

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“OPTIMIZACIÓN DE TEMPERATURA Y TIEMPO DE BATIDO EN EL  
PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE OLIVA VIRGEN  
(*Olea europea sativa*) DE LA VARIEDAD MANZANILLA  
DEL INPREX - UNJBG.”**

**TESIS**

**Presentada por:**

**BACHILLER NANCY MARCA PARI**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**TACNA - PERÚ**

**2008**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Tomo N° ..... II ..... Folio N° 273-274 .....

El jurado calificador nominado mediante Resolución Facultativa N° 3103-2008-FAIA ....., Integrada por

<u>Dr. Miguel Barrea C.</u>	<u>Presidente</u>
<u>Ing. Luis Marin Alisga.</u>	<u>Miembro</u>
<u>Ing. Juan Angulo P.</u>	<u>Miembro</u>
<u>Mg. Enrique De Florio</u>	<u>Patrocinador</u>

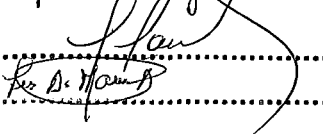
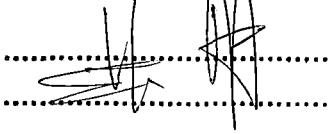
Para examinar el Trabajo de Tesis:

Optimización de Temperatura y Tiempo de Batido en el Proceso de Extracción de Aceite de Oliva Virgen (olea europea sativa) de la Variedad Manzaniello del INPREX-UNJBS.

presentada por Bach. Nancy Marca Pari

Obteniendo el siguiente veredicto: Aprobado

por Mayoría

	
---	--

Tacna, 31 de marzo del 2008

### **Dedicatoria**

A mis padres y familiares quienes me apoyan de forma incondicional a crecer personal y espiritualmente; a mis docentes quienes inculcaron y guiaron mis pasos profesionalmente.

A mi hermana A .Silvana † quien me cuida y me enseño a valorar el tiempo y apreciar la vida.

A mi Perú por sus recursos naturales y favorables condiciones edafoclimáticas, que lo convierte en un país con ventajas.

A los peruanos por que sepan querer, valorar y buscar la unión para desarrollar la mejora y bienestar de su país.

## **Agradecimiento**

A mis padres Eduardo marca y Dionicia pari por su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanos Dario, Alicia, Miriam, Rubén que sembraron en mi; fortaleza, voluntad, seguridad, paciencia y cariño.

A mis docentes Mgr. Liliانا Lanchita y Mgr. Enrique de Florio quienes me incentivaron a la ejecución del proyecto.

A los docentes quienes inculcaron y guiaron mis pasos profesionalmente.

A los Ingenieros del INPREX; Ing. Manuel Chipana, Ing. Eloy Casilla, Ing. Magno Robles por la confianza, amistad y apoyo con el material de estudio en el momento oportuno para su ejecución.

A los Ingenieros del CEFAT(Centro de Formación Agrícola Tacna), Administrativos y amigos quienes me apoyaron con información, confianza e iniciativa.

## ÍNDICE DE CONTENIDO DE TEXTO

### RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 Características del olivo.....	2
2.1.1 Definición del Olivo.....	2
2.1. 2 Clasificación botánica.....	3
2.1. 3 Variedades de olivo productoras de aceites de buena calidad.....	4
2.1.3.1 Manzanilla Cacereña.....	5
2.2 Características de la aceituna.....	10
2.2.1 Definición de la aceituna.....	10
2.2.2 Estructura de la aceituna.....	10
2.2.2.1 Pericarpio.....	11
2.2.2.1.1 Epicarpio o piel.....	11
2.2.2.1.2 Mesocarpio o pulpa.....	11
2.2.2.2 Endocarpio.....	11
2.2.3 Composición de la aceituna.....	12
2.2.4 Composición química de la aceituna.....	12
2.2.5 El Índice de madurez de la aceituna.....	14
2.2.5.1 El índice de madurez, contenido de polifenoles y aceite de oliva.....	16
2.2.5.2 Cambios en las características de los aceites según el estado de maduración del fruto.....	17
2.3 Características del aceite de olivo.....	19
2.3.1 Definición de aceite de oliva.....	19

2.3.2 Composición del aceite de oliva.....	20
2.3.2.1 Fracción saponificable.....	20
2.3.2.1.1 Triglicéridos.....	20
2.3.2.1.2 Los ácidos grasos.....	20
2.3.2.2. Fracción Insaponificable.....	22
2.3.3 Clasificación del aceite de oliva.....	23
2.3.3.1 Aceites de oliva vírgenes.....	23
2.3.3.2 Aceite de oliva refinado.....	25
2.3.3.3 Aceite de oliva.....	25
2.4 Proceso de extracción del aceite de oliva.....	26
2.4.1 La recolección.....	26
2.4.1.1 La época.....	26
2.4.1.2 Sistema de recolección.....	26
2.4.2 Transporte.....	27
2.4.3 Recepción y clasificación.....	28
2.4.4 Almacenamiento.....	28
2.4.5 Limpieza y Lavado.....	29
2.4.6 Molienda.....	29
2.4.7 Batido.....	30
2.4.7.1 Factores fundamentales que influyen en el proceso de batido.....	30
2.4.7.1.1 Tiempo de batido.....	30
2.4.7.2 Influencia de la temperatura de batido.....	31
2.4.7.3 Velocidad de batido.....	31
2.4.7.4 Extracción.....	32

A. Extracción parcial.....	32
B. Extracción por presión .....	33
C. Extracción por centrifugación.....	35
2.4.8 Decantación.....	36
2.4.9 Almacenamiento.....	37
2.5 Calidad del aceite de oliva.....	37
2.5.1 Parámetros de calidad del aceite de oliva.....	38
2.6 Beneficios del aceite de oliva.....	41
2.7 Optimización.....	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
3.1 Lugar de ejecución.....	44
3.2 Materia prima.....	44
3.2.1 Materia Prima.....	44
3.3 Materiales, Equipos y Reactivos.....	45
3.3.1 Materiales.....	45
3.3.2 Equipos.....	46
3.3.3 Reactivos.....	47
3.4 Métodos experimentales.....	48
3.4.1 Procedimiento.....	48
3.4.1.1 Determinación del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.....	48
3.4.1.1.1 Descripción del diagrama de flujo .....	49
3.4.1.2 Determinación de rendimiento, calidad y aceptabilidad organoléptica manejando parámetros temperatura y tiempo de batido.....	51
3.4.1.2.1 Descripción del diagrama de flujo.....	52

3.4.2 Métodos analíticos.....	55
3.4.2.1 Análisis a realizar de la materia prima.....	55
3.4.2.1.1 Análisis proximal.....	55
3.4.2.1.2 Parámetros a obtener.....	55
3.4.2.1.3 Análisis a realizar al producto final (aceite) .....	55
3.4.3 Delineamiento experimental.....	56
3.4.4 Procesamiento y análisis de datos.....	57
3.5 Métodos de análisis.....	58
3.5.1 Oliva variedad manzanilla con índice de madurez de mayor contenido graso en base seca.....	58
3.5.1.1 Análisis proximal.....	58
3.5.1.1.1 Humedad.....	58
3.5.1.1.2 Lípidos.....	58
3.5.1.1.3 Proteínas.....	58
3.5.1.1.4 Fibra cruda.....	58
3.5.1.1.5 Cenizas.....	59
3.5.1.1.6 Carbohidratos.....	59
3.5.2 Aceite de oliva virgen de mejores condiciones.....	59
3.5.2.1.1 Acidez libre.....	59
3.5.2.1.2 Absorción espectrofotométrica ultravioleta ( $K_{232}, K_{270}$ ).....	59
3.5.2.1.3 Índice de peróxidos.....	60
3.5.2.1.4 Humedad y materias volátiles.....	60
3.5.2.1.5 Índice de saponificación.....	60
3.5.2.1.6 Índice de yodo (Hanus).....	60

IV. HIPÓTESIS E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	61
4.1 Formulación de la hipótesis.....	61
4.2 Identificación de variables e indicadores.....	61
4.2.1 Estudio preliminar; parte experimental N° 01 (Figura N° 01).....	61
4.2.2 Parte experimental N° 02.....	61
4.3 Indicadores.....	62
4.3.1 El Consejo Oleícola Internacional.....	63
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	64
5.1 Composición proximal del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.....	64
5.2 Resultados del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.....	65
5.3 Determinación de las mejores condiciones en el proceso de extracción de aceite de oliva virgen.....	68
5.3.1 Análisis estadístico de los resultados experimentales.....	68
5.3.1.1 Efectos en la aceptabilidad sensorial.....	69
5.3.1.1.1 Aroma.....	72
5.3.1.1.2 Color.....	74
5.3.1.1.3 Sabor.....	75
5.3.1.2 Efecto en la acidez y absorbancia al U.V. ( $K_{270}$ ).....	76
5.3.1.2.1 Acidez libre.....	78
5.3.1.2.2 Absorción espectrofotométrica ultravioleta a 270 nm ( $K_{270}$ ).....	80
5.3.1.3 Efecto de las variables, temperatura de batido y tiempo de batido en el rendimiento.....	82
5.3.1.4 Determinación del tratamiento óptimo.....	86
5.4. Balance de materia y rendimiento de las mejores condiciones en el proceso de extracción de aceites de oliva virgen variedad manzanilla.....	91

VI. CONCLUSIONES..... 94

VII. RECOMENDACIONES..... 95

VIII. BIBLIOGRAFÍAS..... 96

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Nº 01: Variedades de olivo productoras de aceites de buena calidad.....	4
Cuadro Nº 02: Destino importancia y difusión del olivo variedad manzanilla cacereña cultivadas en España.....	9
Cuadro Nº 03: Características de las principales variedades de olivo españolas para la obtención de aceite.....	9
Cuadro Nº 04: Características comerciales medias de una variedad española.....	9
Cuadro Nº 05: Cantidad porcentual en la estructura de la aceituna fresca.....	12
Cuadro Nº 06: Composición química media de la aceituna.....	13
Cuadro Nº 07: Composición química de las principales partes de la aceituna.....	13
Cuadro Nº 08: Determinación del índice de madurez.....	15
Cuadro Nº 09: Fracción saponificable del aceite de oliva.....	21
Cuadro Nº 10: Características de los aceites de oliva parámetros de calidad y clasificación.....	39
Cuadro Nº 11: Parámetros de calidad de los aceites de oliva.....	40
Cuadro Nº 12: Delineamiento experimental factorial central compuesto con dos variables y tres niveles utilizados para el estudio del trabajo de investigación .....	56
Cuadro Nº 13: Composición proximal de la oliva (variedad manzanilla) de índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.....	64
Cuadro Nº 14: Efecto del índice de madurez sobre el contenido graso en base seca..	65
Cuadro Nº 15: Regresión polinomial de segundo orden en la determinación del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.....	66

Cuadro N° 16: Efecto de las variables temperatura y tiempo de batido en la aceptabilidad sensorial del aceite de oliva variedad Manzanilla.....	70
Cuadro N° 17: Modelos de regresión completos de las variables dependientes y niveles de significación para la aceptabilidad del aceite de oliva variedad manzanilla.....	71
Cuadro N° 18: Efecto de las variables temperatura y tiempo de batido en los índices de deterioro del aceite de oliva variedad manzanilla.....	76
Cuadro N° 19: Modelo de regresión completos de las variables dependientes y niveles de significación para los índices de deterioro del aceite de oliva variedad manzanilla.....	77
Cuadro N° 20: Efecto de las variables temperatura y tiempo de batido en los índices de deterioro del aceite de oliva variedad manzanilla.....	82
Cuadro N° 21: Coeficiente de regresión del modelo completo para la variable respuesta rendimiento.....	83
Cuadro N° 22: análisis de varianza para la variable respuesta rendimiento según el diseño factorial completo para el aceite de oliva de la variedad Manzanilla.....	84
Cuadro N° 23: Optimización numérica de los factores en estudio para el proceso elaboración del aceite de oliva de la variedad Manzanilla.....	86
Cuadro N° 24: Características fisicoquímicas del aceite de oliva virgen extra (variedad manzanilla) del producto final.....	89
Cuadro N° 25: Balance de masa en las operaciones de extracción de aceite de oliva virgen.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Aceituna variedad manzanilla.....	6
Figura N° 02: Hoja de olivo variedad manzanilla.....	7
Figura N° 03: Rama de olivo variedad manzanilla.....	8
Figura N° 04: Diagrama Causa-Efecto, para las variables independientes y dependientes en el estudio de optimación de la temperatura y tiempo de batido.....	43
Figura N° 05: Aceituna variedad manzanilla INPREX – UNJBG.....	44
Figura N° 06: Principales etapas y controles realizados durante el desarrollo del diseño experimental para la determinación del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.....	48
Figura N° 07: Características del índice de madurez de aceituna variedad Manzanilla.....	49
Figura N° 08: Pastas de aceituna de la variedad manzanilla en diferentes índices de madurez.....	49
Figura N° 09: Pastas de aceituna para secado en estufa.....	50
Figura N° 10: Extracción de aceite de oliva (manzanilla) en equipo soxhelt.....	50
Figura N° 11: Diagrama del proceso de extracción de aceite de oliva, determinación de rendimiento, índice de deterioro y aceptabilidad sensoriales del aceite de oliva variedad manzanilla.....	51
Figura N° 12: Aceituna variedad manzanilla de índice de madurez 4.....	52
Figura N° 13: Moledora manual utilizada para la aceituna variedad manzanilla.....	53
Figura N° 14: Batido de pasta de aceituna.....	53
Figura N° 15: Decantación de aceite de oliva variedad manzanilla.....	54
Figura N° 16: Filtrado de impurezas de aceite de oliva variedad manzanilla.....	54

Figura N° 17: Curva parabolica ( regresion polinomial de segundo grado) y muestra de fecho del indice de madurez sobre contenido graso b.s.....	67
Figura N° 18: Función distribución de la prueba t – student para la evaluación de los coeficientes de los modelos de regresión.....	68
Figura N° 19: Distribución de probabilidad para la prueba F – Snedecor para la evolución de los modelos completos de regresión.....	69
Figura N° 20: Diagrama de superficie de respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre el aroma del aceite de oliva de la variedad.....	73
Figura N° 21: Diagrama de superficie de respuesta mostrando el efecto de la Temperatura y tiempo de batido sobre el color del aceite de oliva de la variedad manzanilla.....	74
Figura N° 22: Diagrama de superficie de respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre el sabor del aceite de oliva de la variedad manzanilla.....	75
Figura N° 23: Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre la acidez libre del aceite de oliva de la variedad manzanilla.....	79
Figura N° 24: Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre Absorbancia en UV a 270 nm del aceite de oliva de la variedad manzanilla.....	81
Figura N° 25: Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre el rendimiento del aceite de oliva de la variedad manzanilla.....	85

Figura N° 26: Optimización por la metodología de la función deseada de las propiedades fisicoquímicas para el aceite de oliva de la variedad manzanilla según el criterio de solución óptima (criterio 2).....	87
Figura N° 27: Curvas de nivel para el aceite de oliva de la variedad manzanilla según el criterio de solución óptima (criterio 2).....	88
Figura N° 28: proceso de extracción de aceite de oliva virgen, temperatura y tiempo óptimo de batido con relación a los índices de deterioro calidad el aceite.....	92
Figura N° 29: Balance de masa de proceso de extracción de aceite de oliva virgen, temperatura y tiempo óptimo de batido con relación a los índices de deterioro del aceite.....	93

## INDICE ANEXO

- Anexo I: Regresión polinomial de segundo grado (niveles codificados).
- Anexo I.1: Análisis de coeficientes y análisis de varianza para la respuesta aroma
- Anexo I.2: Análisis de coeficientes y análisis de varianza para la respuesta color
- Anexo I.3: Análisis de coeficientes y análisis de varianza para la respuesta sabor
- Anexo I.4: Análisis de coeficientes y análisis de varianza para la respuesta  
coeficiente de extinción 270  
Análisis de coeficientes y análisis de varianza para la respuesta acidez
- Anexo I.5: libre
- Anexo I.6: Análisis de coeficientes y análisis de varianza para la respuesta de  
rendimiento
- Anexo II: Variedades del banco de germoplasma del INPREX-UNJBG.
- Anexo III: Variedades del banco de germoplasma del INPREX-UNJBG.
- Anexo III - A: Determinación de la acidez libre
- Anexo III - B: Determinación del índice de peróxido – NTP 209.006 ITINTEC (1968)
- Anexo IV: Características de los aceites de oliva (parámetros de calidad y  
clasificación)
- Anexo V: Parámetros de calidad de los aceites de oliva

## RESUMEN

La aceituna variedad "manzanilla" procedente del banco de germoplasma del INPREX-UNJBG (ANEXO II), fue sometido a un proceso de extracción de aceite de oliva virgen a nivel de laboratorio para determinar las mejores condiciones fisicoquímicas, aceptabilidad sensorial y complementariamente con el rendimiento. Se realizó un análisis preliminar para determinar el índice de madurez con máyor contenido graso mediante el ajuste de una curva de regresión de segundo orden; mientras que para la optimización del proceso de batido se trabajo con temperatura (20 °C, 25 °C y 30 °C) y tiempo de batido (40; 60 y 80 minutos ), se utilizó la metodología de superficie de respuesta con el diseño compuesto centrado en las caras siendo las variables dependientes la acidez , la absorción espectrofotométrica ultravioleta a 270 nm ( $K_{270}$ ) , color, aroma y rendimiento .

La mejor condición de operación quedan establecidos de la siguiente manera. índice de madurez de 4,07, el cual reportó un valor de 46, 4% de lípidos expresado en base seca.

Para el proceso de batido las condiciones óptimas fueron: 21,52 °C de temperatura y 40 minutos; estas condiciones permitieron obtener un aceite de oliva variedad manzanilla con 0,19 % de acidez, 0,10 de  $K_{270}$  para las propiedades fisicoquímica; para la evaluación de la aceptabilidad sensorial resultó el color de 5,75, sabor 6,23 y aroma 5,51 y un rendimiento de 17,19 %. Estos resultados catalogan al aceite obtenido como un aceite virgen extra.

## I. INTRODUCCIÓN

El medio agrológico presenta una clara influencia sobre la fracción insaponificable, lo que se traduce en aceites de diferentes caracteres sensoriales (Barranco, 1999).

La falta de investigación de cultivos foráneos de interés aceitero (manzanilla), se convierte en un problema al no contar con información basada a la realidad.

El aceite de oliva virgen es un producto 100% natural con excelentes características organolépticas. Es el único aceite vegetal que puede consumirse crudo sin refinar, conservando íntegro su contenido en vitaminas, ácidos grasos esenciales y otros productos de gran importancia dietética, como los antioxidantes naturales (vitamina E y polifenoles).

El batido en la pasta de aceituna es una etapa básica en todos los sistemas de extracción, ayuda a que se produzca el fenómeno de coalescencia, lo que facilita la separación de la fase acuosa y aceitosa (Kiritsakis, 1992).

Es interesante señalar que, después de la molienda de la aceitunas, sólo el 40 - 45 % de las gotas dispersas en la pasta tienen un diámetro superior a 30 micras, porcentaje que asciende al 80 - 85 % tras un buen batido. Por lo tanto esta operación es pues, fundamental para aumentar el rendimiento de extracción de aceite. Un aumento de temperatura y tiempo de batido va a producir una reducción o desnaturalización de los compuestos fenólicos, y pérdidas de aromas, perjudicando seriamente la calidad del aceite. (Civantos, 1992).

Los objetivos del presente trabajo de tesis son:

General: - Optimizar la temperatura y tiempo de batido en la extracción del aceite de oliva virgen variedad manzanilla con relación a parámetros de calidad.

Específicos: - Determinar el índice de madurez con mayor contenido graso en base seca de la aceituna variedad manzanilla.

- Evaluar el efecto de temperatura y tiempo de batido en el rendimiento, acidez, Absorbancia en UV a 270 nm y aceptabilidad sensorial del aceite de oliva extraído.

- Determinación de las características físico-química del aceite de oliva virgen.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CARACTERÍSTICAS DEL OLIVO**

#### **2.1.1 Definición del olivo**

El olivo cultivado es un árbol de tamaño mediano, de unos 4 a 8 metros de altura, según la variedad. Puede permanecer vivo y productivo durante cientos de años.

El tronco es grueso y la corteza de color grisáceo. La copa es redonda, aunque mas o menos lobulada; la ramificación natural tiende a producir una copa bastante densa, pero las diversas prácticas de poda sirven para aclararla y permitir la penetración de la luz. Caracteres del árbol como la densidad de la copa, el porte, el color de la madera y la longitud de los entrenudos varían según el cultivar. También la forma del árbol es influida en gran medida por las condiciones agronómicas y ambientales de su crecimiento y, en particular, por el tipo de poda; en este sentido, el olivo demuestra una gran plasticidad morfogénica (Barranco, 1999).

El olivo es un árbol, de hojas verdes oscuras y blanquecinas por debajo, de forma alargada y opuestas. Consta de dos ramificaciones opuestas que se unen al tronco, una subterránea formada por las raíces y otras aéreas que son las ramas.

La principal característica del olivo en cuanto a producción es su longevidad, pues si bien es cierto que demora entre 7 y 9 años en dar frutos desde su siembra, puede continuar produciendo hasta trescientos años en condiciones adecuadas (García, 2000).

### 2.1. 2 Clasificación botánica.-

Según García (2000), la clasificación botánica del olivo es la siguiente:

- Reino : Vegetal
- División : Fanerógamas
- Subdivisión : Angiospermas
- Orden : Contortales
- Familia : Oleaceae
- Tribu : Oleinas
- Genero : *Olea*
- Especie : *Olea europea*
- Subespecie : *Olea europea sativa* (olivos cultivados)

*Olea europea sylvestris* (olivos silvestres)

El olivo (*Olea europea sativa*), pertenece a la familia de las Oleáceas, es una planta perenne, según el área geográfica de crecimiento presenta variedades diferentes, muy apreciada desde la antigüedad por sus frutos (aceituna) y la calidad del aceite que de ellas se obtiene.

Originario del Oriente, fue introducido en España por fenicios y griegos. Los romanos expandieron su cultivo por toda la península y los árabes perfeccionaron las técnicas de producción de aceite. (La propia palabra "aceite" es de origen árabe, procedente de la palabra "az-zait", que quiere decir "jugo de aceituna"). Fue llevado a América por los españoles, durante los siglos XVI y XVII, por lo que se encuentra en California y zonas de Sudamérica (Civantos, 1998).

### 2.1.3 Variedades de olivo productoras de aceites de buena calidad

En España se cultivan numerosas variedades de olivar de diversas características, que proporcionan aceites de buena calidad tales como: Picual, Hojiblanca, Cornicabra, Arbequina, Picudo, Empeltre, **Manzanilla**, Lechín-Granada (Cuadro N° 01) según fuente española (Humanes y Civantos, 1992).

**Cuadro N° 01: Variedades de olivo productoras de aceites de buena calidad**

VARIEDAD	ÍNDICE DE MADUREZ	TOCOFEROLES	POLIFENOLES	K <sub>270</sub>	K <sub>225</sub>
		Vitamina E	P.F.		
Picual	2,80	322	790	0,19	0,31
Hojiblanca	2,98	463	209	0,10	0,15
Cornicabra	2,08	193	809	0,19	0,47
Arbequina	1,84	237	195	0,10	0,16
Picudo	2,38	426	445	0,16	0,09
Empeltre	3,06	340	195	0,06	0,14
<b>Manzanilla</b>	<b>3,33</b>	<b>287</b>	<b>545</b>	<b>0,14</b>	<b>0,29</b>
Lechín-Granada	2,54	367	423	0,15	0,43
Frantoio	2,18	253	359	0,11	0,28
Negrinha	2,76	258	381	0,11	0,44
Coronoeiki	1,16	321	637	0,20	0,54
Picholine Marocaine	2,94	260	791	0,21	0,30

Fuente: Humanes y Civantos (1992)

### **2.1.3.1 Manzanilla Cacereña**

Variedad que se cultiva principalmente en la provincia de Cáceres y algo en Badajoz, con una extensión de algo más de 60 000 Has. Se cultivan en la alta Extremadura (Sierra de Gata, las Hurdes, Valle de Jerte y La Vera), ocupando una superficie del 90% del olivar de esta zona.

Conocida en España con las denominaciones "Alvellanina" y "Cacereña" y en Portugal como "Azeiteira" y "Negrihna". Es muy interesante por su doble aptitud. Pues es muy apreciada para aderezo, tanto en verde como en negro, por la calidad de su pulpa. Su contenido en aceite es bajo aunque de calidad. Se adapta muy bien a la recolección mecánica por su maduración precoz y baja resistencia al desprendimiento.

Presenta un buen vigor, una buena producción y frutos de buen tamaño y buena forma, su excelente calidad, hace que su destino principal sea el de ser aceituna de mesa. Cuando su tamaño no es óptimo se destina a elaborar un aceite de buena calidad.

El aceite de oliva virgen extra, variedad manzanilla, presenta un aspecto brillante, de color amarillo y un sabor intenso a aceituna y muy afrutado. Ideal para ensaladas, salsa, tostadas (Barranco, 1999).

### Hoja

- **Forma:** Cortas, algo ensanchadas, gruesas.
- **Color:** Haz verde algo oscuro, envés poco plateado.

La forma y color del olivo variedad manzanilla se muestra en la figura N° 02.

