias primas ensayadas el café arábica es la muestra que presenta mejores ventajas para la descafeinación, por retener sus componentes aromáticos, luego se ubica la mezcla y finalmente el café robusta.

- De los tres grados de tostado que recibe el café arábica, el de mayor aceptación es el tostado fuerte, siguiéndole en preferencia el muy fuerte y luego el suave, presentando una diferencia marcada en las características de aroma y sabor.

- El descafeinar el café influye en la calidad de los productos elaborados, por cuanto las cualidades de aroma y sabor se ven afectados durante el proceso de elaboración.

- La calidad del grano influye en el proceso de descafeinación teniendo una relación inversa debido a que a mayor calidad menor es la descafeinación y viceversa.

- Un mayor porcentaje de granos imperfectos mejora el proceso de descafeinación debido a que facilita la hidratación y extracción.

- El rendimiento obtenido para el café molido es mayor que para el liofilizado.
- En cuanto al rendimiento obtenido para el café liofilizado descafeinado con diclorometano y agua son bajos y, muy aproximados en ambos casos.
- El bajo rendimiento en el **café liofilizado** se debe a las pérdidas en las que se incurre durante las diferentes etapas del proceso de elaboración del producto.
- La cantidad de finos en la molturación influye en el proceso de extracción de sólidos debido a que si son muy finos bloquea el flujo uniforme del agua dando origen a la formación de canales que dificultan en mayor grado la extracción y, si son partículas gruesas la extracción es deficiente, consecuentemente el rendimiento disminuye.
- El costo para el café molido descafeinado con agua es de 1 522,04 sucres/Kg, siendo un precio módico. Mientras que el precio para el liofilizado es sumamente elevado (510,56 sucres/g) y esto se debe al bajo rendimiento obtenido.

- Se puede obtener un **Café Descafeinado** con características similares a las que posee un Café Entero - es decir sin descafeinar -, aunque el precio difiere uno de otro, siendo para los productos descafeinados muy costosos.

- Finalmente concluimos que la adaptación de tecnología, es factible realizarla en nuestro medio a pesar de los múltiples inconvenientes que conlleva ésta actividad, entre los cuales podemos citar: la falta de implementación de equipos para la realizar ensayos a nivel de laboratorio como son por ejemplo las baterías de percolación.

Después de haber realizado esta investigación, entre las **RECOMENDACIONES** que podemos sugerir tenemos:

- Al pensar incrementar una Fábrica de Café descafeinado se debe aprovechar la humedad inicial del grano y, que el despulpado del café cosechado se lo realice por vía húmeda, evitándose así un doble secado del grano ya que esto degrada la calidad del producto final.
- En todas las etapas del proceso se debe observar las debidas precauciones para evitar las pérdidas de aroma y sabor, así como cualquier adulteración.
- Aumentar la eficiencia en la extracción de sólidos solubles para disminuir las pérdidas y consecuentemente reducir los costos del producto final.
- Para la realización de trabajos posteriores considerar los siguientes factores que influyen directamente sobre la calidad y cantidad del producto obtenido:
 - a) Relación café:agua
 - b) Temperatura del agua durante la extracción

de la cafeína.

- c) Temperatura de secado luego del descafeinado.
- d) Tamaño de partículas del café molido.
- e) Hidratación previa del café molido.
- f) Temperatura del agua.

- Cuando el proceso de descafeinación se realice a nivel industrial se recupere la cafeína para uso farmacéutico y otros fines.

- En futuras investigaciones sobre café descafeinado se realice la recuperación de sólidos perdidos durante la hidratación y extracción para obtener un mayor rendimiento.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. "Official Methods of Analysis". Published by Association of Official Analytical Chemists. INC. Arlington, Virginia, USA. 1984
2. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. Anuario de Exportación #
12.
3. CENDES. Café liofilizado. Quito 1978
4. COSTE RENE. El Café. Técnicas Agrícolas y Producciones tropicales. Traducido del francés por Vicente Ripoll. Segunda Reimpresión. Edición española, Editorial BLUME, Barcelona, España, 1978.
5. DESROSIER NORMAN. Tecnología de los Alimentos. Traducido del inglés por Ing. Quim. Cristina Samaniego de Salinas. Tercera impresión. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México, 1985.

6. GUERRERO TROTSKY. Comercialización de los Productos Agrícolas en la Provincia de Loja. Editorial Universitaria, 1988.
7. KIRK y OTHERMER. Enciclopedia de Tecnología Química. Volumen III y X. Primera Edición en español. UTHEA. México. 1961
8. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Informe Anual de 1988 - 1989. Guayaquil.
9. PINTAURO NICOLAS. Coffee Solubilization. Commercial Processes and Techniques. Food Technology. Reviw # 28. Notes Data Corporation. New Yersey. 1975.
10. PROGRAMA NACIONAL DEL CAFE. Programación Cafetalera. Artículo "Participación del café emn la economía Nacional por Valarezo J.E. 1970.
11. ROCHAR ALONSO, Diccionario del Café. Oficina Panamericana del Café. Nueva York. Impreso en México. 1 964.

12. SIVETS M. Y DESROSIER N. Coffee Technology. AVI
PUBLISHING COMPANY. 0 1 d
and New Edition. Printed
in USA. 1963.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA PARA DETERMINAR LA HUMEDAD

Coffee Oro

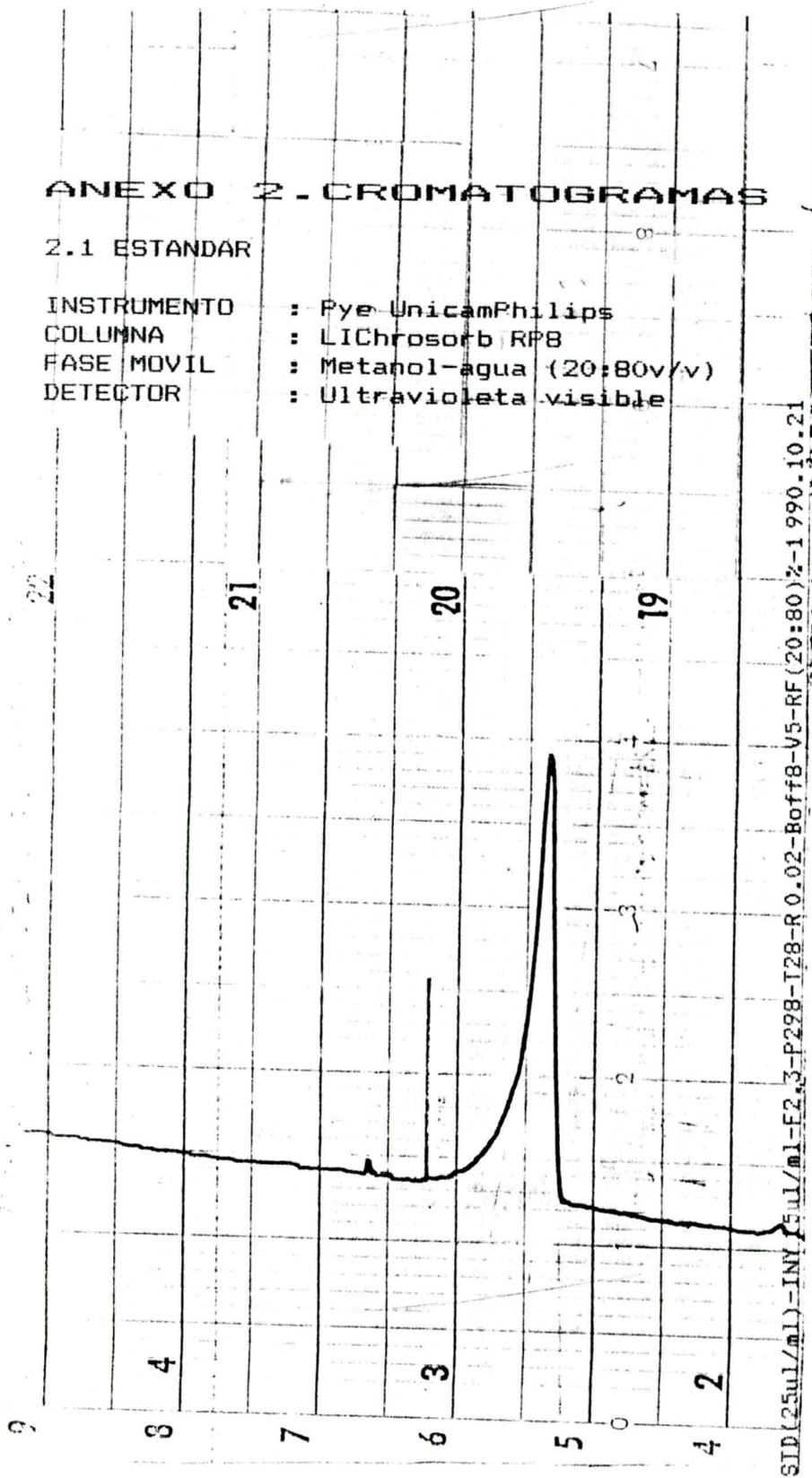
Standard Temperature: 80° F. Sample Weight: 5 oz.

| Scale "A" | Percent Moisture |
|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|
| 0 | 5.40 | 42 | 8.80 | 84 | 13.43 | 126 | 19.43 |
| 2 | 5.55 | 44 | 9.00 | 86 | 13.70 | 128 | 19.75 |
| 4 | 5.70 | 46 | 9.20 | 88 | 13.95 | 130 | 20.10 |
| 6 | 5.85 | 48 | 9.40 | 90 | 14.20 | 132 | 20.45 |
| 8 | 6.00 | 50 | 9.60 | 92 | 14.48 | 134 | 20.80 |
| 10 | 6.15 | 52 | 9.80 | 94 | 14.75 | 136 | 21.15 |
| 12 | 6.33 | 54 | 10.00 | 96 | 15.02 | 138 | 21.53 |
| 14 | 6.50 | 56 | 10.18 | 98 | 15.29 | 140 | 21.90 |
| 16 | 6.65 | 58 | 10.38 | 100 | 15.55 | 142 | 22.27 |
| 18 | 6.80 | 60 | 10.60 | 102 | 15.83 | 144 | 22.62 |
| 20 | 6.95 | 62 | 10.85 | 104 | 16.10 | 146 | 23.00 |
| 22 | 7.10 | 64 | 11.09 | 106 | 16.39 | 148 | 23.39 |
| 24 | 7.25 | 66 | 11.30 | 108 | 16.68 | 150 | 23.75 |
| 26 | 7.42 | 68 | 11.51 | 110 | 16.95 | 152 | 24.10 |
| 28 | 7.59 | 70 | 11.75 | 112 | 17.25 | 154 | 24.50 |
| 30 | 7.78 | 72 | 11.99 | 114 | 17.55 | 156 | 24.90 |
| 32 | 7.95 | 74 | 12.20 | 116 | 17.85 | 158 | 25.30 |
| 34 | 8.10 | 76 | 12.45 | 118 | 18.15 | 160 | 25.65 |
| 36 | 8.25 | 78 | 12.70 | 120 | 18.45 | | |
| 38 | 8.41 | 80 | 12.95 | 122 | 18.77 | | |
| 40 | 8.60 | 82 | 13.18 | 124 | 19.10 | | |