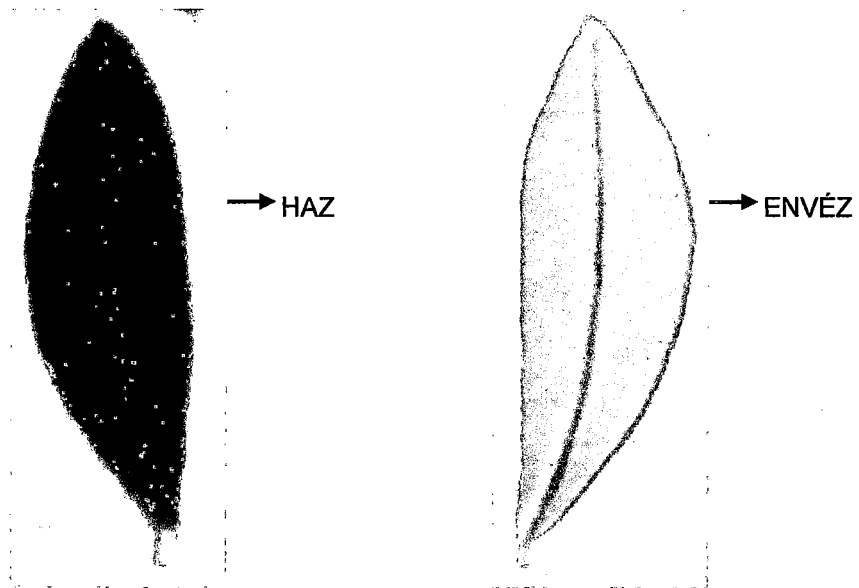


Figura N° 02: Hoja de olivo variedad manzanilla.

### Drupa

- **Forma:** Ovalada, algo corta, casi simétrica, más bien ancha hacia el ápice.
- **Volumen:** Medio 3,1 g.
- **Color en verde:** Verde claro.
- **Rendimiento graso:** 19,6 %
- **Pulpa (porcentaje):** 85,1 %

**Descripción morfológica del olivo variedad manzanilla cacereña**

**Vigor:** Poco.

**Vegetación:** Ramas largas y poco ramificadas. Copas poco densas de hoja.

**Frutos:** aislados y con frecuencia apareados.

**Color madera joven:** Gris ocrácea.

En la figura N° 01 se muestra la vegetación del olivo variedad manzanilla y la forma de su fruto.



**Figura N° 01:** Aceituna variedad manzanilla.

De las variedades cultivadas en España, veinticuatro alcanzan la categoría de variedad principal. De las superficies cultivadas y las provincias donde se cultivan las mismas, dos de ellas (Manzanilla de Sevilla y Gordal Sevillana) se destinan fundamentalmente para aceituna de mesa, Otras tres (Hojiblanca, Manzanilla cacereña y Aloreña) dedican parte de su producción para aderezo y el resto de cultivares se dedican casi con exclusividad a la obtención de aceite.

En la figura N° 03 se muestra la forma de la rama del olivo variedad manzanilla en el que se muestra la forma del fruto.



**Figura N° 03:** Rama de olivo variedad manzanilla.

**Cuadro Nº 02: Destino, importancia y difusión del olivo variedad Manzanilla Cacereña cultivadas en España.**

VARIEDAD	DESTINO	SUPERFICIE POR 1000 ha	DIFUSIÓN
Manzanilla Cacereña	A – M	64	Cáceres Salamanca

Clave: A: Aceitera; M: Mesa  
Fuente: Barranco, 1999

**Cuadro Nº 03: Características de las principales variedades de olivo españolas para la obtención de aceite.**

VARIEDAD	TAMAÑO DEL FRUTO	RENDIMIENTO GRASO	APRECIACIÓN DEL ACEITE	FACILIDAD DE RECOLECCIÓN
Manzanilla Cacereña	0	-	+	+

0: Medio; +: Mayor que la media; - Menor que la media  
Fuente: Barranco, 1999.

**Cuadro Nº 04: Características comerciales medias de una variedad española**

VARIEDAD	PESO DEL FRUTO(g)	RELACIÓN PULPA HUESO	RENDIMIENTO GRASO (%)	ACIDO OLEICO (%)
Manzanilla Cacereña	4,4	8,9	16,7	77,1

Fuente: Datos obtenidos en colección por diferentes autores en distintos años.  
Fuente: Barranco, 1998

El periodo de madurez medio en Córdoba del olivo variedad manzanilla cacereña comienza entre mediados del mes de noviembre hasta fines del mes de diciembre.

## **2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ACEITUNA**

### **2.2.1 Definición de la aceituna**

El fruto del olivo es la aceituna, es una drupa (fruta) de tamaño variable que depende de las variedades, suelos, climas, y otros factores climatológicos.

El fruto tiene sustancia amarga conocida como oleuropeina, peculiar de la aceituna que la distingue de las demás frutas del reino vegetal. Debido a estas peculiaridades la aceituna es la única drupa que no es dulce, sino claramente amarga, incluso en fase de plena maduración (Civantos, 1992).

La aceituna es un fruto pequeño de forma elipsoidal o globosa. Normalmente mide de 1 a 4 cm de longitud y de 0,6 a 2 cm de diámetro, cuyo peso fluctúa entre 1 y 12 g (Barranco, 1999).

### **2.2.2 Estructura de la aceituna**

La aceituna es una drupa, se trata de un fruto con una sola semilla compuesta por tres tejidos principales: Endocarpio, mesocarpio y epicarpio. El endocarpio es el hueso, el mesocarpio la pulpa o carne, y el epicarpio la piel o capa exterior. El conjunto de estos dos tejidos se llama pericarpio (García, 2000).

El fruto del olivo esta constituido en dos partes: pericarpio (piel, pulpa) y endocarpio (hueso).

### **2.2.2.1 Pericarpio.-**

El pericarpio tiene dos partes que representan el 65 – 83 % del peso total de la aceituna.

#### **2.2.2.1.1 Epicarpio o piel:**

De consistencia membranosa, delgado, liso, brillante, inicialmente de color verde y después variable al madurar según la variedad: Violáceo, negro, etc. El epicarpio o piel constituye la epidermis del fruto, representando del 1,5 a 3,5 % del peso total de la aceituna.

#### **2.2.2.1.2 Mesocarpio o pulpa:**

Esta formada por células isodíamtras que aumentan de tamaño según el grado de madurez. Tecnológicamente es la parte más importante. El mesocarpio representa entre el 70 y el 80% del peso del fruto (García, 2000).

#### **2.2.2.2 Endocarpio:**

El endocarpio también llamado hueso, es la capa interna o leñosa que envuelve a la semilla; varía entre el 13 y 30 % del peso total de la aceituna. La forma del endocarpio reproduce con bastante fidelidad la forma del fruto, siendo también variable, encontrándose de forma globosa, fusiforme o en punta.

**Semilla o almendra;** Se encuentra localizada en el interior del endocarpio, es fusiforme y consta del tegumento, endospermo y embrión (García, 2000).

En el cuadro Nº 05 se muestra los componentes de las diferentes partes de la aceituna fresca.

**Cuadro N° 05: Cantidad porcentual en la estructura de la aceituna fresca.**

<b>COMPONENTE</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Piel	1– 2 %
Pulpa	63 – 86 %
Hueso	10 – 30 %
Almendra	2 – 6 %

Fuente: García (2000).

### **2.2.3 Composición de la aceituna**

La composición de este fruto en el momento de la recolección es muy variable, dependiendo de la variedad de aceitunas, del suelo, del clima y del cultivo. Según (Civantos, 1992).

Por término medio, las aceitunas llevan en su composición:

- Aceite: 18-32 % .
- Agua de vegetación: 40-55 % .
- Hueso y tejidos vegetales: 23 – 35 % .

### **2.2.4 Composición química de la aceituna.-**

La composición de la aceituna puede cambiar según la variedad cultivada, las circunstancias externas y el grado de madurez (Kiritsakis, 1992).

Todas las variedades producen buenos aceites vírgenes, cada uno con sus características particulares.

En el cuadro N° 06 se muestra la composición química media de la aceituna, en porcentajes.

**Cuadro N° 06: Composición química media de la aceituna**

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Humedad	50,0
Lípidos	22,0
Carbohidratos totales	19,1
Fibra	5,8
Proteínas	1,6
Cenizas	1,5

Fuente: Kiritsakis (1992).

En el cuadro N° 07 se refleja La composición química de las principales partes de la aceituna.

**Cuadro N° 07: Composición química de las principales partes de la aceituna.**

Parte	% SOBRE MATERIA SECA				
	Proteínas	Lípidos	Fibra	Carbohidratos	Cenizas
<b>Epicarpio</b>	9,8	3,4	2,4	82,8	1,6
<b>Mesocarpio</b>	9,6	51,8	12,0	24,2	2,3
<b>Endocarpio</b>	1,2	0,8	74,1	22,7	1,2

Fuente: Civantos (1992).

La casi totalidad del aceite esta contenido en el mesocarpio, mientras el endocarpio esta predominantemente formado por fibra.

### **2.2.5 El Índice de Madurez de la aceituna**

A medida que el fruto va madurando no solo cambia de color sino que su firmeza, dureza o turgencia va cambiando debido a la acción de las enzimas. Tales enzimas van transformando las características del fruto enriqueciéndose en algunos compuestos y degradando los componentes que le confieren rigidez. Es por ello muy importante el tiempo de la cosecha para evitar que tales enzimas continúen con su trabajo de degradación que influye en la calidad del aceite de oliva.

El proceso de variación del color, permite establecer fácilmente el índice de madurez, tal como el propuesto por Ferreira (1979) en que la aceituna se clasifica en 8 clases o categorías (Cuadro N° 08) el procedimiento operativo es como sigue: Se toma una muestra de aceituna de aproximadamente de 2 kg, consiguiendo los frutos a la altura del operador y en las cuatro orientaciones del árbol. Una vez homogenizada la muestra se separan 100 frutos y se clasifican en las ocho clases o categorías anteriormente descritas, que van del 0 al 7. El Índice de Madurez; es la sumatoria del número de frutos de cada categoría por el valor numérico de su categoría dividido por 100, por tanto el índice de madurez puede ser valores entre el 0 (todos los frutos de color verde intenso) y el 7(todos los frutos con la piel negra y la pulpa morada hasta el hueso). Hermoso, Uceda, Frias y Beltrán (1999).

### Cuadro N° 08: Determinación del índice de madurez

<p>El valor del índice de madurez es en realidad una medida de color del fruto, tanto en la piel como en la pulpa.</p> <p>Para ponderar dicho color se ha establecido la siguiente escala:</p>
Clase 0: Piel verde intenso
Clase 1: Piel verde amarillo
Clase 2: Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto, inicio de envero.
Clase 3: Piel rojiza o morada en mas de la mitad del fruto. Final de envero.
Clase 4: Piel negra y pulpa blanca.
Clase 5: Piel negra y pulpa morada sin llegar a la mitad de la pulpa.
Clase 6: Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso.
Clase 7: Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el hueso.
Siendo: A, B, C, D, E, F, G, H, el número de frutos de las clases 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 respectivamente el índice de madurez se obtiene por la fórmula.
$I.M. = \frac{AX0+BX1+CX2+DX3+EX4+FX5+GX6+HX7}{100}$

FUENTE: Ferreira (1979).

### **2.2.5.1 El índice de madurez, contenido de polifenoles y aceite de oliva.**

Se busca encontrar el momento oportuno para la cosecha de aceituna que se debe comenzar a recoger cuando los valores están entre 3 con respecto al contenido total de polifenoles, se ha observado un descenso del nivel de los mismos conforme alcanza la madurez de los frutos, tal descenso ronda un promedio de 30 ppm de polifenoles en el aceite por cada punto de mas en la madurez.

La presencia de polifenoles y su concentración en el aceite de oliva varía en función de factores endógenos como la genética y el grado de madurez de los frutos, o bien exógenos como el ambiente, el sistema de extracción y el modo y tiempo de conservación.

El contenido de polifenoles cambia a lo largo de la maduración. Estas modificaciones en el contenido total en polifenoles totales inciden sobre las características sensoriales de los aceites que tienen cada vez aromas mas apagados, perdiéndose parte de su fragancia al tiempo que decae el flavor amargo, apareciendo la sensación del flavor dulce. Un retraso en la época de recolección da lugar a aceites menos fragantes, más apagados, menos amargos y con sensación de mayor suavidad, siempre que el fruto procesado este sano y proceda del árbol (Garrido et al , 1990).

Se ha indicado que el aceite esta completamente formado cuando el índice de madurez alcanza valores próximos a 3,5 momento en que la mayoría de los frutos están en envero, pocos negros y algunos verdes. Estudios realizados en la variedad Picual cuyo índice de madurez era 3,42 puede constarse en el % G/MS que no presenta diferencia significativa entre los distintos tipos de frutos, por lo que puede concluirse que la cantidad de aceite en las diferentes categorías de aceituna no variará.

Las diferencias observadas en el % G/MS de la aceituna entre los distintos tipos de frutos hay que atribuir las a la diferencia pulpa hueso (Hermoso, Uceda, Frías y Beltran),1999.

#### **2.2.5.2 Cambios en las características de los aceites según el estado de maduración del fruto.**

Durante el proceso de maduración se producen variaciones en las características de los aceites obtenidos tales como en:

**La acidez**, el número de peróxidos y las absorciones específicas al ultravioleta corresponden a dos momentos de cosecha, sufren un incremento paulatino y significativo conforme avanza la madurez, este incremento implica en promedio un aumento del orden de 0,15 % de ácido oleico libre por cada punto de incremento en el índice de madurez a partir del envero. Lo propio ocurre con los **coeficientes de absorción al UV**, donde por cada punto de más en el índice de madurez en la fruta, se registra un incremento de los valores de  $K_{232}$ ,  $K_{270}$  y  $\Delta K$  del orden de un 5 % sobre el máximo permitido para cada uno de éstos parámetros. Por otro lado, el índice de peróxidos no muestra diferencias significativas entre las muestras obtenidas con frutas en los dos estados de madurez (Humanes, 1992).

La composición ácida de los aceites evoluciona, sobre el estudio de la maduración de la aceituna en las principales variedades se observó una disminución en la proporción del ácido palmítico y un incremento del porcentaje en ácido linoleico, permaneciendo sensiblemente constante la proporción del ácido oleico por lo que la relación monoinsaturado poliinsaturado tiende a disminuir.

El contenido de tocoferol, tanto  $\alpha$  tocoferol como  $\beta+\delta$ -tocoferol, disminuyen en forma muy sensible a lo largo del periodo considerado, así mismo el contenido total de esteroides también presenta tendencia a decrecer (Mariani et al, 1991).

Como consecuencia de la evolución de los parámetros antes citado (relación monoinsaturados - poliinsaturados, contenido en polifenoles y tocoferoles) la estabilidad de los aceites tiende a disminuir.

El contenido de polifenoles cambia a lo largo de la maduración. Estas modificaciones en el contenido total en polifenoles totales inciden sobre las características sensoriales de los aceites que tienen cada vez aromas mas apagados, perdiéndose parte de su fragancia al tiempo que decae el flavor amargo, apareciendo la sensación del flavor dulce. Un retraso en la época de recolección da lugar a aceites menos fragantes, mas apagados, menos amargos y con sensación de mayor suavidad, siempre que el fruto procesado este sano y proceda del árbol( Garrido et al, 1990).

## **2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE DE OLIVO**

### **2.3.1 Definición de aceite de oliva**

Se define el aceite de oliva como el aceite obtenido del fruto del olivo únicamente por procedimientos mecánicos o por otros medios físicos, en condiciones, especialmente térmicas, que no produzcan la alteración del aceite, que no haya tenido más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y el filtrado Consejo Oleícola Internacional (**C.O.I.**).

El aceite de oliva virgen es el zumo oleoso de las aceitunas separado de los demás componentes de este fruto. Cuando se obtiene por sistemas de elaboración adecuados y procede de frutos frescos de buena calidad, sin defectos ni alteraciones, y la adecuada madurez, el aceite de oliva posee excepcionales características de aspecto, fragancia y sabor delicado, y es prácticamente el único entre los aceites vegetales que se puede consumir crudo, conservando íntegro su contenido de vitaminas, ácidos grasos esenciales y otros productos naturales de importancia dietética Barranco (1999).

El término aceite de oliva se refiere exclusivamente al aceite extraído a partir del fruto del olivo, rico en ácido oleico (monoinsaturado) y pobre en linoleico y linolénico (poliinsaturados), hace que disminuyan los niveles de colesterol de baja densidad (LDL-colesterol) o 'malo' de las personas que lo consumen y aumenta los niveles de colesterol de alta densidad (HDL-colesterol) o 'bueno'. Posee antioxidantes naturales por su contenido en á-tocoferol (vitamina E) y en polifenoles, cuyo componente principal es el tirosol. Su color dorado verdoso se debe a los residuos de clorofila y pigmentos carotenoides (Civantos, L. 1998).

## **2.3.2 Composición del aceite de oliva**

El aceite de oliva virgen, se compone de dos grandes grupos de compuestos químicos:

### **2.3.2.1 Fracción saponificable**

Representa el 98 % del peso del aceite de oliva, está constituida por triglicéridos (ésteres de ácidos grasos y glicerina).

#### **2.3.2.1.1 Triglicéridos:**

Esteres de la glicerina y ácidos grasos, dependiendo del número de grupos alcohol de la glicerina que se une con ácidos grasos, se tendrá un triglicérido. Los triglicéridos constituyen el grupo mayoritario en el aceite, los mono y diglicéridos puede ser resultado de la hidrólisis de los triglicéridos debido a la alteración de los aceites (Frías, 1991).

#### **2.3.2.1.2 Los ácidos grasos:**

Son sustancias constituidas por una larga cadena hidrocarbonada que posee en el extremo un grupo hidroxilo ( $-COOH$ ). Los ácidos grasos se diferencian por su número de átomo de carbono (oscila entre 16 y 20) en el aceite de oliva y por la cantidad de dobles enlaces que posea (se encuentra entre 0 y 3). Los ácidos grasos más frecuentes en el aceite de oliva virgen son los que se encuentran en el Cuadro N° 09 (Frías, 1991).

**Cuadro N° 09: Fracción saponificable del Aceite de Oliva.**

<b>ÁCIDOS GRASOS</b>	<b>GRADO DE SATURACIÓN N° DE CARBONO, DOBLES ENLACES</b>	<b>% PESO/ TOTAL ÁC. GRASO</b>
<b>Ácidos Grasos Saturados</b>		
Ácido Mirístico	C14 : 0	0 – 0,05 %
Ácido Palmítico	C16 : 0	7 – 18,0 %
Ácido Esteárico	C18 : 0	0,5 – 5,0 %
Ácido Aráquico	C20 : 0	0 – 0,5 %
<b>Ácidos Grasos Monoinsaturados</b>		
Ácido Palmitoleico	C16 : 1	0,3 – 3,0 %
Ácido Oleico	C18 : 1	61 – 83 %
<b>Ácidos Grasos Poliinsaturados</b>		
Ácido Linoleico	C18 : 2	2 – 18 %
Ácido Linolénico	C18 : 3	0 – 1,5 %

Fuente: (Frías, 1991).

Los dobles enlaces son puntos vulnerables de los aceites, por ser susceptibles a las oxidaciones ante el oxígeno del aire. Las oxidaciones dan lugar a compuestos tales como alcoholes, aldehídos y cetonas, etc. Producen mal olor, sabor y son causa del enranciamiento.

### 2.3.2.2 Fracción Insaponificable

Representa del peso de aceite un porcentaje menor ó igual al 1,5 %. Son un conjunto de aceites que no reaccionan con la sosa ó potasa para dar jabones y son solubles en disolventes (hexano, éter, etc) (Frías, 1991).

Tiene una gran cantidad de componentes menores que son muy importantes para la calidad y el valor biológico del aceite oliva virgen, se divide en dos grupos.

El primer grupo lo constituyen los derivados de los ácidos grasos tales como: Esteroles, ceras. El segundo grupo incluye compuestos no relacionados químicamente con los ácidos grasos, tales como: Tocoferoles, clorofilas, productos volátiles y los compuestos fenólicos (Boskou, 1996).

**Esteroles:** Son alcoholes superiores, son moléculas liposolubles, entre las que predominan el beta- sitosterol, que interfiere en la absorción intestinal del colesterol.

**Ceras:** Son ésteres de ácidos grasos con alcoholes grasos (alifáticos). La ceras están localizadas principalmente en el epicarpio de la aceituna y durante el proceso de extracción pasan al aceite.

**Hidrocarburos:** Tenemos a los terpenos y carotenos como se ve describe a continuación:

**Terpenos:** Tenemos principalmente el escualeno, es un precursor de la ruta biosintética de los esteroides.

**Carotenos:** contiene entre 0,5 – 10 mg/kg es precursor de la vitamina A, el beta caroteno, junto a la clorofila da pigmentación verde amarilla al aceite, son compuestos sensibles, oxidables.

**Pigmentos no terpénicos:** Clorofila, causante de la coloración verde en la oscuridad actúa como antioxidante.

**Tocoferoles:** Predomina al alfa – tocoferol, representa el 90 – 95 % de los tocoferoles totales que es la vitamina E, tiene características antioxidantes.

**Productos volátiles:** Son los responsables de los aromas de los aceites y los forman alcoholes, ésteres, derivados fenólicos son alrededor de 100 compuestos diferentes (Bocci, et al 1992, Blaskas, 1994).

**Polifenoles:** Son antioxidantes que influyen en las cualidades organolépticas de los aceites. Depende de la variedad, grado de madurez de la aceituna y la técnica de elaboración del aceite.

### **2.3.3 Clasificación del aceite de oliva**

Según el, Consejo Oleico Internacional se clasifica en;

#### **2.3.3.1 Aceites de oliva vírgenes:**

Aceites obtenidos del fruto del olivo únicamente por procedimientos mecánicos o por otros procedimientos físicos en condiciones, especialmente térmicas, que no produzcan la alteración del aceite, que no hayan tenido más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y el filtrado.

Se clasifican y denominan de la siguiente forma:

**a) Aceites de oliva vírgenes aptos para el consumo en la forma en que se obtienen:**

- **Aceite de oliva virgen extra:** Aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 0,8 g por 100 g y cuyas demás características corresponden a las previstas para esta categoría.
- **Aceite de oliva virgen:** Aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 2,0 g por 100 g y cuyas demás características corresponden a las previstas para esta categoría.
- **Aceite de oliva virgen corriente:** Aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 3,3 g por 100 g y cuyas demás características corresponden a las previstas para esta categoría.

**b) Aceite de oliva virgen no apto para el consumo en la forma en que se obtiene:**

Aceite de oliva virgen lampante: Aceite de oliva virgen cuya acidez libre expresada en ácido oleico es superior a 3,3 g por 100 g y/o cuyas características organolépticas y demás características corresponden a las previstas para esta categoría. Se destina al refinado con vistas al consumo humano ó a usos técnicos.

### **2.3.3.2 Aceite de oliva refinado:**

Aceite de oliva obtenido por refinado de aceites de oliva vírgenes. Su acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 0,3 g por 100 g, y sus demás características corresponden a las previstas para esta categoría.

### **2.3.3.3 Aceite de oliva:**

Aceite constituido por una mezcla de aceite de oliva refinado y de aceites de oliva vírgenes aptos para el consumo en la forma en que se obtienen. Su acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 1 g por 100 g, y sus demás características corresponden a las previstas. Su alteración es consecuencia del estado de madurez de los frutos y de su estado sanitario.

.. 00373

## **2.4 PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA**

Para obtener aceites de oliva de calidad la aceituna debe procesarse en las 24 horas siguientes a su recogida.

### **2.4.1 La recolección**

La recolección, aun siendo operación independiente de la extracción propiamente dicha, influye sensiblemente en las características del aceite. La cosecha es una de las operaciones que mayor importancia presenta en el cultivo del olivar, porque influye en la cantidad y en la calidad del aceite obtenido y en el costo de la producción. Para la obtención de un aceite calidad, en la recolección es necesario tener en cuenta dos factores: La época en que debe realizarse y el sistema de recolección.

#### **2.4.1.1 La época;**

En cuanto a la época la aceituna debe ser recogida en el momento de su madurez óptima (índice de madurez), considerando como tal el tiempo en que el fruto tenga la máxima cantidad de aceite con las mejores características, para conocer dentro de lo posible dicho momento, debe realizarse controles periódicos de análisis de las aceitunas.

#### **2.4.1.2 Sistema de recolección;**

En cuanto al sistema de recolección debe tenerse siempre presente la consideración de "zumo - fruto" que hay que otorgar al aceite, por lo tanto deben utilizarse sistemas que no deterioren las aceitunas, que no produzcan heridas, magullamientos, roturas de ramas o de brotes tiernos (Barranco, 1999).

Factores que influyen en las características del aceite.

- Variedad ----- 20 %
- Grado de maduración ----- 30 %
- Sistema de extracción ----- 30 %
- Método de recolección ----- 5 %
- Medios de transporte ----- 5 %
- Conservación ----- 10 %

Los aceites de aceitunas del árbol son de una calidad superior a los aceites procedentes de frutos caídos al suelo, que producen aceites lampantes, es decir que la acidez, correspondientes a dos momentos de cosecha, sufren un incremento paulatino y significativo conforme avanza la madurez (Westfalia, 2005).

#### **2.4.2 Transporte**

En el transporte de la aceituna, debe procurarse que el fruto llegue a la almazara lo menos alterado; los frutos deben de comprimirse lo menos posible, por lo cual es recomendable la utilización de cajas de material de plástico y contar con dos áreas de recepción.

El transporte en sacos ha de ser desechado, ya que la presión acumulada en ellos rompe los frutos; factor que se agrava en sacos de plástico al provocarse en ellos una aceleración de los procesos de fermentación y, como consecuencia, un aumento de la acidez y un demérito de los caracteres organolépticos (Hermoso, 1991).

### **2.4.3 Recepción y clasificación.-**

Punto fundamental en el que el sector almazarero tiene que hacer un esfuerzo importante para concientizar y convencer de su necesidad a los agricultores, es el de que estos lleven a la almazara separadamente el fruto de diferente calidad. Partiendo de este supuesto, es preciso contar al menos con dos áreas de recepción:

- Una para los frutos que potencialmente puedan proporcionar aceites de calidad (aceitunas sanas, cogidas del árbol, con un estado de madurez uniforme, etc.)
- Otra, para los frutos que difícilmente puedan proporcionar buenos aceites (aceitunas procedentes del suelo, etc.). Esta aceituna tiene que seguir un camino separado de la anterior, procesarse aparte (Hermoso, 1991).