ANEXO 2. CROMATOGRAMAS

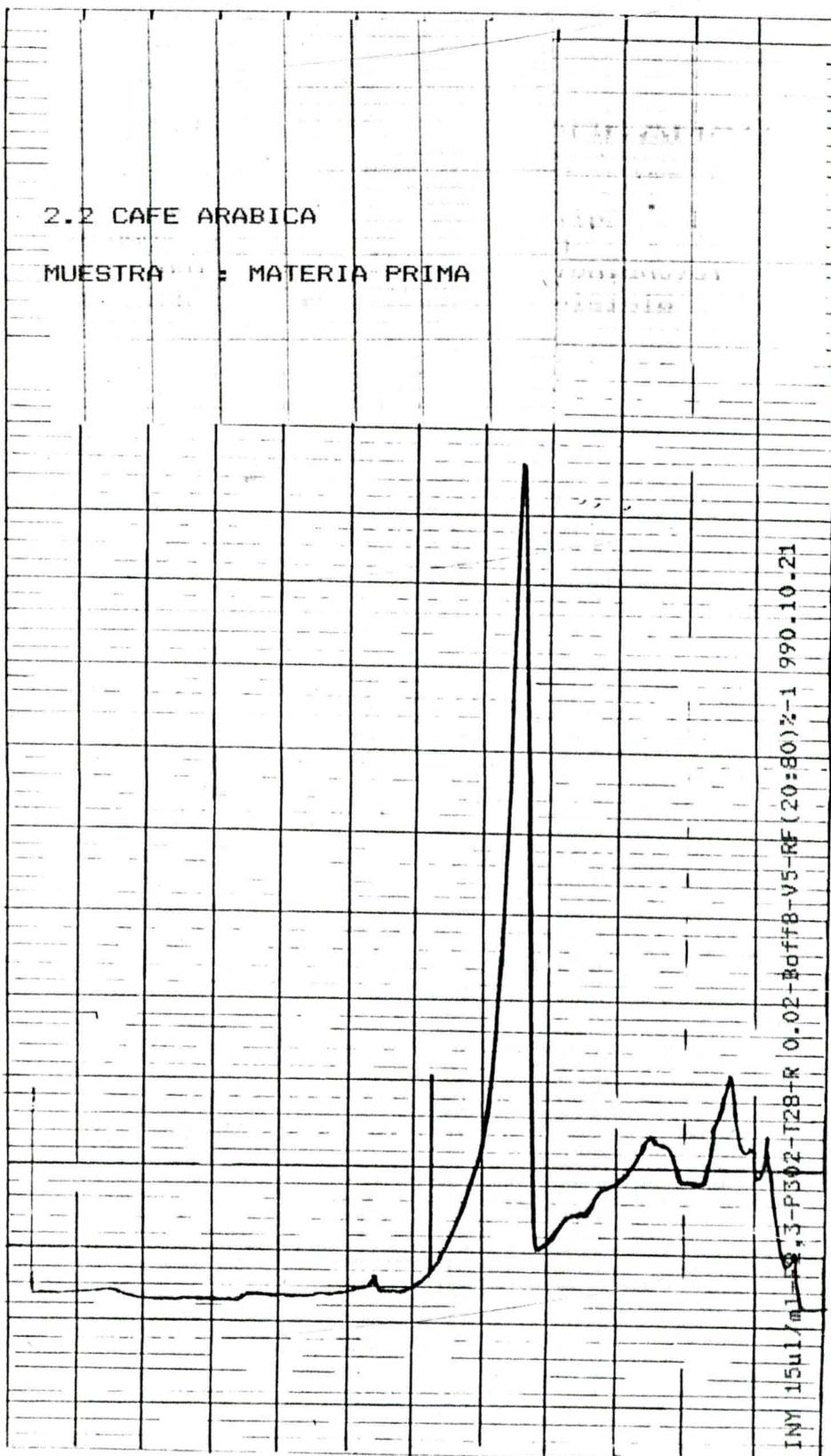
2.1 ESTANDAR

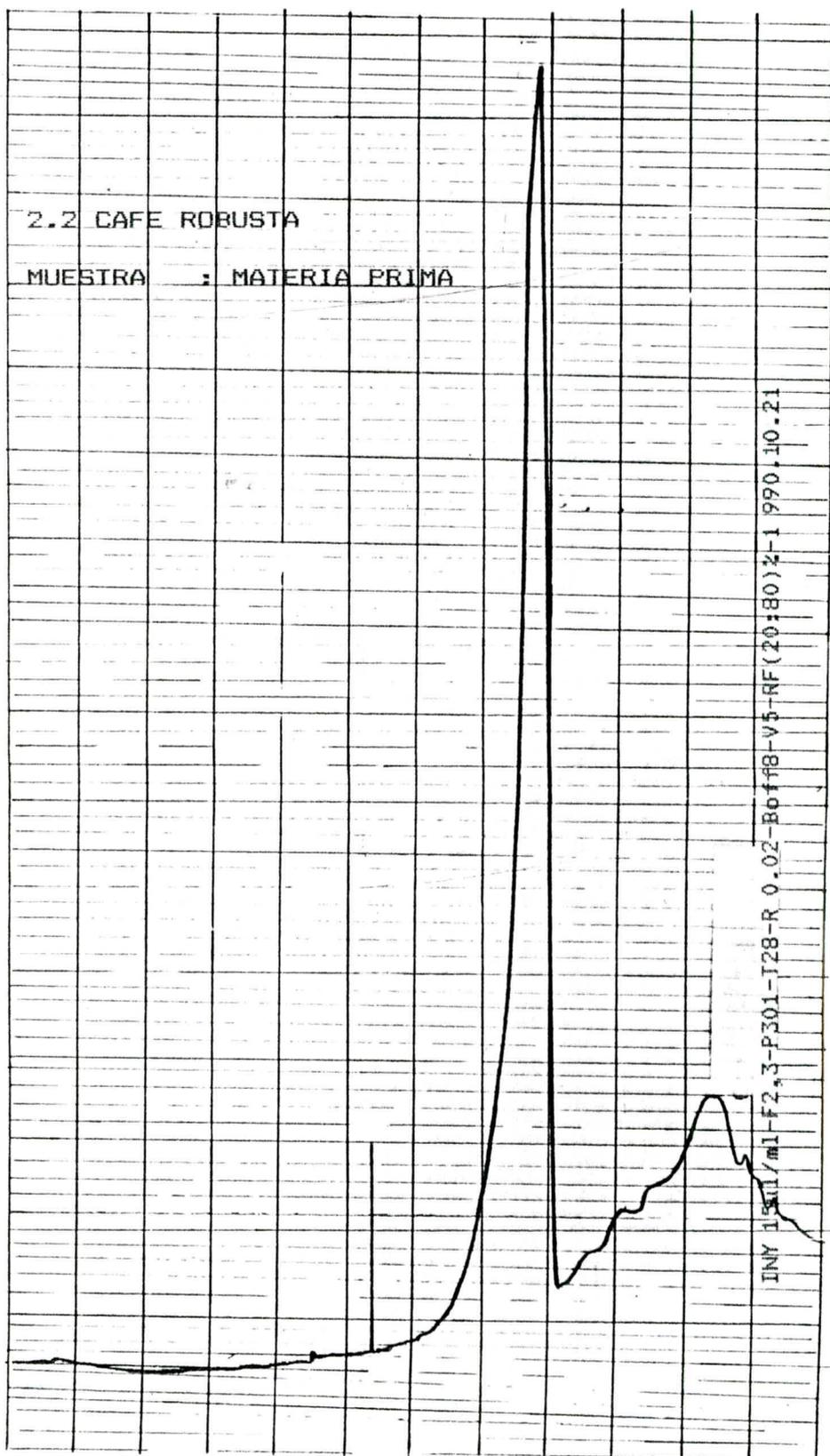
INSTRUMENTO : Pye Unicam Philips
 COLUMNA : LICHrosorb RPB
 FASE MOVIL : Metanol-agua (20:80v/v)
 DETECTOR : Ultravioleta visible