### **2.4.4 Almacenamiento**

El no poder realizar una adecuada sincronización entre la recolección de la aceituna y su elaboración en la almazara provoca la necesidad de un almacenamiento de mayor o menor cantidad del fruto, ya que así se podría conseguir la máxima cantidad de aceite con iguales características a las que tiene el fruto en el momento de su recepción en la almazara. Pero esto es fácil de aconsejar y complicado de llevar a cabo en la práctica.

Por tanto el objetivo fundamentalmente de la conservación es conseguir mantener el fruto sin alteración de las características del aceite, sin que su costo se eleve de forma sensible (Barranco, 1999).

#### **2.4.5 Limpieza y Lavado**

Sea cual sea el sistema de recolección utilizado existe siempre un porcentaje mas o menos grande de impurezas (hojas, ramas, etc.) que debe eliminarse con la ayuda de máquinas, tamices o manualmente (Civantos, 1999).

Una de las operaciones básicas para la obtención de aceites de calidad es la limpieza y lavado del fruto. La eliminación de elementos extraños impedirá obtener aceites con malos olores y/o sabores que no corresponden a su naturaleza.

#### **2.4.6 Molienda**

Molienda consiste en destruir la piel y el hueso, para permitir la liberación del aceite. La aceituna se debe moler el día de su recolección, ya que el almacenamiento deteriora la calidad del producto final. Esta destrucción debe ser controlada.

La regulación del grado de molienda en el molino se hace, fundamentalmente , controlando la cantidad del fruto que entra en el empiedro. Así, a un gran caudal de aceituna corresponde una molienda grosera, mientras que reduciendo la cantidad de fruto aportada por unidad de tiempo se obtiene una granulometría fina.

En los molinos metálicos se efectúa dicha regulación mediante el intercambio de las cribas con distintos diámetros en las perforaciones, el grado de molienda será mayor o menor, dependiendo del diámetro del orificio de salida de la criba (Hermoso, 1991).

## **2.4.7 Batido**

Esta operación tiene por finalidad romper la emulsión aceite/agua y facilitar la reunión de las gotas de aceite. Una leve calefacción de la masa disminuye la viscosidad de ésta y permite que las gotitas de aceite viajen a través de ella hasta encontrar otras gotitas para ir formando gotas más grandes que van coalesciendo (Westfalia, 2005).

Es interesante señalar que, después de la molturación ó molienda de la aceitunas, sólo el 40 - 45 % de las gotas dispersas en la pasta tienen un diámetro superior a 30 micras, porcentaje que asciende al 80 – 85 % tras un buen batido. Por lo tanto está operación es pues, fundamental para aumentar el rendimiento de extracción de aceite (Civantos, 1992).

### **2.4.7.1 Factores fundamentales que influyen en el proceso de batido**

#### **2.4.7.1.1 Tiempo de batido**

Cuando mayor es el tiempo de batido, mayor es la extracción de aceite pero también se desmejora la calidad del mismo por su exposición al aire.

La influencia del tiempo de batido está relacionado con la calidad del aceite. Es decir un batido demasiado largo puede hacer disminuir el contenido de polifenoles y pérdida de aromas.

Los tiempos de batido dependen del sistema de extracción, deben ser inferiores a dos horas. Según Hermoso, 1997, debe estar en torno de una hora.

#### **2.4.7.2 Influencia de la temperatura de batido**

Se sabe que a mayor temperatura el rendimiento de extracción de aceite es mayor pero hay un efecto directo sobre la calidad del mismo.

Un aumento de temperatura de la masa supone una reducción o desnaturalización de los compuestos fenólicos, perjudicando seriamente la calidad del aceite. Por lo tanto la temperatura de la masa durante el batido no debe superar los 30 °C; una temperatura adecuada oscila entre 25 – 30 °C (Civantos, 1992).

#### **2.4.7.3 Velocidad de batido**

Una velocidad excesiva de batido puede llevar a la formación de emulsiones. La velocidad para una pasta normal oscila entre 18 – 20 r.p.m. que debe reducirse para las pastas difíciles que forman emulsiones (Civantos, 1992).

Es importante para una adecuada eficiencia de batido llenar la batidora y no operar menos del 80 % de su capacidad.

El batido en la pasta de aceituna es una etapa básica en todos los sistemas de extracción lo que facilita la separación de la fase acuosa y aceitosa y ayuda a que se produzca el fenómeno de coalescencia (Kiritsakis, 1992).

En esta operación es necesario calentar la masa para disminuir la viscosidad del aceite y facilitar la formación de la fase oleosa, esta elevación de la temperatura redundaría en mayor agotamiento de orujos y alpechines. No obstante un exceso de temperatura es claramente perjudicial para la calidad del aceite al acelerarse los procesos oxidativos, al tiempo que se produce una pérdida de compuestos volátiles. Incluso con altas temperaturas puede aumentar el contenido de

alcoholes grasos superiores, estas razones aconsejan no sobrepasar los 25-28 °C en la masa final del batido cuando se desee obtener aceites de calidad.

En este proceso, con una duración relativamente larga, se produce un contacto íntimo de la masa con las paredes y paletas de la batidora; por ello, es necesario que el material de construcción de la misma sea inerte y perfectamente liso. Tales son las características que presentan las batidoras de acero inoxidable (Hermoso, 1991).

#### **2.4.7.4 Extracción**

Esta etapa constituye la parte fundamental de la obtención del aceite y basada en la separación de los líquidos contenidos en la pasta de aceituna.

Este proceso se realiza en la industria por los sistemas de filtración selectiva, extracción por presión y extracción por centrifugación de pasta (Civantos, 1999).

##### **A. Extracción parcial**

Es una fase del proceso de elaboración basada en el principio de "filtración selectiva" cuyo fundamento es la diferencia de tensión superficial de las fases líquidas de la pasta.

El aceite que se extrae es el que queda "suelto" en la pasta, después de las fases de molienda y batido. Este aceite "suelto", no necesita para separarse más que su propio peso (Hermoso, 1991).

## **B. Extracción por presión**

Este es el sistema mas antiguo y todavía el mas usado para la extracción del aceite de oliva. Se basa en el principio de que cuando la pasta de aceituna se prensa en las condiciones adecuadas, suelta un mosto aceitoso llamado alpechín (aceite de olivas mas aguas de vegetación, fases líquidas), que se separa de la fase sólida gracias al efecto drenante de los capachos y de los fragmentos de los huesos de las aceitunas.

Básicamente la extracción por presión supone la aplicación a dicha presión a una pila de capachos cargados con pasta de aceitunas, que se alternan con discos metálicos y que se colocan en una carretilla que lleva un eje central. Los sistemas de prensado han cambiado mucho durante los años; no solo han mejorado los materiales, sino que la maquinaria es mas potente y segura, consiguiéndose una buena separación de las fases sólida y líquida. Las prensas modernas, con pistones de 35 a 40 cm de diámetro, pueden prensar 250 – 320 kg de pasta de aceituna apilada, en las que como máximo hay 4 capas de pasta extendida sobre 5 capachos y dos discos metálicos, pudiendo aplicar una presión de 350 – 450 kg/cm<sup>2</sup>.

Cuando se utiliza presión la fase sólida se separa de la fase líquida mediante la presión ejercida desde el cabezal de la prensa sobre toda la carga apilada. Al estar prensada entre los capachos, disminuye el volumen de la pasta de aceitunas.

El efecto de la presión hace que la fase líquida corra a través de la torta de la aceituna y la malla de los capachos, produciendo dos flujos de mostos aceitoso (uno centrípeto y otro centrífugo), que se recogen en la bandeja de la prensa (Boskou, 1998).

Según Boskou (1998), el sistema de prensado para la obtención de aceite de oliva tiene las siguientes ventajas:

- Inversión reducida.
- La maquinaria es simple y fiable.
- Se requiere poca potencia eléctrica, lo que significa que el consumo de energía es bajo.
- El orujo tiene un contenido bajo de humedad.
- Se produce una pequeña cantidad de agua de vegetación, que además contiene poco aceite.

Pero este sistema también tiene sus desventajas:

- La instalación de la maquinaria requiere mucho espacio.
- Se requiere mucha mano de obra.
- Los capachos se contaminan.
- El proceso es discontinuo.

### **C. Extracción por centrifugación**

Cuando se extrae el aceite de la pasta de aceituna por este sistema, las fases líquidas se separan de la sólida mediante la aplicación de fuerza centrífuga, que aumenta las diferencias existentes entre los pesos específicos de los líquidos inmiscibles y de las materias sólidas.

La centrífuga horizontal o decanters, consiste en un recipiente alargado de forma cilíndrica – cónica, en cuyo interior hay un rotor hueco, de forma similar y con aletas helicoidales. La pequeña diferencia de velocidad de giro entre el recipiente y el rotor (que gira a más velocidad), expulsa los orujos por un extremo de la máquina, mientras que el aceite y el agua salen por el otro. Posteriormente, el aceite y el agua se separan en centrífugas de descargas automáticas y de eje vertical. Dependiendo básicamente de su tamaño, estas máquinas tienen una capacidad horaria variable entre 0,5 – 0,6 a 3,0 – 4,0 toneladas.

En la centrífuga, las fases sólidas se separa de las líquidas diluyendo la pasta de aceituna con agua de dilución (que será templada) se debe controlar a la vez que el flujo de pasta de aceituna que entra en el decantador se controla con una bomba. La relación óptima pasta/agua, que puede variar entre 1:07 a 1:1,2. Este proceso se utiliza mucho en la actualidad por los buenos resultados obtenidos con las centrífugas horizontales, que giran a una velocidad de 3500 – 3600 rpm, y separan de forma continua la fase sólida de las líquidas, con buenos rendimientos en aceites (Boskou, 1998).

Según Boskou (1998), algunas de las ventajas de este sistema son :

- La máquina ocupa poco espacio.
- El proceso es semicontinuo y está automatizado.
- Se requiere poca mano de obra.

En cuanto a sus desventajas tenemos:

- Los costos de inversión son altos.
- Parte de los operarios deben tener una especialización.
- Se consume agua caliente.
- Necesita una instalación eléctrica importante, y el consumo de energía es alto.
- El orujo es muy húmedo.
- Produce muchas aguas de vegetación que contiene como medio un porcentaje relativamente alto de aceite.

#### **2.4.8 Decantación:**

Es la forma tradicional utilizada para separar el aceite del agua vegetal (denominado alpechín) que se deposita en el fondo.

Debido a la diferencia de densidades entre el aceite (0,915 – 0,916) y el alpechín (1,015 – 1,086), el alpechín se va al fondo del separador y el aceite queda en la parte superior. Un prolongado contacto del aceite con el alpechín producen fermentaciones que deterioran la calidad del aceite; como aumento de la acidez, y adquisición de olores y sabores desagradables (Civantos, 1992).

Uno de los principales problemas que afecta gravemente a la calidad y beneficios del aceite de oliva, se da en el proceso de preparación de la pasta, para dicha

acción intervienen dos procesos molienda y batido, dentro de estos procesos el que afecta gravemente la mayor pérdida de calidad es el batido, debido a que interviene la temperatura para una mayor eficiencia en el rendimiento de extracción de aceite.

#### **2.4.9 Almacenamiento**

El aceite de oliva, cuya elaboración se concentra en fechas determinadas y el consumo se efectúa durante todo el año; necesita ser almacenado. Su conservación y posterior comercialización se realiza sin adición de conservantes ni coadyuvantes. Se trata de un producto absolutamente natural.

### **2.5 CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA**

La calidad del aceite de oliva es el conjunto de propiedades o atributos que posee y que determina el grado de aceptación del consumidor respecto a un determinado uso. (Burón y García, 1989).

La calidad de un aceite de oliva virgen es representado por un zumo oleoso, obtenido de aceitunas de buenas condiciones de madurez, procedentes de olivos sanos y frescos, evitando toda manipulación o tratamiento que altere la naturaleza química de sus componentes.

Existen algunos componentes que influyen en la variabilidad y especialmente en la estabilidad del aceite de oliva, estos son los polifenoles que tienen poder antioxidante. La presencia de polifenoles y su concentración en el aceite de oliva varía en función de factores endógenos como la genética y el grado de madurez de los frutos, o bien exógenos como el ambiente, el sistema de extracción y el modo y tiempo de conservación.

### 2.5.1 Parámetros de calidad del aceite de oliva

Los criterios de calidad que generalmente se aplican se refieren a:

- **Grado de acidez:** Cantidad de ácidos grasos libres, expresados en ácido oleico.

El valor máximo admitido por la reglamentación técnico-sanitaria apto para el consumo humano es de 3,3 g por cada 100 g de ácidos grasos. La acidez es una anomalía que tiene su origen principalmente en el mal estado de los frutos, mal tratamiento o mala conservación.

- **Índice de peróxidos.** Su valor determina el estado de oxidación e indica el deterioro que pueden haber sufrido ciertos componentes de interés nutricional, como es la vitamina E. Se mide en meq de oxígeno activo por kg y el valor limitante para el consumo es de 20. Según Civantos (1992) al avanzar el estado de oxidación de un aceite desaparecen los peróxidos dando lugar a otros productos, es posible que un aceite muy alterado de un bajo índice de peróxidos.

La completa información sobre el estado de oxidación se adquirirá con la determinación además del  $K_{270}$ .

- **Absorbancia en el ultravioleta ( $K_{270}$ ).** Parámetro que se utiliza para detectar los componentes anormales en un aceite virgen y mide la absorbancia de un aceite a la longitud de onda de 270 nm. Generalmente, siempre que la extracción se realice a partir de aceituna sana, que no haya sido sometida a ningún tratamiento diferente a las operaciones físicas propias de su extracción, su valor será inferior al límite establecido (0,25).
- **Características organolépticas:** Conjunto de sensaciones detectables por los sentidos: olor, sabor y color.

Del Reglamento de la Comunidad Económica Europea N° 2568/91 de la Comisión, del 11 de julio de 1991 y modificaciones posteriores (Diario Oficial de las

Comunidades Europeas, 2002), relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo, se presentan en el cuadro N° 10 y los parámetros de calidad de los aceites de oliva en el cuadro N° 11.

**Cuadro N° 10: Características de los aceites de oliva (parámetros de calidad y clasificación)**

CATEGORÍA	Acidez (%ácido oleico)	Índice de peróxidos meq peróxido / Kg	K <sub>232</sub>	K <sub>270</sub>	Evaluación Organoléptica Mediana del defecto(Md)
Aceite de oliva virgen extra	M 1,0	M 20	M 2,50	M 0,20	Md =0
Aceite de oliva virgen	M 2,0	M 20	M 2,60	M 0,25	Md máx. 2,5
Aceite de oliva virgen corriente	M 3,3	M 20	M 2,60	M 0,25	Md máx. 6
Aceite de oliva virgen lampante	> 3,3	> 20	M 3,70	> 0,25	Md > 6
Aceite de oliva refinado	M 0,5	M 5	M 3,40	M 1,2	--
Aceite de oliva	M 1,5	M 15	M 3,30	M 1,0	--
Aceite de orujo de oliva crudo	> 0,5	--	--	--	--
Aceite de orujo de oliva refinado	M 0,5	M 5	M 5,50	M 2,50	--
Aceite de orujo de oliva	M 1,5	M 15	M 5,30	M 2,00	--

M = máximo

Fuente: Diario Oficial de Comunidades Europeas L128, 2002

**Cuadro N° 11: Parámetros de calidad de los aceites de oliva**

PARÁMETROS	TIPOS DE ACEITE DE OLIVA					
	ACEITE DE OLIVA VÍRGENES				REFINADO	ACEITE DE OLIVA
	Extra	Fino	Semifino	Lampante		
<b>Características organolépticas</b>	≥ 6,5	≥ 5,5	≥ 3,5	3,5		
* Olor					Aceptable	Bueno
* Sabor					Aceptable	Bueno
* Color					Amarillo claro	Claro
* Aspecto a 20°C durante 24 horas						amarillo a verde
- <b>Acidez libre</b> (% ácido oleico)	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3,3	> 3,3	≤ 0,3	≤ 1,5
- <b>Índice de peróxidos</b> (meq O <sub>2</sub> /kg aceite)	≤ 20	≤ 20	≤ 20	> 20	≤ 10	≤ 20
- <b>Absorbancia al U. V. (K<sub>270</sub>)</b>	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,30	No limitado	≤ 1,10	≤ 0,90

Fuente: COI, 1992

## 2.6 BENEFICIOS DEL ACEITE DE OLIVA

- \* **Por la presencia de vitamina E, y polifenoles;**
  - **Vitamina E.-** Previene la oxidación del colesterol malo LDL, que daría lugar a la aparición de placas de ateroma o arterioscleróticas. Estas placas de ateroma impiden el correcto flujo sanguíneo a través del sistema arterial. Por ejemplo: si se fija en las arterias coronarias puede desembocar en un infarto de miocardio.
  - **Polifenoles.-** Con acción antioxidante, previenen el envejecimiento celular y previenen la formación de sustancias cancerosas.
- \* **En los diabéticos,** el consumo de aceite de Oliva Virgen Extra favorece la disminución de los niveles de glucemia, necesitando de esta forma menores dosis de insulina.
- \* **Facilita la síntesis hepática** de sales biliares a partir de colesterol, impidiendo de esta forma un exceso de colesterol y facilitando la digestión de las grasas.
- \* **Disminuye el ataque ácido a la mucosa esofágica,** ralentiza y gradúa el vaciado del estómago al duodeno, y disminuye la acidez gástrica, lo que disminuye el riesgo de padecer úlceras gástricas.
- \* **Es el mejor aceite para las frituras,** ya que los cambios químicos que ocurren durante la fritura con grasas monoinsaturadas son pequeños y lentos. Si la fritura es correcta, el aceite de oliva penetra muy poco en el alimento a la vez que se crea una costra que impide que se pierdan constituyentes del propio alimento.
- \* **Contribuye a la mejor calcificación ósea,** evitando problemas de huesos en la edad adulta.
- \* **Su nivel de ácidos grasos** satisface ampliamente todas las necesidades nutricionales.

\* **Sobre el organismo son:**

- **Aparato circulatorio:** Ayuda a prevenir la C arteriosclerosis y sus riesgos.
- **Aparato digestivo:** Mejora el funcionamiento del estómago y páncreas, el nivel hepatobiliar y el nivel intestinal.
- **Piel:** Efecto protector y tónico de la epidermis.
- **Sistema endocrino:** Mejora las funciones metabólicas.
- **Sistema óseo:** Estimula el crecimiento y favorece la absorción del calcio y la mineralización.

Por su contenido en vitamina E y el efecto antioxidante de ésta sobre la membrana celular, el aceite de oliva está especialmente recomendado para la infancia y la tercera edad (Covian, 1989).

## **2.7 OPTIMIZACIÓN**

De forma genérica, puede definirse la optimización como aquella ciencia encargada de determinar las mejores soluciones a problemas matemáticos que a menudo modelan una realidad física. Los problemas complejos de optimizaciones multidimensionales, no lineales y altamente multimodales pueden encontrarse en ingeniería, economía, geofísica y prácticamente en todos los campos de la ciencia.

En la práctica industrial han sido muchos los métodos utilizados para el diseño y control de procesos industriales con el objetivo de establecer parámetros o condiciones de operación que proporcionen las características de calidad deseadas. En muchos casos se han utilizado el diseño experimental, las superficies de respuesta y la simulación como metodologías para identificar los valores de las variables de entrada que proporcionen un resultado deseable.

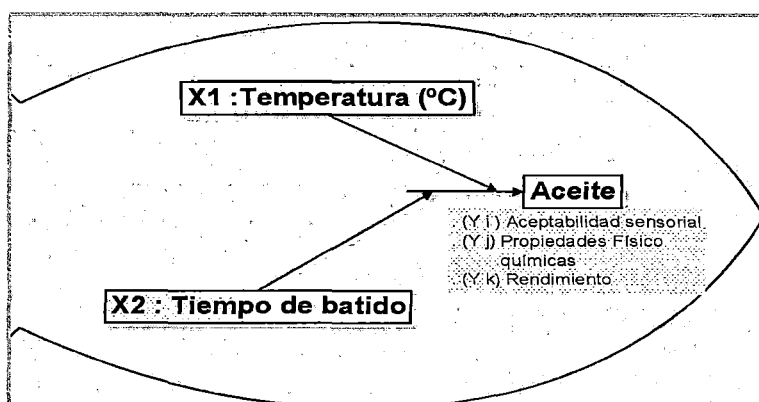
Según Gutierrez (2007) el método gráfico y el método de la función de deseabilidad (Derringer y Suich) son de los mejores métodos que existen ya que siempre proveen

soluciones consistentes con los datos observados en el experimento. Además, ambos son bastante intuitivos y flexibles en el sentido de que permiten balancear la importancia relativa de las respuestas. Los dos métodos son fáciles de aplicar si se tiene el software apropiado. Es recomendable aplicar ambos métodos en cada problema llegar a la mejor solución simultanea.

#### MÉTODO DE LA FUNCIÓN DE DESEABILIDAD

Este método fue propuesto originalmente por Harrington (1965) y posteriormente mejorado por Derringer y Suich (1980) y Derringer (1994). Consiste en definir una función en el espacio de factores que mide la deseabilidad global (DG) del producto predicha en cada punto, convirtiendo de esta el problema de optimización multivariado en un problema de optimización univariado. Basta maximizar dicha deseabilidad global para obtener el punto óptimo que buscamos. Gutierrez (2007)

Obtenida la función de conveniencia total se procede a su optimización para obtener las condiciones de operación controlables que la hacen máxima Ej. Figura N° 04.



**Figura N° 04:** Diagrama Causa-Efecto, para las variables independientes y dependientes en el estudio de optimización de la temperatura y tiempo de batido.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.-

El presente trabajo fue realizado en el laboratorio de Análisis de los Alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

#### 3.2 MATERIA PRIMA.-

##### 3.2.1 Materia Prima.-

Fue utilizado el fruto del olivo (*Olea europea sativa*) de la variedad manzanilla, de buena calidad procedente del banco de germoplasma del INPREX-UNJBG. en Tacna-Perú. Las características de la variedad manzanilla utilizada se muestran en la figura N° 05.



Figura N° 05: Aceituna variedad manzanilla del INPREX – UNJBG.

### **3.3 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.-**

#### **3.3.1 Materiales.-**

- ❖ Placa petri
- ❖ Mortero y pilon de porcelana
- ❖ Papel de aluminio
- ❖ Desecador con silica gel
- ❖ Papel filtro
- ❖ Pinzas
- ❖ Espátula de metal
- ❖ Balón de Kjeldhal
- ❖ Pipetas volumétricas de 0,5 - 10 ml .
- ❖ Matraz erlenmeyer de 25 - 500 ml .
- ❖ Bureta de 25 ml .
- ❖ Pipetas aforadas de 10 - 25 ml .
- ❖ Probetas de 100 – 1000 ml .
- ❖ Embudo bushner
- ❖ Crisoles de porcelana termómetro de mercurio de -15 °C a 150 °C .
- ❖ Pera de decantación de 250 – 1000 ml .
- ❖ Embudo de vidrio
- ❖ Vasos precipitados de 30 – 250 ml .
- ❖ Pera de succión
- ❖ Picnómetro de 100 ml .
- ❖ Bagueta
- ❖ Cápsula de porcelana
- ❖ Capilares de 1,00 ml de diámetro
- ❖ Fiolas de 25 – 500 ml Papel filtro Whatman y papel aluminio

- ❖ Termómetro de 100 °C .
- ❖ Tubos de Espectrofotometría
- ❖ Fiolas de 10 – 500 ml .
- ❖ Pera de decantación de 250 - 500 ml .
- ❖ Material plástico
- ❖ Material de acero inoxidable
- ❖ Depósitos de pirex
- ❖ Material para evaluación sensorial: vasos de vidrio, platos descartables, pan.

### **3.3.2 Equipos.-**

- ❖ Estufa MEERT, rango de temperatura 30 – 220 °C .
- ❖ Balanza analítica METLER AJ 150,  $\pm 0,1$  mg de sensibilidad
- ❖ Equipo extractor de grasa soxhlet, de seis hornillas, LABLINE
- ❖ Cocina eléctrica Thermolyne type 1500, rango de temperatura 0 - 1200 °C .
- ❖ Balanza digital
- ❖ Molino manual Corona
- ❖ Baño maría marca J.P.SELECTA S.A. rango de temperatura 0 – 1200 °C .
- ❖ Equipo de extracción de aceite por prensa, capacidad de 1 kg .
- ❖ Refractómetro ABBE, RL 3 POLAND
- ❖ Refrigeradora de ¼ HP .