2.2 CAFE ARABICA

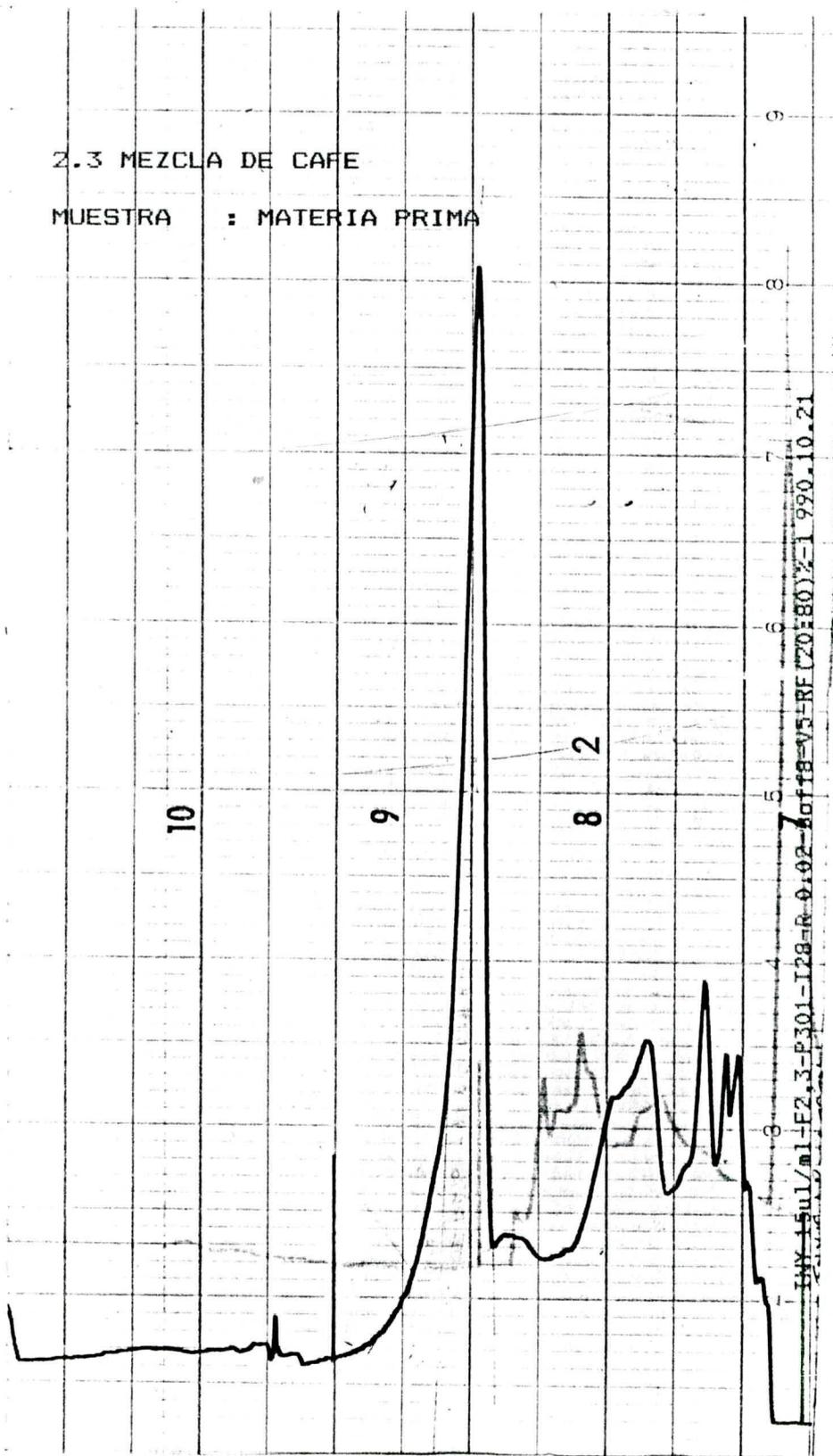
MUESTRA : MATERIA PRIMA



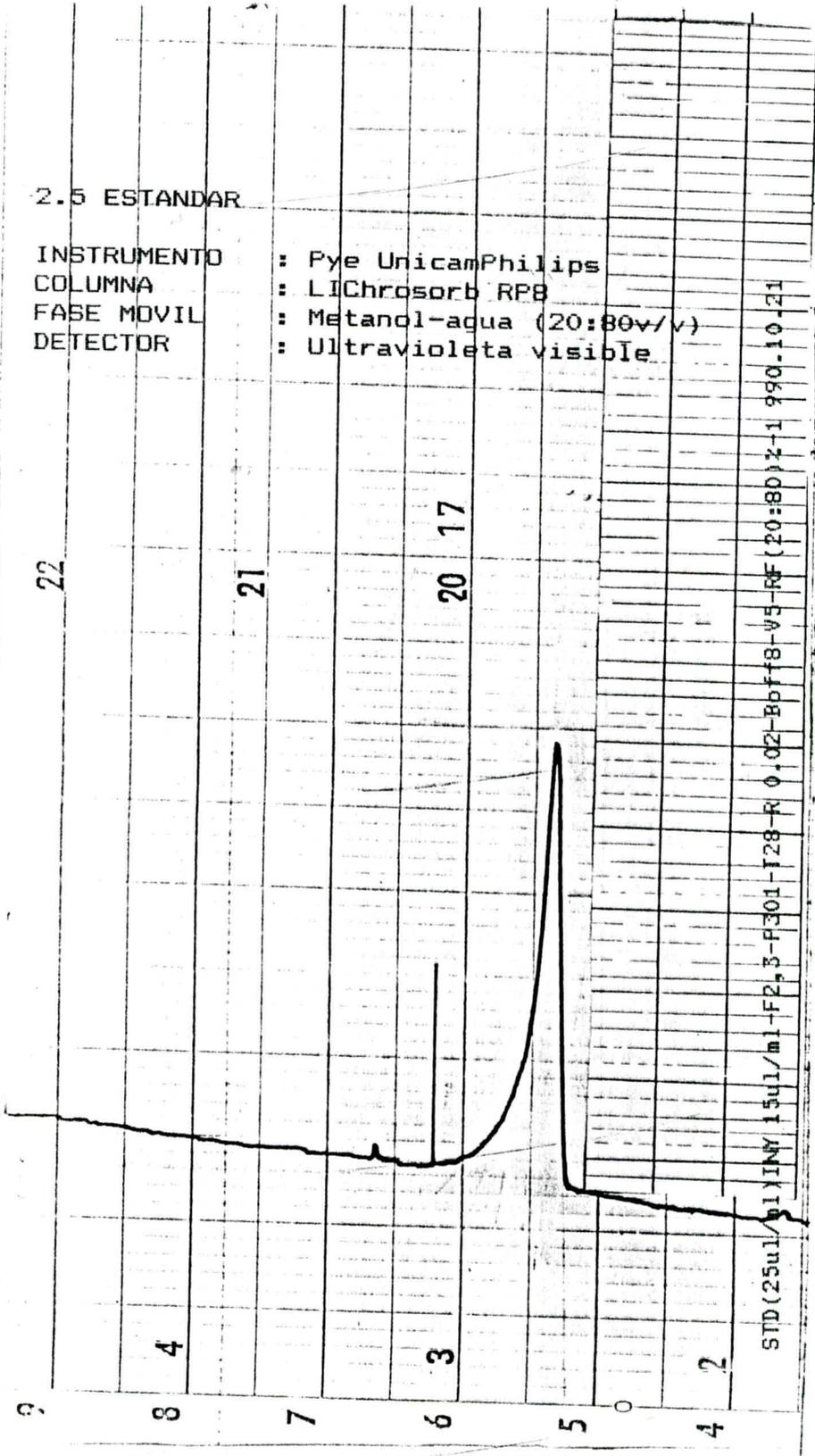


2.3 MEZCLA DE CAFE

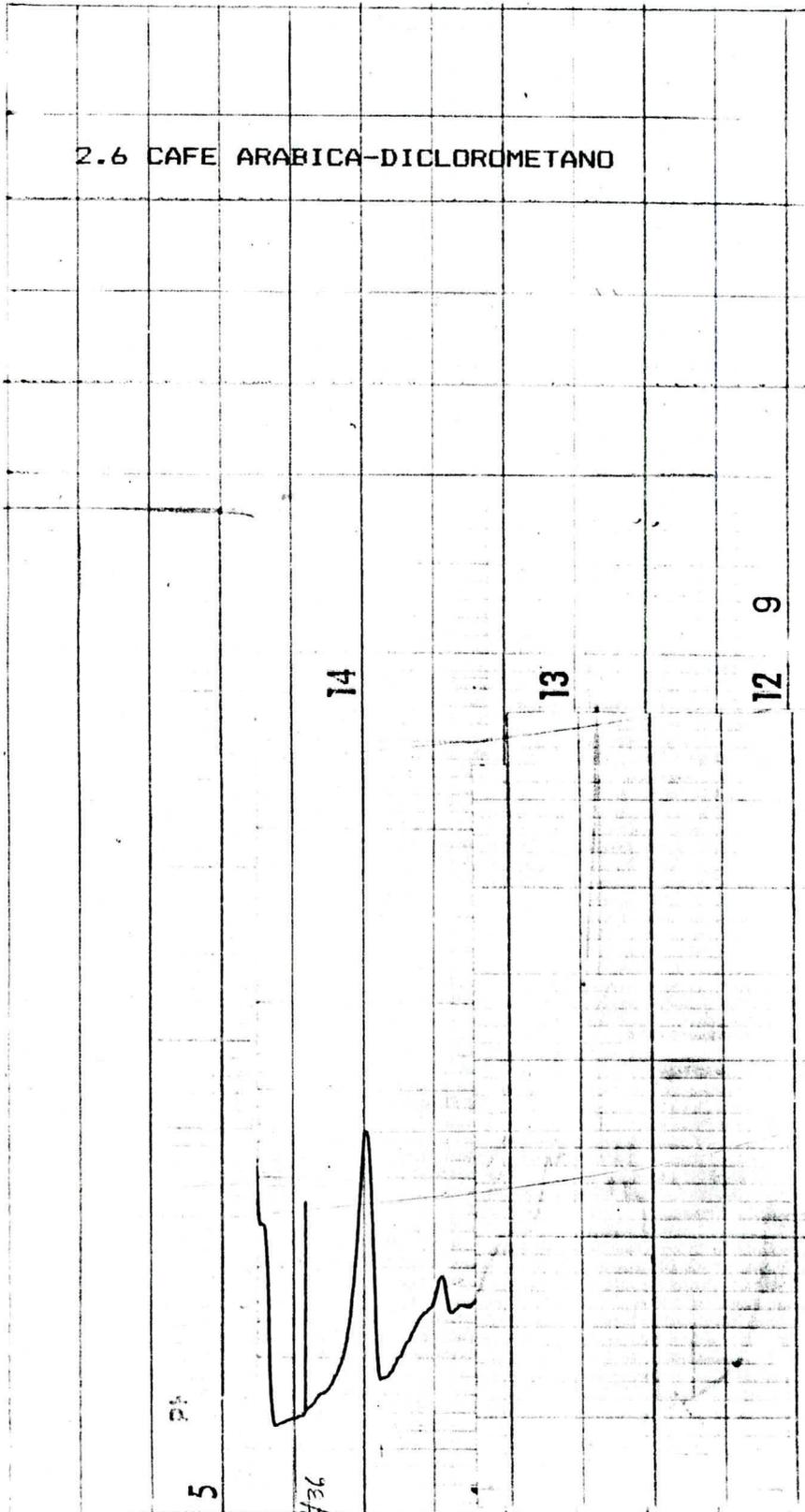
MUESTRA : MATERIA PRIMA



HW 15ul/ml-E2, 3-P301-128-R-0.02-2018-V5-RF C2018012-1990.10.21



2.6 CAFE ARABICA-DICLOROMETANO



INY 15ul/ml-F2,3-P314-T28-R 0.02-BoffB-V5-RF (20:80)%-1 991.01.04

2.7 CAFE ROBUSTA-DICLOROMETANO

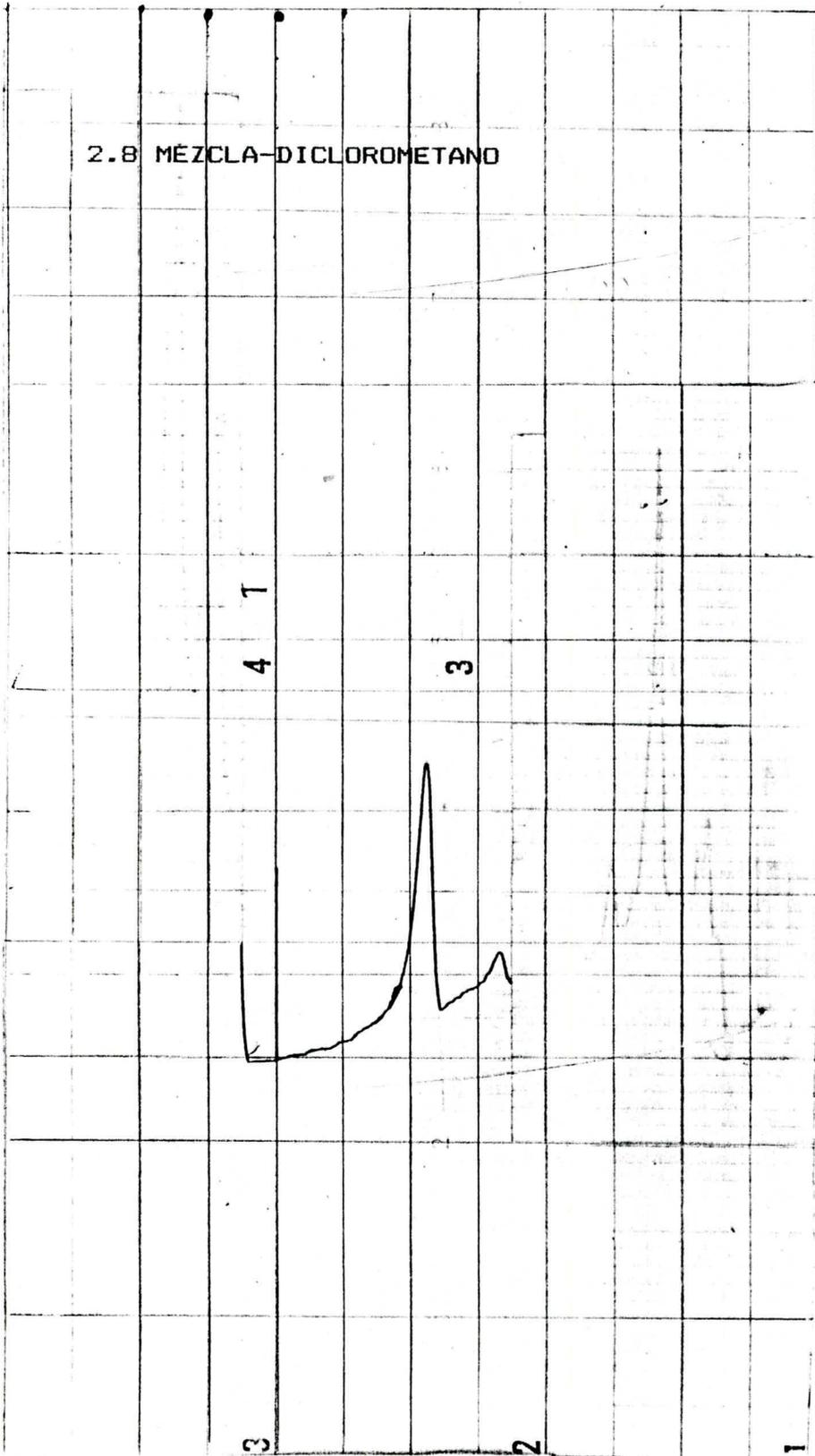
13

12 9

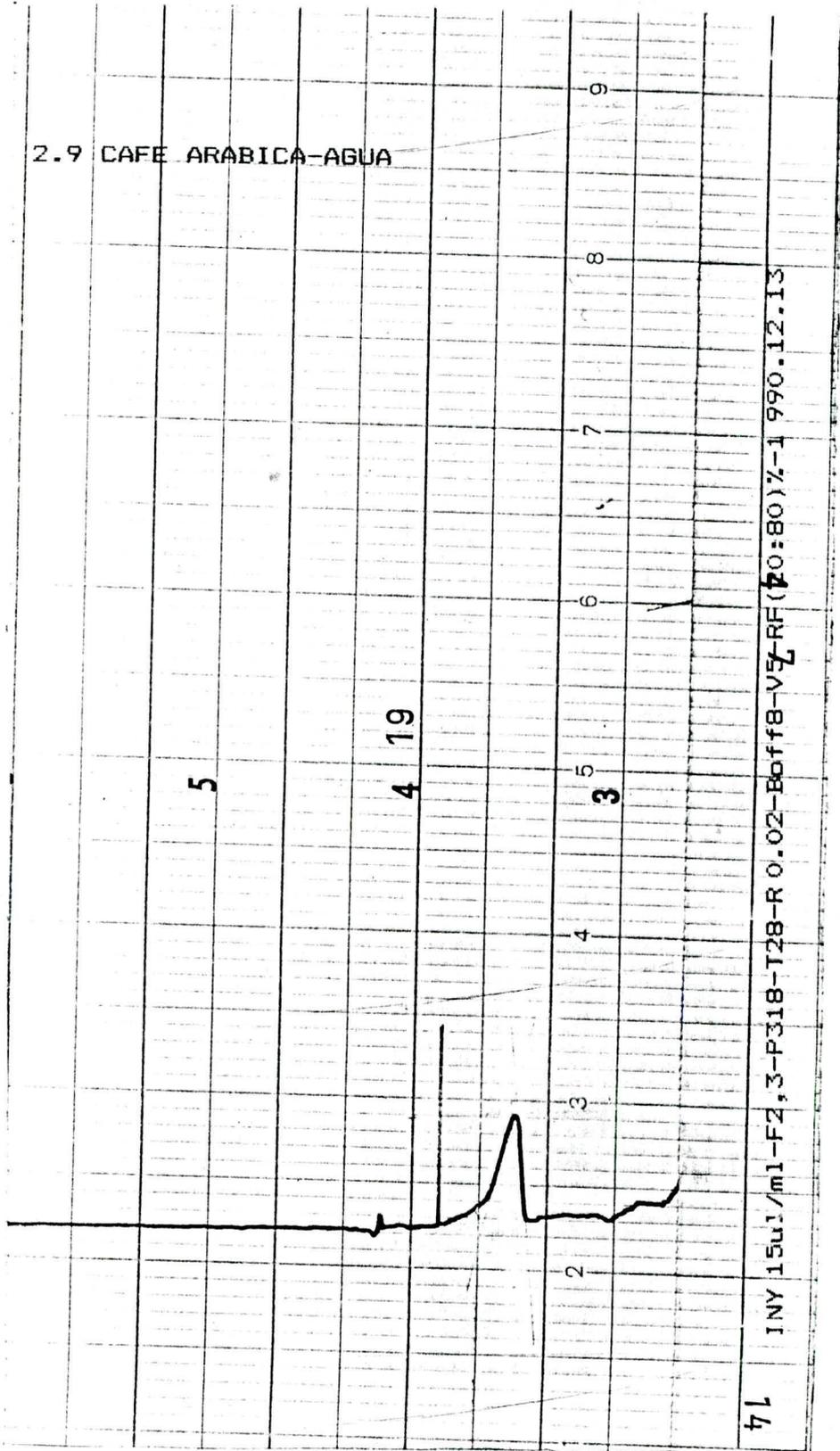
3



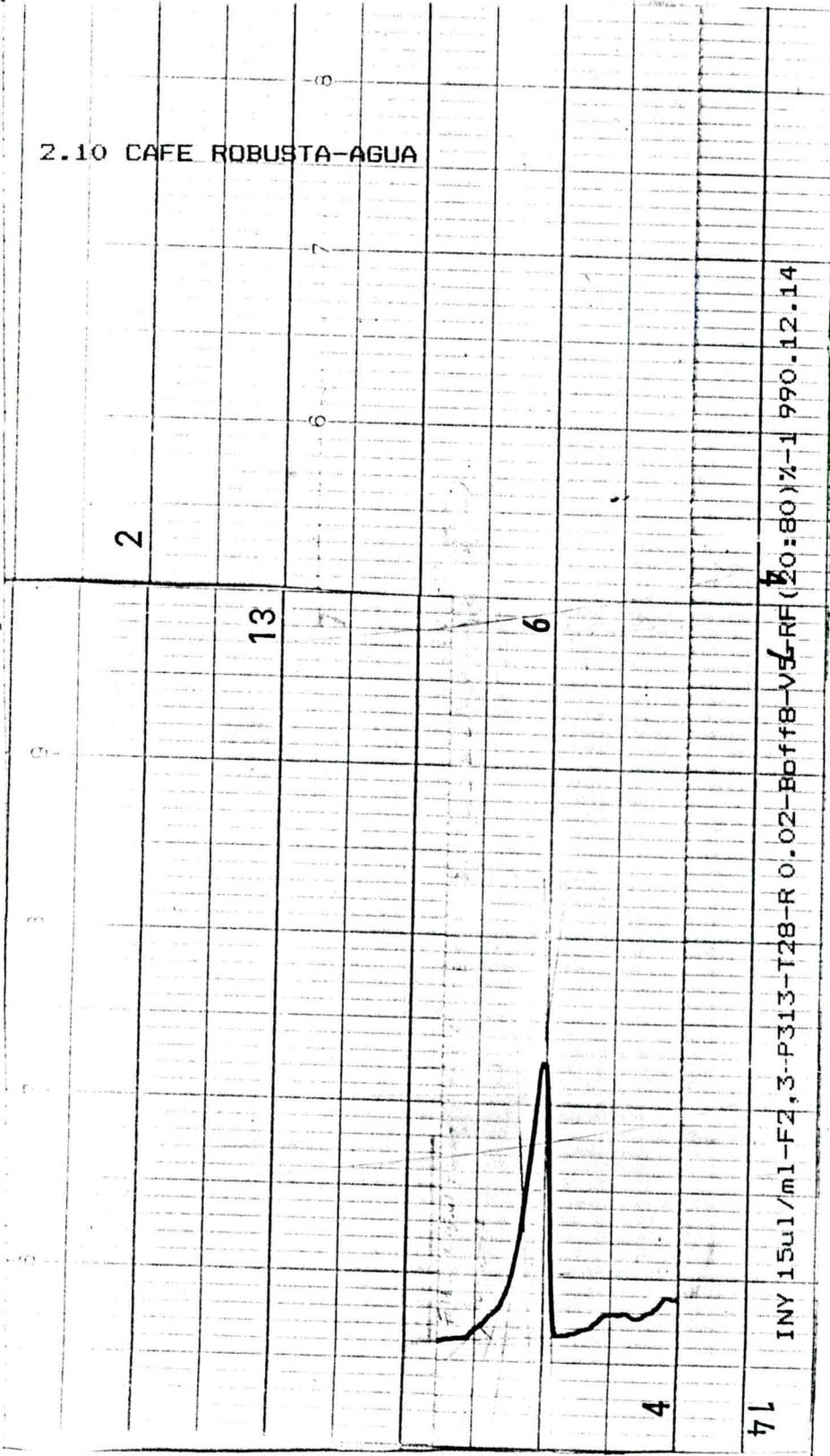
INY 1301/ml-F2.3-P310-T28-R 0:02-Bof f8-V8-RF(20:80)%-I 991.01.C5



INY 15u1/ml-F2, 3-P328-T28-R 0.02-Boff8-V5-RF (20:80)%-1-991.01.05

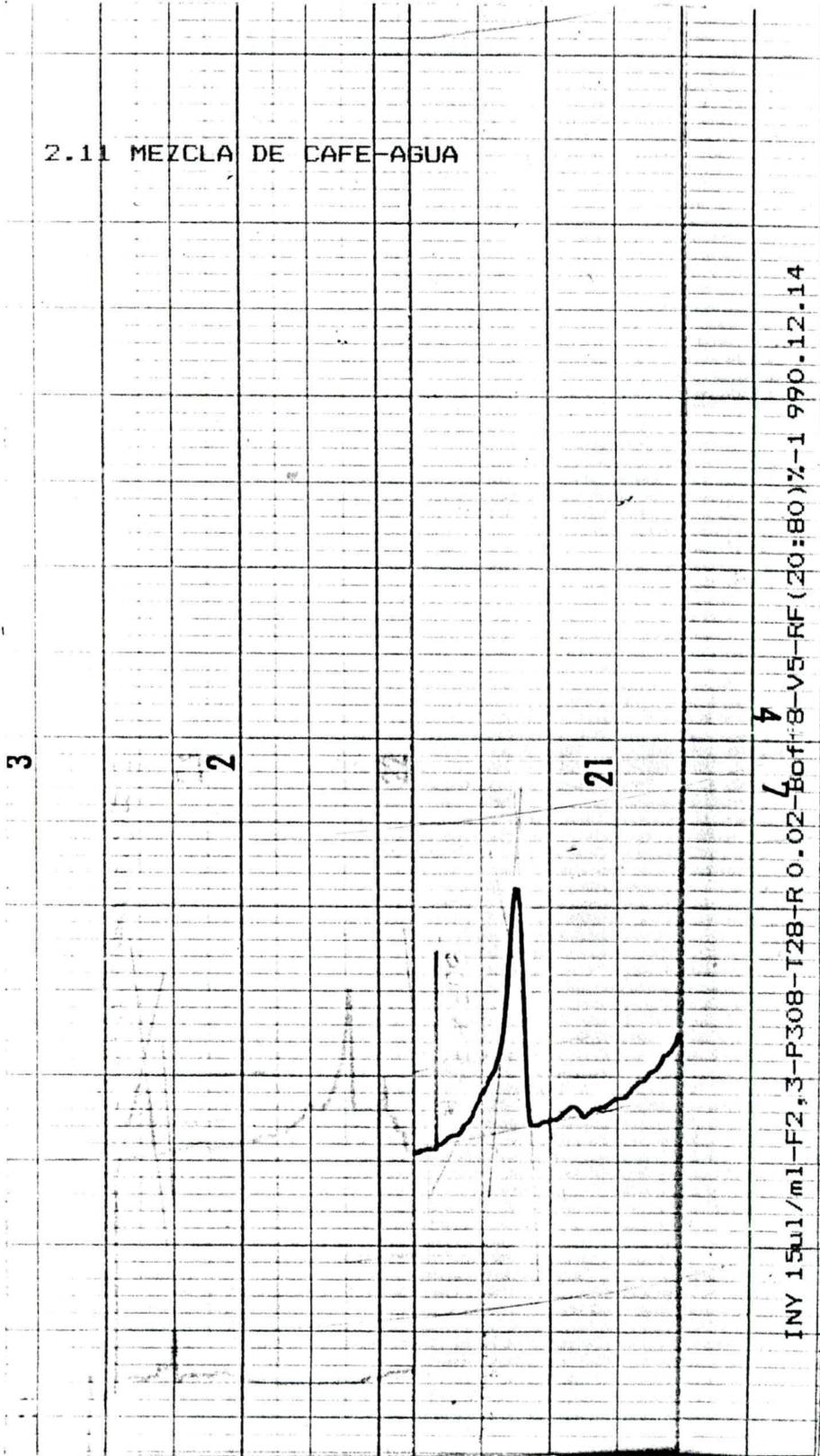


2.10 CAFE ROBUSTA-AGUA



71 INY 15ul/ml -F2, 3-P313-T2B-R 0.02-BdffB-V5-RF(20:80)1-1 990.12.14

2.11 MEZCLA DE CAFE-AGUA



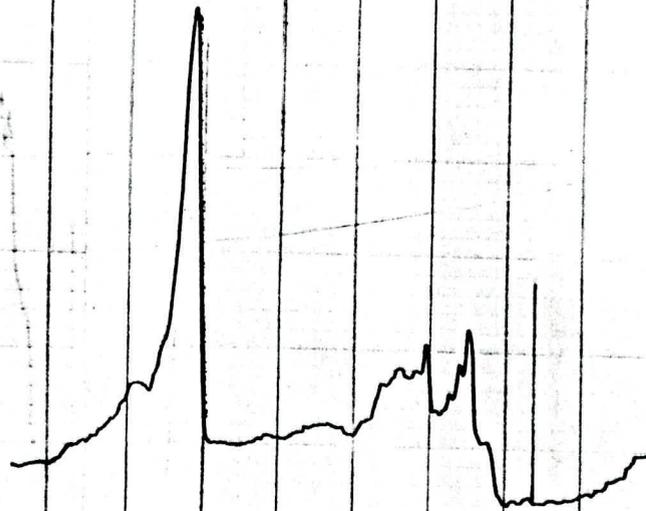
INY 15ul/ml-F2, 3-P308-T28-R 0.02-Bof-8-V5-RF (20:80)%-1 990.12.14

MUESTRA 1
2.12 CAFE ARABICA-BAJA CALIDAD

13

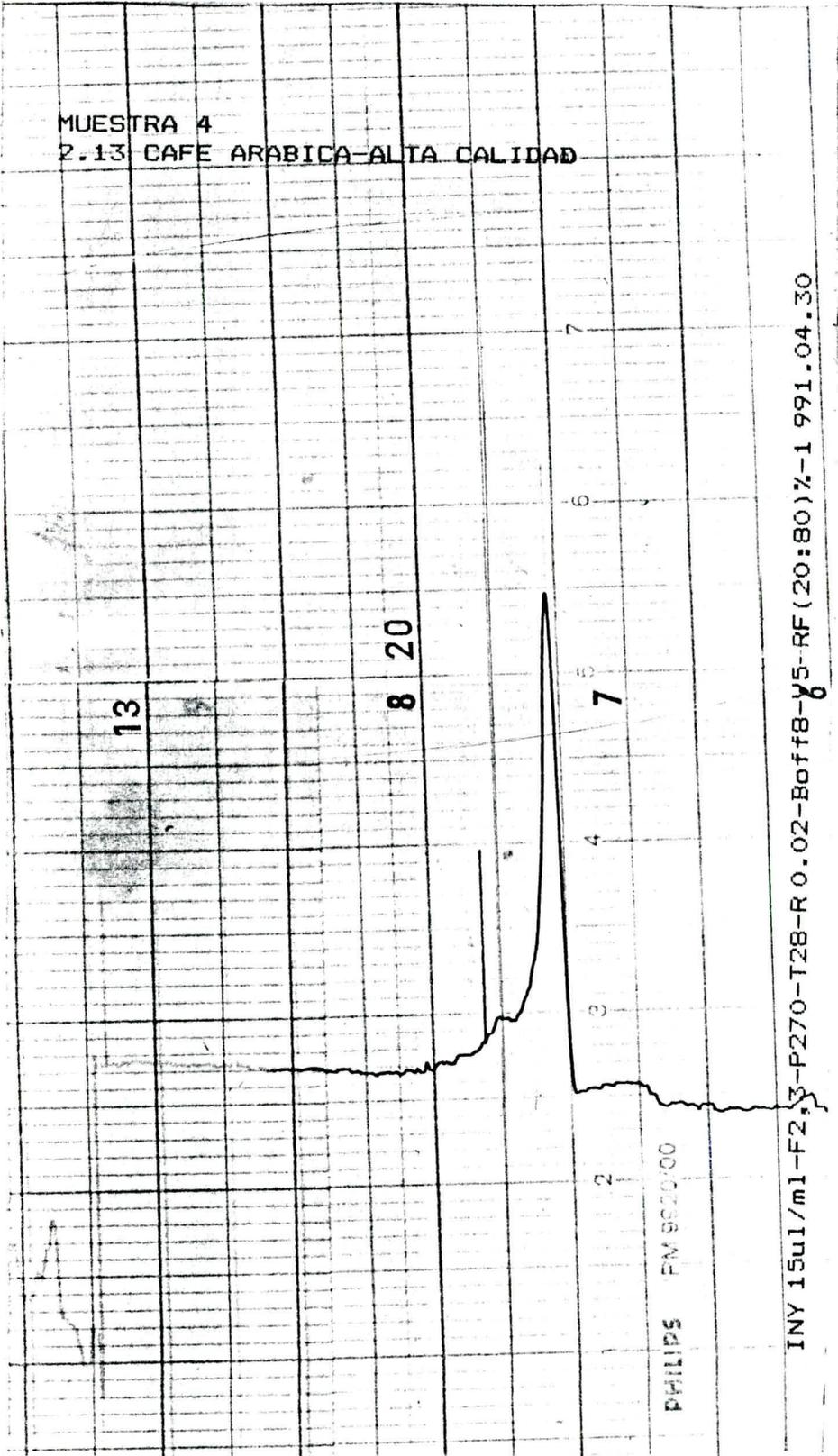
13

12 21



INV 15017MI-F2,3-P270-T28-R 0-02-Bef f8-V5-RF (20+80)Z-1 991.04.30

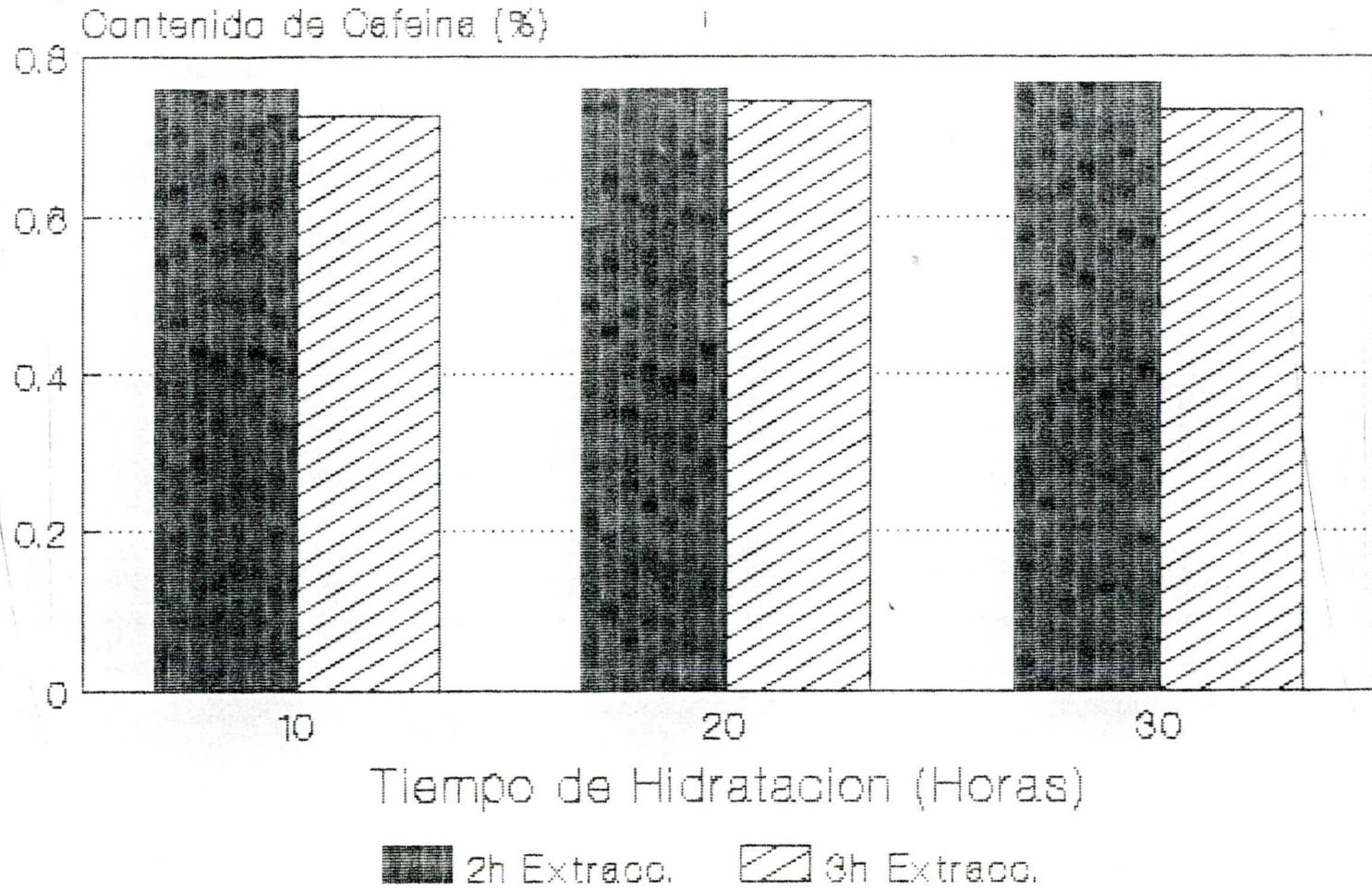
MUESTRA 4
2.13 CAFE ARABICA-ALTA CALIDAD