### **3.3.3 Reactivos.-**

- ❖ Éter de petróleo multisolvente
- ❖ Sulfato de potasio
- ❖ Sulfato de cobre(II) penta hidratado
- ❖ Acido sulfúrico concentrado
- ❖ Hidróxido de sodio
- ❖ Acido bórico
- ❖ Indicador verde de bromocresol
- ❖ Acido clorhídrico
- ❖ Alcohol etílico absoluto
- ❖ Éter dietílico
- ❖ Indicador fenolftaleina hidróxido de potasio
- ❖ Acido acético glacial
- ❖ Cloroformo
- ❖ Yoduro de potasio
- ❖ Tiosulfato de sodio penta hidratado
- ❖ Almidón soluble
- ❖ Yodo
- ❖ Bromo
- ❖ Isooctano

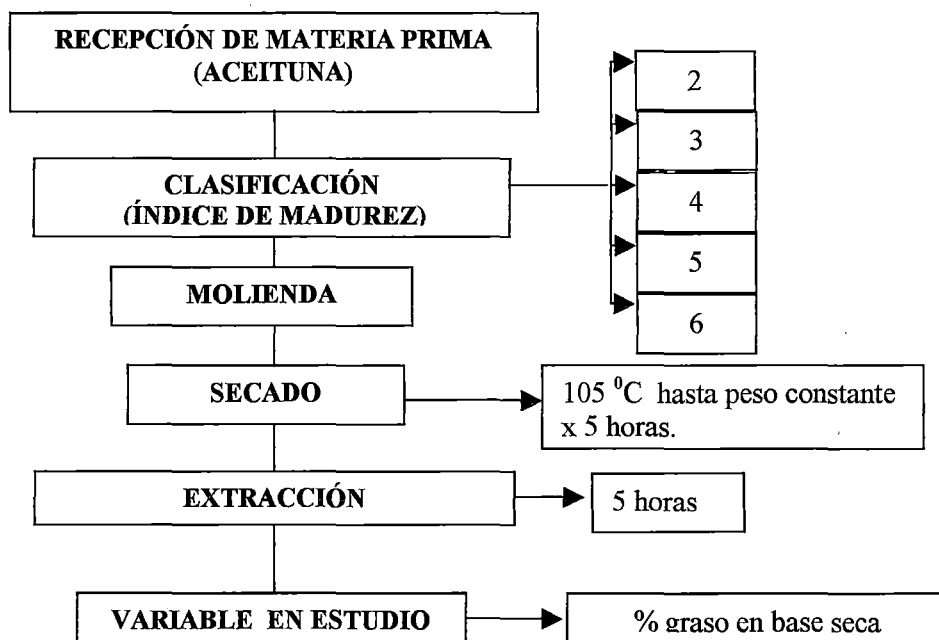
Todos los reactivos utilizados fueron de pureza analítica.

### 3.4 MÉTODOS EXPERIMENTALES

#### 3.4.1 Procedimiento

##### 3.4.1.1 Determinación del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.

El procedimiento para determinar el mayor contenido graso en base seca de la aceituna variedad manzanilla en el que se considera 5 índices de madurez como se muestra en la figura N° 06.



**Figura N° 06:** Principales etapas y controles realizados durante el desarrollo del diseño experimental para la determinación del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.

### 3.4.1.1.1 Descripción del diagrama de flujo (Figura N° 06):

- ▶ **Materia prima:** se utilizaron las mejores aceitunas del olivo aceitero de variedad Manzanilla del banco de germoplasma del INPREX –UNJBG.
- ▶ **Clasificación:** De acuerdo al delineamiento experimental se trabajó con 5 niveles se tomaron frutos de olivo con índice de madurez de 2; 3; 4; 5 y 6 como se muestra en la figura N° 07.

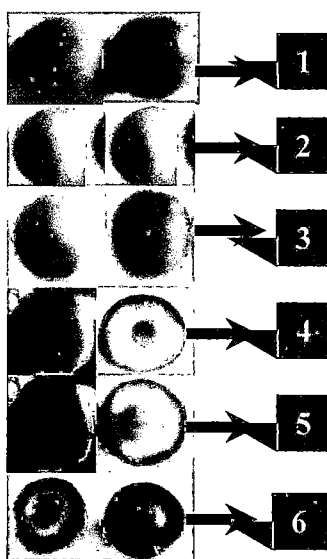


Figura N° 07: Características del índice de madurez de aceituna variedad manzanilla.

- ▶ **Molienda:** la aceituna fueron molidas utilizando un mortero y pilón, obteniéndose la pasta correspondiente, como se muestra en la figura N° 8.

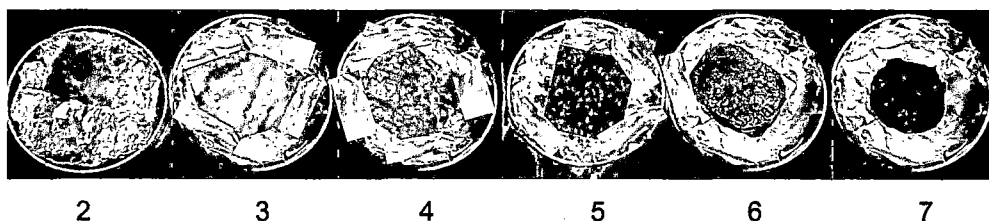


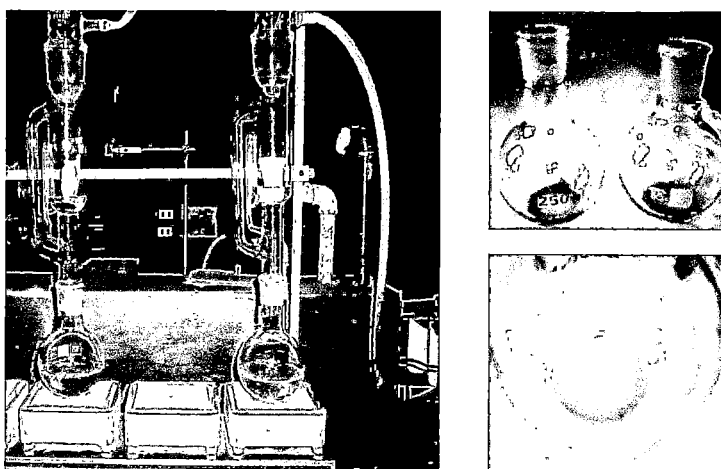
Figura N° 08: Pastas de aceituna de la variedad manzanilla en diferentes índices de madurez.

- ▶ **Secado:** pesar una determinada cantidad de la pasta, secar la muestra a 105 °C por 5 horas, en la figura N° 09 se muestra las pastas para realizar el secado en estufa.



**Figura N° 09:** Pasta de aceituna para secado en estufa.

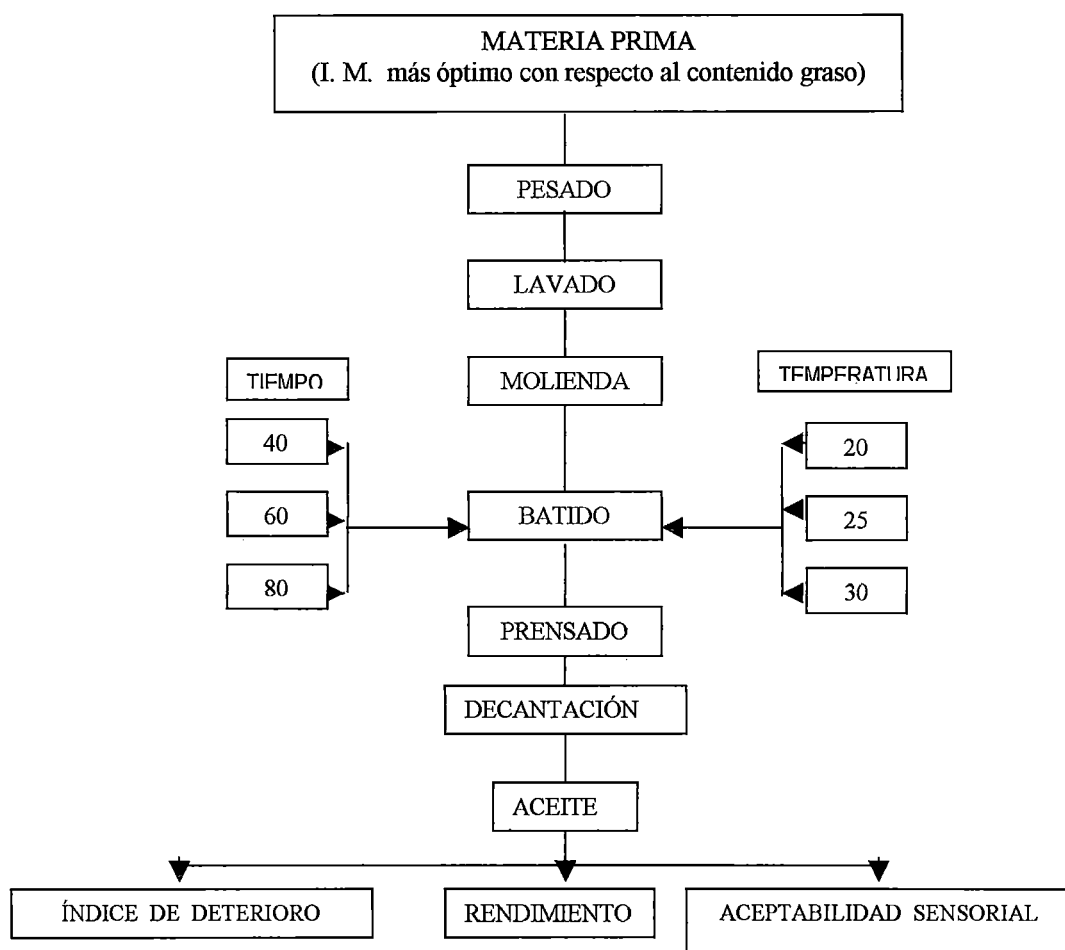
- ▶ **Extracción:** transferir la muestra seca a un papel filtro, engrampar el papel, colocar en el equipo Soxhelt y calentar en la cocinilla durante 4 a 6 horas, como se muestra en la figura N° 10; secar el cartucho 30min a 120 °C, enfriar y pesar.



**Figura N° 10:** Extracción de aceite de oliva (manzanilla) en equipo Soxhelt.

- **Variable en estudio:** determinar el índice de madurez más óptimo (Análisis de varianza de regresión polinomial de segundo grado) con respecto al contenido graso, que se utilizará para la parte experimental (Figura N° 11).

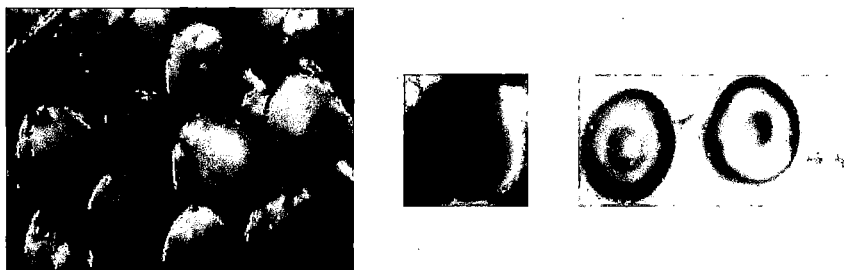
### 3.4.1.2 Determinación de rendimiento, calidad y aceptabilidad organoléptica manejando parámetros temperatura y tiempo de batido.



**Figura N° 11:** Diagrama del proceso de extracción de aceite de oliva, determinación de rendimiento, índice de deterioro y aceptabilidad sensorial del aceite de oliva variedad manzanilla.

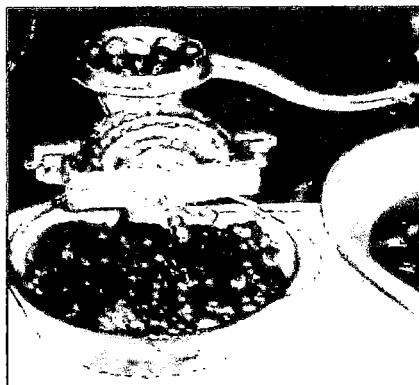
### 3.4.1.2.1 Descripción del diagrama de flujo (Figura N° 11):

- ▶ **Materia prima:** se utilizará la aceituna variedad manzanilla con el índice de madurez más óptimo con respecto al contenido graso como se muestra en la figura N° 12.



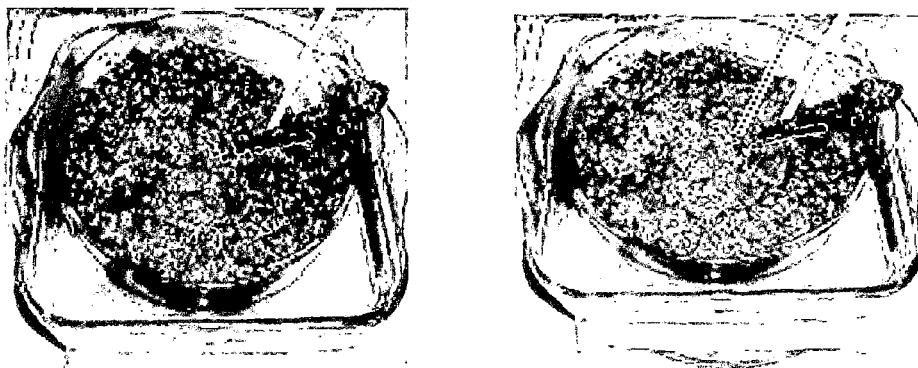
**Figura N° 12:** Aceituna de variedad manzanilla de índice de madurez 4.

- ▶ **Pesado:** se pesa en una balanza digital 1000 g de materia prima.
- ▶ **Limpieza y lavado:** para la eliminación de hojas e impurezas se utiliza agua a temperatura ambiente.
- ▶ **Molienda:** la aceituna se molerá el día de su recolección, debido a que el almacenamiento deteriora la calidad del producto final; la molturación se realiza con un molino manual, en el cual se pueda regular el grado de molienda con la finalidad que rompa los tejidos y libere el aceite formando una pasta como se muestra en la figura N° 13.



**Figura N° 13:** Moledora manual utilizada para la aceituna variedad manzanilla.

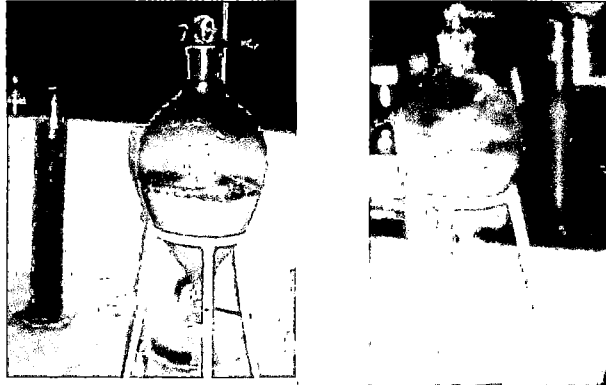
- ▶ **Batido:** el batido de la pasta se realiza de forma manual a una velocidad aproximada de 18 r.p.m. las variables a utilizar son temperaturas de 20; 25; 30 °C y tiempo de batido de 40; 60 y 80 minutos.



**Figura N° 14:** Batido de la pasta de aceituna.

- ▶ **Prensado** (separación fase sólida-líquida) esta operación se realiza utilizando una prensa hidráulica, a una presión de 356,9 kg/cm<sup>2</sup>, por un tiempo de 20 minutos, obteniéndose de esta operación orujos y mostos oleosos (alpechín).

- ▶ **Decantación (separación fase líquida-líquida)** se utiliza decantadores como se muestra en la figura N° 15 para determinar la cantidad y rendimiento de aceite obtenido.



**Figura N° 15:** Decantación de aceite de oliva variedad manzanilla

- ▶ **Filtrado** el aceite es pasado a través de tejidos, fibras, papeles filtrantes, para retener las impurezas y la humedad y darle mejor presentación al producto final (Aceite) como se muestra en la figura N° 16.



**Figura N° 16:** Filtrado de impurezas de aceite de oliva variedad manzanilla

### **3.4.2 MÉTODOS ANALÍTICOS**

#### **3.4.2.1 Análisis a realizar de la materia prima**

##### **3.4.2.1.1 Análisis proximal:**

- Agua (método pérdida de peso, A.O.A.C. 1984)
- Lípidos (método Soxhlet, A.O.A.C. 1984)
- Prótidos (método kjeldahl, A.O.A.C. 1984)
- Fibra cruda(método tratamiento ácido -alcalino, A.O.A.C. 1982)
- Cenizas (método por alcalinización, A.O.A.C. 1984)
- Carbohidratos (por diferencia porcentual)

##### **3.4.2.1.2 Parámetros a obtener:**

- Índice de madurez con respecto al contenido graso en base seca en la aceituna.
- Tiempo de batido óptimo con respecto al rendimiento en aceite.
- Temperatura de batido óptimo con respecto al rendimiento en aceite.

##### **3.4.2.1.3 Análisis a realizar al producto final (aceite)**

###### **Análisis fisicoquímico:**

Acidez libre, índice de peróxidos, densidad o peso específico, punto de fusión, índice de refracción, humedad e impurezas, índice de saponificación, índice de yodo, rotación óptica.

###### **Análisis sensorial:**

Evaluación referida a las propiedades organolépticas (color, aromas, sabor).

**Rendimiento:** % de rendimiento con respecto a la cantidad de aceite extraído (balance de masa).

### 3.4.3 Delineamiento experimental

Para evaluar los efectos de Temperatura y Tiempo de batido en el rendimiento, acidez, absorbancia al U.V. ( $K_{270}$ ) y aceptabilidad sensorial del aceite de oliva, fue utilizado el diseño factorial completo que requiere de un mínimo de once tratamientos, 9 factores y 2 réplicas en el punto central (Cuadro N° 12). Las variables fueron establecidas con tres niveles codificados como -1, 0 y +1. Los valores reales y amplitudes entre niveles de cada variable fueron establecidos en base al marco teórico del presente estudio.

**Cuadro N° 12: Delineamiento experimental factorial central compuesto con dos variables independientes y tres niveles utilizados para los efectos combinados para el estudio del trabajo de investigación.**

T	VARIABLES INDEPENDIENTES			
	X1		X2	
	nivel real	nivel codificado	nivel real	nivel codificado
1	20	-1	40	-1
2	30	1	40	-1
3	20	-1	80	1
4	30	1	80	1
5	25	0	40	-1
6	25	0	80	1
7	20	-1	60	0
8	30	1	60	0
9	25	0	60	0
10	25	0	60	0
11	25	0	60	0

Fuente: Elaboración propia

X1 = Temperatura de batido (°C)

X2 = Tiempo de batido (minutos)

#### **3.4.4 Procesamiento y análisis de datos**

Para el análisis de los efectos combinados de las variables independientes ( $X_1$ ,  $X_2$ ) en las respuestas evaluadas ( $Y_i$ ) se empleó la metodología de superficie de respuesta. El promedio de los datos de cada uno de los once experimentos fueron tratados por el análisis de regresión múltiple para desarrollar un modelo matemático que contenga los términos lineales, cuadráticos y de interacción, para ello fue utilizado el programa estadística 5.0.

El efecto significativo del modelo fue tratado por análisis de varianza. En ello se observó el grado de significación de la regresión y de la falta de ajuste al 95% de confianza, con la ayuda de la prueba F y el análisis del coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

El modelo para ser considerado predictivo en el estudio de las variables debe presentar regresión significativa al 95 % de confianza, falta de ajuste no significativo en el mismo nivel de confianza y alto nivel de  $R^2$ . Para ello se usó los programas Statistica 5.0 y Design – Expert 7.0.2.

### **3.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS.-**

#### **3.5.1 Oliva variedad manzanilla con índice de madurez de mayor contenido graso en base seca.**

##### **3.5.1.1 Análisis proximal.-**

Fue realizado con la finalidad de conocer la composición proximal de la materia prima de índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.

##### **3.5.1.1.1 Humedad.-**

Se determinó la pérdida de peso de la muestra al someterse a calentamiento en estufa a 150 °C hasta peso constante (Método pérdida de peso, A.O.A.C. 1984).

##### **3.5.1.1.2 Lípidos.-**

El contenido en grasa bruta de un producto se define convencionalmente como la parte del mismo extraíble por éter de petróleo en condiciones determinadas (Método de Soxhlet, A.O.A.C. 1984).

##### **3.5.1.1.3 Proteínas.-**

El contenido en proteína bruta de un producto es el resultado de multiplicar el contenido en nitrógeno, determinado por el procedimiento kjeldahl, por un factor (6,25) de transformación de nitrógeno en proteínas (Método kjeldahl, A.O.A.C. 1984).

##### **3.5.1.1.4 Fibra cruda.-**

Tratar la muestra, sin grasa si es necesario, con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido potásico de concentraciones conocidas. Separar el residuo por

filtración, lavar, desecar y pesar el residuo insoluble (Método tratamiento ácido – alcalino, A.O.A.C. 1982).

#### **3.5.1.1.5 Cenizas.-**

Residuo obtenido por incineración a una temperatura de 550 °C hasta combustión completa de la materia orgánica y obtención de un peso constante (Método por calcinación, A.O.A.C. 1984).

#### **3.5.1.1.6 Carbohidratos.-**

Por diferencia porcentual.

### **3.5.2 Aceite de oliva virgen de mejores condiciones**

Con la finalidad de conocer las características del aceite de oliva virgen de mejores condiciones se efectuaron análisis fisicoquímicos.

#### **3.5.2.1 Análisis químicos.**

##### **3.5.2.1.1 Acidez libre.-**

Dilución de una mezcla de disolventes, y titulación de los ácidos grasos libres presentes utilizando una solución alcalina acuosa (Método Norma Española 55011, 1991).

##### **3.5.2.1.2 Absorción espectrofotométrica ultravioleta ( $K_{232}$ , $K_{270}$ ).-**

Este método se fundamenta en la medida espectrofotométrica ultravioleta del coeficiente de extinción a la longitud de onda 270 nm representado por  $K_{270}$ .

Para determinar este coeficiente, se ha pesado 0,25 g de aceite en una fiola aforado de 25ml y esta cantidad se disuelve en ciclohexano. La disolución resultante se introduce en una cubeta de cuarzo de 1cm de anchura y se realiza la lectura en un Espectrofotómetro a 270 nm .

#### **3.5.2.1.3 Índice de peróxidos.-**

Disolución de una muestra en una mezcla de cloroformo y ácido acético, que se trata con una solución de yoduro de potasio. El yodo liberado es titulado con una solución de tiosulfato sódico estandarizado (INDECOPI 209006, ENERO 1968).

#### **3.5.2.1.4 Humedad y materias volátiles.-**

Calentamiento de una porción de aceite a 105 °C en estufa hasta la eliminación completa de la humedad y de las materias volátiles (Método Una Norma Española 55020, 1991).

#### **3.5.2.1.5 Índice de saponificación.-**

Ebullición de la muestra con una solución de hidróxido de potasio etanólico, y titulación del exceso de hidróxido de potasio con ácido clorhídrico, en presencia de un indicador (Método Una Norma Española 55012, 1991).

#### **3.5.2.1.6 Índice de yodo (Hanus).-**

Se determina añadiendo a la muestra un exceso de reactivo halogenado, valorando el reactivo que no reacciona (Método 26.020 – 26.021, A.O.A.C 1884).

## **IV. HIPÓTESIS E IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

### **4.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Es factible determinar el efecto en el rendimiento, aceptabilidad sensorial, acidez y absorbancia al U.V. ( $K_{270}$ ) del aceite en el proceso extracción de aceite de oliva variedad manzanilla, evaluando parámetros de índice de madurez, tiempo y temperatura de batido.

### **4.2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.-**

#### **4.2.1 Estudio preliminar; parte experimental N° 01 (Figura N° 01),**

- **Variables independientes:**

Índice de madurez con los niveles 2; 3; 4; 5; 6.

- **Variables dependientes:**

Contenido graso en materia seca.

En la parte experimental N° 01 se utiliza las variables independientes (índices de madurez 2; 3; 4; 5; 6) con el fin de ver la influencia de estas sobre la dependiente (contenido graso en base seca) y se utiliza la variable independiente con mayor contenido graso, en la parte experimental N° 02.

#### **4.2.2 Parte experimental N° 02 (Figura N° 02),**

Determinado el índice de madurez con mayor contenido graso (parte experimental N° 01), se utiliza en la parte experimental N° 02 y se trabaja con las siguientes variables.

### **Variables independientes**

- Temperatura de batido (°C) (20; 25; 30)
- Tiempo de batido (min) (40; 60; 80)

### **Variables dependientes**

- Rendimiento expresado en porcentaje
- Índices de acidez y  $K_{270}$ .
- Aceptabilidad sensorial (sabor, color y aroma).

En la parte experimental N° 02 se utiliza las variables independientes (temperatura y tiempo de batido) para definir las variables dependientes y así determinar el aceite con mejores condiciones.

### **4.3 INDICADORES**

Para la optimización de la temperatura y tiempo de batido de la variedad aceitera Manzanilla en la región de Tacna, se tomó como referencia para su definición, clasificación y calidad las Normas Técnicas Nacional (Anexo III) así como normas de organismos internacionales, si se ajustan a parámetros de calidad.

#### 4.3.1 El Consejo Oleícola Internacional

Visto el Convenio Internacional del aceite de oliva y de las Aceitunas de Mesa, enmendado en última instancia por la Decisión N° DEC-1/75-IV/96 de 20 de noviembre de 1996 y su artículo 36 referente a las normas relativas a las características físicas, químicas y organolépticas.

Los métodos de análisis de la calidad son todos aquellos parámetros que, aunque el consumidor no detecte, son medibles y permiten evaluar las características químicas del producto. Las características mínimas de éstos parámetros exigidos están reflejados en las normas y comprenden, entre otras, las siguientes:

- **Grado de acidez:** Cantidad de ácidos grasos libres, expresados en ácido oleico. El valor máximo admitido por la reglamentación técnico-sanitaria apto para el consumo humano es de 3,3 g por cada 100 g de ácidos grasos.
- **Índice de peróxidos:** Su valor determina el estado de oxidación y deterioro de ciertos componentes nutricionales, se mide en meq de oxígeno activo por kg y el valor limitante para el consumo es de 20.
- **Absorbancia en el ultravioleta ( $K_{270}$ ):** Parámetro que se utiliza para detectar los componentes anormales y mide la absorbancia en longitud de onda a 270 nm, su valor será inferior al límite establecido (0,25).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL ÍNDICE DE MADUREZ CON MAYOR CONTENIDO GRASO EN BASE SECA (ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA).

**Cuadro N° 13: Composición proximal de la oliva (variedad manzanilla) de índice de madurez con mayor contenido graso en base seca; 4,07**

PARÁMETRO	RESULTADOS (g/ 100 g m.s.)
Humedad	61,90
Lípidos	20,30
Fibra cruda	6,25
Proteínas	0,75
Cenizas	0,67
Carbohidratos totales	10,13

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos en el presente trabajo comparados con la composición química media de la aceituna reportada por Kiritsakis (1992) se tiene:

- El valor obtenido en humedad 61,90 % supera a lo reportado por Kiritsakis (1992). Quien afirma que la humedad media de la aceituna se encuentra en 50 % . El incremento se debe a la excesiva exposición del olivo al riego.