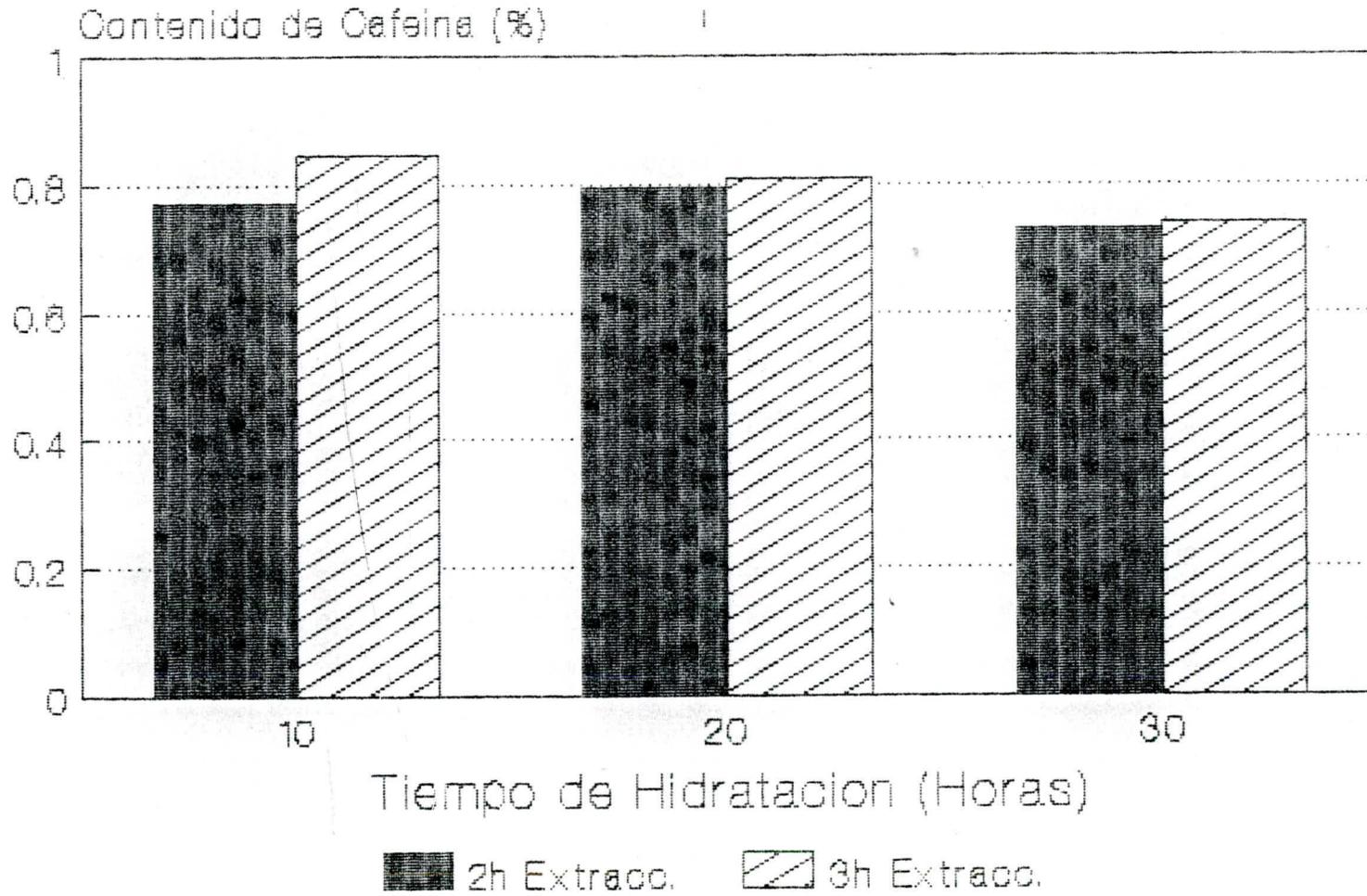
INY 15ul/ml-F2,3-P270-T28-R 0.02-BoffB-γ5-RF (20:80)%-1 991.04.30