- El valor obtenido en lípidos 20,30 % desciende a lo reportado por Kiritsakis (1992) de 22,0 % .
- El valor obtenido en fibra cruda 6,25 % supera a lo reportado por Kiritsakis (1992) cuyo valor es 5,8 % .
- El valor obtenido en proteínas 0,75 % y cenizas 0,67 % son inferiores a lo reportado por Kiritsakis (1992) 1,6 % en proteínas y en cenizas 1,5 % .
- El valor obtenido en carbohidratos totales 10,13 % supera a lo reportado por Kiritsakis (1992) 19,1% .

## 5.2 RESULTADOS DEL ÍNDICE DE MADUREZ CON MAYOR CONTENIDO GRASO EN BASE SECA.

Los resultados obtenidos para los diferentes índices de madurez, evaluados a través del contenido graso en base seca, son mostrados en el cuadro N° 14.

**Cuadro N° 14: Efecto del índice de madurez sobre el contenido graso en base seca**

Índice de Madurez	Lípidos (g/100 g m. s.)
2	37,30
3	44,80
4	46,10
5	44,30
6	39,00

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos fue establecido el análisis de regresión polinomial de segundo grado (cuadro Nº 15) El análisis de variancia (ANVA) del modelo de regresión polinomial de segundo grado, mostró un coeficiente de determinación de 0,985 (próximo a 1) y una regresión altamente significativa  $F_c = 66,013$  ( $P < 0,05$ ) dando la siguiente ecuación que es útil para predecir el contenido de lípidos en base seca:

$$Y = 12,44 + 16,69 X - 2,05 X^2$$

**Cuadro Nº 15: Regresión polinomial de segundo grado en la determinación del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.**

<i>Estadísticas de la regresión</i>					
•	Coeficiente de correlación múltiple				0,992
•	Coeficiente de determinación $R^2$				0,985
•	Error típico				0,672
•	Observaciones				5
	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	12,44	2,67	4,66	0,043	
X	16,69	1,45	11,49	0,007	
$X^2$	-2,05	0,18	-11,41	0,008	
<i>Fuente de variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>P valor</i>
Regresión	2	59,676	29,838	66,013	0,015
Residuos	2	0,904	0,452		
Total	4	60,58			

Fuente: Elaboración propia  
 X = Índice de madurez; Y = Contenido graso en base seca (%).

Derivando la ecuación anterior, se pudo obtener el índice de madurez con mayor contenido graso, que fue 4,07 con un valor de 46,4 % de contenido en lípidos en base seca. Derivando  $Y = 12,44 + 16,69 X - 2,05 X^2$

$$-(2,05) \cdot 2X + 16,69 = 0$$

$$-4,1X + 16,69 = 0$$

$$4,1X = 16,69$$

$$X = 16,69 / 4,1$$

$$X = 4,07 \text{ I.M.}$$

La figura Nº 17 muestra la curva parabólica que representa al modelo de regresión polinomial de segundo grado, esta figura muestra el incremento del contenido grasos en base seca hasta un índice de madurez de 4,07, para luego descender conforme se incrementa el índice de madurez. Esto ocurre principalmente por una degradación de aceite contenido en la aceituna, considerando que la aceituna sigue su ciclo biológico en el árbol.

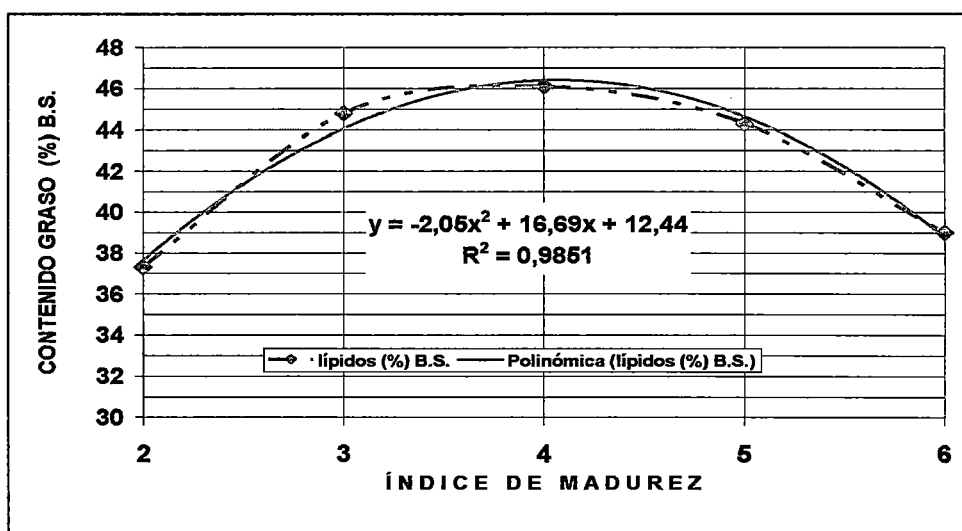


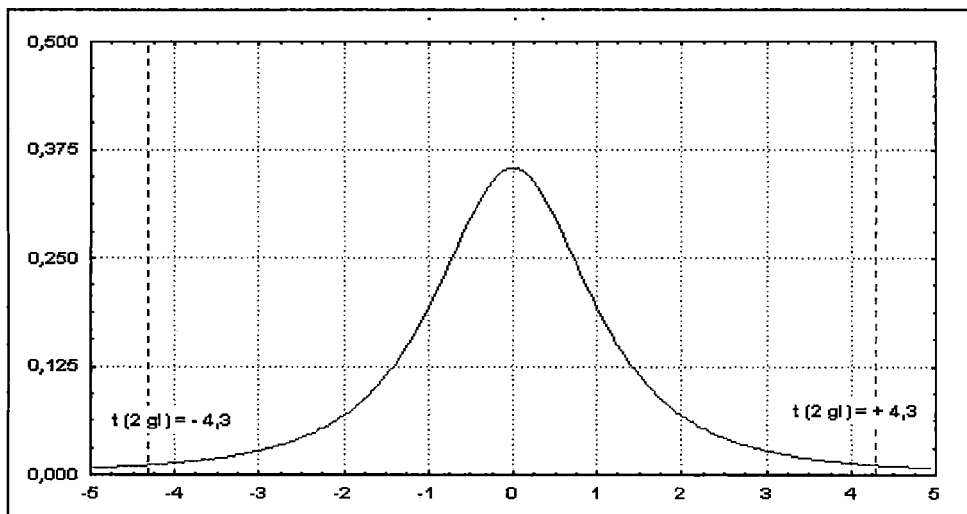
Figura Nº 17: Curva parabólica (regresión polinomial de segundo grado) y muestra el efecto del índice de madurez sobre contenido graso b.s.

### 5.3 DETERMINACIÓN DE LAS MEJORES CONDICIONES EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE OLIVA VIRGEN.-

#### 5.3.1 Análisis estadístico de los resultados experimentales

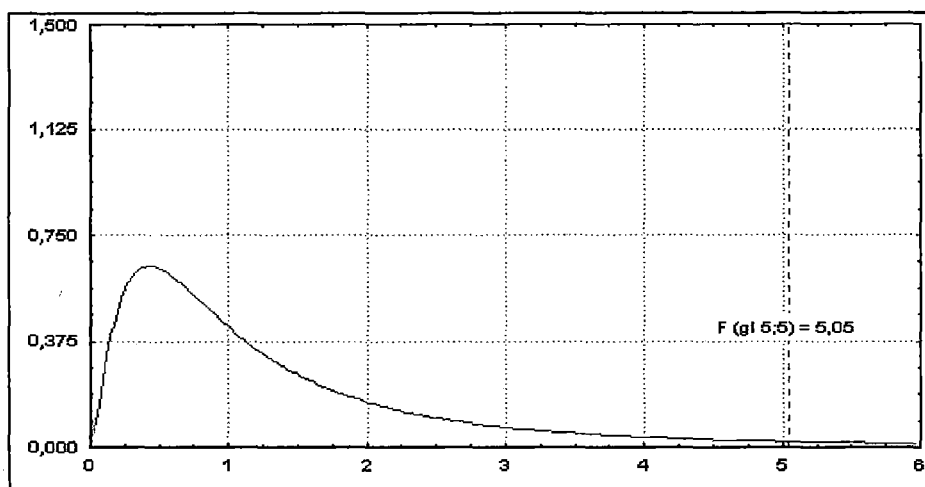
El análisis de los resultados se realizó con los niveles codificados de los diferentes tratamientos planteados en el diseño de investigación, para así hallar los modelos de regresión de segundo grado por la metodología de superficie de respuesta; para el estudio de la variabilidad de las variables dependientes se desarrolló de la siguiente manera:

El análisis de coeficientes de los diferentes modelos de regresión que explican el efecto en la aceptabilidad sensorial y los índices de deterioro del aceite se realizó mediante las pruebas de hipótesis con el estadístico t–student (figura N° 18), con 2 grados de libertad para el error y 5 % de nivel de significancia, con valor crítico de tabla de 4,30.



**Figura N° 18:** Función distribución de la prueba t –student para la evaluación de los coeficientes de los modelos de regresión.

La evaluación de los diferentes modelos de regresión fue mediante el análisis de varianza y con la ayuda de la prueba estadística F-snedecor (figura N° 19) con un nivel de significancia del 5 % y valor de tabla de 5,05.



**Figura N° 19:** Distribución de probabilidad para la prueba F\_Snedecor para la evolución de los modelos completos de regresión.

### 5.3.1.1 Efecto en la aceptabilidad sensorial

Las muestras de aceite obtenidas producto de la combinación de las variables de proceso en el batido (tiempo y temperatura) fueron evaluadas gustativamente por un grupo de jueces (5) semi entrenados, mediante una ficha de evaluación sensorial. En los diferentes ensayos se utilizó la prueba Hedónica con calificación de escalas de intervalo a 9 puntos. En ésta, cada panelista dentro de la ficha de cata anotó en una escala ordinaria desde 1 (me desagrada muchísimo) hasta 9 (me agrada muchísimo). Los ensayos realizados para determinar el efecto de las variables temperatura y tiempo de batido en la capacidad sensorial del aceite de oliva variedad manzanilla según el diseño de factorial completo, con sus

respectivos niveles para cada variable independiente así como sus promedios de respuestas (variables dependientes) se presentan en el cuadro N° 16.

**Cuadro N° 16: Efecto de las variables temperatura y tiempo de batido en la aceptabilidad sensorial del aceite de oliva variedad manzanilla.**

Tratamiento	VARIABLES INDEPENDIENTE				VARIABLES DEPENDIENTES		
	NIVELES REALES		NIVELES CODIFICADOS		ACEPTABILIDAD SENSORIAL		
	Temperatura (°C)	Tiempo (minuto)	Temperatura (°C)	Tiempo (minuto)	Sabor	Color	Aroma
1	20	40	-1	-1	6,25	5,75	5,67
2	30	40	1	-1	6,00	6,50	4,33
3	20	80	-1	1	5,50	6,25	5,33
4	30	80	1	1	5,50	6,00	5,67
5	25	40	0	-1	6,00	6,00	5,33
6	25	80	0	1	5,50	6,25	5,33
7	20	60	-1	0	6,50	5,75	6,00
8	30	60	1	0	5,80	6,25	6,00
9	25	60	0	0	6,00	6,00	5,67
10	25	60	0	0	6,25	6,00	6,00
11	25	60	0	0	6,10	6,15	5,67

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al promedio de datos obtenidos por 7 jueces semientrenados, en el Cuadro N° 16 se establecieron los modelos de regresión de segundo grado para el Color, Sabor y Aroma (Cuadro N° 17).

**Cuadro N° 17: Modelos de Regresión de segundo grado de las variables dependientes y niveles de significación para la aceptabilidad del aceite de oliva variedad manzanilla**

VARIABLES DEPENDIENTES	PROMEDIO	DESVIACION NORMAL	R <sup>2</sup>	C.V.	F cálculo	F tabla	
COLOR	6,08	0,11	88,6 %	1,77 %	7,78	5,05	s.
SABOR	5,95	0,17	87,1 %	2,89 %	6,74	5,05	s.
AROMA	5,55	0,24	87,1 %	4,39 %	6,76	5,05	s.
<b>RÉSPUESTAS: MODELOS DE REGRESIÓN COMPLETOS</b>							
<b>Y color = 6,0395 + 0,1667 X<sub>1</sub> - 0,0237 X<sub>1</sub><sup>2</sup> + 0,0417 X<sub>2</sub> + 0,1013 X<sub>2</sub><sup>2</sup> - 0,2500 X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>							
<b>Y sabor = 6,1105 - 0,1583 X<sub>1</sub> + 0,0487 X<sub>1</sub><sup>2</sup> - 0,2917 X<sub>2</sub> - 0,3513 X<sub>2</sub><sup>2</sup> + 0,0625 X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>							
<b>Y aroma = 5,8432 - 0,1667 X<sub>1</sub> + 0,0621 X<sub>1</sub><sup>2</sup> + 0,1667 X<sub>2</sub> - 0,6079 X<sub>2</sub><sup>2</sup> + 0,4200 X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>							
<b>EFECTOS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES</b>							
<b>Nivel de Significancia (p &lt; 0,05)</b>							
	<b>COLOR</b>		<b>SABOR</b>		<b>AROMA</b>		
<b>INTERCEPTO</b>	0,0001	s.	0,0001	s.	0,000280	s.	
<b>X<sub>1</sub></b>	0,0422	s.	0,0911	n. s.	0,165391	n. s.	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	0,7058	n. s.	0,6008	n. s.	0,655581	n. s.	
<b>X<sub>2</sub></b>	0,3598	n. s.	0,0296	s.	0,165391	n. s.	
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	0,2036	n. s.	0,0471	s.	0,036657	s.	
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	0,0287	s.	0,4252	n. s.	0,047788	s.	

Fuente: Elaboración propia

(s) = Significativo al 95 % de confianza, (n. s.) = no Significativo al 95 % de confianza, X1 = Temperatura de batido, X2 = Tiempo de batido. En el se puede observar que los coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>), para el caso del aroma muestra un buen ajuste (87,1 %) así también para el color (88,6 %) y el sabor (87,1 %) dando a entender que estos modelos explican la relación entre el proceso de batido de la pasta de aceituna y la aceptación del aroma, sabor y color por parte del consumidor.

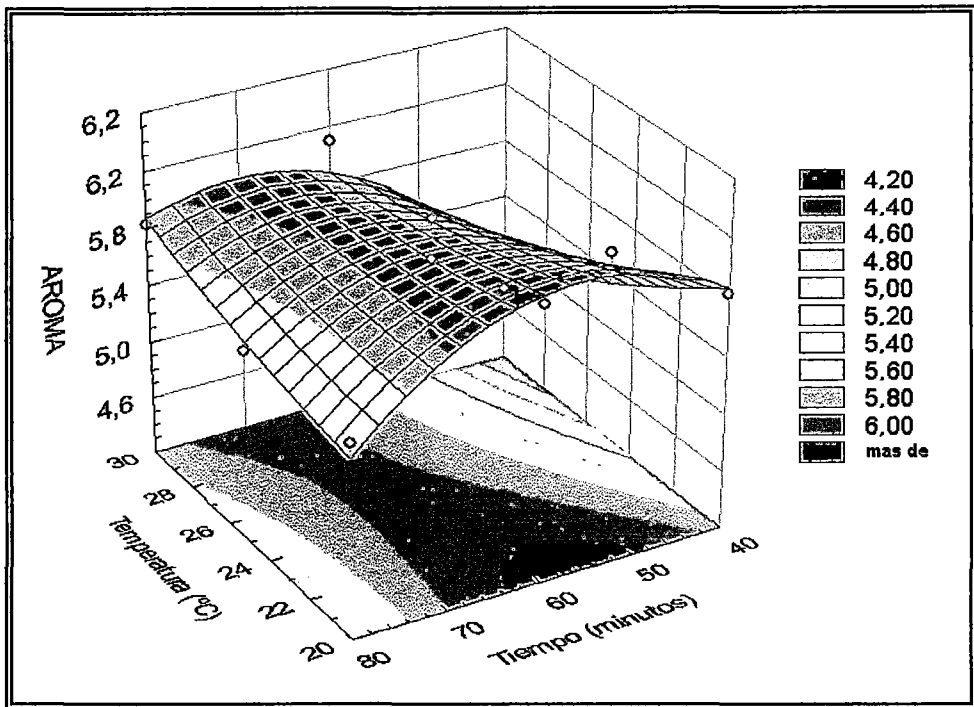
El análisis de varianza de los resultados experimentales de las variables respuesta (color, sabor y aroma), con respecto a las variables de proceso en el batido (tiempo y temperatura) dió diferencia significativa para  $p < 0,05$  para el modelo matemático completo para las respuestas sensoriales.

#### 5.3.1.1.1 Aroma

De acuerdo con el análisis de significación (Cuadro N° 17) se observó que el aroma fue influenciada por los efectos lineales y cuadráticos de la temperatura, efecto cuadrático del tiempo y por el efecto de interacción tiempo-temperatura ( $X_1, X_2$ ). Concluido el análisis estadístico, el modelo matemático para la respuesta aroma, resultó ser:

$$Y \text{ aroma} = 5,8432 - 0,1667X_1 + 0,0621X_1^2 + 0,1667 X_2 - 0,6079 X_2^2 + 0,420 X_1X_2$$

En este caso, el efecto de la variable independiente temperatura no fue significativa al  $p < 0,05$  (cuadro N° 17); no así los otros efectos. Sin embargo, el valor para la prueba de "falta de ajuste", indica que el modelo está ajustado, lo que de acuerdo con el ANVA realizado, permiten establecer una influencia del tiempo de batido sobre la respuesta de la aceptabilidad del aroma, ambas variables en estudio explican el 92 % de la respuesta, que hace al modelo hallado sea útil para efectos de predicción del aroma según como se planteen las combinaciones de las variables dentro de los rangos establecidos (cuadro N° 17) y a nivel de laboratorio.



**Figura N° 20:** Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre el Aroma del aceite de oliva de la variedad manzanilla.

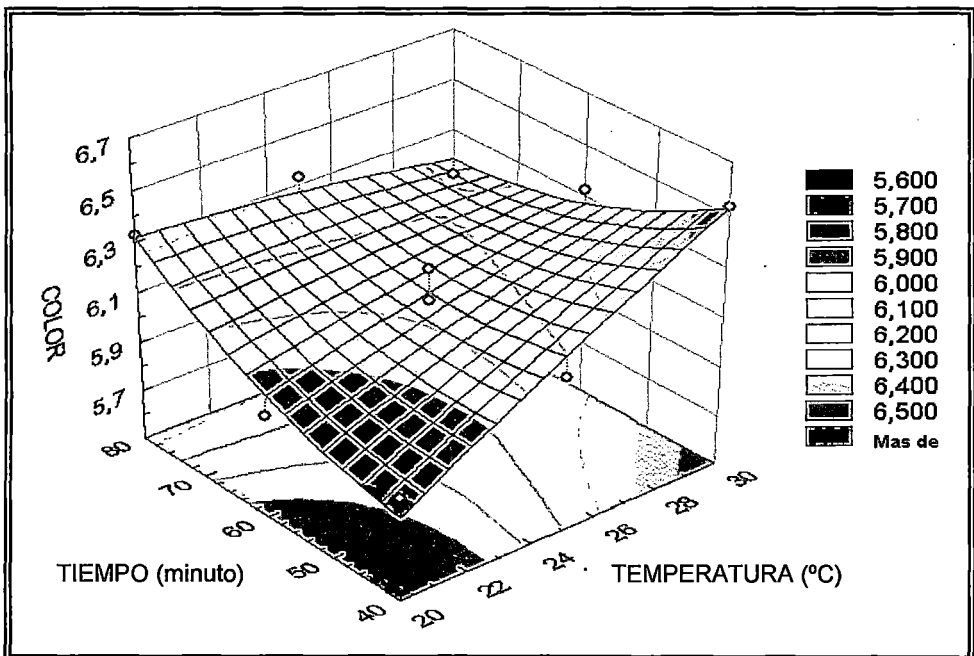
En la figura N° 20 se muestra la tendencia de encontrar bajo que condiciones de tiempo y temperatura de batido se puede extraer aceite con una aceptabilidad máxima del atributo aroma, dicha superficie de respuesta que fue construida con el modelo matemático muestra que a menores niveles de temperatura entre 20 a 21,25 °C y tiempos comprendidos entre 48 a 64 °C se encuentra la región en donde la aceptabilidad del aceite de oliva variedad manzanilla se hace máxima.

### 5.2.1.1.2 Color

El modelo matemático para la respuesta aceptabilidad del color, resultó ser:

$$Y \text{ color} = 6,0395 + 0,1667 X_1 - 0,0237 X_1^2 + 0,0417 X_2 + 0,1013 X_2^2 - 0,500 X_1 X_2$$

Dicho modelo hallado, según el análisis de varianza muestra que el proceso de batido a través de sus factores tiempo y temperatura no presentan variabilidad significativa, es decir que en general dichos factores no son los más importantes para explicar el cambio de color como se muestra en la figura N° 21.

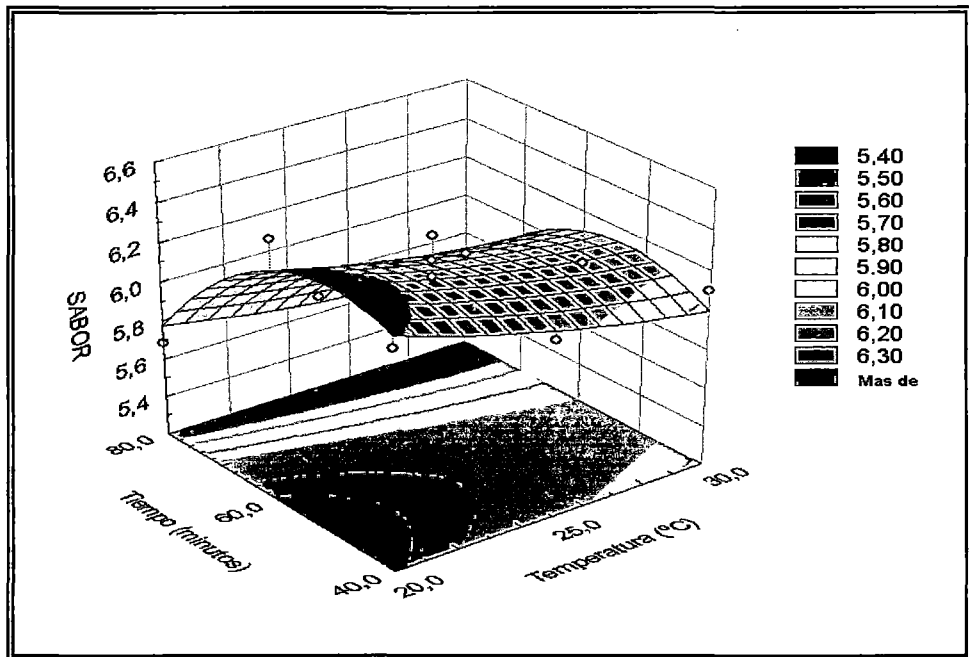


**Figura N° 21:** Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre el color del aceite de oliva de la variedad manzanilla.

### 5.3.1.1.3 Sabor

El estudio de las dos variables de operación para el batido de la pasta de aceituna, generó el modelo matemático para la respuesta aceptabilidad del sabor, que resultó ser:

$$Y \text{ sabor} = 6,1105 - 0,158 X_1 + 0,0487 X_1^2 - 0,2917 X_2 - 0,3513 X_2^2 + 0,0625 X_1 X_2$$



**Figura N° 22:** Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre el Sabor del aceite de oliva de la variedad manzanilla.

La figura N° 22 muestra el comportamiento de los panelistas con respecto al sabor del aceite de oliva virgen variedad manzanilla, en el cual se muestra una región de máxima respuesta comprendida entre 20 °C a 21,8 °C y 40 a 62 minutos. Es decir el proceso que favorece una buena aceptación en el sabor son las condiciones de proceso en frío.

### 5.3.1.2 Efecto en la acidez y absorbancia al U.V. ( $K_{270}$ ).

Para caracterizar la composición química y el estado del aceite de oliva se establecen una serie de índices mediante los cuales se pueden determinar ciertos grupos funcionales o componentes de las mismas.

La calidad del aceite de oliva se ve influida por los procedimientos de obtención, elaboración y almacenamiento. Para analizar las posibles modificaciones que pueden sufrir el aceite de oliva existen métodos analíticos encaminados a detectar procesos de autooxidación, y su estabilidad térmica. Los datos de los índices de deterioro en estudio se indican en el cuadro N° 18.

**Cuadro N°18: Efecto de las variables temperatura y tiempo de batido en La acidez y la absorbancia al U.V. ( $K_{270}$ ) del aceite de oliva variedad manzanilla.**

Tratamiento	VARIABLES INDEPENDIENTE				VARIABLES DEPENDIENTES	
	REALES		CODIFICADOS		PARÁMETROS DE CALIDA	
	Temperatura (°C)	Tiempo (minuto)	Temperatura (°C)	Tiempo (minuto)	ACIDEZ	$K_{270}$
1	20	40	-1	-1	0,19	0,10
2	30	40	1	-1	0,20	0,12
3	20	80	-1	1	0,32	0,13
4	30	80	1	1	0,55	0,17
5	25	40	0	-1	0,21	0,10
6	25	80	0	1	0,42	0,13
7	20	60	-1	0	0,18	0,13
8	30	60	1	0	0,40	0,14
9	25	60	0	0	0,38	0,13
10	25	60	0	0	0,39	0,13
11	25	60	0	0	0,36	0,14

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 19: Modelos de Regresión de segundo grado de las variables independientes y niveles de significación para los índices de deterioro del aceite de oliva variedad manzanilla**

VARIABLES DEPENDIENTES	PROMEDIO	DESVIACIÓN NORMAL	R <sup>2</sup>	C.V.	F		
					calculado	tabla	
Acidez libre	0,3265	0,0414	0,939	12,67 %	15,5084	5,05	S
K_270	0,1280	0,0081	0,897	6,31 %	8,7223	5,05	S
<b>MODELOS DE REGRESIÓN COMPLETOS</b>							
<b>Y acidez libre = 0,358 + 0,077 X<sub>1</sub> - 0,042 X<sub>1</sub><sup>2</sup> + 0,115 X<sub>2</sub> - 0,0152 X<sub>2</sub><sup>2</sup> + 0,0558 X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>							
<b>Y.270 = 0,13066 + 0,0102 X<sub>1</sub> + 0,0064 X<sub>1</sub><sup>2</sup> + 0,0173 X<sub>2</sub> - 0,0112 X<sub>2</sub><sup>2</sup> + 0,0046 X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>							
<b>Nivel de Significancia (p &lt; 0,05)</b>							
	Acidez libre			K 270			
Constante	0,000473		s.	0,000098			s.
X1	0,006496		s.	0,009962			s.
X12	0,047374		s.	0,056686			n. s.
X2	0,002915		s.	0,003515			s.
X22	0,251153		n. s.	0,01954			s.
X1X2	0,018028		s.	0,066699			n. s.
X <sub>1</sub> = Temperatura (°C) ; X <sub>2</sub> = Tiempo (minutos);							
S. = Significativo al nivel de 5 % de probabilidad							
N.S. = No significativo al nivel de 5 % de probabilidad							
Fuente: Elaboración propia							

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el análisis del grado de significación del modelo completo, la absorbancia en UV a 270 nm fue influenciado significativamente, por los efectos de interacción de la Temperatura de batido (X<sub>1</sub>) y Tiempo de batido (X<sub>2</sub>).

El análisis de varianza para el modelo de regresión completo elaborado a partir

de los resultados de la absorbancia en UV a 270 nm del aceite, indicado en el cuadro N° 19, mostró un alto coeficiente de determinación de 0,8971; y un valor de coeficiente de variación de 6,31 % . El modelo presenta regresión significativa  $F_c = 8,7223$  vs  $F_t = 5,05$  para una probabilidad  $\leq 0,05$ .

Debe manifestarse que de acuerdo a lo manifestado por Montgomery (1991), para que la regresión no sea solamente estadísticamente significativa, sino también útil con fines predictivos, el valor de esta, es necesario es decir la razón  $F_c = 15,5084$  debe ser mayor que el valor de  $F_t = 5,05$  en la acidez y en absorbancia  $F_c = 8,7223$  debe ser mayor que el valor de  $F_t = 5,05$ , En este caso el  $F_c$  es mayor que el  $F_t$  para ambas variables dependientes..

#### **5.3.1.2.1 Acidez libre**

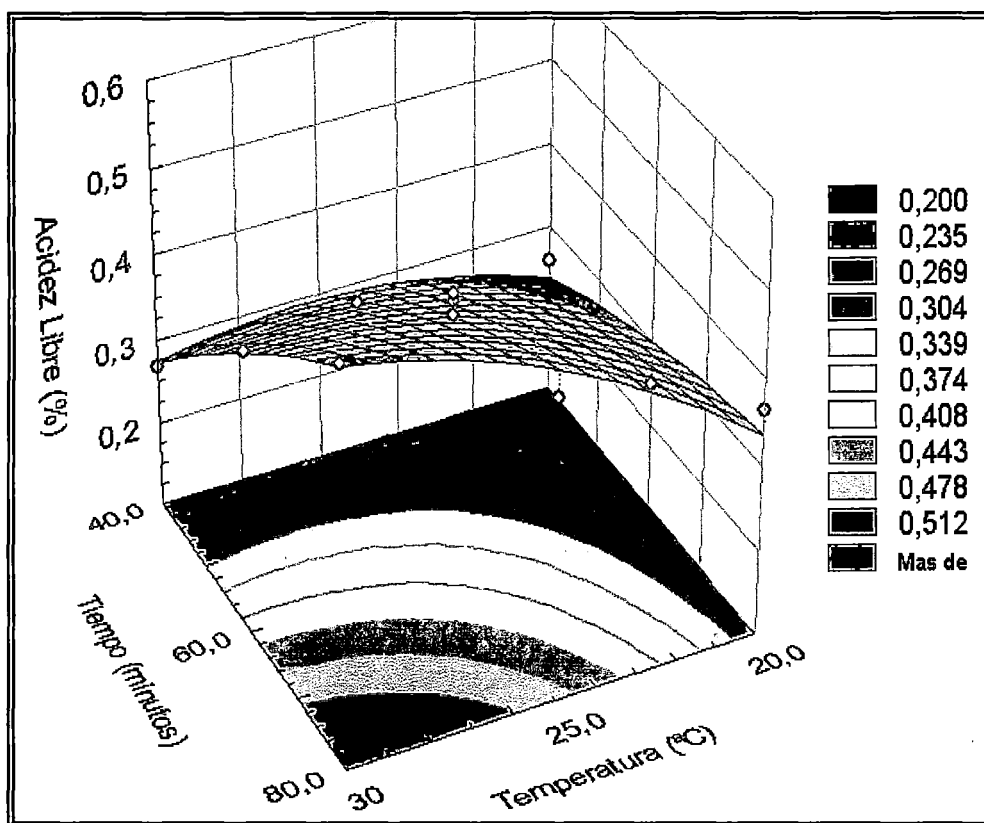
La lipólisis viene determinada por el contenido de ácidos grasos libres y se cuantifica mediante el índice de acidez que se determina por valoración con NaOH. Durante la etapa de experimentación de los diferentes tratamientos el porcentaje de acidez libre a variado significativamente a lo largo de los rangos de temperatura y tiempo de batido, en las condiciones de diseño establecidas. Los valores son inferiores al límite establecido para la categoría de aceite de oliva extra virgen (0,8 % ácido oleico).

El modelo matemático que relaciona las variables de proceso en el batido y la acidez del producto final, entregó una ecuación de 2 variables, con un coeficiente de correlación de 95,12 % .

$$Y \text{ acidez libre} = 0,358 + 0,077X_1 - 0,042X_1^2 + 0,115X_2 - 0,0152X_2^2 + 0,0558 X_1X_2$$

La respuesta indica que todas las variables estudiadas son significativas, además de las interacciones correspondientes; a excepción del factor cuadrático del tiempo que resultó no significativa.

En la Figura N° 23, Se muestra el diagrama de superficie de respuesta del modelo completo; muestra la variación de la acidez en el aceite de oliva variedad manzanilla en función de las variables independiente de temperatura y tiempo de batido.



**Figura N° 23:** Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre la acidez libre del aceite de oliva de la variedad manzanilla.

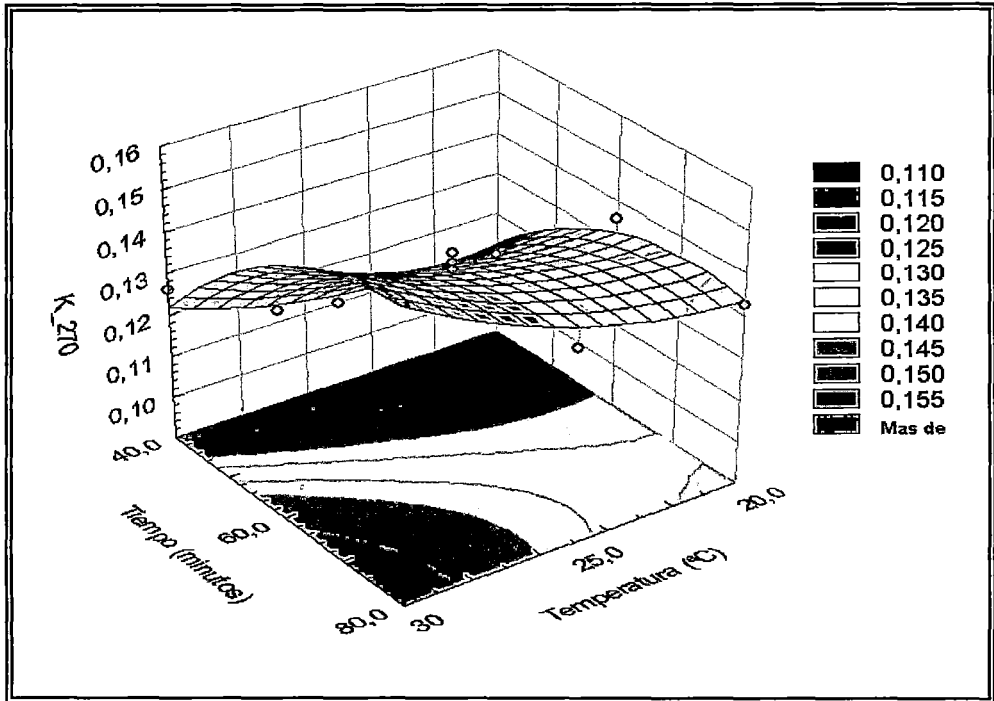
### **5.3.1.2.2 Absorción espectrofotométrica ultravioleta a 270 nm (K270)**

Los resultados obtenidos para el  $K_{270}$ , reflejan que, incluso en las peores condiciones de conservación, las muestras no presentan una importante oxidación secundaria al final del proceso de extracción del aceite, con valores inferiores a 0,22 límite fijado para el aceite de oliva virgen extra.

$$Y_{270} = 0,1307 + 0,01022X_1 + 0,0064X_1^2 + 0,0173 X_2 - 0,01115X_2^2 + 0,0046 X_1X_2$$

El estudio estadístico indica que el  $K_{270}$  evoluciona significativamente en el rango de temperatura y del tiempo, las condiciones de baja temperatura y tiempo de batido es la que presenta los menores valores, indicando una menor oxidación en estos aceites como consecuencia de la exposición de las condiciones de batido a escala de laboratorio.

En la figura N° 24, El diagrama de superficie de respuesta del modelo completo; muestra el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre la Absorbancia en UV a 270 nm del aceite de oliva de la variedad manzanilla.



**Figura N° 24:** Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre Absorbancia en UV a 270 nm del aceite de oliva de la variedad manzanilla.

**5.3.1.3 Efecto de las variables, temperatura de batido y tiempo de batido en el rendimiento.**

Los resultados experimentales obtenidos en el proceso de extracción de aceite de oliva virgen, evaluados a través del rendimiento, son mostrados en el cuadro N° 20.

**Cuadro N° 20: Efecto de las variables independientes temperatura y tiempo de batido en el rendimiento del aceite de oliva variedad manzanilla.**

Tratamiento	VARIABLES INDEPENDIENTE				VARIABLES DEPENDIENTES
	REALES		CODIFICADOS		RENDIMIENTO
	Temperatura (°C)	Tiempo (minuto)	Temperatura (°C)	Tiempo (minuto)	RENDIMIENTO
1	20	40	-1	-1	14,17
2	30	40	1	-1	22,15
3	20	80	-1	1	17,88
4	30	80	1	1	18,50
5	25	40	0	-1	21,45
6	25	80	0	1	18,25
7	20	60	-1	0	17,60
8	30	60	1	0	21,00
9	25	60	0	0	24,55
10	25	60	0	0	23,85
11	25	60	0	0	25,02

Fuente: Elaboración propia

El modelo completo y el grado de significación de las variables independientes, son mostrados en el Cuadro N° 21.

El análisis de varianza (ANVA) para el modelo completo, es presentado en el cuadro N° 22.

De acuerdo con el análisis del grado de significación del modelo completo (Cuadro N° 21), se observa que el rendimiento de aceite fue influenciado significativamente, por los efectos lineales, cuadráticos y de interacción. En cuanto al efecto de la temperatura la variable de mayor influencia fue del efecto lineal ( $X_1$ ) y con respecto al efecto del tiempo también resultó más significativo el efecto lineal ( $X_2$ ). Asimismo también resultó significativo el efecto de la interacción.

**Cuadro N° 21: Coeficientes de regresión del modelo completo para la variable respuesta rendimiento.**

	Coeficientes de Regresión	Desviación Error Puro	t(2)	p	IMPORTANCIA
<b>Constante</b>	<b>23,73684</b>	<b>0,30203</b>	<b>78,59222</b>	<b>0,00016</b>	Significativo
<b><math>X_1</math></b>	<b>2,00000</b>	<b>0,24036</b>	<b>8,32090</b>	<b>0,01414</b>	Significativo
<b><math>X_1^2</math></b>	<b>-3,33211</b>	<b>0,36990</b>	<b>-9,0803</b>	<b>0,01210</b>	Significativo
<b><math>X_2</math></b>	<b>-0,52333</b>	<b>0,24036</b>	<b>-2,17730</b>	<b>0,16137</b>	No significativo
<b><math>X_2^2</math></b>	<b>-2,78211</b>	<b>0,36990</b>	<b>-7,52116</b>	<b>0,01722</b>	Significativo
<b><math>X_1X_2</math></b>	<b>-1,84000</b>	<b>0,29438</b>	<b>-6,25047</b>	<b>0,02465</b>	Significativo

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza del cuadro N° 22 (ANVA) para el modelo de regresión completo elaborado a partir de los resultados del rendimiento del aceite obtenido, indicado en el cuadro N° 20 mostró un coeficiente de determinación de 0,8953; y un coeficiente de variación 7,65 % . El modelo presenta además regresión altamente significativa  $F_c = 8,55$  vs  $F_t = 5,05$  para una probabilidad  $\leq 0,05$ .

para que la regresión no sea solamente estadísticamente significativa, sino también útil con fines predictivos, el valor de esta, es necesario es decir la razón  $F_c = 8,55$  debe ser mucho mayor que el valor de  $F_t = 5,05$ .

**Cuadro N° 22: Análisis de varianza para la variable respuesta Rendimiento según el diseño factorial completo para el aceite de oliva de la variedad manzanilla**

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO						
Promedio :	20,40	Coeficiente de Determinación R <sup>2</sup> :				89,53 %
Desviación :	1,56	Coeficiente de Variación C.V :				7,65 %
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F calculado	F tabla	Importancia
Regresión	104,06	5	20,81	8,55	5,05	significativo
Residuo	12,17	5	2,43			
Falta de ajuste	11,48	3	3,83	11,04	19,24	no significativo
Error puro	0,69	2	0,35			
Total	116,23	10				
Varianza explicada :				89,53 %		
Máxima Varianza explicada :				99,40 %		

Fuente: Elaboración propia

La figura N° 25 muestra la variación del rendimiento en función a las variables independientes temperatura y tiempo de batido. En dicha figura se observa que se puede obtener un rendimiento de 24 % para un rango de temperatura de batido de 26 a 28 °C y un rango de tiempo de batido 48 a 58 minutos. La extracción de las muestras de aceite para los diferentes tratamientos resultó ser dificultosa, comportamiento no esperado dado que esta variedad se la considera aceitera.

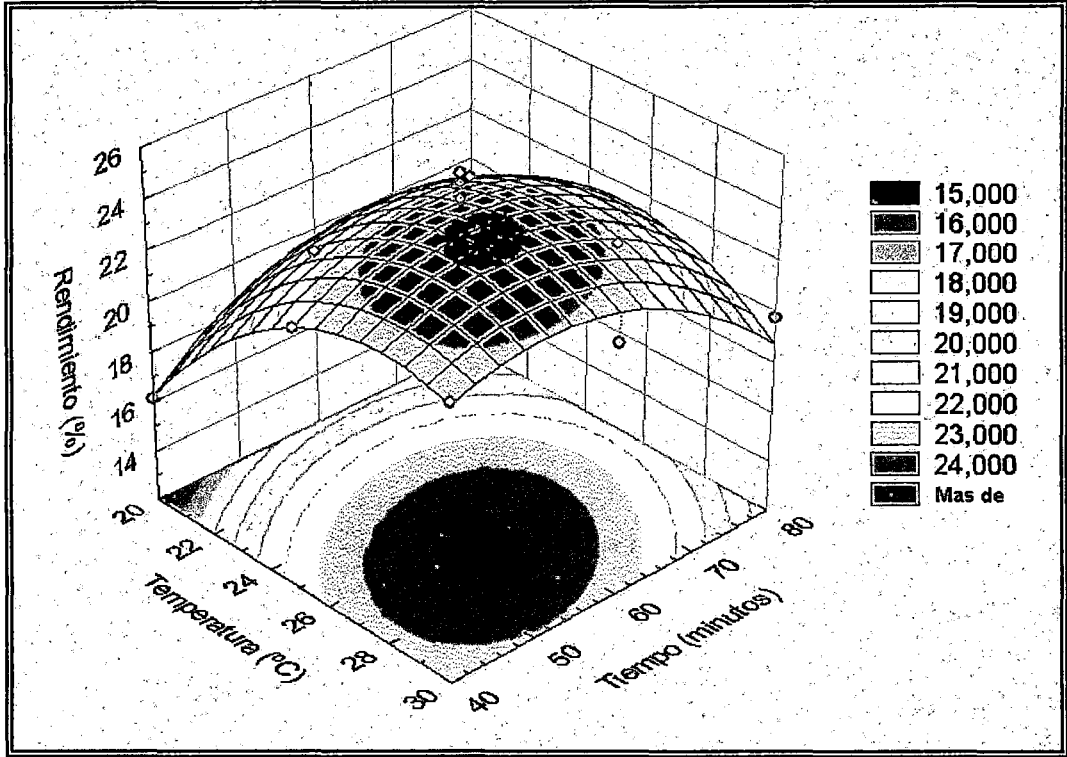


Figura N° 25: Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de batido sobre el rendimiento del aceite de oliva de la variedad manzanilla.

### 5.3.1.4 Determinación del tratamiento óptimo.

A continuación en el cuadro N° 23, se muestra el cuadro de resultados óptimos de tratamiento obtenidos mediante el sistema de programa Desing Expert.

**Cuadro N° 23: Optimización numérica de los factores en estudio para el proceso de elaboración del aceite de oliva de la variedad manzanilla.**

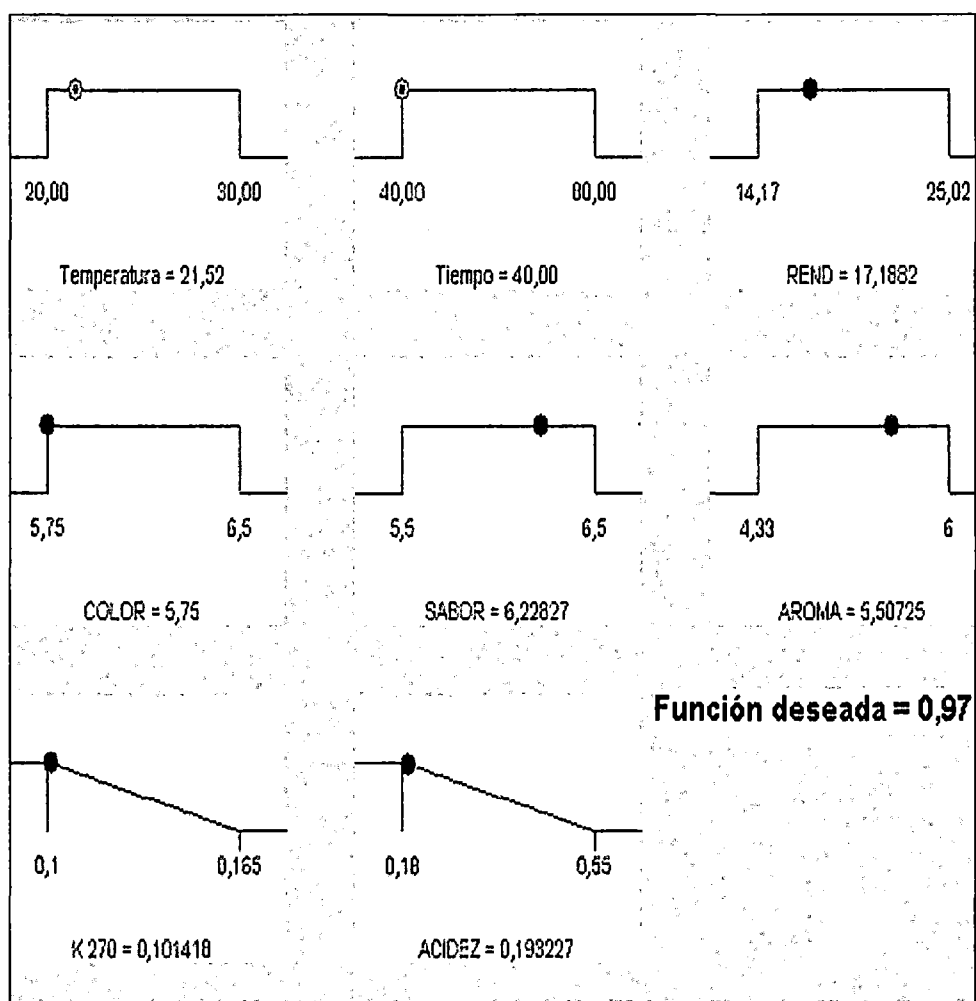
FACTORES	límite inferior	límite superior	Criterio 1	Solución 1	Criterio 2	Solución 2
<b>Variables independientes</b>						
X1: Temperatura (°C)	20	30	en rango	29,0	en rango	21,52
X2: Tiempo (minutos)	40	80	en rango	76,0	en rango	40,00
<b>Variables Dependientes</b>						
<b>COLOR</b>	5,8	6,3	en rango	6,09	en rango	5,75
<b>SABOR</b>	5,8	6,8	en rango	5,60	en rango	6,23
<b>AROMA</b>	4,8	5,5	en rango	5,76	en rango	5,51
<b>K<sub>270</sub></b>	0,1	0,2	en rango	0,15	minimizar	0,10
<b>ACIDEZ</b>	0,2	0,4	en rango	0,51	minimizar	0,19
<b>RENDIMIENTO</b>	14,2	25,0	en rango	19,83	en rango	17,19
<b>Función deseada</b>				100,0 %		97,12 %

Fuente: Elaboración propia

El resultado del cuadro N° 23 muestra la optimización según criterio 2 que califica al aceite de oliva variedad manzanilla como virgen extra con una acidez de 0,19 % expresado como ácido oleico con un valor de coeficiente de extinción K<sub>270</sub> de 0,10; aunque presenta un rendimiento inferior al tratamiento del criterio 1 (17,19 %) y niveles de aceptación sensorial también inferiores pero sin descalificar su aceptación. Esta combinación óptima de tiempo y temperatura corresponde a la característica de obtención de aceite denominado "prensado en frío" que garantiza la calidad del aceite de oliva.

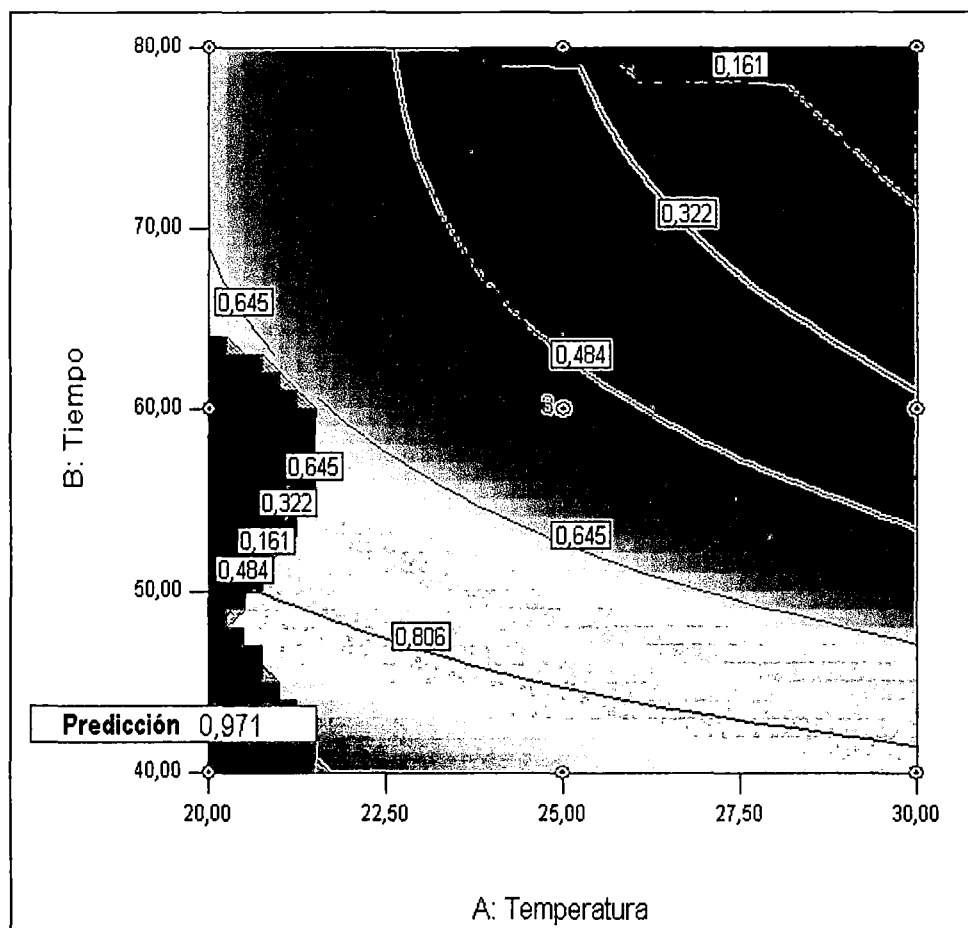
Después de desarrollar la optimización se elige la combinación del criterio 2 como solución óptima del presente estudio dado que presenta los niveles adecuados de los índice de calidad (Absorbancia al ultravioleta  $K_{270}$ , acidez libre) y aceptabilidad sensorial del aceite de oliva variedad manzanilla.

La figura N° 26 muestra en forma grafica la tendencia de las variables dependientes optimizadas del cuadro N° 23.



**La figura N° 26:** Optimización por la metodología de la función deseada de las variables dependientes para el aceite de oliva de la variedad manzanilla según el criterio de solución óptima (criterio 2).

La tendencia de las variables dependientes optimizadas del cuadro N° 23 se muestra en la figura N° 27 en forma de curvas de nivel según el criterio de solución óptima (criterio 2) para el aceite de oliva de la variedad manzanilla.



**Figura N° 27:** Curvas de nivel para el aceite de oliva de la variedad manzanilla según el criterio de solución óptima (criterio 2).

**Cuadro N° 24: Características Fisicoquímicas del Aceite de Oliva virgen extra (Variedad Manzanilla) del producto final.**

Parámetro	Resultados
K 270	0,127
K 232	1,089
I P.	8,740
ACIDEZ	0,190
I.Y.	85,000
SAP	188,720
HBH Y VOL	0,180

Fuente: elaboración propia

La acidez libre determina el contenido en ácido grasos libres presentes en un aceite y expresa como % de ácido oleico. La acidez del aceite de oliva virgen extra, requerido por la norma técnica peruana es de 0,8 % de ácido oleico como máximo. La acidez libre, obtenida para el aceite de oliva virgen de mejores condiciones es (0,19 %), este resultado indica que la muestra de aceite de oliva virgen se encuentra por debajo del límite máximo establecido por la norma técnica peruana y resultó bastante aceptable.

El índice de peróxidos permite estimar el grado de oxidación inicial de un aceite y, por tanto su alteración. Se expresa en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa. El índice de peróxido, requerido por norma técnica peruana para el aceite de oliva virgen extra es de 20 meq/kg de aceite como máximo. El índice de peróxido obtenido para el aceite de mejores condiciones es 8,74, el resultado es bastante aceptable y se encuentra por debajo del límite máximo establecido por norma técnica peruana.

Humedad y materias volátiles mide el contenido conjunto de estas sustancias, expresado en porcentaje. La humedad y materias volátiles a 105 °C requerido por la norma técnica peruana para el aceite de oliva extra es 0,2 % como máximo. Los resultados obtenidos para el aceite de oliva virgen de mejores condiciones (0,18) es bastante aceptable.

El índice de saponificación varía entre 187 – 196 mg KOH/g de aceite para el aceite de oliva virgen. Ambas muestras de aceite de oliva virgen (mejores condiciones 188,72 mg KOH/g) se encuentra dentro del rango normal establecido.

El índice de yodo, determinado por el método de Hanus, es el número de grados de yodo fijados por cada cien gramos de grasa, indica el contenido de la grasa en ácidos insaturados de los aceites. De acuerdo a la reglamentación técnica sanitaria de España, el índice de yodo/Hanus varía entre 75 - 90 para el aceite de oliva virgen de condiciones óptimas (85,0) se encuentra dentro del rango establecido.

La absorción espectrofotométrica ultravioleta/ $K_{232}$  y  $K_{270}$ , es uno de los medios mas seguros para conocer el estado de oxidación y conservación de aceite de oliva.

De acuerdo al reglamento (CE) N02472/97, la absorbancia al ultravioleta de el  $K_{232}$  debe ser  $\leq 2,50$  y de el  $K_{270}$  debe ser  $\leq 0,20$  en condiciones óptimas es de 1,089 y el  $K_{270}$  0,1271.

**5.4 BALANCE DE MATERIA Y RENDIMIENTO DE LAS MEJORES CONDICIONES EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE OLIVA VIRGEN VARIEDAD MANZANILLA.**

El cuadro N° 25 y la figura N° 29, muestra el balance de materia para las mejores condiciones (Temperatura 21,52 °C, tiempo de batido 40 min) en el proceso de extracción de aceite de oliva variedad manzanilla teniendo en cuenta los parámetros de K<sub>270</sub>, acidez, color, sabor, aroma y en la figura N° 28 el proceso de extracción.

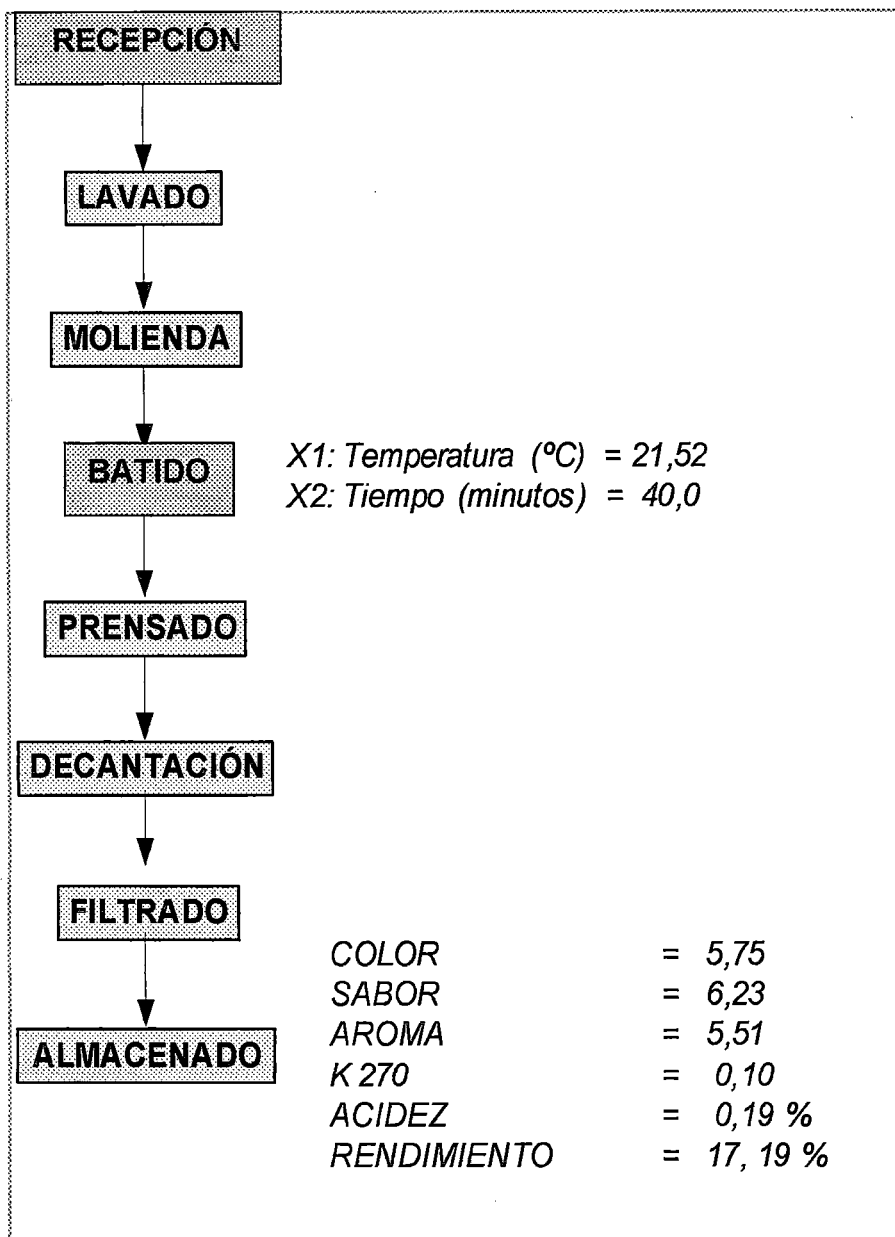
Para determinar el rendimiento en el proceso de extracción, se considera la materia que ingresa y la materia que sale; para el caso de las mejores condiciones en el rendimiento es el siguiente:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que ingresa}} \times 100$$

**Cuadro N° 25: Balance de masa en las operaciones de extracción de aceite de oliva virgen variedad Manzanilla.**

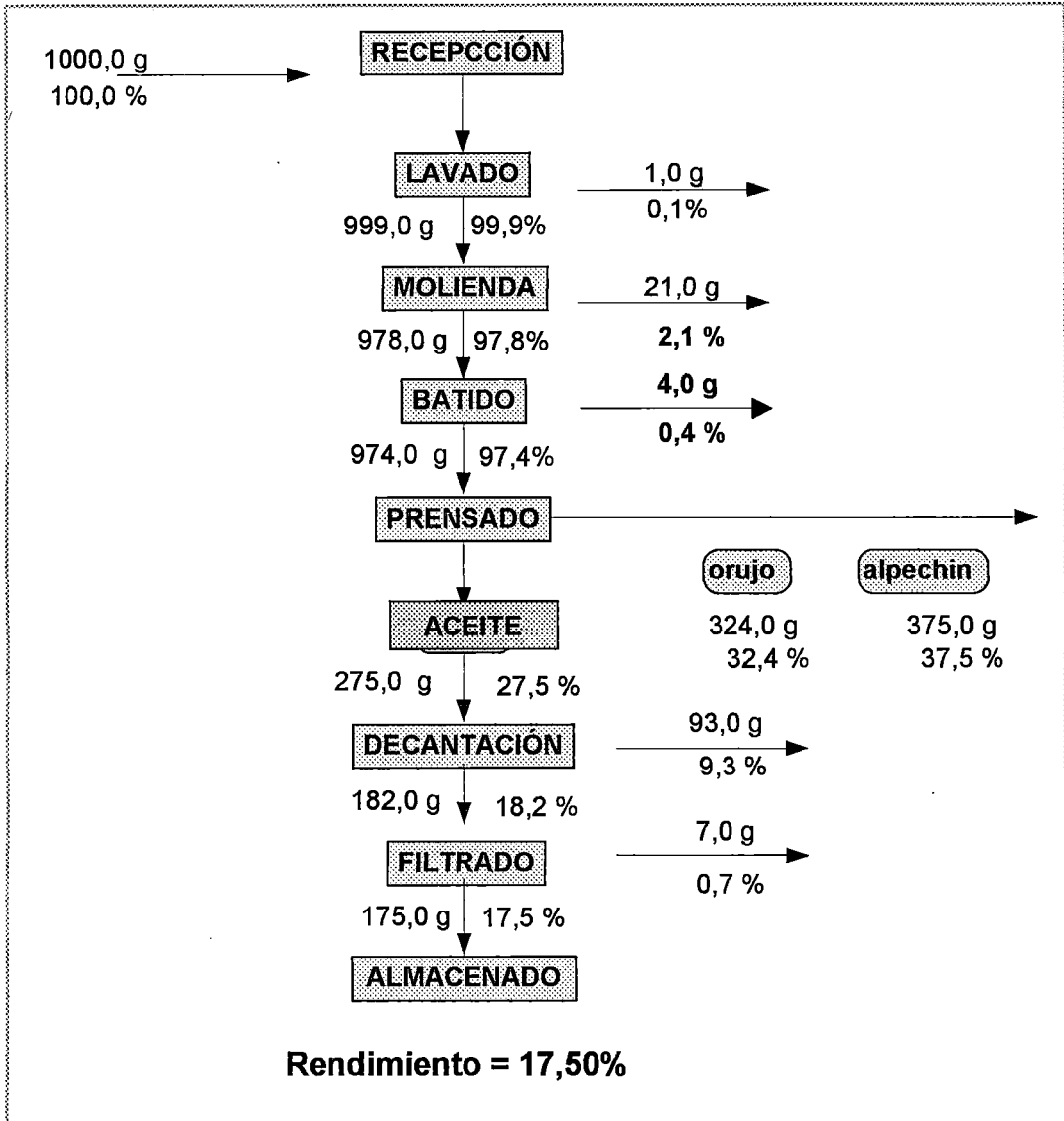
OPERACIONES	INGRESA		SALE		CONTINUA	
	g	%	g	%	g	%
RECEPCIÓN	1000,0		0,0		1000,0	
LAVADO	1000,0	100,0 %	1,0	0,1 %	999,0	99,90 %
MOLIENDA	999,0	99,9 %	21,0	2,1 %	978,0	97,80 %
BATIDO	978,0	97,8 %	4,0	0,4 %	974,0	97,40 %
PRENSADO	974,0	97,4 %		0,0 %		
Aceite			275,0	27,5 %		
Orujo			324,0	32,4 %		
Alpechín			375,0	37,5 %	275,0	27,50 %
DECANTACIÓN	275,0	27,5 %	93,0	9,3 %	182,0	18,20 %
FILTRADO	182,0	18,2 %	7,0	0,7 %	175,0	17,50 %
ALMACENADO	175,0	17,5 %				
RENDIMIENTO					<b>17,50 %</b>	

Fuente: Elaboración propia con software MS Excel XP



**Figura N° 28:** Proceso de extracción de aceite de oliva virgen variedad manzanilla con temperatura y tiempo óptimo de batido con relación a los índices de deterioro.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que ingresa}} \times 100$$



**Figura N° 29:** Balance de masa de proceso de extracción de aceite de oliva virgen variedad manzanilla, con temperatura y tiempo óptimo de batido con relación a los índices de deterioro del aceite.

## VI. CONCLUSIONES

- El índice de madurez con mayor contenido graso en base seca de la aceituna variedad manzanilla es 4,07 con un rendimiento de 46,4 % de contenido en lípidos extraído por el método de soxhlet.
- Las mejores condiciones óptimas, utilizando la optimización por la función deseada de las variables dependientes según criterio 2 solución óptima son; 21,52 °C con un tiempo de 40 minutos teniendo en cuenta los índices de calidad de las variables dependientes  $K_{270}$  y Acidez, según Norma Peruana y el COI(Consejo Oleícola Internacional).
- Las características sensoriales; el sabor, color y olor, se encuentran según la escala hedónica sensorial (0 a 9), lo que nos muestra la aceptabilidad general del producto. El tratamiento óptimo presenta cualidades sensoriales con los siguientes resultados: color 5,75, sabor 6,23, aroma 5,51 dichos resultados indican que si tienen aceptación para su consumo.
- El tratamiento óptimo presenta absorbancia al U. V. ( $K_{270}$ ) = 0,1014, acidez = 0,19 % expresado como ácido oleico y rendimiento de 17,19 %. los resultados fisicoquímicos obtenidos nos indican que están dentro de los rangos de aceite de oliva virgen según Norma Peruana y el COI(Consejo Oleícola Internacional) que definen la clasificación y calidad del aceite de oliva.
- Las características fisicoquímicas del producto final son:  $K_{270}$  = 0,1271;  $K_{232}$  = 1,089; índice de peróxido = 8,74 meq O<sub>2</sub>/kg grasa; acidez = 0,19 %; índice de yodo = 85 ; índice de saponificación 188,72 mg KOH/g grasa.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar un análisis descriptivo del aceite obtenido basando en las normas del COI, a fin de conocer las características sensoriales de la variedad manzanilla.
2. Evaluar el contenido de polifenoles y su relación con el proceso de batido.
3. Realizar estudios de rendimiento y calidad de aceite de oliva de las diferentes variedades existentes en los bancos de germoplasma de Tacna.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Barranco, D. 1998. Variedad y patrones, Junta de Andalucía y Pesca, 3<sup>era</sup> Edición mundi- Prensa.71pp.
2. Barranco, D. Ricardo Fernández, Escobar Luís Rallo, 1999. Cultivo de olivo, Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca, 3<sup>era</sup> Edición mundi- Prensa. Madrid. Barcelona. México 66, 68 pp.
3. Boskou, D. 1998. Química y Tecnología del Aceite de Oliva. AMV Ediciones. Editorial, Mundi Prensa, Madrid – España. Pág. 67 – 105.
4. Buron, I. García Teresa. 1989. La calidad del aceite de oliva. Comunicaciones INIA, Madrid –España.
5. Civantos L. Contreras, R. Grana, R. (1992), “Obtención del aceite virgen”. Editorial Agrícola Española, Madrid – España.
6. Civantos L. 1998. El olivo, el aceite, la aceituna. Consejo oleícola internacional.2<sup>da</sup> edición 130pp.Madrid.
7. Civantos L. 1999. Obtención del aceite de oliva virgen. Editorial agrícola española. 2<sup>da</sup> edición 356pp.Madrid.
8. Consejo Oleícola Internacional, 1996. Enciclopedia mundial del olivo, 1era edición, Plaza y Janés editores S.A. España 261 – 268.

9. Consejo Oleícola Internacional. Valoración organoléptica del aceite de oliva virgen. Junio, 1992.
10. Frías L. 1991. Análisis de laboratorio de almazara. Apuntes Nº 6 Edita.
11. Ferreira. 1979. Explotaciones olivareras colaboradoras Ministerio de agricultura Madrid. Maduración, Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca, 3<sup>ra</sup> Edición mundi- Prensa. Madrid. Barcelona. México 158 pp.
12. Garrido et al, 1990. Presencia de polifenoles en el aceite, Editorial Agrícola Española, Madrid - España.
13. Grande Covian, 1989. El aceite de oliva en la prevención de las enfermedades cardiovasculares. H. Sinposium científico del aceite de oliva. Jaén.
14. García. 2000. Estudio de prefactibilidad para la instalación de Junta planta procesadora de aceite de oliva virgen Universidad Agraria la Molina. Perú, 5, 8 – 10 pp.
15. Gutiérrez Pulido, Humberto, 2007. Análisis de Diseño de Experimentos. Ed. Mc Graw Hill.
16. Humanes y Civantos (1992) Aceite de oliva; Índices y componentes del aceite de oliva en algunas variedades.

17. Humanes, J. (1992) "Producción de Aceite de Oliva de Calidad".  
Influencia del Cultivo. Ediciones Junta.
18. Hermoso, Uceda, Frías y G. Beltran, 1999. Cambios en las características del aceite Según el estado de maduración, calidad comercial. Ministerio de agricultura Madrid, junta de Andalucía Conserjería de agricultura y pesca, 3<sup>era</sup> edición, Mundi Prensa. Madrid, Barcelona, México.
19. Hermoso, M. Uceda, L. Frías y G. Beltran, 1991. Elaboración del aceite de oliva virgen. Junta de Andalucía Conserjería de agricultura y pesca, 2<sup>era</sup> edición, Mundi Prensa. Madrid, Barcelona, México.
20. Kiritsakis, A., 1992, El aceite de olivo, 1<sup>era</sup> edición, editorial A. Madrid Vicente Ediciones, España, 31 – 33 pp.
21. Uceda, M.; Ferreira, J.; Frías, L. (1994) Factores que influyen en la calidad del aceite de oliva. I. Simposio Científico-Técnico, Jaén, 89 pp.
22. Wesfalia Separador, 2005, chile s.a., 1<sup>era</sup> Edición Encuentro nacional de mantenedores y Operadores de extracción de aceite de oliva.
23. (<http://www.aceitedeoliva.com/variedadesaceite.htm>) Clasificación de los aceites 20-05-2006.
24. (<http://www.mora.es/olivo.htm>.) La Aceituna 29-05-2006

25. [http://www.reova.com/paginawebreova/obtencion del aceite de oliva.  
htm](http://www.reova.com/paginawebreova/obtencion_del_aceite_de_oliva.htm) Proceso de extracción del aceite de oliva 30-03-2006.
26. [http://www.aceiteoliva.com/aceite de oliva es.html](http://www.aceiteoliva.com/aceite_de_oliva_es.html) Composición de la aceituna 12-06-2006.
27. <http://www.islalarote.com/pgns/oliva/propiedades.htm> Composición del aceite de olivo 09-12-2006.

# **ANEXOS**

**ANEXO I: REGRESIÓN POLINOMIAL DE SEGUNDO GRADO (NIVELES CODIFICADOS)**

**ANEXO I.1: ANÁLISIS DE COEFICIENTES Y ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA RESPUESTA AROMA**

<b>ANÁLISIS DE COEFICIENTES DEL MODELO COMPLETO</b>						
	Regresión Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	IMPORTANCIA	
<b>Constante</b>	5,8432	0,0977	59,7842	0,0003	Significativo	
<b>X<sub>1</sub></b>	-0,1667	0,0778	-2,1427	0,1654	No significativo	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	0,0621	0,1197	0,5188	0,6556	No significativo	
<b>X<sub>2</sub></b>	0,1667	0,0778	2,1427	0,1654	No significativo	
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	-0,6079	0,1197	-5,0783	0,0367	Significativo	
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	0,4200	0,0953	4,4089	0,0478	Significativo	
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO</b>						
<b>Promedio :</b>		<b>5,55</b>		<b>Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup>):</b>		<b>0,87117</b>
<b>Desviación :</b>		<b>0,24336</b>		<b>Coefficiente de variación (C.V.):</b>		<b>4,39 %</b>
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad n-1	Cuadrado medio	F Calculado	F Tabla	Importancia
Regresión	2,002364	5	0,400473	6,76	5,05	Significativo
Residuo	0,296109	5	0,059222			
Falta de ajuste	0,223509	3	0,074503	2,05	19,24	No significativo
Error puro	0,072600	2	0,036300			
<b>Total</b>	<b>2,298473</b>	<b>10</b>				
<b>Varianza explicada :</b>				<b>87,12 %</b>		
<b>Máx. Varianza explicada :</b>				<b>96,84 %</b>		

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO I.2: ANÁLISIS DE COEFICIENTES Y ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA  
RESPUESTA COLOR**

<b>ANÁLISIS DE COEFICIENTES DEL MODELO COMPLETO</b>						
	<b>Regresión Coeff.</b>	<b>Std.Err. Pure Err</b>	<b>t(2)</b>	<b>p</b>	<b>IMPORTANCIA</b>	
<b>Constante</b>	6,039474	0,044426	135,944	0,000054	Significativo	
<b>X<sub>1</sub></b>	0,166667	0,035355	4,7140	0,042174	Significativo	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	-0,023684	0,054411	-0,4353	0,705826	No significativo	
<b>X<sub>2</sub></b>	0,041667	0,035355	1,1785	0,359816	No significativo	
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	0,101316	0,054411	1,8621	0,203642	No significativo	
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	-0,250000	0,043301	-5,7735	0,028714	Significativo	
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO</b>						
<b>Promedio :</b>	6,08182		<b>Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup>):</b>		0,88610	
<b>Desviación :</b>	0,10793		<b>Coefficiente de variación (C.V.):</b>		1,77 %	
<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad n-1</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F Calculado</b>	<b>F Tabla</b>	<b>Importancia</b>
Regresión	0,453118	5	0,090624	7,78	5,05	Significativo
Residuo	0,058246	5	0,011649			
Falta de ajuste	0,043246	3	0,014415	1,92	19,24	No significativo
Error puro	0,015000	2	0,007500			
<b>Total</b>	<b>0,511364</b>	<b>10</b>				
<b>Varianza explicada :</b>				88,61 %		
<b>Máx. Varianza explicada :</b>				97,07 %		

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO I.3: ANÁLISIS DE COEFICIENTES Y ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA  
RESPUESTA SABOR**

<b>ANÁLISIS DE COEFICIENTES DEL MODELO COMPLETO</b>						
	Regresión Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	IMPORTANCIA	
<b>Constante</b>	6,110526	0,064550	94,6638	0,000112	Significativo	
<b>X<sub>1</sub></b>	-0,158333	0,051370	-3,0822	0,091107	No significativo	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	0,048684	0,079057	0,61581	0,600763	No significativo	
<b>X<sub>2</sub></b>	-0,291667	0,051370	-5,6777	0,029648	Significativo	
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	-0,351316	0,079057	-4,4438	0,047091	Significativo	
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	0,062500	0,062915	0,99340	0,425199	Significativo	
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO</b>						
<b>Promedio :</b>	<b>5,94545</b>			<b>Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup>):</b>	<b>0,87077</b>	
<b>Desviación :</b>	<b>0,17183</b>			<b>Coefficiente de variación (C.V.):</b>	<b>2,89 %</b>	
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad n-1	Cuadrado medio	F Calculado	F Tabla	Importancia
Regresión	0,994652	5	0,198930	6,74	5,05	Significativo
Residuo	0,147621	5	0,029524			
Falta de ajuste	0,115954	3	0,038651	2,44	19,24	No significativo
Error puro	0,031667	2	0,015833			
Total	1,142273	10				
<b>Varianza explicada :</b>				<b>87,08 %</b>		
<b>Máx. Varianza explicada :</b>				<b>97,23 %</b>		

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO I.4: ANÁLISIS DE COEFICIENTES Y ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA  
RESPUESTA COEFICIENTE DE EXTINCIÓN 270**

<b>ANÁLISIS DE COEFICIENTES DEL MODELO COMPLETO</b>						
	<b>Regresión Coeff.</b>	<b>Std.Err. Pure Err</b>	<b>t(2)</b>	<b>p</b>	<b>IMPORTANCIA</b>	
<b>Constante</b>	0,1307	0,0013	101,207	0,0001	Significativo	
<b>X<sub>1</sub></b>	0,0102	0,0010	9,9442	0,0100	Significativo	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	0,0064	0,0016	4,0194	0,0567	No significativo	
<b>X<sub>2</sub></b>	0,0173	0,0010	16,8224	0,0035	Significativo	
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	-0,0111	0,0016	-7,0486	0,0195	Significativo	
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	0,0046	0,0013	3,6756	0,0667	No significativo	
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO</b>						
<b>Promedio :</b>	0,13		<b>Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup>):</b>		0,89714	
<b>Desviación :</b>	0,00808		<b>Coefficiente de variación (C.V.):</b>		6,31 %	
<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad n-1</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F Calculado</b>	<b>F Tabla</b>	<b>Importancia</b>
<b>Regresión</b>	0,0028	5	0,0006	8,72	5,05	Significativo
<b>Residuo</b>	0,0003	5	0,0001			
<b>Falta de ajuste</b>	0,000314	3	0,0001	16,53	19,24	No significativo
<b>Error puro</b>	0,000013	2	0,0000			
<b>Total</b>	0,003177	10				
<b>Varianza explicada :</b>				89,71 %		
<b>Máx. Varianza explicada :</b>				99,60 %		

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO I.5: ANÁLISIS DE COEFICIENTES Y ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA  
RESPUESTA ACIDEZ LIBRE**

<b>ANÁLISIS DE COEFICIENTES DEL MODELO COMPLETO</b>						
	<b>Regresión Coeff.</b>	<b>Std.Err. Pure Err</b>	<b>t(2)</b>	<b>p</b>	<b>IMPORTANCIA</b>	
<b>Constante</b>	0,35789	0,00779	45,96939	0,00047	Significativo	
<b>X<sub>1</sub></b>	0,07650	0,00620	12,34692	0,00650	Significativo	
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	-0,04224	0,00954	-4,42955	0,04737	Significativo	
<b>X<sub>2</sub></b>	0,11450	0,00620	18,48003	0,00292	Significativo	
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	-0,01524	0,00954	-1,59795	0,25115	No significativo	
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	0,05575	0,00759	7,34677	0,01803	Significativo	
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO</b>						
<b>Promedio :</b>	0,33		<b>Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup>):</b>		0,93942	
<b>Desviación :</b>	0,04136		<b>Coefficiente de variación (C.V.):</b>		12,67 %	
<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad n-1</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F Calculado</b>	<b>F Tabla</b>	<b>Importancia</b>
<b>Regresión</b>	0,1326	5	0,0265	15,51	5,05	Significativo
<b>Residuo</b>	0,0086	5	0,0017			
<b>Falta de ajuste</b>	0,0081	3	0,0027	11,71	19,24	No significativo
<b>Error puro</b>	0,0005	2	0,0002			
<b>Total</b>	0,1412	10				
<b>Varianza explicada :</b>				93,94 %		
<b>Máx. Varianza explicada :</b>				99,67 %		

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO I.6: ANÁLISIS DE COEFICIENTES Y ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA  
RESPUESTA DE RENDIMIENTO**

<b>ANÁLISIS DE COEFICIENTES DEL MODELO COMPLETO</b>						
	Regresión Coeff.	Std.Err.	t(2)	p	IMPORTANCIA	
		Pure Err				
<b>Constante</b>	23.73684	0.30203	78.59222	0.00016		Significativo
<b>X<sub>1</sub></b>	2.00000	0.24036	8.32090	0.01414		Significativo
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	-3.33211	0.36990	-9.00803	0.01210		Significativo
<b>X<sub>2</sub></b>	-0.52333	0.24036	-2.17730	0.16137		Significativo
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	-2.78211	0.36990	-7.52116	0.01722		Significativo
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	-1.84000	0.29438	-6.25047	0.02465		Significativo
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO</b>						
<b>Promedio :</b>	20,40		<b>Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup>):</b>		89,53 %	
<b>Desviación :</b>	1,56		<b>Coefficiente de variación (C.V.):</b>		7,65 %	
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad n-1	Cuadrado medio	F Calculado	F Tabla	Importancia
Regresión	104,06	5	20,81	8,55	5,05	Significativo
Residuo	12,17	5	2,43			
Falta de ajuste	11,48	3	3,83	11,04	19,24	No significativo
Error puro	0,69	2	0,35			
<b>Total</b>	<b>116,23</b>	<b>10</b>				
<b>Varianza explicada :</b>				<b>89,53 %</b>		
<b>Máx. Varianza explicada :</b>				<b>99,40 %</b>		

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO II: VARIEDADES DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL INPREX-UNJBG.**

Número	Variedad	Uso	Origen	Procedencia
1a	Sevillana estaquilla	mesa	EE.UU.	Los palos
1b	Sevillana injertada	mesa	EE.UU.	Los palos
1	Limoncillo	mesa	España	Azapa Chile
2	Cornezuelo	mesa	España	Azapa Chile
3	Conservolia	mesa	Chipre	Azapa Chile
4	Vovo de piccione	mesa	Italia	Azapa Chile
5	Manzanilla	aceitera	España	Azapa Chile
6	Campanill	mesa	España	Azapa Chile
7	Azapa	mesa	Chile	Azapa Chile
8	Azerady (israel)	aceitera y mesa	Argentina	Azapa Chile
9	Marrocaïne de picholine	aceitera y mesa	Marruecos	Azapa Chile
10	Picholine	aceitera y mesa	Francia	Magollo
11	Frantoyo	aceitera	Italia	Magollo
12	Ascolana	mesa	Italia	Magollo
13	Pendolino	aceitera	Italia	Magollo
14	Empeltre larga	aceitera y mesa	Argentina	Magollo
15	Gordal sevillana	mesa	España	Magollo
16	Empeltre redonda	aceitera y mesa	Argentina	Magollo
17	Coratina	aceitera	Italia	Biondi
18	Calamata	-	Chipre	Biondi
19	Arauco	mesa	Argentina	Biondi
20	Arbequina	aceitera	Argentina	Biondi
21	Leccino	aceitera	Argentina	Biondi
22	Liguria	aceitera	Chile	Biondi
23	Picual	aceitera	España	Los palos (CFAT)
24	Morana	aceitera		Los palos (CFAT)
25	Sola	aceitera		Los palos (CFAT)
26	Serana spain	aceitera y mesa		Los palos (CFAT)
27	Villalonga	aceitera y mesa		Los palos (CFAT)
28	Genovesa	-		
29	Farga	aceitera		
30	Cornicabra	aceitera		
31	Cabaret	mesa y aceitera		

Fuente: INPREX-UNJBG.

## ANEXO III: NORMA PERUANA

### PROLOGO

#### A. RESEÑA HISTORICA

La presente norma técnica nacional fue elaborada por el comité especializado de aceites y grasas en el año 1968 aprobándose como norma técnica en julio del mismo año.

La primera revisión se efectuó en los meses de enero, febrero y marzo de 1997, habiendo existido observaciones , posteriormente se discutieron en reuniones de comité en abril de 1978. en noviembre de 1979 el documento fue oficializado como norma técnica nacional.

La segunda revisión de esta norma técnica nacional se llevo a cabo durante los meses de julio, agosto, setiembre de 1986 y enero de 1987.

#### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA PRESENTE NORMA TÉCNICA NACIONAL.

- ADA NANO DE FLORES WIRL
- CIA. INDUSTRIAL PERU PACIFICO
- CIA. OLEAGINOSA DEL PERU(COPSA)
- Comité nacional de medicamentos, alimentos y drogas (CONAMAD)
- HUERTO ALAMEIN
- ENDEPALMA
- Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial (INDDA)
- Industria Alpamayo

- Empresa publica de Certificaciones Pesqueras (CERPER)
- Industrias Pacocha
- Instituto Nacional de Nutrición
- ITINTEC-Dirección de Tecnología
- Ministerio de Agricultura y Alimentación – Laboratorio Central de Control
- Ministerio de Agricultura y Alimentación – Dirección de Producción Industrial Alimenticia
- Municipalidad de Lima Metropolitana
- Municipalidad de Lince
- OLEOTECNICA S. A.
- Sociedad Industrial Villa
- Universidad Nacional Agraria = Prog. De Industrias
- VILLATAMBO S.A.

**COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE ACEITUNA Y DERIVADOS.**

**SUB COMITÉ DE ACEITE DE OLIVA.**

<b>CODIGO</b>	<b>TITULO</b>	<b>ANTECEDENTES</b>
PNTP 209.013:2007	ACEITE Y GRASAS COMESTIBLES. Aceite de oliva	NTP 209.013: 1991

## 1. NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 209.001 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Definiciones y requisitos generales.

ITINTEC 209.005 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método de determinación de acidez libre.

ITINTEC 209.006 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Métodos de determinación del índice de peróxido.

## 2. OBJETO

2.1 La presente norma establece la clasificación y los requisitos que debe reunir el aceite de oliva.

## 3. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

3.1 Aceite de oliva.- Es el aceite obtenido de los frutos del olivo (olea europea L.).

3.2 Aceites comestibles.

3.2.1 Aceite de oliva virgen.- Es el aceite obtenido exclusivamente por procedimiento mecánico en frío y que no ha sufrido ningún tratamiento físico o químico destinado a modificar su acidez, su sabor, su aroma o su color.

3.2.1.1 Aceite de oliva virgen extra.- Es el aceite de oliva de sabor y aroma característico cuya acidez libre, expresada como ácido oleico, no debe ser mayor de 1,0 % .

3.2.1.2 Aceite de oliva virgen primera.- Es el aceite de oliva que reúne las condiciones del aceite de oliva virgen extra, pero cuya acidez libre, expresada como ácido oleico, no debe ser mayor de 2 % .

3.2.1.3 Aceite de oliva virgen segunda.- Es el aceite de oliva cuya acidez libre, expresada como ácido oleico, no debe ser mayor de 3,5.

3.2.2 Aceite de oliva refinado.- Es el aceite de oliva obtenido por refinación de aceites que por su acidez o grado de oxidación, son inadecuados para el consumo directo.

3.2.3 Aceite puro de oliva.- Es el aceite de oliva preparado a base de mezclas de aceite de oliva virgen, con aceite de oliva refinado.

3.3.4 Aceite mezclado de oliva.- Es el aceite obtenido por la mezcla de oliva.- Es el aceite obtenido por la mezcla de aceite de oliva virgen y/o aceite de oliva refinado, en una proporción total no menor del 50,0 % con otro aceite vegetal comestible.

### 3.3 Aceite no comestibles

3.3.1 Aceite de oliva virgen lampante .- Es el aceite de oliva de sabor defectuoso y con acidez libre expresada como ácido oleico, mayor de 3,5 % .

3.3.2 Aceite de orujo de aceituna.- Es el aceite obtenido del orujo graso por extracción con solventes. No pueden ser utilizados para el consumo directo, ni en la industria alimentaria, sin previa refinación.

## 4. REQUISITOS

### 4.1 Requisitos generales

#### 4.1.1 Características Organolépticas

4.1.1.1 Aspecto.- Limpio

4.1.1.2 Color .- Podrá variar entre amarillo y verde.

4.1.1.3 Sabor y olor.- Característico, exento de olores y sabores extraños y rancios.

#### 4.1.2 Requisitos físicos y químicos

##### 4.1.2.1 Para aceites 100 % de oliva

TABLA I

- Densidad relativa (20 °C/agua a20 °C)	0,910 - 0,918
- Índice de refracción (a 25 °C)	1,466 - 1,468
- Índice de saponificación (mg de KOH/g de aceite)	187 - 196
- Índice de iodo (Wijs)	76 - 95
- Índice de peroxido, meq/kg de aceite, máx	20
- Materia insaponificable, g/kg, máx	15
- Acidez, expresada como ácido oleico, % max	
. Virgen extra	1
. Virgen primera	2
. Virgen segunda	3,5
. Refinado	0,35
. Puro	2

- Composición de ácidos grasos (% m/m de ésteres metílicos)

. Ácido oleico	56,0 - 83,0
. Ácido palmítico	7,5 - 20,0
. Ácido linoleico	3,5 - 20,0
. Ácido esteárico	0,5 - 3,5
. Ácido palmitoleico	0,3 - 3,5
. Ácido linolenico	0,0 - 1,5
. Ácido mirístico	0,0 - 0,05
. Ácido Araquidico	Cantidades
. Ácido gadoleico	minúsculas
. Ácido lignocerico	solamente
. Ácido erucico	no se presentan en cantidades
. Ácido laurico	perceptibles

4.1.2.2 Para aceites mezclados de oliva

TABLA II

- Densidad relativa (20 °C)	0,911 – 0,922
- Índice de peroxido, máx (meq de O <sub>2</sub> /kg de aceite)	12
- Materia insaponificable, g/kg, máx	15
- Acidez, expresada como ácidos oleico, % máx	2
- La composición de ácidos grasos variará de acuerdo al tipo y proporción de aceite vegetal con el que se mezcle. El análisis cromatografico se efectuará para verificar si la proporción de aceite de oliva en la mezcla corresponde a lo declarado en el rotulado.	

#### 4.1.3 Contaminantes

	<u>Cantidad máxima</u>
4.1.3.1 Humedad y materia volátil a 150 °C	0,2 % m/m
4.1.3.2 Impurezas insolubles	0,05 % m/m
4.1.3.3 Contenido de jabón	
. Aceite de oliva virgen y puro de oliva	Negativo
. Aceite de oliva refinado	Negativo
. Aceite mezclado de oliva	25 ppm
4.1.3.4 Hierro (Fe), mg/kg (ppm)	1,5
4.1.3.5 Cobre (Cu), mg/kg (ppm)	0,1
4.1.3.6 Hierro (Fe), mg/kg (ppm)	0,1
4.1.3.7 Arsénico (As), mg/kg (ppm)	0,1
4.1.3.8 Estaño (Sn), mg/kg (ppm)	150

#### 4.1.4 Aditivos alimentarios

4.1.4.1 No se permitirá el empleo de colorantes ni aromatizantes.

4.1.4.2 Para el caso de aceites de oliva virgen no se permitirá el empleo de ningún tipo de aditivo.

4.1.4.3 Para los casos de aceite de oliva refinado y puro de oliva se permitirá la adición de  $\alpha$  - tocoferol en una dosis máxima de 200 mg/kg en el producto final para restituir el tocoferol natural perdido durante la elaboración.

4.1.4.4 Para el aceite mezclado de oliva se permitirá el empleo de los aditivos indicados en la NTN2009.001 Aceites Vegetales comestibles. Definiciones y requisitos generales.

#### 4.1.5 Requisitos de los solventes

Los solventes que se utilicen , para la extracción de aceite orujo de aceitunas deberán ser hidrocarburos saturados de petróleo, obtenidos de los gases naturales o del fraccionamiento del petróleo y deberán cumplir los requisitos especificados en sus normas correspondientes.

### 5. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS Y RECEPCIÓN

5.1 El muestreo se realizará de acuerdo a las especificaciones de la norma ITINTEC 209.141 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Toma de muestras.

### 6. METODOS DE ENSAYO

6.1 Se deben efectuar según las normas indicadas en el capítulo 1. NORMAS A CONSULTAR.

### 7. ENVASE Y ROTULADO

#### 7.1 Envase

7.1.1 Los envases a usarse serán de materiales adecuados para la conservación y manipuleo del producto, no comunicaran a este, sabores, colores u olores extraños y podrán ser de dimensiones y formas variadas.

Su uso deberá ser aprobada por la autoridad sanitaria competente.

7.1.2 Deberá cumplir según el caso con las siguientes Normas Técnicas Nacionales:

ITINTEC 311.286 ENVASES DE PLASTICO. Botellas de policloruro de vinilo para aceite comestible. Requisitos.

ITINTEC 350.008 ENVASES METALICOS PARA ACEITES VEGETALES.

## 7.2 Rotulado

7.2.1 Deberá cumplir con la Norma ITINTEC Obligatoria 209.038 Norma general para rotulado de Alimentos Envasados.

7.2.2 Deberá indicar el tipo de aceite de acuerdo a la clasificación del párrafo 3.2.

7.2.3 En el caso de aceite mezclado de oliva, deberá indicar el porcentaje de aceite de oliva y de aceite vegetal comestible empleado.

7.2.4 Cualquier otro dato que fuera requerido por la ley o reglamento.

## 8. ANTECEDENTES

8.1 CODEX STAN 33-1981 Norma del CODEES para los aceites de oliva vírgenes y refinados, y lo aceites refinados de orujo de aceituna(Norma Mundial).

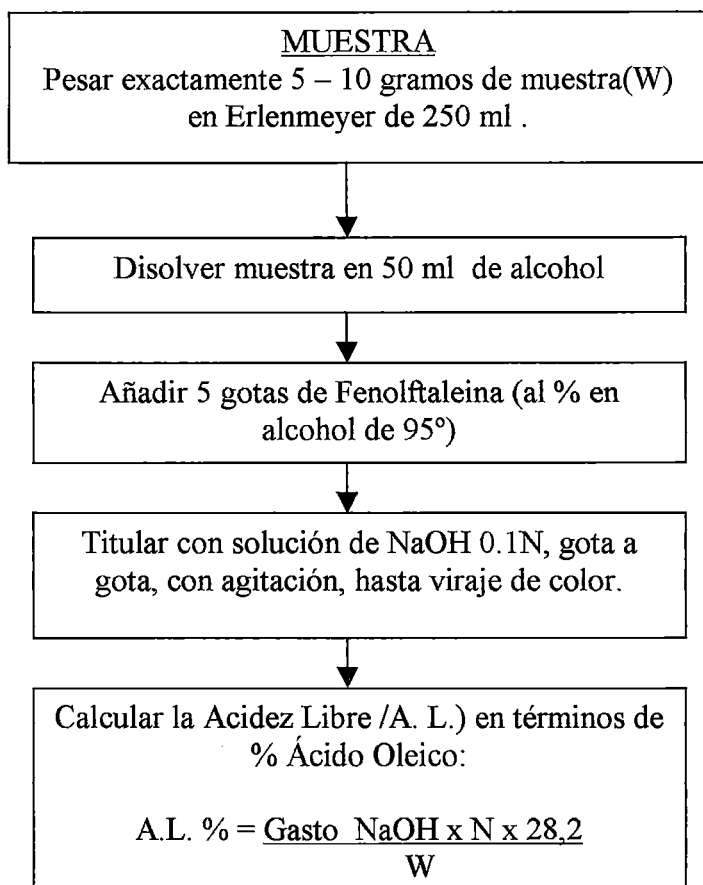
8.2 Norma Española UNE 55-046-75 Materiales Grasas. Clasificación comercial de aceites procedentes de aceitunas.

8.3 Información proporcionada por los miembros del Comité Especializado.

## ANEXO III-A

### DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ LIBRE

(NTP 209.005 ITINTEC, 1968)



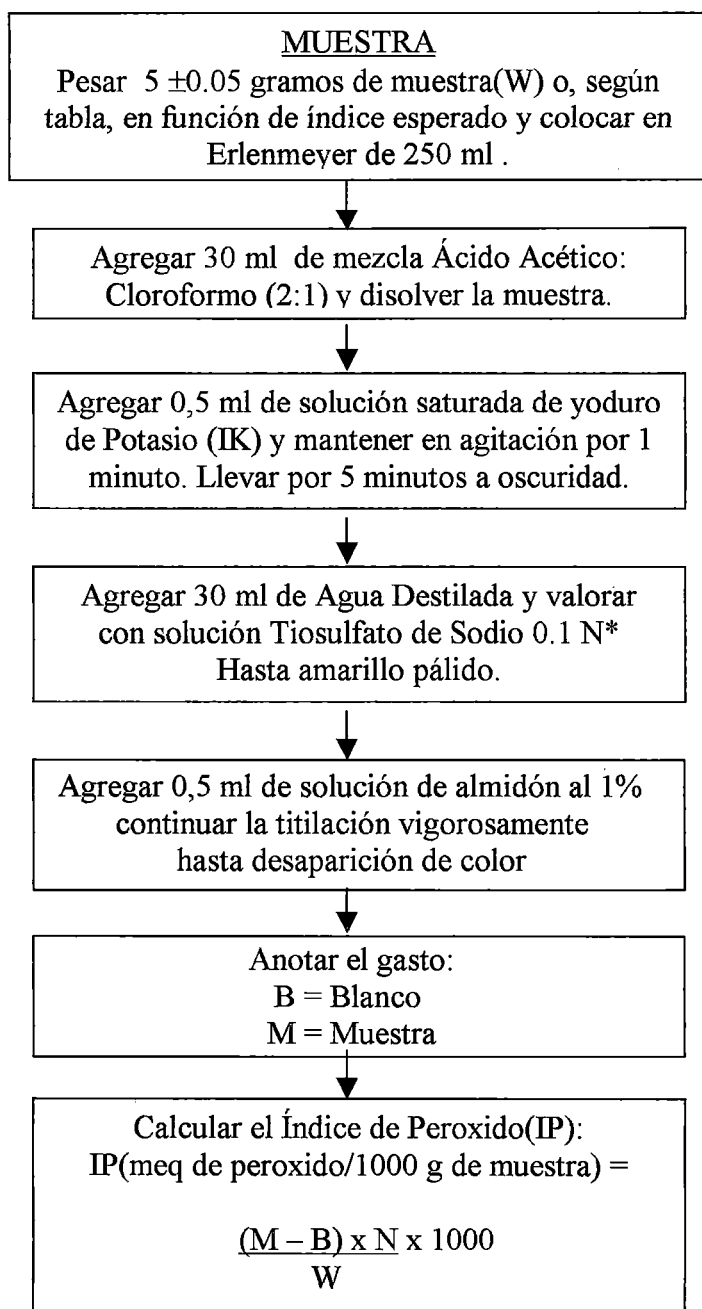
Donde:

N = Normalidad de la solución de NaOH.

W = Peso de la muestra.

## ANEXO III-B

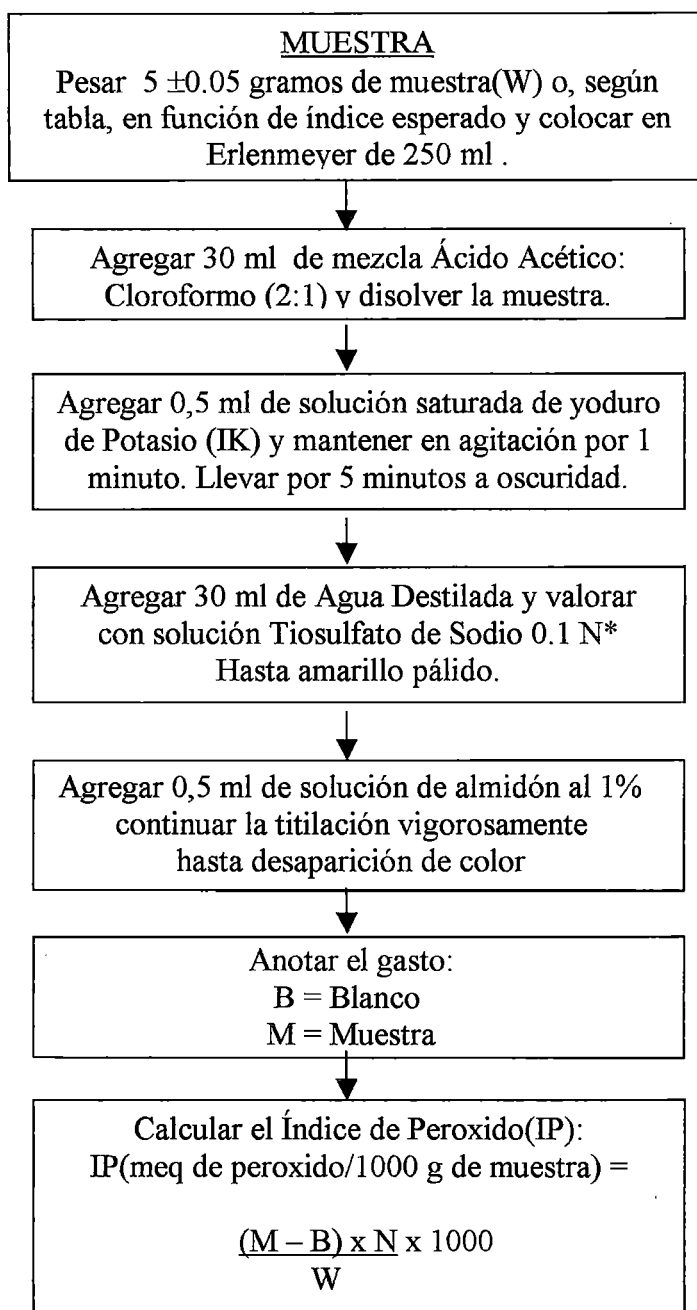
### DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PEROXIDO – NTP 209.006 ITINTEC (1968)



\* Si el gasto de la titulación es menor a 055 ml, emplear solución de Tiosulfato 0.01 N

## ANEXO III-B

### DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PEROXIDO – NTP 209.006 ITINTEC (1968)



\* Si el gasto de la titulación es menor a 055 ml, emplear solución de Tiosulfato 0.01 N

## ANEXO IV

### CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEITES DE OLIVA (PARÁMETROS DE CALIDAD Y CLASIFICACION)

Del Reglamento de la Comunidad Económica Europea N<sup>o</sup> 2568/91 de la Comisión, del 11 de julio de 1991 y modificaciones posteriores( Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002), relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo, se presentan las mas importantes en relación con la calidad de los aceites.

<b>CATEGORÍA</b>	<b>Acidez (%ácido oleico)</b>	<b>Índice de peróxidos meq peroxido/Kg.</b>	<b>K<sub>232</sub></b>	<b>K<sub>270</sub></b>
Aceite de oliva virgen extra	M 1,0	M 20	M 2,50	M 0,20
Aceite de oliva virgen	M 2,0	M 20	M 2,60	M 0,25
Aceite de oliva virgen corriente	M 3,3	M 20	M 2,60	M 0,25
Aceite de oliva virgen lampante	> 3,3	> 20	M 3,70	> 0,25
Aceite de oliva refinado	M 0,5	M 5	M 3,40	M 1,2
Aceite de oliva	M 1,5	M 15	M 3,30	M 1,0
Aceite de orujo de oliva crudo	> 0,5	--	--	--
Aceite de orujo de oliva refinado	M 0,5	M 5	M 5,50	M 2,50
Aceite de orujo de oliva	M 1,5	M 15	M 5,30	M 2,00

M = máximo

FUENTE: Diario Oficial de Comunidades Europeas L128, 2002

**ANEXO V: PARAMETROS DE CALIDAD DE LOS ACEITES DE OLIVA**

PARAMETROS	TIPOS DE ACEITE DE OLIVA					
	ACEITE DE OLIVA VIRGENES				REFINADO	ACEITE DE OLIVA
	Extra	Fino	Semifino	Lampante		
<b>Características organolepticas</b>	≥ 6,5	≥5,5	≥ 3,5	3,5		
* Olor					Aceptable	Bueno
* Sabor					Aceptable	Bueno
* Color					Amarillo claro	Claro amarillo a verde
* Aspecto a 20 <sup>o</sup> C durante 24 horas						
- <b>Acedez libre</b> (% acido oleico)	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3,3	> 3,3	≤ 0,3	≤ 1,5
- <b>Indice de peroxidos</b> (meq O <sub>2</sub> /Kg. aceite)	≤ 20	≤ 20	≤ 20	> 20	≤ 10	≤ 20
- <b>Absorbancia al U. V.</b> (K <sub>270</sub> )	≤ 0,25	≤ 0,25	≤0,30	No limitado	≤1,10	≤ 0,90

Fuente: COI, 1992