ANEXO 3 Cont.Cafeina - T. hidratacion

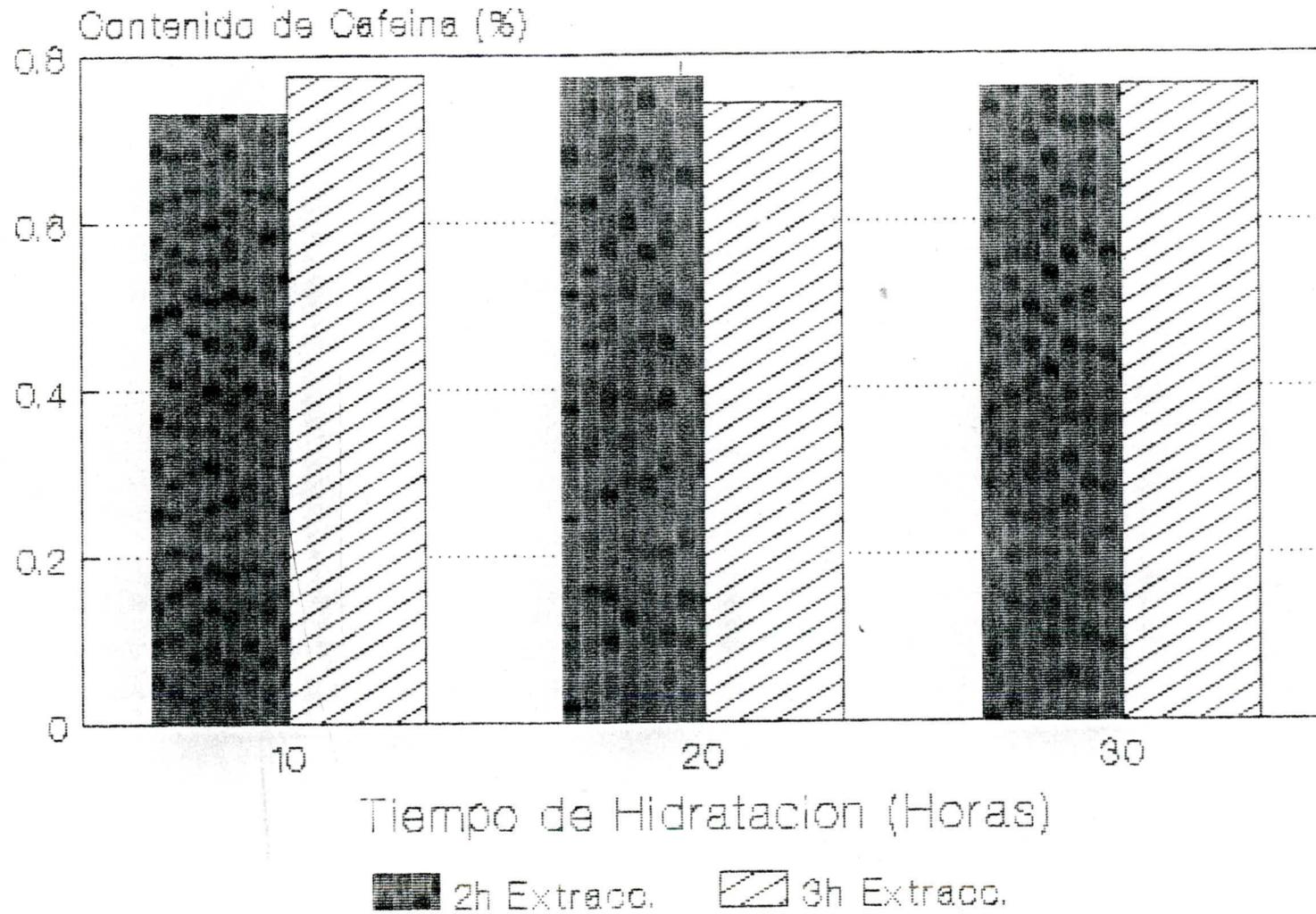
3.1 Cafe arabica - Diclorometano



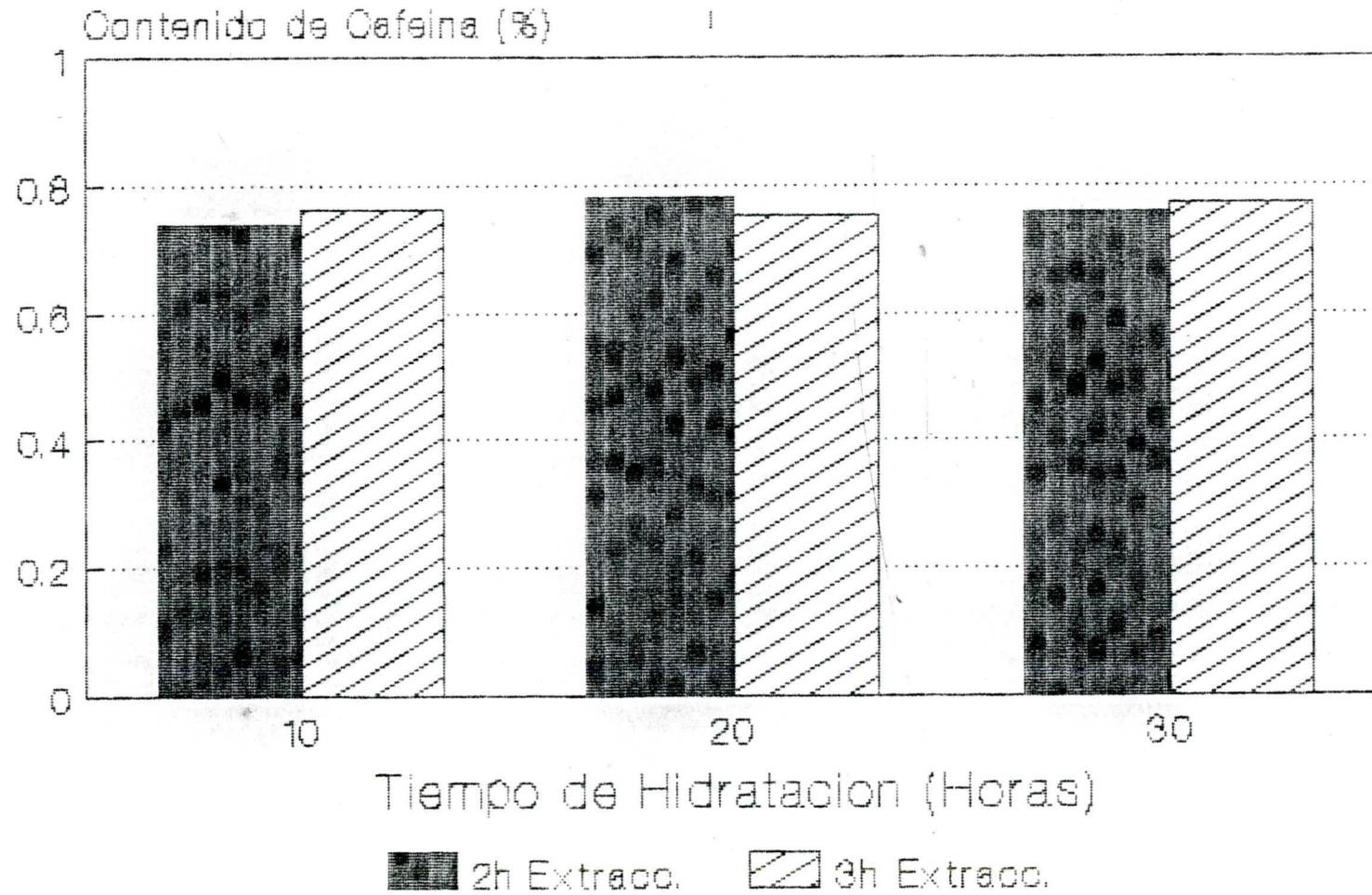
3.2 Cafe robusta - Diclorometano



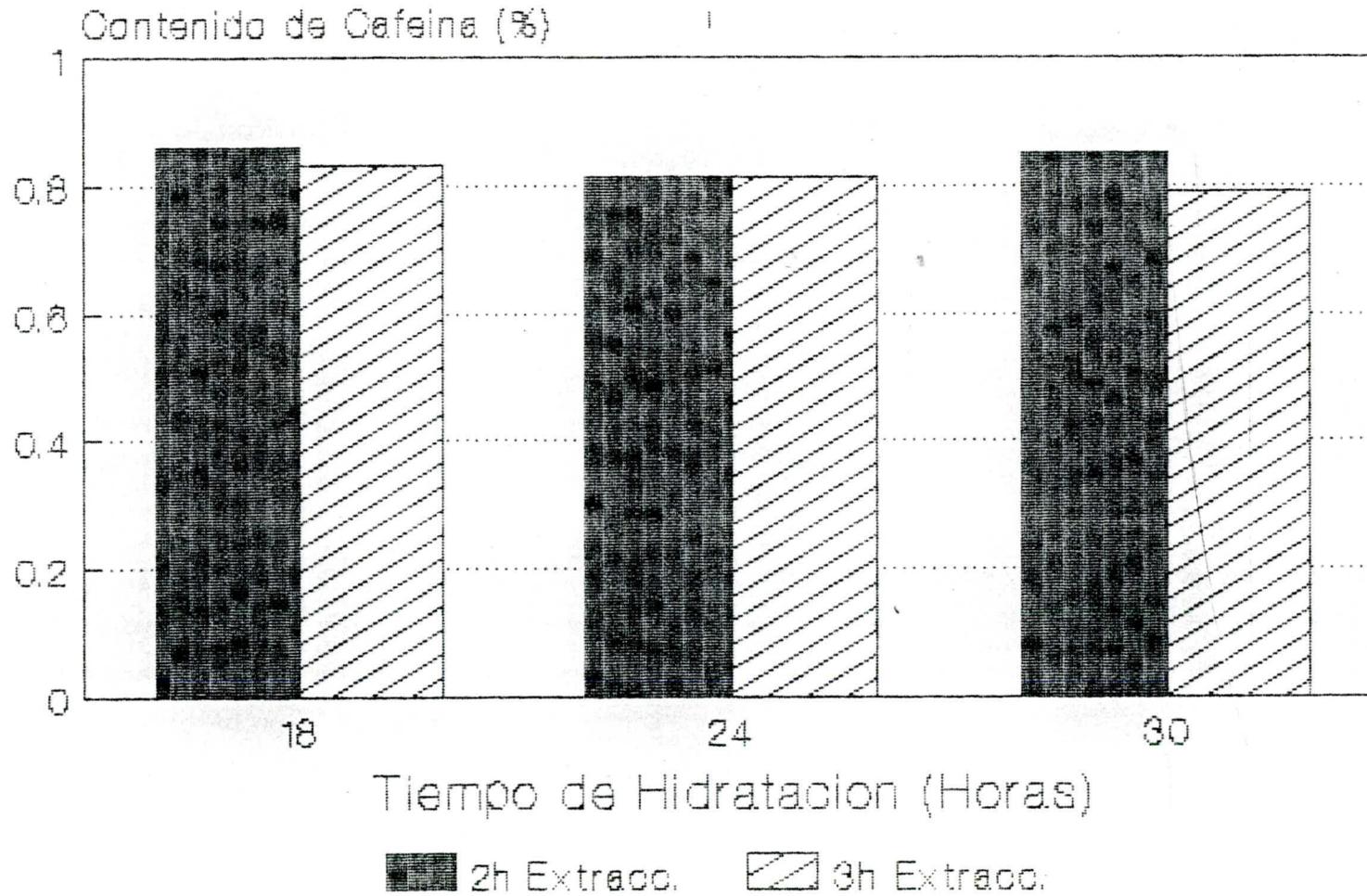
3.3 Mezcla de Cafe - Diclorometano



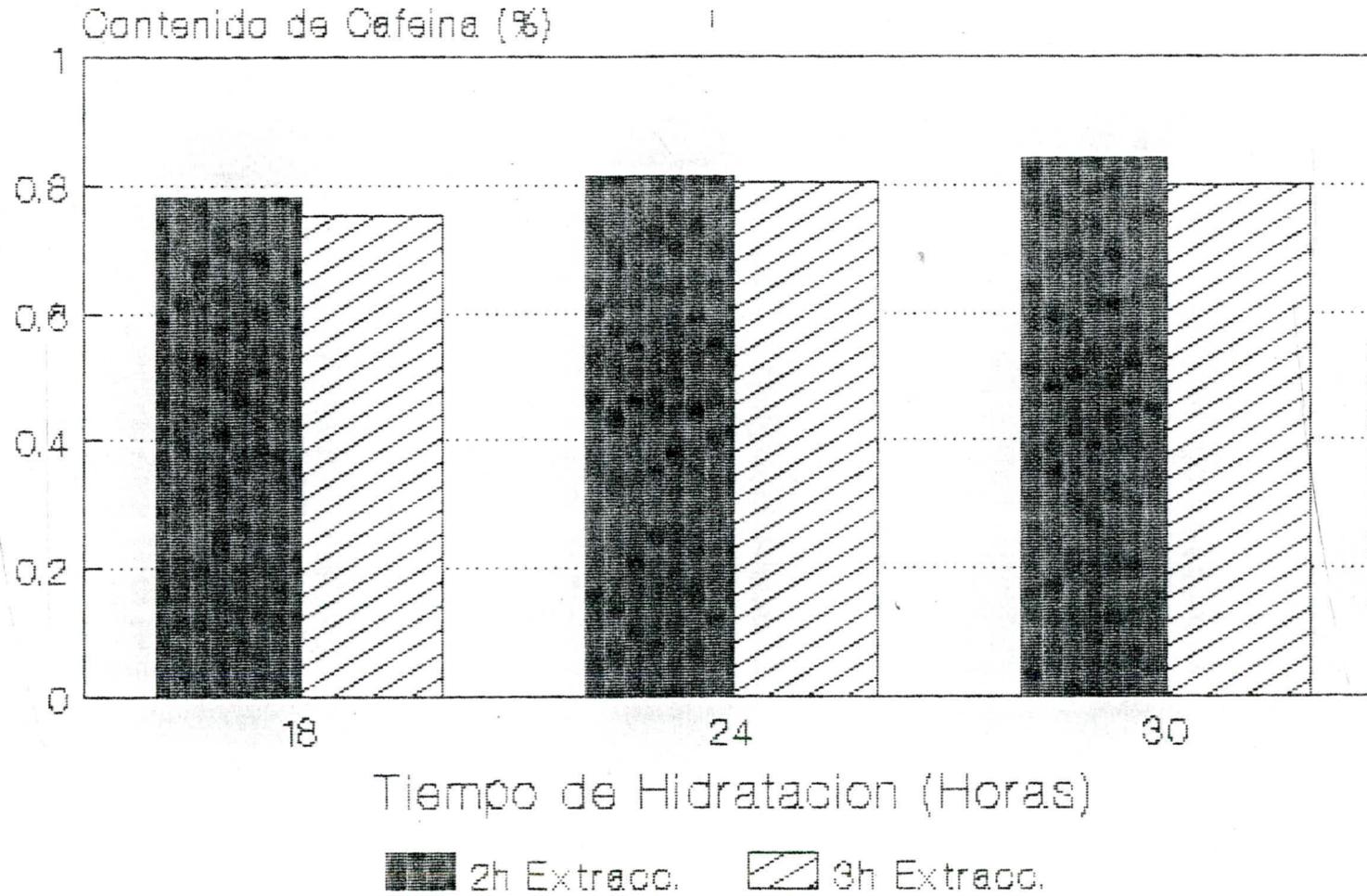
3.4 Cafe arabica - Agua



3.5 Cafe robusta - Agua



3.6 Mezcla de Cafe - Agua



ANEXO 4

EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

Nombre:..... Fecha:

Evalúe con atención las tres muestras de café, de acuerdo con la escala de puntuación indicada según el orden de presentación propuesto.

| | CÓDIGO | | |
|---------------------------------|--------|-------|-------|
| | Q | T | V |
| AROMA: | | | |
| 5. Me gusta mucho | | | |
| 4. Me gusta moderadamente | | | |
| 3. Me gusta poco | | | |
| 2. Ni me agrada ni me desagrada | | | |
| 1. No me gusta | | | |

| | CÓDIGO | | |
|---------------------------------|--------|-------|-------|
| | Q | T | V |
| SABOR: | | | |
| 5. Me gusta mucho | | | |
| 4. Me gusta moderadamente | | | |
| 3. Me gusta poco | | | |
| 2. Ni me agrada ni me desagrada | | | |
| 1. No me gusta | | | |

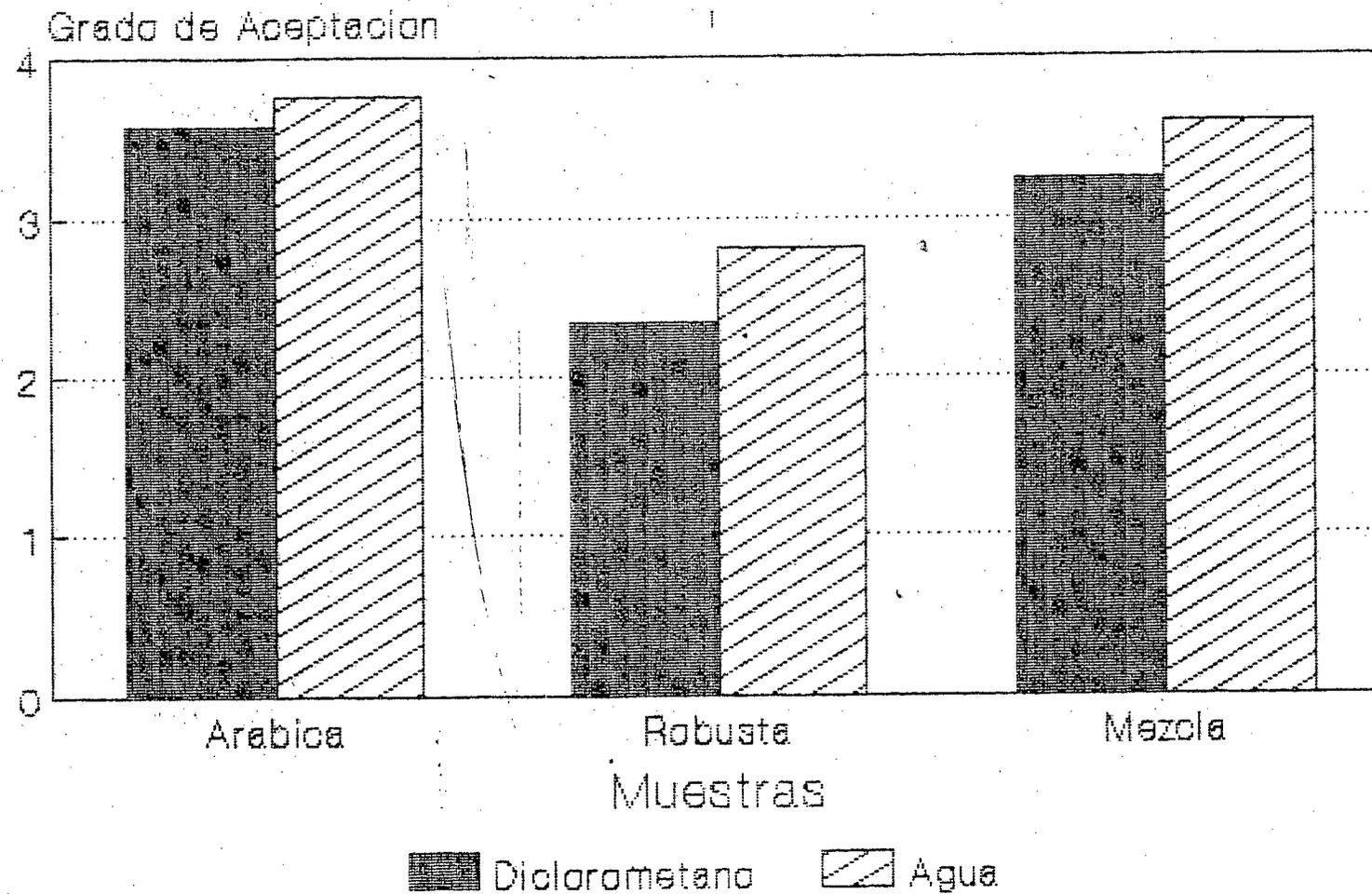
COMENTARIOS

.....

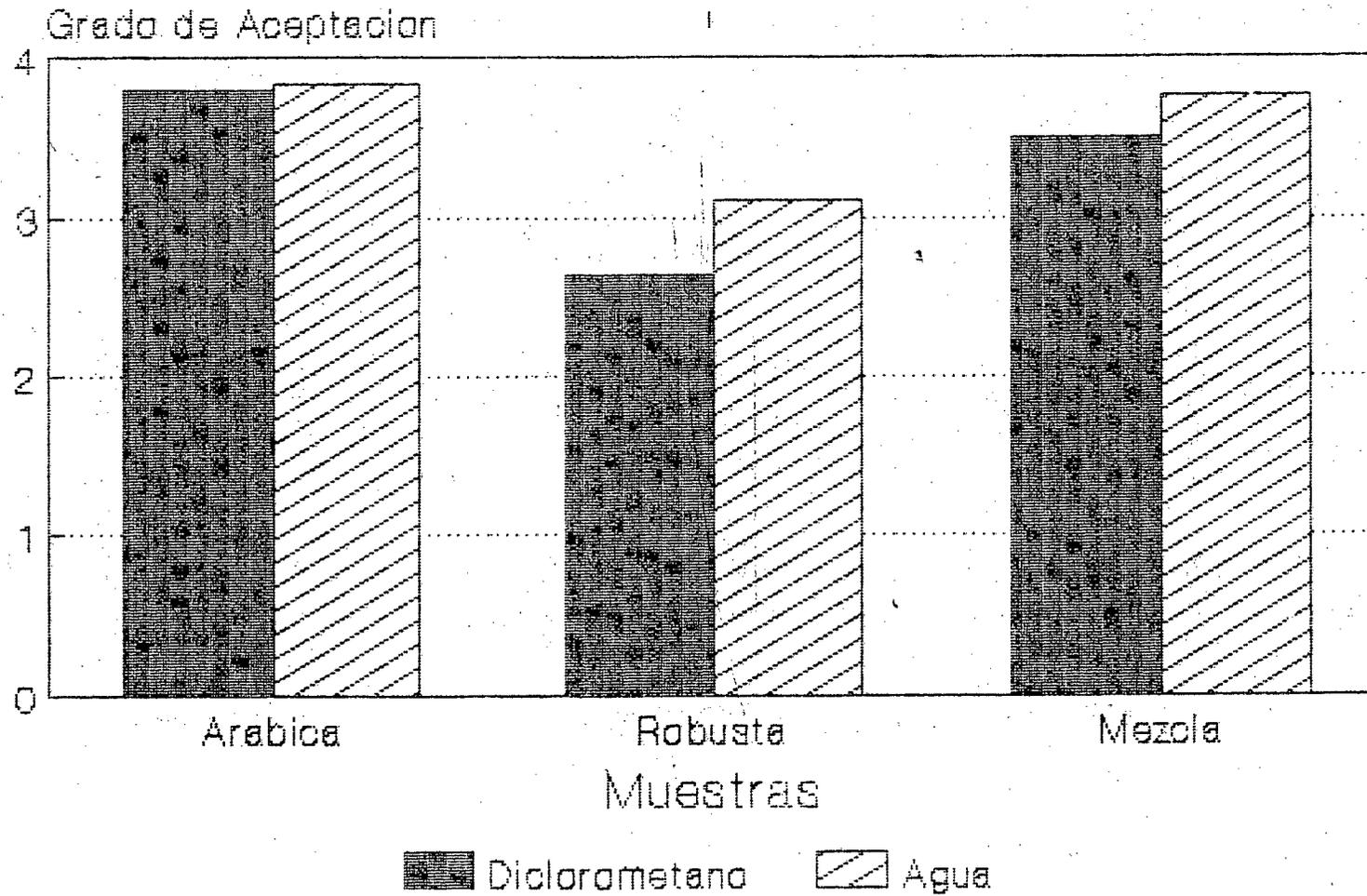
GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

ANEXO 5. Evaluación Organoléptica

5.1 Aroma



5.2 Sabor



ANEXO 6

EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

COLOR

Nombre:..... Fecha:

Evalúe con atención las tres muestras de café, de acuerdo con la escala de puntuación indicada según el orden de presentación propuesto, tomando en cuenta las características de aroma y sabor conjuntamente.

| | CÓDIGO | | |
|---------------------------------|--------|-------|-------|
| | Q | T | V |
| 5. Me gusta mucho | | | |
| 4. Me gusta moderadamente | | | |
| 3. Me gusta poco | | | |
| 2. Ni me agrada ni me desagrada | | | |
| 1. No me gusta | | | |

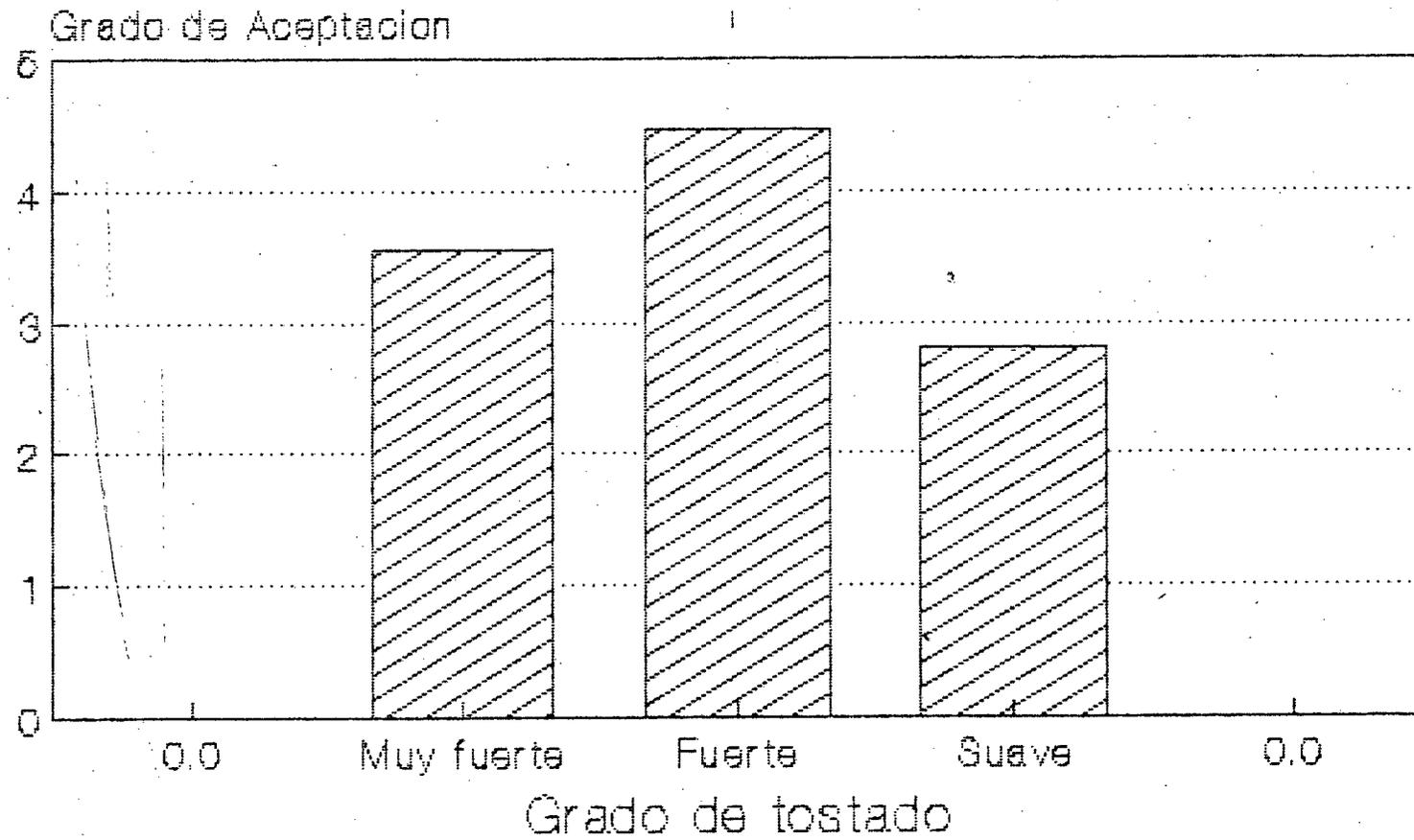
COMENTARIOS

.....

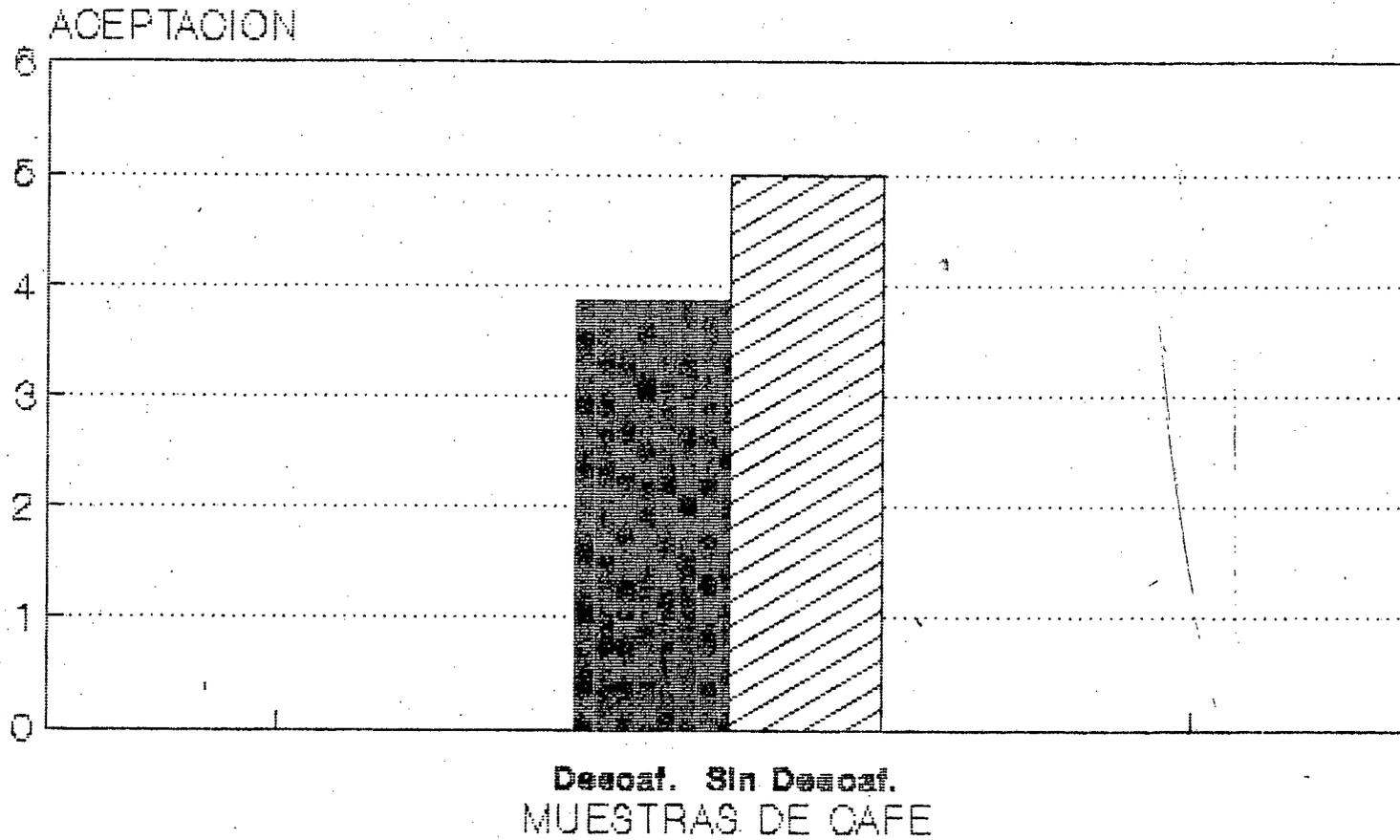
GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

NOTA: Las letras de los códigos corresponden a cada tipo de muestra a ser degustada.

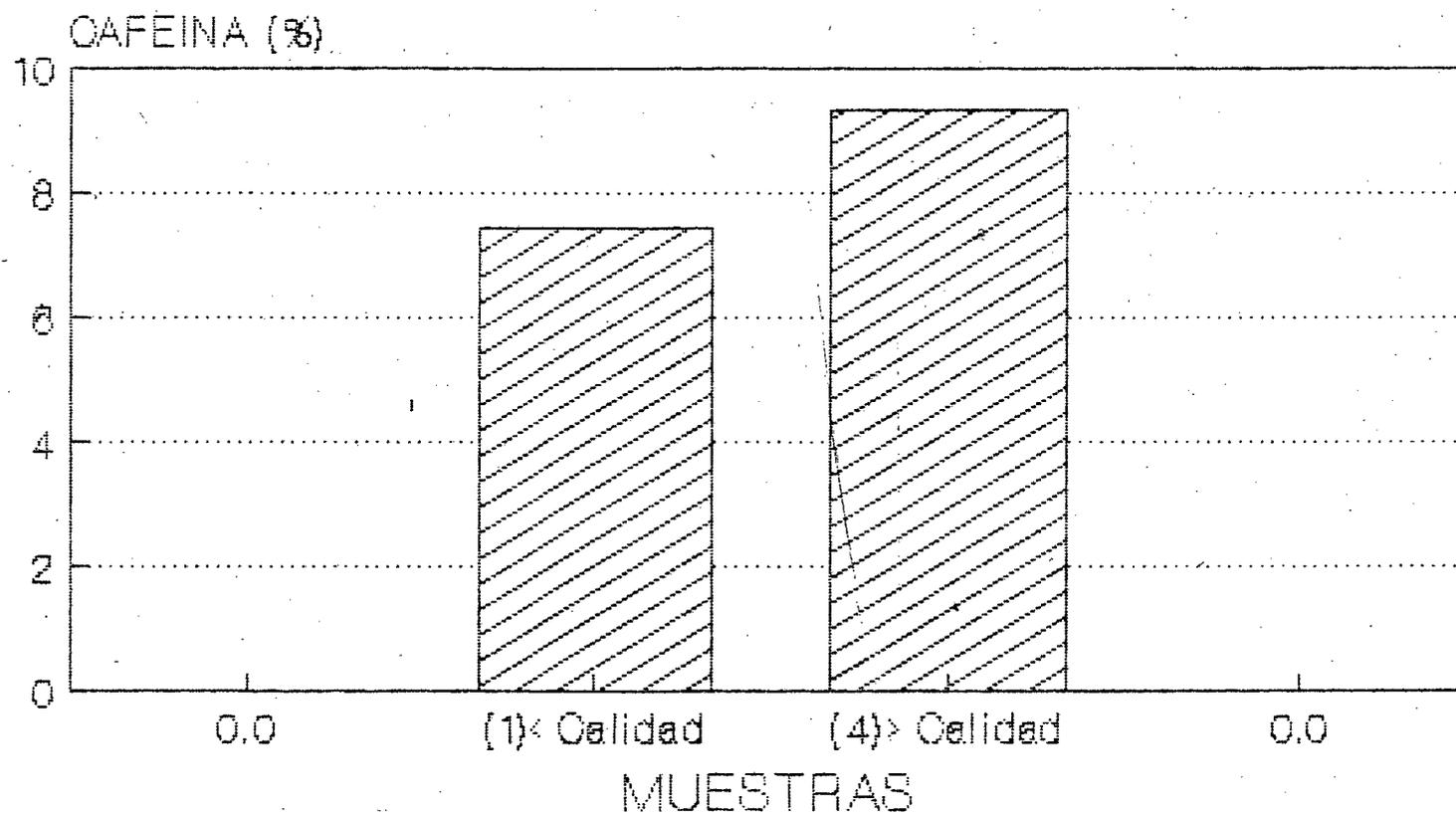
ANEXO 7. Evaluación Organoleptica COLOR



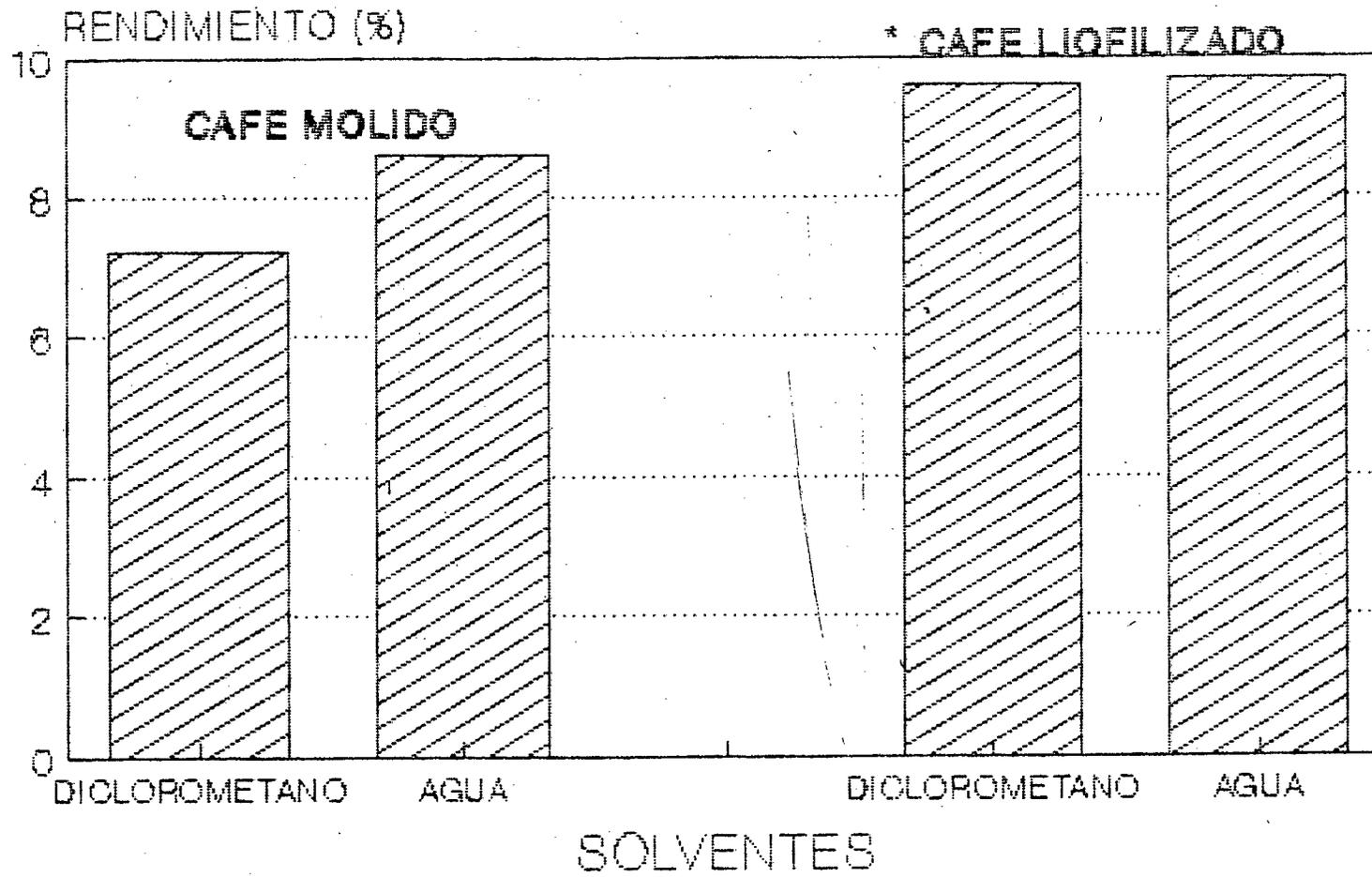
ANEXO 8. EVALUACION ORGANOLEPTICA CAFE :DESCAFEINADO VS. SIN DESCAFEINAR



ANEXO 9. COMPARACION DE MUESTRAS DE DIFERENTE CALIDAD SOMETIDAS A DESCAFEINACION



ANEXO 10. GRAFICA DE RENDIMIENTOS



* Valores Multiplicados por 0.1

APENDICE

APENDICE 1

CALCULO DEL PORCENTAJE DE CONTENIDO DE CAFEINA

PARA LA MUESTRA 2: CAFÉ ROBUSTA (SIN DESCAFEINAR)

Seguendo el procedimiento del análisis químico descrito en el capítulo 3, numeral 3.1.2.2; se parte de los siguientes datos:

Peso de la muestra : 26,38 g de café

Volumen de agua adicionada : 250 ml

y se obtiene los siguientes resultados:

Volumen del extracto obtenido : 212 ml

Concentración de la dilución : 4%

Para recordar, en el análisis cromatográfico, se inyecta el estandar, se lava y se inyecta la muestra, obteniéndose los picos correspondientes, a los cuales se calcula el area en milímetros, para el presente caso tenemos:

| MUESTRA | b1 | h1 | b2 | h2 | b3 | h3 | AT |
|----------|----|-----|-----|------|-----|----|---------|
| Estandar | 8 | 54 | 4,5 | 12,5 | 7,5 | 2 | 251,625 |
| Muestra | 10 | 116 | 6,5 | 21,0 | 6,0 | 1 | 651,250 |

Se efectúa los cálculos correspondientes:

Con 26,38 g de café se obtiene 212 ml de extracto

X 4 ml de extracto

$$X = 0,498 \text{ g de café}$$

Con 0,498 g de Café se prepara 100 ml de solución

X 1 ml de solución

$$X = 0,005 \text{ g de café por ml}$$

25 ug/ml corresponde a una área de 251,625 mm²

X 621,250 mm²

$$X = 64,7044 \text{ ug/ml}$$

64,7044 ug/ml de cafeína corresponden a 0,0050 g café/ml

X 100 g de Café

$$X = 1299974,678 \text{ ug de cafeína}$$

$$X = 1,3\%$$

APENDICE 2

PROCEDIMIENTO DEL ANALISIS ESTADISTICO PARA EL CONTENIDO DE CAFEINA EN EL GRANO DESPUES DEL PROCESO DE DESCAFEINACION

TABLA 5.1 CAFÉ ARABICA - DICLOROMETANO

| REPETICIONES | TRATAMIENTOS | | | | | | SUMA TOTAL |
|----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0,7474 | 0,7489 | 0,7581 | 0,7353 | 0,7313 | 0,7313 | |
| 2 | 0,7694 | 0,7071 | 0,7650 | 0,7549 | 0,7340 | 0,7340 | |
| T.Tratamientos | 1,5168 | 1,4560 | 1,5231 | 1,4902 | 1,4653 | 1,4653 | 8,9886 |
| PROMEDIOS | 0,7584 | 0,7280 | 0,7616 | 0,7451 | 0,7327 | 0,7327 | |

$$1. \quad Fc = \frac{(8,9886)^2}{6 \times 2} = 6,7329$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad Sct &= (0,7474)^2 + (0,7694)^2 + \dots + (0,7340)^2 \\
 &= 6,7374 - 6,7329 \\
 &= 0,0045
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad Sci &= \frac{1,5168^2 + \dots + 1,4653^2}{2} - Fc \\
 &= 6,7356 - 6,7329 \\
 &= 0,0027
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \quad SCe &= 0,0045 - 0,0027 \\
 &= 0,0018
 \end{aligned}$$

TABLA 5.1.1 ANÁLISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|----|-------------------|----------------|---------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 5 | 0,0027 | 0,00054 | 1,80 | 4,39 |
| ERROR | 6 | 0,0018 | 0,00030 | | |
| TOTAL | 11 | 0,0045 | | Fc < Ft | |

Como se observa que el F calculado es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo cual se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

TABLA 5.1.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN (D.M.S)

$$\begin{aligned}
 \text{D.M.S} &= t_{0,05} \frac{(2 \times \text{CMe})^{1/2}}{r} \\
 &= 2,447 \frac{(2 \times 0,00030)^{1/2}}{2} \\
 &= 0,04238
 \end{aligned}$$

| TRATAMIENTO | B | F | D | A | C | E |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PROMEDIO | 0,7280 | 0,7327 | 0,7451 | 0,7584 | 0,7616 | 0,7686 |
| No hay diferencia significativa entre los TRATAMIENTOS | | | | | | |

$$E - B = 0,7686 - 0,7280 = 0,0406 < 0,04238$$

$$E - F = 0,7686 - 0,7327 = 0,0359 < 0,04238$$

$$E - D = 0,7686 - 0,7451 = 0,0235 < 0,04238$$

$$E - A = 0,7686 - 0,7584 = 0,0102 < 0,04238$$

$$E - C = 0,7686 - 0,7616 = 0,0070 < 0,04238$$

$$C - B = 0,7616 - 0,7280 = 0,0336 < 0,04238$$

$$C - F = 0,7616 - 0,7327 = 0,0289 < 0,04238$$

$$C - D = 0,7616 - 0,7451 = 0,0165 < 0,04238$$

$$C - A = 0,7616 - 0,7584 = 0,0032 < 0,04238$$

$$A - B = 0,7584 - 0,7280 = 0,0304 < 0,04238$$

$$A - F = 0,7584 - 0,7327 = 0,0257 < 0,04238$$

$$A - D = 0,7584 - 0,7451 = 0,0133 < 0,04238$$

$$D - B = 0,7451 - 0,7280 = 0,0171 < 0,04238$$

$$D - F = 0,7451 - 0,7327 = 0,0124 < 0,04238$$

$$F - B = 0,7327 - 0,7280 = 0,0047 < 0,04238$$

Como todas las diferencias entre los tratamientos son menores que el valor de la diferencia mínima significativa, por tanto no hay diferencia significativa.

APENDICE 3
PROCEDIMIENTO DEL ANALISIS ESTADISTICO
PARA LA EVALUACION ORGANOLEPTICA

TABLA 6. ANÁLISIS DEL AROMA

| # CATADOR | DICLOROMETANO | | | AGUA | | | Tj |
|-----------|---------------|------|------|------|------|------|-----|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 4 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 20 |
| 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 5 | 20 |
| 3 | 5 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 18 |
| 4 | 3 | 1 | 4 | 4 | 2 | 3 | 17 |
| 5 | 5 | 3 | 2 | 5 | 4 | 4 | 23 |
| 6 | 3 | 1 | 4 | 2 | 1 | 4 | 15 |
| 7 | 2 | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 13 |
| 8 | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 18 |
| 9 | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 20 |
| 10 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 20 |
| 11 | 5 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 24 |
| 12 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 16 |
| 13 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 21 |
| 14 | 1 | 1 | 4 | 4 | 5 | 1 | 16 |
| 15 | 5 | 4 | 4 | 5 | 1 | 5 | 24 |
| 16 | 5 | 1 | 4 | 4 | 1 | 5 | 20 |
| 17 | 5 | 4 | 3 | 4 | 1 | 3 | 20 |
| 18 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | 4 | 17 |
| 19 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 | 22 |
| 20 | 5 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 21 |
| 21 | 2 | 3 | 2 | 5 | 1 | 4 | 17 |
| 22 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 23 |
| 23 | 4 | 1 | 4 | 4 | 3 | 5 | 21 |
| 24 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 10 |
| 25 | 4 | 2 | 4 | 2 | 5 | 3 | 20 |
| 26 | 4 | 1 | 2 | 4 | 5 | 3 | 19 |
| 27 | 4 | 1 | 2 | 5 | 3 | 4 | 19 |
| 28 | 3 | 3 | 2 | 5 | 5 | 4 | 22 |
| 29 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 22 |
| 30 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 21 |
| Ti | 107 | 70 | 97 | 113 | 84 | 108 | 579 |
| x | 3,57 | 2,33 | 3,23 | 3,78 | 2,80 | 3,60 | |

$$\begin{aligned}
 1. \quad F_c &= \frac{(579)^2}{30 \times 6} = 1862,45 \\
 2. \quad S_{Ct} &= (4)^2 + (2)^2 + \dots + (5)^2 \\
 &= 2135 - 1862,45 \\
 &= 272,55 \\
 3. \quad S_{Ci} &= \frac{107^2 + \dots + (108)^2}{30} - F_c \\
 &= 1908,233 - 1862,45 \\
 &= 45,783 \\
 4. \quad S_{Cb} &= \frac{20^2 + \dots + (21)^2}{6} - F_c \\
 &= 1911,5 - 1862,45 \\
 &= 49,05 \\
 5. \quad S_{Ce} &= 272,55 - 45,783 - 49,05 \\
 &= 177,717
 \end{aligned}$$

TABLA 6.1 ANALISIS DE VARIANZA (ADEVA)

| Fuente de Variación | gl | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | Fc | Ft(0,05%) |
|---------------------|-----|-------------------|----------------|---------------------|-----------|
| TRATAMIENTOS | 5 | 45,783 | 9,1576 | 7,471 | 3,16 |
| BLOQUES | 29 | 49,050 | 1,6910 | 1,384 | 1,86 |
| ERROR | 145 | 177,717 | 1,2210 | | |
| TOTAL | 179 | 272,550 | | Fct > Ft & Fcb < Ft | |

Como se observa que el F calculado para los tratamientos es mayor que el F tabulado por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, mientras que el F calculado para los bloques es menor que el F tabular por lo tanto no existe diferencia significativa entre los bloques.

TABLA 5.1.2 PRUEBA DE SIGNIFICACIÓN - test de DUINCAN

$$S_x = (1,226/30)^{1/2}$$

$$= 0,202$$

| A.E.S | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | 2,7875 | 3,3433 | 3,6692 | 3,895 | 4,075 |
| R.A.D | 0,563 | 0,6753 | 0,741 | 0,787 | 0,823 |

| TRATAMIENTO | B | E | C | A | F | D |
|-------------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|
| PROMEDIO | 2,33fe | 2,80edf | 3,23dabce | 3,57cabd | 3,60badc | 3,77adcb |

En los tratamientos que comparte la misma letra minúscula en el subíndice no existe diferencia significativa.

| | | | | | |
|-------|-------|---------|---------|-----------|---|
| D - B | 3,767 | - 2,333 | = 1,434 | > 0,823 | * |
| D - E | 3,767 | - 2,800 | = 0,967 | > 0,787 | * |
| D - C | 3,767 | - 3,233 | = 0,534 | < 0,741 | |
| D - A | 3,767 | - 3,567 | = 0,2 | < 0,6753 | |
| D - F | 3,767 | - 3,600 | = 0,167 | < 0,0,563 | |
| F - B | 3,6 | - 2,333 | = 1,267 | > 0,787 | * |
| F - E | 3,6 | - 2,800 | = 0,8 | > 0,741 | * |
| F - C | 3,6 | - 3,233 | = 0,367 | < 0,6753 | |
| F - A | 3,6 | - 3,567 | = 0,033 | < 0,563 | |
| A - B | 3,567 | - 2,333 | = 1,234 | > 0,741 | * |
| A - E | 3,567 | - 2,800 | = 0,767 | > 0,6753 | * |
| A - C | 3,567 | - 3,233 | = 0,334 | < 0,563 | |
| C - B | 3,233 | - 2,333 | = 0,9 | > 0,675 | * |
| C - E | 3,233 | - 2,800 | = 0,433 | < 0,563 | |
| E - B | 2,8 | - 2,333 | = 0,467 | < 0,563 | |

* EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA.