

**UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS  
DEL LIMÓN MEYER (*Citrus limon*)**

**Tesis de Grado como Requisito para obtener el Título de Ingeniero  
Agroindustrial.**

**Virginia Elizabeth Medina Bolaños.**

Ibarra – Ecuador

Enero 2007

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**

**Escuela de Ingeniería Agroindustrial**

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL**  
**LIMÓN MEYER (*Citrus limon*)**

Presentada al Comité Asesor como requisito para obtener el título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**APROBADA:**

Ing. Franklin Hernández.

**DIRECTOR**

Ing. Oswaldo Romero

**ASESOR**

Dra. Lucía Yépez

**ASESOR**

Dr. Marcelo Dávalos

**ASESOR**

Ibarra - Ecuador  
2007

## **PRESENTACION**

El trabajo de investigación titulado: “DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL LIMÓN MEYER (*Citrus limon*)” esta estructurado en cinco capítulos: Introducción, Marco Teórico, Materiales y Métodos, Resultados y Discusiones, Conclusiones y Recomendaciones.

En el primer, capítulo se analizó la Problemática, referente al tema de investigación los Justificativos de para la ejecución de la misma, los Objetivos que se plantean alcanzar con la investigación.

En el capítulo segundo se hace una reseña de toda la parte bibliográfica que sustente la investigación como son los orígenes del limón las variedades, parámetros de calidad mínimos requeridos para el consumo, aspectos relacionados a la cosecha y poscosecha de la fruta, métodos de conservación y las principales plagas y enfermedades del almacenamiento frigorífico de la fruta.

El tercer capítulo abarca todos los aspectos concernientes a los materiales y las tecnologías utilizadas para la ejecución de la presente investigación, se da el esquema de la tabla de recopilación y tabulación de los resultados y las metodologías aplicadas para cada una de las evaluaciones.

En el cuarto capítulo se exponen los resultados encontrados en las diferentes evaluaciones tanto en forma numérica como gráfica y la discusión sobre los resultados alcanzados.

En el capítulo quinto se proponen las conclusiones y recomendaciones a las que se llega una vez terminada la investigación, básicamente estos criterios están fundamentadas en el análisis de cada una de las determinaciones realizadas para la fruta fresca y para el jugo.

Finalmente tenemos los anexos en los que se exponen las fotocopias de las normas técnicas utilizadas para la investigación, los respectivos análisis bromatológicos efectuados en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, además de fotografías de las determinaciones realizadas en el laboratorio.

## **DEDICATORIA**

La presente investigación la dedico  
a mis padres, a mis hijos  
Alan Sebastián y Paula Alejandra, a mi esposo.

De igual manera a mis hermanos  
que siempre han estado para  
apoyarme en los momentos difíciles.

**Elizabeth**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica del Norte y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agrícolas y Ambientales, especialmente a la Escuela de Ingeniería Agroindustrial. A sus Autoridades, personal Docente y Administrativo.

Un especial agradecimiento a los profesores que facilitaron el proceso de Investigación, al Ing. Franklin Hernández, al Dr. Marcelo Dávalos, a la Dra. Lucia Yépez, al Ing. Oswaldo Romero. Y demás docentes que facilitaron la conclusión de este trabajo.

A los personeros del Laboratorio de Bromatología de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo de manera especial a la Ing. Lucia Silva.

A mis grandes amigos Soraya y Valdemar por su desinteresada ayuda

A todas las personas e Instituciones que aportaron con su ayuda a la conclusión de esta investigación.

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>PORTADA</b> .....                                | i  |
| <b>PRESENTACIÓN</b> .....                           | ii |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                            | iv |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                         | v  |
| <br>  |    |
| <b>CAPITULO I           INTRODUCCIÓN</b>            |    |
| 1.1. Problema.....                                  | 1  |
| 1.2. Justificación.....                             | 2  |
| 1.3. Objetivos.....                                 | 4  |
| 1.3.1. Objetivo general.....                        | 4  |
| 1.3.2.   Objetivos específicos.....                 | 4  |
| <br>  |    |
| <b>CAPITULO II           REVISIÓN DE LITERATURA</b> |    |
| 2.1. El limón.....                                  | 5  |
| 2.1.1. Origen.....                                  | 5  |
| 2.1.2. Zonas de Producción.....                     | 6  |
| 2.1.3. Características botánicas.....               | 7  |
| 2.1.4. Variedades.....                              | 7  |
| 2.1.5. Exigencias Agro ecológicas Del Cultivo.....  | 9  |
| 2.2.    Determinación de madurez.....               | 9  |
| 2.2.1.   Definición de madurez.....                 | 9  |
| 2.2.2.   Madurez fisiológica.....                   | 10 |
| 2.2.3.   Madurez de consumo.....                    | 11 |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 2.2.4.                                   | Índice de madurez.....                        | 12 |
| 2.2.4.1                                  | Requisitos mínimos de calidad.....            | 14 |
| 2.2.5.                                   | Cosecha y manejo en campo.....                | 15 |
| 2.2.6.                                   | Selección y clasificación.....                | 16 |
| 2.2.7.                                   | Envases y embalajes.....                      | 18 |
| 2.3.                                     | Enfriado y almacenamiento.....                | 20 |
| 2.3.1.                                   | Condiciones de almacenamiento.....            | 21 |
| 2.4.                                     | Plagas y enfermedades de almacenamiento.....  | 25 |
| 2.4.1                                    | Fisiopatías.....                              | 25 |
| 2.4.2                                    | Desórdenes Patológicos.....                   | 26 |
| 2.4.3                                    | Estrategias de Control.....                   | 27 |
| 2.4.4                                    | Valor nutricional del limón.....              | 27 |
| 2.5.                                     | Normas de calidad.....                        | 28 |
| 2.6.                                     | Fundamentación Científica.....                | 35 |
| 2.6.1                                    | Términos estadísticos utilizados.....         | 35 |
| 2.6.2                                    | Términos utilizados en análisis físicos.....  | 36 |
| 2.6.3                                    | Términos utilizados en análisis químicos..... | 37 |
| <b>CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS</b> |   |    |
| 3.1.                                     | Materiales, Equipos, Reactivos.....           | 40 |
| 3.1.1                                    | Materiales de Laboratorio.....                | 40 |
| 3.1.2                                    | Equipos.....                                  | 41 |
| 3.1.3                                    | Reactivos.....                                | 41 |
| 3.1.4                                    | Materia Prima.....                            | 42 |
| 3.2                                      | Métodos.....                                  | 43 |
| 3.2.1                                    | Ubicación del experimento.....                | 43 |
| 3.2.2                                    | Esquema para la toma de datos.....            | 43 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.3. Especificaciones para la toma de datos.....                        | 44 |
| 3.2.3.1. Propiedades Físicas.....   | 44 |
| 3.2.3.2. Propiedades Químicas.....  | 44 |
| 3.2.4 Métodos para la preparación de la muestra.....                      | 45 |
| 3.2.4.1 Muestreo.....   | 45 |
| 3.2.4.2 Clasificación de acuerdo a grados de madurez.....                 | 45 |
| 3.3 Características Físicas.....  | 45 |
| 3.3.1 Tamaño.....   | 45 |
| 3.3.2 Peso Unitario.....  | 46 |
| 3.3.3 Volumen.....  | 46 |
| 3.3.4 Densidad del fruto.....   | 47 |
| 3.3.5 Prueba de penetración.....  | 48 |
| 3.3.6 Área superficial.....   | 48 |
| 3.3.7 Porcentaje de cáscara.....  | 49 |
| 3.3.8 Porcentaje de pulpa.....  | 49 |
| 3.3.9 Porcentaje de semilla.....  | 50 |
| 3.3.10 Porcentaje de jugo.....  | 51 |
| 3.4 Características Químicas.....   | 52 |
| 3.4.1 Contenido de sólidos solubles.....                                  | 52 |
| 3.4.2 Determinación de la concentración del potencial hidrógeno (pH)..... | 53 |
| 3.4.3 Determinación de acidez titulable.....                              | 54 |
| 3.4.4 Determinación de ácido ascórbico.....                               | 56 |
| 3.4.5 Determinación del contenido de Calcio.....                          | 56 |
| 3.4.6 Determinación de Fósforo.....                                       | 56 |
| 3.4.7 Determinación de Magnesio.....                                      | 57 |
| 3.4.8 Determinación de Azúcares totales.....                              | 57 |

|   |    |
|---|----|
| 3.4.9 Determinación de sólidos en suspensión..... | 57 |
| 3.4.10 Determinación de proteína bruta.....       | 57 |
| 3.4.11 Determinación de fibra bruta.....          | 58 |
| 3.4.12 Determinación de materia orgánica.....     | 58 |
| 3.4.13 Determinación de ceniza.....               | 58 |

**CAPITULO IV        RESULTADOS Y DISCUSIONES.**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Tamaño.....                         | 59 |
| 4.2 Peso Unitario.....                  | 60 |
| 4.3 Volumen.....                        | 61 |
| 4.4 Densidad del fruto .....            | 62 |
| 4.5 Área superficial.....               | 63 |
| 4.6 Porcentaje de cáscara.....          | 64 |
| 4.7 Porcentaje de pulpa.....            | 65 |
| 4.8 Porcentaje de jugo.....             | 66 |
| 4.9 Porcentaje de semilla.....          | 67 |
| 4.10 Textura.....                       | 68 |
| 4.11 Determinación de azúcares.....     | 69 |
| 4.12 Potencial Hidrógeno.....           | 70 |
| 4.13 Acidez.....                        | 71 |
| 4.14 Contenido de humedad .....         | 72 |
| 4.15 Contenido de materia seca.....     | 73 |
| 4.16 Contenido de Proteína.....         | 74 |
| 4.17 Contenido de Fibra bruta.....      | 75 |
| 4.18 Contenido de materia orgánica..... | 76 |
| 4.19 Contenido de ceniza.....           | 77 |
| 4.20 Contenido de Calcio (Ca) .....     | 78 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.21 Contenido de Fósforo (P) .....  | 79  |
| 4.22 Contenido de Magnesio (Mg) .....  | 80  |
| 4.23 Contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico) .....   | 81  |
| 4.24 Índice de refracción.....   | 82  |
| 4.25 Azúcares totales.....   | 83  |
| <b>CAPITULO V      CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>  |     |
| 5.1 CONCLUSIONES. ....   | 84  |
| 5.2 RECOMENDACIONES.....   | 88  |
| <b>SECCIÓN DE REFERENCIAS</b>  |     |
| 6.1 Bibliografía.....  | 90  |
| RESUMEN.....   | 94  |
| SUMARY.....  | 96  |
| <b>ANEXOS</b>  |     |
| <b>ANEXO 1.</b> Resumen de las Propiedades Físicas del Limón Meyer.....                            | 98  |
| <b>ANEXO 2.</b> Resumen de las Propiedad Químicas del Limón Meyer.....                             | 101 |
| <b>ANEXO 3.</b> Análisis Bromatológicos del Jugo.....  | 102 |
| <b>ANEXO 4.</b> Contenido de Minerales y vitamina C en el jugo.....                                | 103 |
| <b>INDICE DE CUADROS</b>   |     |
| <b>Cuadro No. 1</b> Diámetro transversal en milímetros (mm.).....                                  | 59  |
| <b>Cuadro No. 2</b> Peso Unitario en gramos (g.).....  | 60  |
| <b>Cuadro No. 3</b> Volumen en centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )......                        | 61  |
| <b>Cuadro No. 4</b> Densidad del fruto en gramos por centímetros cúbicos (g/cm <sup>3</sup> )..... | 62  |
| <b>Cuadro No. 5</b> Área superficial en cm <sup>2</sup> .....                                      | 63  |
| <b>Cuadro No. 6</b> Porcentaje de cáscara.....   | 64  |
| <b>Cuadro No. 7</b> Porcentaje de pulpa.....   | 65  |
| <b>Cuadro No. 8</b> Porcentaje de jugo. ....   | 66  |

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro No. 9</b> Porcentaje de semilla.....  | 67 |
| <b>Cuadro No. 10</b> Textura (resistencia a la penetración) en dinas (kg/cm <sup>2</sup> )..... | 68 |
| <b>Cuadro No. 11</b> Contenido de azúcares (°Brix).....   | 69 |
| <b>Cuadro No. 12</b> Medida del potencial hidrógeno (pH) .....                                  | 70 |
| <b>Cuadro No. 13</b> Acidez (contenido de ácido cítrico g/100g de muestra).....                 | 71 |
| <b>Cuadro No. 14</b> Contenido de humedad en porcentaje (%).....                                | 72 |
| <b>Cuadro No. 15</b> Contenido de materia seca en porcentaje (%).....                           | 73 |
| <b>Cuadro No. 16</b> Contenido de Proteína en porcentaje (%).....                               | 74 |
| <b>Cuadro No. 17</b> Contenido de Fibra bruta en porcentaje (%).....                            | 75 |
| <b>Cuadro No. 18</b> Contenido de materia orgánica en porcentaje (%).....                       | 76 |
| <b>Cuadro No. 19</b> Contenido de ceniza en porcentaje (%).....                                 | 77 |
| <b>Cuadro No. 20</b> Contenido de Calcio (Ca) en porcentaje (%).....                            | 78 |
| <b>Cuadro No. 21</b> Contenido de Fósforo (P) en porcentaje (%).....                            | 79 |
| <b>Cuadro No. 22</b> Contenido de Magnesio (Mg) en porcentaje (%).....                          | 80 |
| <b>Cuadro No. 23</b> Contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico) en mg/100g .....                 | 81 |
| <b>Cuadro No. 24</b> Índice de refracción.....  | 82 |
| <b>Cuadro No. 25</b> Azúcares totales en porcentaje (%).....                                    | 83 |

## **INDICE DE GRÁFICOS**

|   |    |
|---|----|
| <b>Gráfico No. 1</b> Diámetro transversal en milímetros (mm.).....                                  | 59 |
| <b>Gráfico No. 2</b> Peso Unitario en gramos (g.).....  | 60 |
| <b>Gráfico No. 3</b> Volumen en centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )......                        | 61 |
| <b>Gráfico No. 4</b> Densidad del fruto en gramos por centímetros cúbicos (g/cm <sup>3</sup> )..... | 62 |
| <b>Gráfico No. 5</b> Área superficial en cm <sup>2</sup> .....                                      | 63 |
| <b>Gráfico No. 6</b> Porcentaje de cáscara.....   | 64 |
| <b>Gráfico No. 7</b> Porcentaje de pulpa.....   | 65 |
| <b>Gráfico No. 8</b> Porcentaje de jugo.....  | 66 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico No. 9</b> Porcentaje de semilla.....  | 67 |
| <b>Gráfico No. 10</b> Textura (resistencia a la penetración) en dinas (kg/cm <sup>2</sup> )..... | 68 |
| <b>Gráfico No. 11</b> Contenido de sólidos solubles (°Brix).....                                 | 69 |
| <b>Gráfico No. 12</b> Medida del potencial hidrógeno (pH).....                                   | 70 |
| <b>Gráfico No. 13</b> Acidez (contenido de ácido cítrico g/100g de muestra).....                 | 71 |
| <b>Gráfico No. 14</b> Contenido de humedad en porcentaje (%).....                                | 72 |
| <b>Gráfico No. 15</b> Contenido de materia seca en porcentaje (%).....                           | 73 |
| <b>Gráfico No. 16</b> Contenido de Proteína en porcentaje (%).....                               | 74 |
| <b>Gráfico No. 17</b> Contenido de Fibra bruta en porcentaje (%).....                            | 75 |
| <b>Gráfico No. 18</b> Contenido de materia orgánica en porcentaje (%).....                       | 76 |
| <b>Gráfico No. 19</b> Contenido de ceniza en porcentaje (%).....                                 | 77 |
| <b>Gráfico No. 20</b> Contenido de Calcio (Ca) en porcentaje.....                                | 78 |
| <b>Gráfico No. 21</b> Contenido de Fósforo (P) en porcentaje (%).....                            | 79 |
| <b>Gráfico No. 22</b> Contenido de Magnesio (Mg) en porcentaje (%).....                          | 80 |
| <b>Gráfico No. 23</b> Contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico) en mg/100g.....                  | 81 |
| <b>Gráfico No. 24</b> Índice de refracción.....  | 82 |
| <b>Gráfico No. 25</b> Azúcares totales en porcentaje (%).....                                    | 83 |

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

# INTRODUCCIÓN

## 1. Introducción

### 1.1. Problema

La actividad económica principal de la provincia de Imbabura es la agricultura, y gracias a las condiciones ecológicas reinantes en el medio se generan buenos rendimientos de todas las especies cultivadas. En el caso del limón Meyer, que a pesar de ser una fruta exótica ha encontrado las mejores condiciones para desarrollarse llegando a convertirse en un rubro importante de la economía de los agricultores de la provincia.

Hoy en día, el consumidor no sólo requiere de un producto más sano e inocuo, sino que también de calidad. El deterioro de los alimentos ocasiona pérdidas, es costoso y puede influir negativamente en el comercio y en la confianza de los consumidores.

Por otro lado el INEN; dispone de información concerniente a la metodología para la preparación y toma de muestras, evaluación de características físicas y químicas, composición mineral de los productos agrícolas, atributos de calidad sensorial, entre otros, mismos que no se encuentran al alcance de los productores, lo que genera aumento de las pérdidas de la calidad desde precosecha hasta el consumidor final.

De la misma manera la falta de divulgación técnica sobre aspectos de cultivo y poscosecha por parte del Estado no solo genera pérdida de calidad para el consumidor de los productos hortofrutícolas, sino que agrava la economía de los productores, ya que sus cosechas son rechazadas en los mercados al no cumplir un mínimo de calidad requerido.

## **1.2. Justificación.**

Los procesos de globalización y apertura de mercados exige que los países con vocación agrícola estandaricen la producción y de esta manera alcanzar las certificaciones necesarias que se requieren para ser competitivos. Todo estado ha encargado la creación de los estándares mínimos de calidad a sus institutos locales de normalización que a su vez utilizan la información generada en los centros de educación superior y en conjunto, profesionales, universidades y consumidores establecen las reglas del juego necesarias en el competitivo mundo del comercio de productos hortofrutícolas.

En la actualidad los mercados nacionales e internacionales demandan mayor cantidad y variedad de alimentos, es así que las propiedades físicas y químicas de una fruta son útiles para diseñar plantas de procesamiento e implementar índices de control de calidad, ya que el desarrollo no solo se logra con la posesión de las materias primas sino con la generación de valor agregado.

Al determinar los parámetros mínimos de calidad de las características del limón aportaremos tanto a productores y consumidores de los requerimientos que debe cumplir el

producto desde su producción en finca hasta la mesa, creando de esta manera una cadena de cruce de información que dicte las normas de un comercio más legal con mayores garantías para todos.

Para solucionar el problema planteado la Universidad responde a las necesidades y exigencias actuales de los consumidores y de la industria alimenticia, presentando la realización del presente trabajo de análisis titulado “Determinación de las características físicas y químicas del limón Meyer, *Citrus limon*”, que ayudará a establecer normas y estándares mínimos de calidad que servirán para la validación del producto.

### **1.3 . Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar las características físico y químicas de los frutos del limón Meyer (*Citrus limon*).

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar física y químicamente los frutos del limón Meyer en sus tres estados de madurez
- Establecer la composición y características del jugo del limón Meyer proveniente de la zona de Pimampiro cosechada en tres grados de madurez.
- Conocer la influencia del punto de cosecha en las propiedades físicas y químicas.

# CAPITULO II

## REVISIÓN DE LITERATURA

## REVISION DE LITERATURA

### 2.1. EL LIMON

#### 2.1.1. Origen

De acuerdo con Ramos. (2000), los cítricos son un conjunto de especies que pertenecen a la familia de las rutáceas, género *Citrus*, las que desempeñan un papel destacado en la alimentación de millones de personas en el mundo entero.

El origen del limón es desconocido. Se supone que pudo originarse en el sureste de Asia este Burma y el sur de China, aunque en esa zona en actualmente se cultiva poco. En Europa, la primera noticia acerca de la existencia de los agrios, llegó probablemente a Grecia en tiempos de Alejandro Magno, después de las guerras en Oriente (siglo IV a. C.), durante las cuales sus tropas alcanzaron la India. León J. (1987)

Los cítricos fueron introducidos en España y Sicilia, después de que se naturalizaran durante los siglos IX y X, por obra de los árabes. Un siglo más tarde los cruzados los llevaron a la región de Liguria y desde allí se difundieron a otras zonas de clima cálido. Durante esa época los agrios no se explotaron con fines comerciales. Tardieu *et al* (1984)

La dispersión de los cítricos desde sus lugares de origen se debió fundamentalmente a los grandes movimientos migratorios: conquistas de Alejandro Magno, expansión del Islam, cruzadas, descubrimiento de América, etc. (33)

En época reciente, los cítricos han hallado una gran difusión también en África, sobre todo en la región mediterráneo-atlántica como Marruecos y en América, en las zonas costeras más cálidas de Estados Unidos - como California y Florida- , México, Venezuela, etc. Después de la última guerra mundial empezaron a cultivarse en Israel. Tardieu *et al* (1984)

### **2.1.2. Zonas de Producción**

Los cítricos en general son considerados plantas tropicales y subtropicales, con cierta variación en las exigencias específicas de temperaturas máxima, mínima y óptima de acuerdo con las especies y dentro de ella, las variedades y cultivares. El limón es un producto de amplio cultivo en el Ecuador, sin embargo solamente desde hace aproximadamente 10 años, se han establecido plantaciones comerciales de la variedad Tahití. Sus exportaciones han sido crecientes y tiene un muy buen potencial en los mercados internacionales durante todo el año. (34)

Se los puede encontrar además en los valles cálidos de la Sierra, valles secos de la Costa y ciertas zonas amazónicas: Portoviejo, Echeandía, Santa Isabel, Puerto Quito, Chota, Guayllabamba, San José de Minas, Tumbaco, Puyo, Nueva Loja. (34)

### **2.1.3. Características botánicas**

#### **Sistemática**

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliópsida

**Orden:** Rurales

**Familia:** Rutaceae

**Género:** Citrus

**Especie:** *Citrus limon*

### **2.1.4. VARIEDADES**

Se conocen numerosas variedades comerciales como: (33)

#### ***Berna***

Árbol vigoroso con pocas y pequeñas espinas. Si se injerta sobre naranjo amargo presenta un sobre crecimiento en la zona del injerto de la variedad respecto al patrón, que con el desarrollo del árbol formará el "miriñaque", que dificultará la circulación de savia y acortará la vida productiva del mismo.

#### ***Fino***

Árbol muy vigoroso y de tamaño muy grande, tendencia a la emisión de brotes con espinas, frutos de tamaño mediano de unos 110 gramos de forma variable; pueden ser esféricos u ovalados, sin cuello en la base, mamelón corto y puntiagudo, más semillas, piel más fina y mayor contenido en zumo que la variedad Berna.

### ***Eureka***

Árbol tamaño y vigor medio, pocas y pequeñas espinas, frutos de tamaño mediano a grande de unos 120 gramos de peso, forma elíptica u oblonga, cuello pequeño en la base y mamelón apical delgado. Pocas o ninguna semilla, corteza de espesor medio y con tendencia a presentar estrías, zumo muy ácido, pulpa de color verde-amarillento.

### ***Lisboa***

Árbol muy vigoroso y rústico, muchas espinas, las cuales producen daños en frutos y hojas, frutos con elevado número de semillas, follaje denso permite que la fruta no quede tan expuesta; cuando el árbol es adulto el adelanto en calibre del fruto es menor que en la variedad Fino.

### ***Meyer***

Árbol vigoroso y de tamaño medio, con espinas, frutos de tamaño mediano de unos 120 gramos, forma variable, pueden ser esféricos u ovalados, mamelón corto, con semillas, piel entre verde amarillo buen contenido de zumo

### **2.1.5. EXIGENCIAS AGROECOLOGICAS DEL CULTIVO**

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Clima:</b>               | Sub cálido, cálido húmedo, sub húmedo y templado  |
| <b>Temperatura:</b>         | 14 - 24 °C anual.   |
| <b>Humedad:</b>             | 80 – 90%.   |
| <b>Pluviosidad:</b>         | 700 - 1000 mm.  |
| <b>Altitud:</b>             | 0 - 2600 m.s.n.m.   |
| <b>Tipo de suelo:</b>       | Textura franca, franco arenoso, estructura permeable, de fácil drenaje, buen contenido de materia orgánica. |
| <b>Acidez:</b>              | 5.5 - 6.8.  |
| <b>Formación ecológica:</b> | Bosque seco (bs)<br>Bosque húmedo tropical (bh-T),<br>Estepa espinosa Montano bajo (ee-MB). (34)            |

## **2.2. DETERMINACIÓN DE MADUREZ**

### **2.2.1. Definición de madurez**

La madurez de los productos percederos cosechados tiene una relación importante con la forma en que son manipulados, transportados y comercializados, y en su vida de almacenamiento y calidad. Fundación Chile (1993)

La velocidad y naturaleza del proceso de maduración difiere significativamente entre las especies de frutas, cultivares de las mismas especies, diferentes grados de madurez del

mismo cultivar y también entre zonas de producción. Las frutas también difieren en sus respuestas a la maduración a diversos ambientes de poscosecha. (FAO 1987)

Los índices de madurez han sido determinados para una gran variedad de frutas, hortalizas y flores. La cosecha del producto en el estado de madurez apropiado permitirá a los gestores iniciar su trabajo con un producto de la mejor calidad. Los productos cosechados en un estadio de madurez temprano pueden carecer del sabor apropiado y es posible que no maduren adecuadamente. Similarmente, los productos cosechados tardíamente pueden ser demasiado fibrosos o estar sobremaduros. (FAO 1996)

### **2.2.2. Madurez fisiológica**

Se le llama madurez fisiológica al lapso o parte del proceso de maduración de los frutos en el cual, aún cuando éstos no son aptos para ser consumidos, cortados del árbol, es decir, cosechados, son susceptibles en condiciones adecuadas de temperatura y de humedad, de seguir transformándose y completando su estado de madurez hasta llegar a alcanzar, de manera normal, sus características deseables. Calderón (1990)

En inglés se utilizan dos términos, *mature* y *ripe*, que agronómicamente pueden tener muy diferente significado. Pero, en frutos no climatéricos (cítricos, cerezos, frutillas, por ejemplo) los dos términos pueden ser sinónimos, dado que tales frutos sufren muy pocos cambios después de la cosecha. Fundación Chile (1993)

La madurez fisiológica, su duración, su época de presencia y su determinación, en las posibilidades de transformación de los frutos, representan variaciones muy notables en las diferentes especies frutales. Calderón (1990)

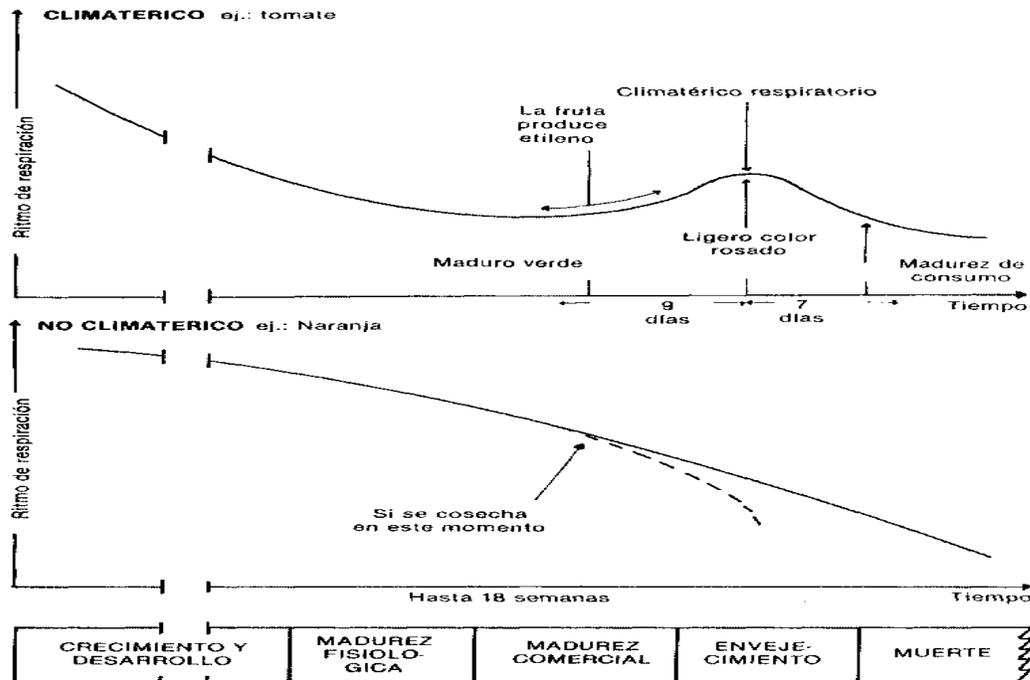
La madurez de cosecha es el estado que asegura que el proceso fisiológico del limón se ha completado en forma apropiada que permita su manipulación y transporte (NTE INEN 1757 90-10)

### **2.2.3. Madurez de consumo**

Madurez de consumo es el estado en el cual el limón ha completado sus características adecuadas para el consumo (NTE INEN 1757 90-10)

La maduración de consumo es la transformación del fruto fisiológicamente maduro desde un estado de firmeza, textura, color, sabor y aroma desfavorables a un estado más favorable para el consumo. Dilley 1969 citado por Weswood (1982)

La segunda etapa de maduración, que comienza en el momento en que los frutos poseen ya cualidades que los hacen comestibles, es llamada madurez de consumo. Representa un periodo en el cual se presentan diversos estados de maduración aceptados por el público, desde frutas todavía ácidas y muy compactas, hasta frutas totalmente maduras que han desarrollado completamente sus características de sabor y olor, y presentan una textura suave. Calderón (1983)



Fuente: Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas Oficina Regional De La FAO Para América Latina y El Caribe Santiago, Chile 1987

#### 2.2.4. Índice de madurez

La definición de madurez como el estado de desarrollo que determina una calidad aceptable mínima para el consumidor final implica una necesidad de mediciones objetivas de madurez. Además, la indicación de madurez es de considerable importancia durante la cadena de comercialización. Fundación Chile (1993)

Los frutos carnosos pasan por un estadio natural de desarrollo denominado maduración, que se inicia cuando han dejado de crecer. A la maduración siguen el envejecimiento (denominado a menudo senescencia) y la descomposición. (FAO 1993)

En términos botánicos, el climaterio de los frutos corresponde a un período de aumento significativo de la actividad respiratoria asociada al final del proceso de maduración. Este

período de respiración climatérica es una fase de transición entre la maduración y la senescencia. Kurt M (2000)

El contenido mínimo permisible de jugo es del 42% en el punto de cosecha. En el otro extremo, si la fruta permanece en el árbol luego del punto de cosecha, es sensible al rompimiento del estilar y adoptará una coloración amarilla durante el transporte a mercados distantes. Los consumidores europeos prefieren fruta fresca que tenga una duración de 10 – 12 días desde el momento de la compra, factor que incide en el punto de cosecha para fruta dirigida a este mercado. (34)

#### **2.2.4.1 REQUISITOS MÍNIMOS DE CALIDAD:**

- Limones enteros, firmes, consistentes al tacto con la forma y color característicos de la variedad.
- Homogéneos en variedad y tamaño.
- Limpios libres de cualquier olor, sabor, humedad o material extraño.
- Libres de daños, enfermedades, magulladuras, cortes, cicatrices, insectos o cualquier daño ocasionado por éstos.
- El pedúnculo deberá ser cortado de raíz. (28)

#### **NORMA DEL CODEX PARA LA LIMA-LIMON CODEX STAN 213-1999**

En todas las categorías, de conformidad con las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, las limas -limones deberán:

- Estar enteras;
- Ser de consistencia firme;
- Estar sanas, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que haga que no sean aptos para el consumo;
- Estar limpias y prácticamente exentas de cualquier materia extraña visible;
- Estar prácticamente exentas de magulladuras;
- Estar prácticamente exentas de plagas que afecten al aspecto general del producto;
- Estar prácticamente exentas de daños causados por plagas;
- Estar exentas de daños causados por bajas temperaturas;
- Estar exentas de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- Estar exentas de cualquier olor y/o sabor extraños;
- Ser sin semillas.

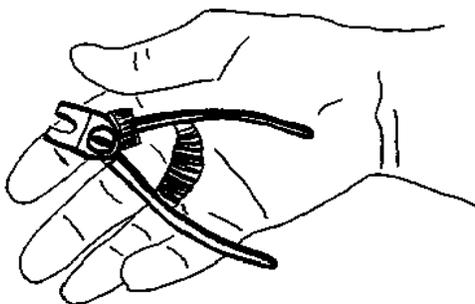
### **2.2.5. Cosecha y manejo en campo**

El objetivo de la cosecha es obtener desde el campo un producto con un nivel adecuado de madurez, con un mínimo de daño y pérdida, lo más rápido posible y a un costo mínimo. Esto se logra mejor con la cosecha manual en la mayoría de las frutas. Fundación Chile (1993),

En los países en desarrollo, la mayoría de los productos destinados a los mercados rurales y urbanos internos se cosechan a mano. Es posible que los productores comerciales más importantes consideren provechoso cierto grado de mecanización, pero en general el

empleo de maquinaria compleja de recolección se limitará a la producción agroindustrial para la elaboración o la exportación. (FAO 1993)

La recolección es manual y debe realizarse con alicates, evitando el tirón. Se debe efectuar en ausencia de rocío o niebla. Los envases empleados en la recolección son capazos o cajas de plástico con capacidad para 18-20 Kg, siendo deseable protecciones de goma espuma y volcado cuidadoso. Una vez en los envases definitivos se cargan en camiones ventilados y se trasladan al almacén, procurando evitar daños mecánicos en el transporte. (FAO1987)



Fuente: Manual de practicas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala Santiago de Chile 1987

#### **2.2.6. Selección y clasificación**

Los vegetales frescos procesados se definen como aquellas frutas y hortalizas que en su preparación han sufrido un tratamiento suave, que les mantiene vivos. Los tratamientos aplicables se caracterizan por el empleo de métodos físicos simples de preparación que incluyen el lavado, deshojado, pelado, partido, troceado, rallado y otros. Además en su acondicionamiento se envasan en una película plástica y preservarlos de los agentes de alteración se recurre únicamente al empleo de la refrigeración y generalmente, de la técnica de la atmósfera modificada activa o pasiva. Sánchez (2004)

La clasificación eficiente depende de una cuidadosa atención a requerimientos específicos de equipos y supervisión. La falta de un espacio adecuado para la clasificación, es quizás el factor más limitante en las nuevas instalaciones de empaque de fruta. Fundación Chile (1993)

Para lograr una operación eficiente de selección se deben cumplir con diversos requerimientos. La falta de un espacio adecuado de selección es probablemente el factor más limitante en las instalaciones de embalaje. PROEXANT (1992)

Ciertos procedimientos de embalaje puede ser necesario diseñar la línea de embalaje, para reclasificar cierta cantidad de frutas antes del embalaje. Esto puede ser especialmente importante en sistemas de embalaje de llenado al granel, donde un gran volumen de fruta entregado a máquinas llenadoras copa la capacidad de clasificación del sistema. Fundación Chile (1993)

Cuando se clasifica por rechazo, eliminando cualquier producto que es demasiado pequeño, o está podrido o dañado, la altura de la mesa para la clasificación deberá fijarse a un nivel cómodo para el operario. (FAO 1993)

### **2.2.7. Envases y embalajes**

Los envases para productos frutícolas son unidades útiles para la comercialización y distribución de esos productos y deben cumplir requisitos especiales. Fundación Chile (1993)

El envasado consiste en encerrar las unidades para el consumidor de un producto en envases individuales (envoltorios, bolsas, mangas, bandejas u otras unidades) que luego son embaladas en envases master. La mayoría de los materiales usados para el envasado de unidades para el consumidor son láminas flexibles (films plásticos compuestos de una combinación de dos o más tipos de material plástico). Pueden ser usados separadamente o como envoltorios sobre bandejas de poli-estireno o de cartón amoldado. PROEXANT (1992)

El empaque de frutas y hortalizas debe satisfacer los requerimientos tanto del producto como del mercado. La naturaleza perecible de los productos frescos significa que el empaque es una inversión necesaria a fin de: (FAO1987)

- Proteger el producto en todas las etapas del proceso de mercadeo desde el productor al consumidor;
- Eliminar la manipulación Individual del producto para de este modo, acelerar el proceso de mercadeo;
- Uniformizar el número de unidades del producto por envase de modo que todos los comerciantes manejen cantidades estandarizadas.

Juntar una cantidad dada (en número o en peso) de unidades de producto de tamaño comparable o para el consumidor en envases definitivos. Cuando se usan unidades por número, los productos se embalan de una manera especial dentro de los envases. El número, disposición y peso están a menudo especificados, y regulados, por varios códigos o normas gubernamentales y de la industria. PROEXANT (1992)

En Estados Unidos los conteos más utilizados son las de 48, 54 y 63 unidades por caja. En Europa las referencias varían según el mercado; Suecia, por ejemplo, importa limón mexicano en cajas de 54 frutas. Generalmente los limones se comercializan en cajas de 10, 20, 40 ó 55 lbs. (4.5, 9, 18, o 25kg). Los exportadores mexicanos empaacan los limones en cajas de 40 lbs (18 kg). Para el mercado de consumo final, los limones se colocan en charoles, fundas o mallas de 2, 3 y 5 lbs, y cartones de 7 a 9 libras. Los importadores y mayoristas europeos basan sus precios y denominaciones por caja y no por kilos. (34)

| <b>Cuadro No. 3</b>  |                   |
|----------------------|-------------------|
| <b>Caja de 3 kg.</b> |                   |
| <b>Diámetro</b>      | <b>Cantidades</b> |
| 47 – 50 mm           | 42                |
| 50 – 53 mm           | 36                |
| 53 – 56 mm           | 32                |
| 60 – 65 mm           | 24                |
| <b>Caja de 4 kg.</b> |                   |
| <b>Diámetro</b>      | <b>Cantidades</b> |
| 47 – 50 mm           | 63                |
| 50 – 53 mm           | 54                |
| 53 – 56 mm           | 48                |
| 56 – 60 mm           | 42                |
| 60 – 65 mm           | 36                |

Fuente: [http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/limon\\_mag.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/limon_mag.pdf)

La dimensión de las cajas no está estandarizada en los principales mercados, pero en general se recomienda utilizar cajas de 40 cm x 30 cm para Europa y de 30.5 x 25.4 x 38 cm para Estados Unidos. Generalmente se colocan 9 cajas por nivel y 11 niveles de altura en un pallet. Dentro del contenedor los pallets se disponen en dos niveles. En un contenedor de 20 pies se colocan entre 1 500 y 1 800 cajas; y en uno de 40 pies 3 000 a 3 500 cajas. (34)

### **2.3. ENFRIADO Y ALMACENAMIENTO**

La temperatura influye profundamente en la intensidad respiratoria y, por lo tanto, en la vida del fruto almacenado. Generalmente el fruto almacenado a 15,6° C respira con una intensidad mayor que si se almacena a 0° C. Con respecto a la evolución del calor, el fruto almacenado a 0° C libera solamente el 10 o el 20% del calor de que cuando se almacena a 15,6° C. Weswood (1982)

El potencial de vida de almacenamiento de frutas y hortalizas depende de una serie de factores como: especie, variedad, prácticas culturales y condiciones climáticas durante su crecimiento, madurez de cosecha, condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad relativa y composición atmosférica) y periodo de almacenamiento, entre otros. Fundación Chile (1993)

Las frutas y hortalizas se almacenan bajo refrigeración. Al aplicar frío, se disminuye la respiración de estos productos, prolongando su vida útil. Meyer (1987)

#### **2.3.1. Condiciones de almacenamiento**

La temperatura óptima de conservación y la vida de los frutos almacenados varía con la especie y los cultivares. Para obtener mejor resultado los frutos deberían ser recogidos en el momento correcto y situarlos inmediatamente en almacenamiento frío a una humedad relativa alta. Weswood (1982)

El tipo de método de enfriamiento a utilizar deberá ser compatible con tipos de productos a ser enfriados. Las frutas se enfrían mejor por el método de enfriamiento por aire

comprimido, las raíces y los tallos por hidrogenfriamiento, y los vegetales de hoja por medio de enfriamiento al vacío o hidrovacío. Con aquellos productos que pueden ser enfriados efectivamente a través de más de uno de los métodos anteriores, serán más importantes las consideraciones económicas al planificar el método a utilizarse. PROEXANT (1992)

La Fundación Chile (1993) sugiere algunas consideraciones sobre el almacenamiento de productos hortofrutícolas.

- El efecto de la temperatura de almacenamiento es uno de los factores más importantes para prolongar la vida útil de productos hortofrutícolas. Temperaturas sobre o bajo las recomendaciones y demoras en extraer el calor de campo del producto aceleran el proceso de deterioro de la fruta: ablandamiento, deshidratación, pudriciones, enfermedades fisiológicas, congelamiento senescencia, etc.
- La pérdida de agua ocurre cuando existe una presión de vapor más baja fuera que dentro del fruto u hortaliza. El agua se mueve a través de una serie de aberturas (estomas, lenticelas, heridas) como también a través de la cutícula.

Cuando la exportación se realiza por vía aérea no se requiere de refrigeración o atmósfera controlada pero cuando se trata de volúmenes altos se efectúa por vía marítima en contenedores refrigerados a 9° - 10° C. Las exportaciones de limón generalmente se realizan por vía marítima, dada la resistencia de la fruta y los volúmenes de comercialización. El transporte aéreo se utiliza básicamente para el envío de muestras. El tiempo de transporte desde el lugar de producción al punto de venta no debe exceder de un mes. (34)

Los limones cosechados se colocan en gavetas de madera. Antes de empacarlas, cada fruta se lava, cepilla, selecciona y calibra. Se recomienda que los limones sean rociados con cera vegetal que resulta en una mejor resistencia y apariencia. Este tratamiento previene especialmente la desecación de la fruta. Se debe evitar el contacto directo de esta fruta con hielo, además de la luz que causa una coloración amarilla y deterioro general. (34)

- **Temperatura Optima**

Está entre 12-14° C (54-57° F) dependiendo del cultivar, grado de madurez a la cosecha, zona productiva, y duración del almacenaje y transporte (puede ser hasta 6 meses). (32)

- **Humedad Relativa Optima**

Puede oscilar entre 90-95%

- **Tasa de Respiración**

|                               |                |               |               |
|-------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| <b>Temperatura</b>            | 10°C<br>(50°F) | 15°<br>(59°F) | 20°<br>(68°F) |
| <b>mL CO<sub>2</sub>/kg•h</b> | 5-6            | 7-12          | 10-14         |

Para calcular el calor producido multiplicar mL CO<sub>2</sub> /kg•h por 440 para obtener Btu/ton/día o por 122 para obtener kcal/ton métrica/día.

- **Tasa de Producción de Etileno**

< 0.1  $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$  a 20°C (68°F)

- **Efectos del Etileno**

Si se desea el desverdecimiento, los limones pueden ser tratados con 1-10 ppm de etileno por 1-3 días entre 20 a 25°C (68-77°F), pero esta exposición puede acelerar la tasa de deterioro e incidencia de pudriciones. (32)

- **Efectos de las Atmósferas Controladas (AC)**

Las atmósferas controladas de 5-10% O<sub>2</sub> y 0-10% CO<sub>2</sub> pueden retrasar la senescencia de los limones, incluyendo la pérdida de color verde. Niveles fungistáticos de CO<sub>2</sub> (10-15%) no son utilizados porque pueden inducir el desarrollo de sabores indeseables, debido a la acumulación de compuestos volátiles de la fermentación, especialmente si los niveles de O<sub>2</sub> están por debajo del 5%. La remoción del etileno del lugar de almacenaje de los limones puede reducir la tasa de senescencia e incidencia de pudriciones. (32)

## **2.4. PLAGAS Y ENFERMEDADES DE ALMACENAMIENTO**

Normalmente, la temperatura de un producto durante la cosecha favorece el crecimiento de patógenos que deterioran la calidad, como pueden ser hongos y bacterias, de ahí que un rápido manejo y una reducción importante de la temperatura minimizan el desarrollo de ellos. Sánchez (2004).

A temperatura (0-10° C) el crecimiento relativo de las bacterias se reduce sustancialmente, no así en el caso de los hongos. Sánchez (2004)

El manejo de post cosecha de productos hortofrutícolas frescos incluyen dos sistemas vivientes el producto y los microorganismos que lo atacan. De los miles de organismos potencialmente patógenos, sólo unos pocos causan problemas. Estos pocos organismos, sin embargo, causan grandes pérdidas directas en frutas frescas, hortalizas, flores y plantas ornamentales. Fundación Chile (1993)

#### **2.4.1 Fisiopatías:**

- **Daño por frío:** Los síntomas incluyen depresiones, manchado de las membranas internas, y "pintas rojas". La severidad depende del cultivar, zona productiva, fecha de cosecha, grado de madurez a la cosecha, y duración y temperatura de las operaciones de postcosecha. Niveles moderados a severos de daño por frío son usualmente seguidos de pudriciones. (32)
- **Manchas oleosas (Oleocelosis):** La ruptura de las células oleosas debido a stress físico sobre las células turgentes provoca la liberación del aceite, el cual daña los tejidos circundantes. Evitar cosechar limones cuando están muy turgentes y un manejo cuidadoso reducen la severidad de este desorden. (32)

#### **2.4.2 Desórdenes Patológicos**

- **Moho Verde:** Es causado por *Penicillium digitatum*, el cual penetra la cáscara de la fruta a través de heridas. Los síntomas comienzan como zonas acuosas en la superficie

del fruto, seguido por el crecimiento de un micelio blanco, y luego la esporulación (color verde). (32)

- **Moho Azul:** Es causado por *Penicillium italicum*, el cual penetra la piel (sin heridas) y puede expandirse hacia limones adyacentes. Los síntomas son similares al moho verde excepto que las esporas son azules.
- **Alternaria:** Es causado por *Alternaria citri* el cual penetra en los limones a través de los "botones". Tratamientos de precosecha con ácido giberélico o de postcosecha con 2,4D retrasan la senescencia de los "botones" y subsecuente pudrición por Alternaria.

### **2.4.3 Estrategias de Control:**

- Manipulación cuidadosa durante la cosecha y operaciones posteriores para minimizar cortes, rasguños y magulladuras.
- Tratamientos de postcosecha con fungicidas y/o agentes biológicos.
- Rápido enfriamiento al rango de temperaturas adecuado.
- Mantener rangos óptimos de temperatura y humedad relativa, y excluir el etileno durante el transporte y almacenaje.
- Sanitización efectiva durante todo el sistema de manejo.

#### 2.4.4 Valor nutricional del limón

| <b>Valor nutricional del limón en 100 g de sustancia comestible</b> |      |
|---|------|
| Agua (g)  | 90.1 |
| Proteínas (g)   | 1.1  |
| Lípidos (g)   | 0.03 |
| Carbohidratos (g)   | 8.2  |
| Calorías (kcal)   | 27   |
| Vitamina A (U.I.)   | 20   |
| Vitamina B1 (mg)  | 0.04 |
| Vitamina B2 (mg)  | 0.02 |
| Vitamina B6 (mg)  | 0.06 |
| Ácido nicotínico (mg)   | 0.1  |
| Ácido pantoténico (mg)  | 0.2  |
| Vitamina C (mg)   | 45   |
| Ácido cítrico (mg)  | 3840 |
| Sodio (mg)  | 6    |
| Potasio (mg)  | 148  |
| Calcio (mg)   | 26   |
| Magnesio (mg)   | 9    |
| Manganeso (mg)  | 0.04 |
| Hierro (mg)   | 0.6  |
| Cobre (mg)  | 0.26 |
| Fósforo (mg)  | 16   |
| Azufre (mg)   | 8    |
| Cloro (mg)  | 4    |

Fuente: [www.infoagro.com/citricos/limon.htm](http://www.infoagro.com/citricos/limon.htm)

## **2.5. NORMAS DE CALIDAD**

### **Norma Técnica Colombiana NTC 1264**

#### **PRODUCTO:**

Limón de la variedad *especie Citrus aurantifolia Swingle*, para consumo fresco.

#### **REQUISITOS MÍNIMOS DE CALIDAD:**

- Limones enteros, firmes, consistentes al tacto con la forma y color característicos de la variedad.
- Homogéneos en variedad y tamaño.
- Limpios libres de cualquier olor, sabor, humedad o material extraño.
- Libres de daños, enfermedades, magulladuras, cortes, cicatrices, insectos o cualquier daño ocasionado por éstos.
- El pedúnculo deberá ser cortado de raíz.

#### **EMPAQUE Y ROTULADO**

- Los limones deberán empacarse en empaques rígidos de madera, cartón, plástico o cualquier combinación de éstos (no se permite el uso de guadua). La capacidad máxima de estos empaques será de 30 Kg. No se permite el uso de ningún tipo de relleno.

- Los empaques deberán brindar la suficiente aireación al producto, de manera que la separación entre los listones no sea mayor del 20% del diámetro del limón, y el ancho del listón sea inferior a 2,5 cm.
- La dimensión del empaque deberá ser de 450 mm x 250 mm x 200 mm, o con dimensiones equivalentes.
- En forma opcional se pueden emplear sacos flexibles, con tal que sean nuevos, de 70 cm de longitud x 70 cm de ancho, con una capacidad máxima de 35Kg. (29)

#### **ROTULO DE LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA:**

- Los envases deberán brindar la suficiente protección al producto, de manera que se garantice la manipulación, transporte, y conservación de los limones.
- El contenido de cada envase debe ser homogéneo y estar constituido por limones del mismo origen, variedad, categoría, color y calibre.
- Los materiales utilizados deben ser nuevos, limpios y no ocasionar ningún tipo de alteración al producto.
- Se permite la utilización de materiales, papeles o sellos, siempre que sean no tóxicos.
- El rótulo deberá contener la siguiente información:
  - Identificación del producto: Nombre del exportador, envasador y/o expedidor, código (si existe admitido o aceptado oficialmente).
  - Naturaleza del producto: Nombre del producto, nombre de la variedad.

- Origen del producto: País de origen y región productora, fecha de empaque.
- Características comerciales: Categoría, calibre, número de frutos, peso neto.
- Simbología que indique el correcto manejo del producto. (30)

| CATEGORIA   | CARACTERISTICAS   | TOLERANCIA  |
|---|---|---|
| 1   | <p>No permiten limones con manchas o escamas</p> <p>Se admiten frutos con heridas o lesiones superficiales siempre y cuando superen el 5% por peso, por unidad de empaque.</p> <p>La diferencia de tamaño en cada unidad de empaque no debe ser superior al 10% por peso.</p>                         | <p>Se admite el 5 % por peso de limones que no cumplan los requisitos para esta categoría.</p>  |
| 2   | <p>Se permite el 10% por peso, de limones con manchas o escamas.</p> <p>Se admiten frutos con heridas o lesiones superficiales siempre y cuando no superen el 10% por peso, por unidad de empaque.</p> <p>La diferencia de tamaño en cada unidad de empaque no debe ser superior al 10% por peso.</p> | <p>Se admite el 15 % por peso de limones que no cumplan los requisitos para esta categoría.</p> |
| <p><b>Para el limón pintón se aplican estas mismas categorías pero se deberá especificar el término "Pintón".</b></p> |   |   |
| <p><b>No se admite la aparición de ningún fruto con manchas pardas.</b></p>   |   |   |
| <p><b>Para características no incluidas en estas categorías no se acepta ninguna tolerancia.</b></p>                  |   |   |

[http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad\\_Limon01.htm](http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad_Limon01.htm)

| CLASIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE ACUERDO CON EL DIÁMETRO |               |
|---|---------------|
| TAMAÑO  | DIÁMETROS, mm |
| 1   | 45 o más      |
| 2   | 35 o más      |

[http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad\\_Limon01.htm](http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad_Limon01.htm)

## United States Standards for grades of Lemons

### DEFINICIONES

El "punto del contacto" significa un área en el limón que lleva evidencia de tener contacto con decaimiento.

Evidencia interna de desarrollo de alternaria:

- Incluye manchas rojas o marrón del tejido fino debajo del botón en la base, o en los manojos fibro-vasculares.
- Manchas membranosas: Es una decoloración marrón oscura de las paredes del segmento de la fruta.

#### **Daños:**

Significa cualquier defecto específico descrito en esta sección; o una variación igualmente desagradable de cualquiera de estos defectos, o de cualquier otro que disminuya materialmente el aspecto, calidad comestible o el envío de la fruta. Los defectos específicos siguientes serán considerados como daño:

- Sequedad o condición blanda que afecta todos los segmentos de la fruta en más de 1/4 de pulgada en el extremo de vástago, o más del equivalente de esta cantidad, por el volumen, al ocurrir en otras porciones de la fruta.
- Las cicatrices (incluyendo de sprayburn y daño en la fumigación) que excedan las siguientes áreas agregadas, o una combinación de dos o más tipos de las cicatrices, la seriedad de las cuales excede el máximo permitido de cualquier tipo:
  - Las cicatrices que son muy oscuras y que tienen un área agregada que excede un círculo de 1/4 de pulgada en diámetro.
  - Las cicatrices que son oscuras, ásperas o profundas y que tienen un área agregada que excede un círculo de media pulgada en diámetro.
  - Las cicatrices que son bastante ligeras en el color, levemente ásperas, o con profundidad leve y que tienen un área agregada que excede un círculo de una pulgada en diámetro.
  - Las cicatrices que son ligeras en color, bastante lisas, sin profundidad y que tienen un área agregada de más de 20 % de la superficie de la fruta.
- Puntos de aceite (Oleocellosis o lesiones similares) que se presionan más que levemente, suaves, o que tienen un área agregada que excede el de un círculo de media pulgada en diámetro.

- Escamas de color rojo California o púrpura cercanas al botón en el extremo de vástago o dispersas en la fruta o cualquier escama que afecte el aspecto de la fruta en un fragmento considerable.
- La quemadura que causa apreciable aplanamiento de la fruta, piel seca, cambio en el color de la piel, sequedad apreciable de la carne por debajo del área afectada o afecta más de 25 por ciento de la superficie de la fruta.
- Corazón hueco que causa a la fruta una sensación esponjosa; más de dos puntos o un área agregada que excede un círculo de 1/4 pulgada en diámetro.
- Magulladuras cuando se derrumban las paredes, o los sacos del albedo y del jugo.
- Ruptura de la piel que excede un círculo de 1/4 pulgada de diámetro

#### **Daños serios:**

Significa cualquier defecto específico descrito en esta sección; o una variación igualmente desagradable de cualquiera de estos defectos, o de cualquier otro que detraiga seriamente el aspecto, la calidad comestible o el envío de la fruta. Los defectos específicos siguientes serán considerados como daño serio:

- Sequedad o condición blanda que afecta todos los segmentos de la fruta en más de 1/2 de pulgada en el extremo de vástago, o más que el equivalente de esta cantidad, por el volumen, al ocurrir en otras porciones de la fruta.
- Las cicatrices (incluyendo de sprayburn y daño en la fumigación) que exceden las siguientes áreas agregadas, o una combinación de dos o más tipos de las cicatrices, la seriedad de las cuales excede el máximo permitido de cualquier tipo:
  - Las cicatrices que son muy oscuras y que tienen un área agregada que excede el 5% de la superficie de la fruta.
  - Las cicatrices que son oscuras, ásperas o profundas y que tienen un área agregada que excede el 10% de la superficie de la fruta.
  - Las cicatrices que son bastante ligeras en el color, levemente ásperas, o con profundidad leve y que tienen un área agregada que excede el 25% de la superficie de la fruta.
  - Las cicatrices que son ligeras en color, bastante lisas, sin profundidad y que tienen un área agregada de más de 50 % de la superficie de la fruta.
- Puntos de aceite (Oleocellosis o lesiones similares) que se presionan más que levemente, suaves, o que tienen un área agregada que excede el de un círculo de una pulgada en diámetro.

- Escamas de color rojo californiano o púrpura cercanas que se concentran como anillos o manchas o dispersas en la fruta o cualquier escama que afecte el aspecto de la fruta a un fragmento considerable.
- La quemadura que causa apreciable aplanamiento de la fruta, piel seca, cambio en el color de la piel, sequedad apreciable de la carne por debajo del área afectada o afecta más de 50 % de la superficie de la fruta.
- Corazón hueco que causa a la fruta una excesiva sensación esponjosa; más de cinco puntos o un área agregada que excede un círculo de 3/4 pulgada en diámetro.
- Magulladuras cuando se derrumban las paredes, o los sacos del albedo y del jugo, afectando un área de 1/2 pulgada.
- Ruptura de la piel que excede un círculo de 1/2 pulgada de diámetro.

[http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad\\_Limon02.htm](http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad_Limon02.htm)

### **EMPAQUE ESTÁNDAR**

Los limones serán bastante uniformes en tamaño y estarán empaquetados en cajas o cartones arreglados de acuerdo con los métodos aprobados y reconocidos.

Todos los envases serán llenados totalmente pero el contenido no mostrará magulladuras excesivas o innecesarias debido envases llenados en exceso. Cuando el empaque sea de cartón, cada envase estará lleno por completo en el momento del empaque.

Cuando se empaquen 165 limones en cartones o un tamaño más pequeño, o los tamaños equivalentes en otros envases, no menos del 90 por ciento, por número, de los limones en cualquier envase tendrán un diámetro de 4/16 de pulgada ; cuando los tamaños sean más grandes de 165 por número en cartones, o los tamaños equivalentes en otros envases, no menos de 90 por ciento, por cuenta, de los limones en cualquier envase tendrán un diámetro de 6/16 de pulgada.

[http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad\\_Limon02.htm](http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad_Limon02.htm)

## **2.6 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA**

### **2.6.1 Términos estadísticos utilizados**

**Muestra.-** Es una unidad extraída de un lote al azar. NTE INEN 1750.1994-09.

**Muestra para análisis.-** Cantidad de frutas representativa de la muestra que se destina para el examen de laboratorio. NTE INEN 1750.1994-09.

**Muestreo al azar.-** Condición del muestreo en base a una tabla de números aleatorios. NTE INEN 1750.1994-09.

### **2.6.2 Términos utilizados en análisis físico**

**Cáscara.-** Corteza o cubierta exterior, formada por tejido parenquimático de reserva, denominado exocarpo. Diccionario de Botánica (1984)

**Densidad.-** Masa de un cuerpo por unidad de volumen. En ocasiones la densidad relativa es la relación entre la densidad de un cuerpo y la densidad del agua a 4 °C, que se toma como unidad. Como un centímetro cúbico de agua a 4 °C tiene una masa de 1 g, la densidad relativa de la sustancia equivale numéricamente a su densidad expresada en gramos por centímetro cúbico. Su unidad en el Sistema Internacional es  $\text{kg/m}^3$ . Albarenga Máximo. Física General.

**Forma.-** Conjunto de aspectos externos de un cuerpo. Diccionario Lengua Española (2001).

**Índice de Refracción.-** Contenido de sólidos solubles (concentración de sacarosa en porcentaje de masa) en una solución acuosa. NTE INEN 380 1985-12

**Peso.-** Es la masa que expresa la cantidad de materia que contiene un cuerpo, en el sistema internacional sus unidades son kg. Diccionario de la Lengua Española, (2001).

**Pulpa.-** Parte succulenta del fruto. En la industria conservera, fruta fresca, una vez deshuesada. Diccionario de botánica (1984)

**Semilla.-** Ovulo fertilizado maduro de una magnoliópsida, son producto de la reproducción sexual y medio de descendencia de una planta. Diccionario de botánica (1984)

**Tamaño.-** Volumen o dimensión de un cuerpo. Diccionario de la Lengua Española, (2001).

**Volumen.-** Magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en tres dimensiones: largo, ancho y alto. Su unidad en el Sistema Internacional es el metro cúbico m<sup>3</sup>. Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2005.

### 2.6.3 Términos utilizados en análisis químicos

**Acidez Titulable.-** Grado de acidez, que es expresado por el pH, el contenido de ácido en un alimento informa sobre la formulación del producto, se suele concretar valorando con hidróxido de sodio y un indicador. Los resultados se dan en términos del ácido que más predomina. NTE INEN 381(1985-12)

**pH.-** (Potencial de Hidrógeno). Es la medida de acidez o basicidad de una disolución definida como el logaritmo decimal del inverso de la concentración de los iones hidronio. (H<sub>3</sub>O)<sup>+</sup>. Diccionario de química (1984)

$$\text{pH} = \text{Log} ( 1/ [\text{H}_3\text{O}^+] )$$

**Agua.-** Esta se encuentra presente en todos los alimentos en mayor o menor proporción; en los alimentos naturales hay entre un 60% y un 95% de agua, como promedio. Los

resultados se suelen expresar como humedad, agua y sólidos totales. Se habla de humedad cuando la cantidad de agua que hay en el alimento es relativamente baja; es lo que ocurre en los alimentos secos del tipo de harinas y legumbres. Se habla de agua en alimentos con mayor contenido acuoso, como vegetales, frutas y carnes frescas, y de sólidos totales en alimentos líquidos que se obtienen restando a 100 la cantidad de agua. Larrañaga *et al* (1999).

**Azúcares Reductores.-** Glúcido que es oxidado por el reactivo de Feehling, en temperaturas altas. NTE INEN 266 (1978 : 1).

**Azúcares.-** Son compuestos orgánicos que están compuestos por Carbono, Hidrógeno y oxígeno en proporción 1:2:1. Son producto de almacenamiento energético de la planta obtenidos luego del proceso de fotosíntesis. Diccionario de Botánica(1984)

**Proteína.-** Son compuestos que están formados por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno, éstos al combinarse forman aminoácidos y éstos a su vez formarán polipéptidos. Existen varios tipos de proteínas cada cual con una secuencia diferente de aminoácidos. Diccionario de Botánica(1984)

**Cenizas.-** Cuando se habla de cenizas se remite al residuo inorgánico que queda tras eliminar totalmente los compuestos orgánicos existentes en la muestra, si bien hay que tener en cuenta que en él no se encuentran los mismos elementos que en la muestra intacta, ya que hay pérdidas por volatilización y por conversión e interacción entre los constituyentes químicos. Larrañaga *et al* (1999).

**Fibra.-** Son los componentes de las paredes celulares de los vegetales, y no pueden ser digeridos por las enzimas del intestino. Pizarro. (1988)

**Vitamina C.-** Ácido Ascórbico. Es hidrosoluble; se encuentra en muchos vegetales y frutos frescos, intervienen en muchos procesos metabólicos. Strohecker R, Henning H, (1967).

**Calcio.-** Es un constituyente estructural de los vegetales a los que proporciona rigidez e impermeabilidad. Se oxida en el aire formando una película protectora adherente, es soluble en ácidos. Flores (1989).

**Fósforo.-** Existe en todas las plantas, en concentración que oscila en 0.1 y 0.3 % de tejido seco, predomina el estado de fosfatos inorgánicos, insoluble en agua y alcohol. Flores (1989).

**Magnesio.-** Se encuentra en todas las plantas verdes, por ser el metal esencial de la clorofila; si el terreno carece de magnesio se detiene el crecimiento de las plantas por dejar de formar el pigmento clorofílico suspendiéndose el fenómeno de nutrición. Flores (1989).

# CAPITULO III

## MATERIALES Y MÉTODOS

## **MATERIALES Y METODOS**

### **3.1. MATERIALES, EQUIPOS, REACTIVOS**

#### **3.1.1 Materiales de Laboratorio**

- Probetas,
- Balones de aforo,
- Pipetas,
- Tubos de ensayo,
- Embudo Buchner,
- Kitasato,
- Termómetros,
- Cápsulas de porcelana,
- Vasos de precipitación,
- Crisoles,
- Buretas,
- Tubos refrigerantes,
- Erlenmeyers,
- Micro buretas,

#### **3.1.2 Equipos**

- Balanza Analítica,

- Balanza gramera,
- Calibrador,
- Potenciómetro,
- Texturómetro (penetrómetro),
- Base de calentamiento y agitación,
- Refractómetro de Abbe
- Estufa,
- Picnómetro

### **3.1.3 Reactivos**

- Agua destilada,
- Hidróxido de sodio,
- Ácido Sulfúrico,
- Ácido Acético Glacial,
- Ácido Metafosfórico,
- Ácido Nítrico,
- Ácido Clorhídrico,
- Cloroformo,
- Peróxido de Hidrógeno,
- Sulfato de Cobre,
- Acetato de Plomo,
- Oxalato de Amonio,
- Ácido Bórico,

- Diclorofenol - indofenol,
- Rojo de Metilo,
- Azul de Metileno,
- Verde de Bromocresol,
- Fenolftaleina,
- Cloruro de Calcio.

### 3.1.4 Materia Prima

Como materia prima se utilizó frutos de limón de la variedad *Meyer*, con tres grados de madurez: madurez fisiológica (maduro), y madurez comercial (verde y pintón) proveniente del Cantón Pimampiro de la provincia de Imbabura.

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| <b>Provincia:</b>   | Imbabura  |
| <b>Cantón:</b>      | Pimampiro |
| <b>Altitud:</b>     | 1980 msnm |
| <b>Temperatura:</b> | 18 °C*    |
| <b>Latitud:</b>     | 0° 30' N  |
| <b>Longitud:</b>    | 78° 0' W  |

## 3.2 METODOS

### 3.2.1 Ubicación del experimento.

Los análisis de las propiedades físico-químicas del Limón (*Citrus limon*) variedad *Meyer* se los realizó en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias

y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, y en los laboratorios de Nutrición Animal y Bromatología de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

### 3.2.2 Esquema para la toma de datos

Para la evaluación estadística del presente estudio se aplicó un modelo provisto por el *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*. En las características físicas de los productos se realizaron noventa mediciones en cada estado de madurez (verde, pintón y maduro) las mismas que se agrupan en treinta mediciones dando como resultado tres repeticiones. En lo que se refiere a los análisis químicos se realizaron tres mediciones con tres repeticiones por estado de madurez. A continuación se expone el modelo de recopilación de datos propuestos por el *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*.

| Muestra          | Variables en estudio |        |        |
|------------------|----------------------|--------|--------|
|                  | Verde                | Pintón | Maduro |
| R1               |                      |        |        |
| R2               |                      |        |        |
| R3               |                      |        |        |
| Media            |                      |        |        |
| Desviación       |                      |        |        |
| Límite confianza |                      |        |        |

### **3.2.3 Especificaciones para la toma de datos:**

#### **3.2.3.1 Propiedades Físicas:**

|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| Variedades:           | 1 (Limón Meyer)            |
| Grados de Madurez:    | 3 (verde, pintón y maduro) |
| Número de mediciones: | 90                         |
| Localidad:            | 1                          |
| Total mediciones      | 270                        |

#### **3.2.3.2 Propiedades Químicas:**

|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| Variedades:           | 1 (Limón Meyer)            |
| Grados de Madurez:    | 3 (verde, pintón y maduro) |
| Número de mediciones: | 9                          |
| Localidad:            | 1                          |
| Total mediciones:     | 27                         |

### **3.2.4 Métodos para la preparación de la muestra**

#### **3.2.4.1 Muestreo**

Para la preparación de la muestra en esta investigación se utilizó la *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1750 94-09* apartado 4.2 y siguientes.

### **3.2.4.2. Clasificación de acuerdo a grados de madurez.**

Para realizar este procedimiento se utilizó la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1757 90-10 apartado 3 en adelante.

## **3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

La determinación de las características físicas se realizó en base al análisis de treinta frutos al azar por cada estado de madurez.

### **3.3.1 Tamaño**

En lo referente a este aspecto se utilizó de la *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1757 90-10* apartado 3 en adelante.

#### **Procedimiento aplicado:**

- Se tomó las frutas frescas recién cosechadas, limpias libres de humedad y lisas, sin síntomas de deshidratación y se las ubicó por estado de madurez (verde, pintón y maduro).
- Se tomó la fruta entre el dedo índice y pulgar.
- Se realizó la determinación del diámetro ecuatorial de la fruta
- Se anotó los datos obtenidos en milímetros
- Se realizaron los análisis estadísticos correspondientes.

### **3.3.2 Peso Unitario**

Para esta determinación se utilizó una balanza electrónica digital con una capacidad de 500 g y una precisión de 0.01 g

### **Procedimiento utilizado:**

- Se niveló y encendió la balanza
- Se determinó la exactitud de la balanza realizando una pesada de un cuerpo de masa conocida
- Se tomaron las frutas por estado de madurez y procedió al pesaje de cada una de ellas
- Se registró los datos de cada pesada, utilizando dos decimales
- Se efectuaron los cálculos respectivos

### **3.3.3 Volumen**

Para esta determinación se midió el desplazamiento que sufre el agua en un recipiente de capacidad definida, hasta que el agua y el cuerpo a medirse alcancen un nivel de equilibrio

### **Procedimiento aplicado:**

- Se tomó una probeta de capacidad de 1000 ml. hasta enrase con agua destilada.
- Se procedió a introducir las frutas una a una por estado de madurez.
- Se determinó el desplazamiento que sufre el agua con la fruta.
- Se registraron los datos y se efectuaron los cálculos respectivos.

### **3.3.4 Densidad del fruto**

Para esta determinación se utilizó los datos antes recopilados. (peso unitario y volumen)

### **Procedimiento aplicado:**

- Se estableció una división entre peso unitario y volumen.

- Se registró los valores obtenidos y se realizó los datos cálculos correspondientes utilizando la fórmula:

$$d = m/v$$

**Donde:**

**d**= densidad (g/cm<sup>3</sup>)

**g**= masa (g.)

**v**= volumen (cm<sup>3</sup>)

### **3.3.5 Prueba de penetración**

Para esta evaluación se empleo un texturómetro (penetrómetro) y los valores de la resistencia a la penetración se presentan en Dinás.

**Procedimiento empleado:**

- Se tomaron las frutas entre los dedos índice y pulgar.
- Se acercó el texturómetro y ejerció una ligera presión sobre el fruto,
- Se registró los valores obtenidos y se tabuló los datos alcanzados de las noventa frutas en sus tres estados de madurez.

### **3.3.6 Área superficial**

Para esta prueba se determinó el área ocupada por la corteza de la fruta ordenada en finas tiras sobre papel milimetrado. Esta determinación deja algunos espacios huecos que son despreciados para la evaluación.

### **Procedimiento utilizado:**

- Se tomó la fruta y se procedió a pelarla formando finas tiras.
- Se colocaron las tiras de corteza sobre papel milimetrado y procedió a determinar el área aparente de la fruta en milímetros cuadrados
- Se efectuó los cálculos respectivos.

### **3.3.7 Porcentaje de cáscara**

Para esta determinación se utilizó el peso alcanzado por la fruta completa y el peso de la corteza libre de jugo. Para medir este parámetro se empleó una balanza electrónica digital con una capacidad de 500 g y una precisión de 0,01 g

### **Procedimiento aplicado:**

- Se niveló y encoró la balanza.
- Se pesó un cuerpo de masa conocida calibrar la balanza
- Se pesó la cáscara de cada uno de los limones en sus tres estados de madurez
- Se realizaron los correspondientes cálculos de acuerdo a la siguiente fórmula

### **Cálculo:**

$$\%csc = pcsc / pfrt * 100$$

### **Donde:**

**%csc**= porcentaje de cáscara

**pcsc**= peso de cáscara

**pfrt**= peso fruta

### **3.3.8 Porcentaje de pulpa**

Para esta determinación se calculó el peso alcanzado por la fruta completa y el peso de la pulpa, sin corteza, jugo y semillas. Para la determinación se utilizó una balanza electrónica digital con una capacidad de 500 g y una precisión de 0.01 g

#### **Procedimiento utilizado:**

- Se niveló y encerró la balanza.
- Se pesó un cuerpo de masa conocida y calibrar la balanza
- Se procedió luego a pesar la pulpa libre de semillas, corteza y jugo de cada uno de los limones en sus tres estados de madurez
- Se realizaron los correspondientes cálculos de acuerdo a la siguiente fórmula

#### **Cálculo:**

$$\%plp = \frac{pplp}{pfrt} * 100$$

#### **Donde:**

**%plp**= porcentaje de pulpa

**pplp**= peso de la pulpa

**pfrt**= peso fruta

### **3.3.9 Porcentaje de semilla**

Para esta determinación se utilizó el peso alcanzado por la fruta completa y el peso de las semillas, sirviéndome de una balanza electrónica digital con una capacidad de 500 g y una precisión de 0.01 g

### **Procedimiento empleado:**

- Se niveló y enceró la balanza.
- Se pesó un cuerpo de masa conocida y calibrar la balanza.
- Se pesó las semillas de cada uno de los limones en sus tres estados de madurez.
- Se realizaron los correspondientes cálculos de acuerdo a la siguiente fórmula.

### **Cálculo:**

$$\%sm = \frac{psm}{pfrt} * 100$$

### **Donde:**

**%sm**= porcentaje de semilla

**psm**= peso de semillas

**pfrt**= peso fruta

### **3.3.10 Porcentaje de jugo**

Para esta determinación se utilizó el peso alcanzado por fruta completa y el peso del jugo, libre de corteza, pulpa y semillas. Para los cálculos se utilizó una balanza electrónica digital con una capacidad de 500 g y una precisión de 0.01 g y un vaso de precipitación de 250 ml.

### **Procedimiento utilizado:**

- Se niveló y enceró la balanza.
- Se pesó un cuerpo de masa conocida y calibrar la balanza.
- Se pesó el vaso de precipitación.

- Se encendió nuevamente la balanza
- Se colocó el jugo obtenido libre de pulpa, cáscara, semillas y pesar.
- Se efectuaron los correspondientes cálculos de acuerdo a la siguiente fórmula.

**Cálculo:**

$$\%jg = p_{jg} / p_{frt} * 100$$

**Donde:**

**%jg**= porcentaje de jugo

**psm**= peso de jugo

**pfrit**= peso fruta

### **3.4 CARACTERISTICAS QUIMICAS**

En lo referente a las propiedades químicas se establecieron tres análisis de las diferentes variables en los tres estados de madurez (verde, pintón y maduro)

#### **3.4.1 Contenido de sólidos solubles**

Para la determinación de esta propiedad se utilizó un refractómetro de Abbe con escala regularizado a 20° C y precisión de 0.25° con el siguiente procedimiento.

**Procedimiento aplicado:**

- Se obtuvo el jugo de la fruta.
- Con la ayuda del gotero presente en el Kit del refractómetro se tomó una muestra.
- Se colocó en la superficie del prisma del refractómetro, tapé

- Se realizó la lectura correspondiente de sólidos solubles presente en el jugo en los tres estados de madurez.

### **3.4.2 Determinación de la concentración del potencial hidrógeno (pH)**

Para esta determinación se utilizó la *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 389 85-12*

#### **Preparación de la muestra:**

- Al ser la muestra líquida, homogenicé convenientemente mediante agitación.

#### **Procedimiento utilizado:**

- Se efectuó la determinación por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- Se comprobó el correcto funcionamiento del potenciómetro.
- Se colocó en el vaso de precipitación aproximadamente 10 g o 10 cm de la muestra preparada, añadir 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada (recientemente hervida y enfriada) agite suavemente.
- Al existir partículas en suspensión, se dejó en reposo el recipiente para que el líquido se decante.
- A continuación se determinó el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que éstos no toquen las paredes del recipiente ni las partículas sólidas.

### 3.4.3 Determinación de acidez titulable

Para esta determinación se utilizó la *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 381 85-12*

#### Preparación de la muestra:

- Se filtró convenientemente la muestra utilizando papel filtro.
- Se midió 25 cm<sup>3</sup> del líquido filtrado en un matraz volumétrico de 250 cm<sup>3</sup> y diluí a volumen con agua destilada previamente hervida y enfriada, mezclando luego perfectamente la solución.
- Se Mezcló y ablandó la muestra en un mortero.
- Se pesó 25 g de muestra, con aproximación al 0.01 g y transferí a un matraz Erlenmeyer, añadiendo luego 50 cm<sup>3</sup> de agua destilada caliente; se mezcló convenientemente hasta obtener un líquido de aspecto uniforme.
- Se acopló el condensador de reflujo en el matraz Erlenmeyer y se calentó en el baño de agua hirviente durante 30 minutos; se enfrié y se transfirió el contenido a un matraz volumétrico de 250 cm<sup>3</sup>, diluyendo a volumen con agua destilada previamente hervida y enfriada.
- Se mezcló perfectamente y se filtró

#### Procedimiento empleado:

- La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- Se comprobó el funcionamiento correcto del potenciómetro utilizando la solución reguladora de pH conocido.
- Se lavó el electrodo de vidrio varias veces con agua destilada hasta la lectura de pH sea de aproximadamente 6

- Se colocó en un matraz volumétrico de 25 a 100 cm<sup>3</sup> de la muestra preparada, según la acidez esperada, y se sumergió los electrodos en la muestra.\*
- Se añadió rápidamente de 10 a 50 cm<sup>3</sup> de la solución de 0,1 N de hidróxido de sodio, se agitó hasta alcanzar pH 6 determinado con el potenciómetro.
- Se continuó añadiendo lentamente solución 0,1 N de hidróxido de sodio hasta obtener pH 7; luego, se adicionó la solución 0,1 N de hidróxido de sodio en cuatro gotas por vez, registrando el volumen de la misma y el pH obtenido después de cada adición, hasta alcanzar pH 8,3 aproximadamente.
- Por interpolación, se estableció el volumen exacto de solución 0,1 N de hidróxido de sodio añadido, correspondiente al pH 8,1.

#### **Cálculos:**

- La acidez titulable se determinó mediante la ecuación siguiente.

$$A = (V_1 N_1 M_1) / V_2$$

#### **Siendo:**

- **A** = g de ácido en 1000 cm<sup>3</sup>.
- **V<sub>1</sub>** = cm<sup>3</sup> de NaOH usados para la titulación de la alícuota.
- **N<sub>1</sub>** = normalidad de la solución de NaOH.
- **M** = peso molecular del ácido considerado como referencia.
- **V<sub>2</sub>** = volumen de la alícuota tomada para el análisis en \*.

#### **3.4.4 Determinación de ácido ascórbico**

Para esta determinación se utilizó el método de espectrofotometría para determinar ácido ascórbico: *Análisis realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (Facultad de Ciencia Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).*

#### **3.4.5 Determinación del contenido de Calcio**

Se utilizó el método de espectrofotometría para determinar Calcio : *Análisis realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (Facultad de Ciencia Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).*

#### **3.4.6 Determinación de Fósforo**

Se procedió a realizar esta determinación por medio del método de espectrofotometría para determinar Fósforo: *Análisis realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (Facultad de Ciencia Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).*

#### **3.4.7 Determinación de Magnesio**

Se utilizó el método de espectrofotometría para determinar Magnesio: *Análisis realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (Facultad de Ciencia Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).*

#### **3.4.8 Determinación de Azúcares totales**

Se utilizó el método por Digestión Ácida y Titulación Feehling para determinar Azúcares totales: *Análisis realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (Facultad de Ciencia Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).*

#### **3.4.9 Determinación de Sólidos en suspensión**

Para esta determinación se utilizó el método de refractométrico para determinar sólidos solubles: *Análisis realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (Facultad de Ciencia Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).*

#### **3.4.10 Determinación de proteína bruta:**

Digestión ácida del jugo y titulación: *Análisis realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (Facultad de Ciencia Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).*

#### **3.4.11 Determinación de fibra bruta:**

Digestión de la muestra en detergente ácido, neutro: *Análisis realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (Facultad de Ciencia Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).*

#### **3.4.12 Determinación de materia orgánica:**

Calcinación en mufla de la muestra diferencia del contenido de ceniza: *Análisis realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (Facultad de Ciencia Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).*

### **3.4.13 Determinación de ceniza:**

Calcinación en mufla de la muestra: *Análisis realizado por el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología (Facultad de Ciencia Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).*

# CAPITULO IV

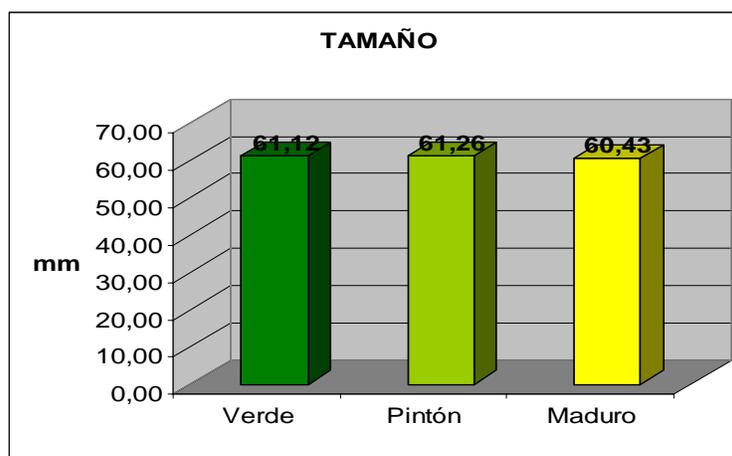
## RESULTADOS Y DISCUSIONES

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Tamaño

**Cuadro No. 1** Diámetro transversal en milímetros (mm.) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra          | Verde               | Pintón             | Maduro             |
|------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| R1               | 60,83               | 60,32              | 60,09              |
| R2               | 61,36               | 61,35              | 61,31              |
| R3               | 61,17               | 62,12              | 59,90              |
| Media            | <b>61,12</b>        | <b>61,26</b>       | <b>60,43</b>       |
| Desviación       | <b>0,27</b>         | <b>0,91</b>        | <b>0,77</b>        |
| Rango            | <b>0,71</b>         | <b>0,84</b>        | <b>0,75</b>        |
| Límite confianza | <b>61,83: 60,41</b> | <b>62,10:60,42</b> | <b>61,18:59,69</b> |



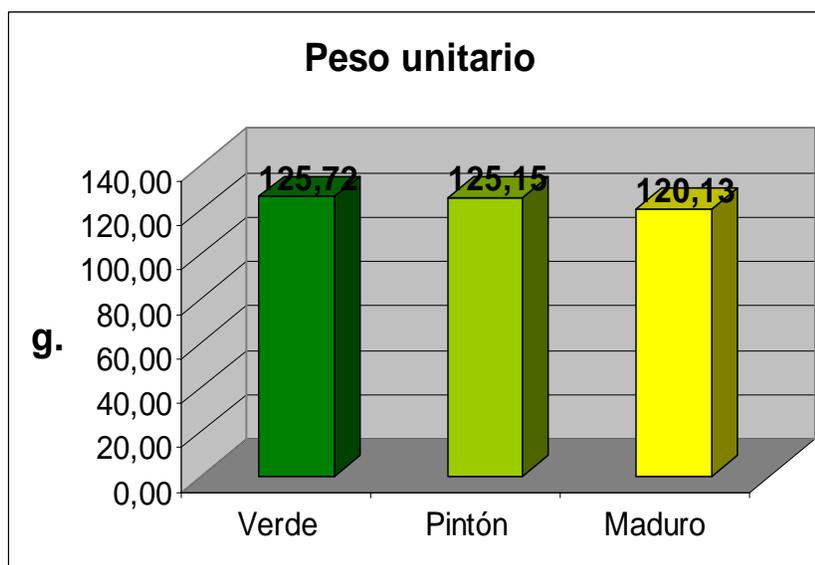
**Gráfico N° 1.** Diámetro transversal en milímetros (mm.)

Se encontró que la diferencia existente entre los tres estados de madurez analizados: verde (61.12 mm), pintón (61.26 mm) y maduro (60.43 mm) es independiente del grado de madurez.

## 4.2 Peso Unitario

**Cuadro No. 2** Peso Unitario en gramos (g.) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde                | Pintón               | Maduro               |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| R1                      | 122,80               | 122,06               | 118,29               |
| R2                      | 127,67               | 124,27               | 121,79               |
| R3                      | 126,70               | 129,10               | 120,31               |
| <b>Media</b>            | <b>125,72</b>        | <b>125,15</b>        | <b>120,13</b>        |
| <b>Desviación</b>       | <b>2,58</b>          | <b>3,60</b>          | <b>1,76</b>          |
| <b>Rango</b>            | <b>3,57</b>          | <b>3,28</b>          | <b>2,96</b>          |
| <b>Límite confianza</b> | <b>129,29:122,16</b> | <b>128,43:121,86</b> | <b>123,10:117,17</b> |



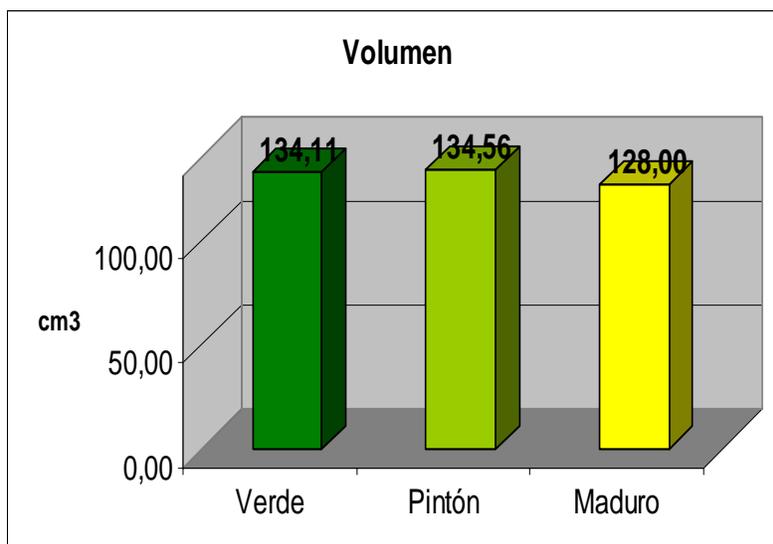
**Gráfico N° 2.** Peso Unitario en gramos (g.)

En las muestras analizadas se encontró que los valores medios para el limón verde (125.72 g.), pintón (125.15 g.) y maduro (120.12) son similares, siendo independiente del estado de madurez, pues los frutos fueron tomados al azar.

### 4.3 Volumen

**Cuadro No. 3** Volumen en centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde                | Pintón               | Maduro               |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| R1                      | 131,67               | 131,50               | 125,67               |
| R2                      | 135,83               | 133,50               | 129,67               |
| R3                      | 134,83               | 138,67               | 128,67               |
| <b>Media</b>            | <b>134,11</b>        | <b>134,56</b>        | <b>128,00</b>        |
| <b>Desviación</b>       | <b>2,18</b>          | <b>3,70</b>          | <b>2,08</b>          |
| <b>Rango</b>            | <b>3,59</b>          | <b>3,34</b>          | <b>2,98</b>          |
| <b>Límite confianza</b> | <b>137,70:130,52</b> | <b>137,89:131,22</b> | <b>130,98:125,02</b> |



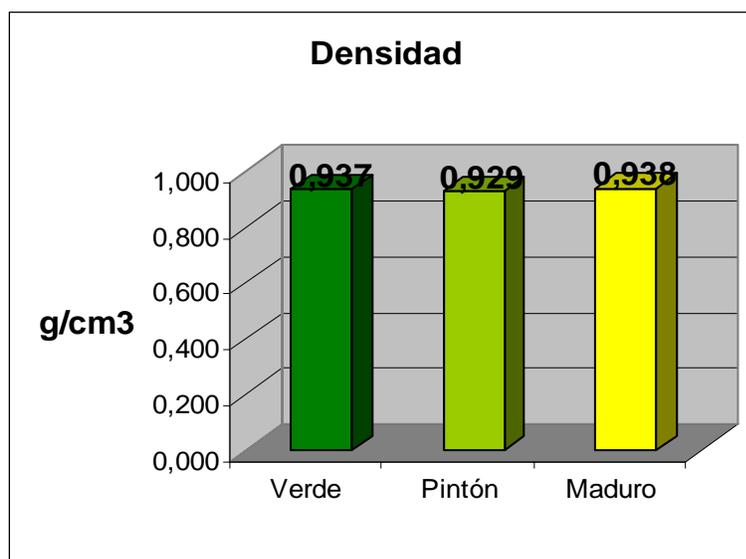
**Gráfico N° 3.** Volumen en centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>)

Con respecto al volumen se puede afirmar que el fruto verde (134.11 cm<sup>3</sup>) presenta un volumen similar al pintón (134.56 cm<sup>3</sup>) y notándose diferencia entre los dos estados anteriores con respecto al maduro (128. cm<sup>3</sup>) presentando una reducción de volumen.

#### 4.4 Densidad del fruto

**Cuadro No. 4** Densidad del fruto en gramos por centímetros cúbicos (g./cm<sup>3</sup>.) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra          | Verde              | Pintón             | Maduro             |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| R1               | 0,935              | 0,928              | 0,942              |
| R2               | 0,939              | 0,930              | 0,938              |
| R3               | 0,937              | 0,930              | 0,934              |
| Media            | <b>0,937</b>       | <b>0,929</b>       | <b>0,938</b>       |
| Desviación       | <b>0,002</b>       | <b>0,001</b>       | <b>0,004</b>       |
| Rango            | <b>0,01</b>        | <b>0,01</b>        | <b>0,01</b>        |
| Límite confianza | <b>0,943:0,930</b> | <b>0,935:0,924</b> | <b>0,944:0,932</b> |



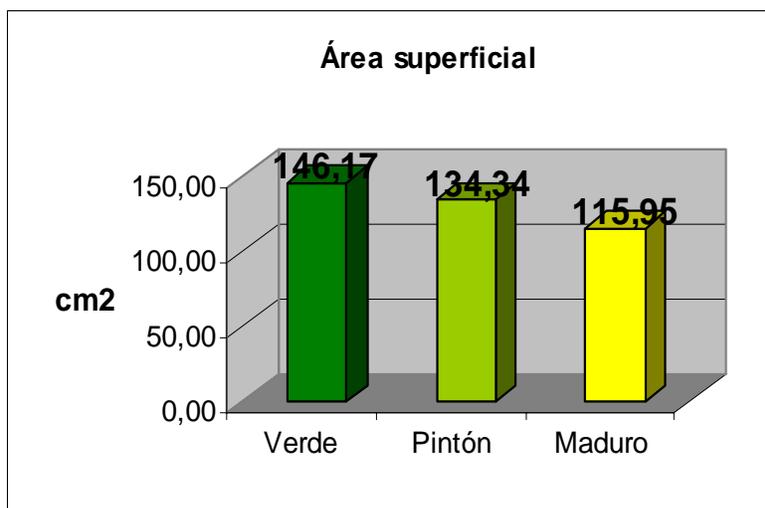
**Gráfico N° 4.** Densidad del fruto en gramos por centímetros cúbicos (g./cm<sup>3</sup>.)

Se puede afirmar que presentan valores muy cercanos entre los tres estados de madurez; verde (0.937 g./cm<sup>3</sup>), pintón (0.929 g./cm<sup>3</sup>) y maduro (0.938 g./cm<sup>3</sup>) indicando que no existe relación entre la densidad del fruto y su estado de madurez ya que los frutos se tomaron al azar.

#### 4.5 Área superficial

**Cuadro No. 5** Área superficial  $\text{cm}^2$  para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde                | Pintón               | Maduro               |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| R1                      | 146,27               | 134,07               | 115,02               |
| R2                      | 144,87               | 134,55               | 114,72               |
| R3                      | 147,36               | 134,41               | 118,12               |
| <b>Media</b>            | <b>146,17</b>        | <b>134,34</b>        | <b>115,95</b>        |
| <b>Desviación</b>       | <b>1,25</b>          | <b>0,25</b>          | <b>1,88</b>          |
| <b>Rango</b>            | <b>3,31</b>          | <b>2,55</b>          | <b>1,71</b>          |
| <b>Límite confianza</b> | <b>149,47:142,86</b> | <b>136,89:131,79</b> | <b>117,66:114,25</b> |



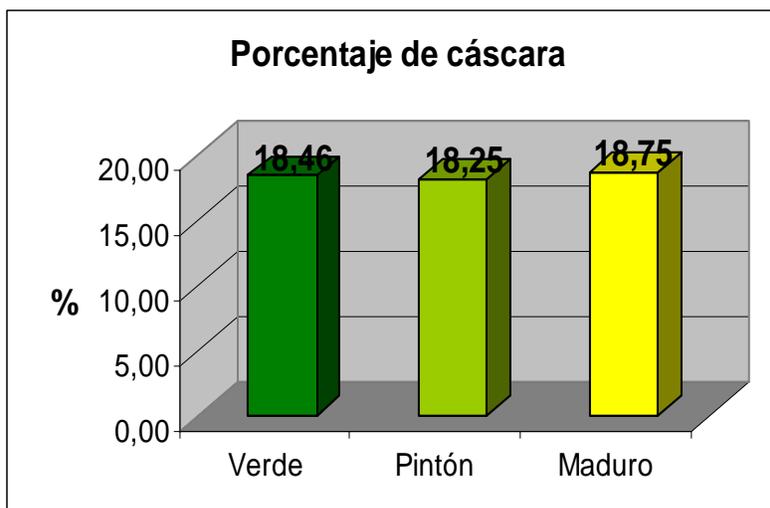
**Gráfico N° 5** Área superficial  $\text{cm}^2$

Los valores en el estado de madurez del fruto verde ( $146.17 \text{ cm}^2$ ) es mayor en relación al pintón ( $134.34 \text{ cm}^2$ ) y aumenta la diferencia con respecto al maduro ( $115.95 \text{ cm}^2$ ), existiendo reducción conforme el fruto madura, a pesar de que se los tomó al azar.

#### 4.6 Porcentaje de cáscara

**Tabla No. 6** Porcentaje de cáscara para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde              | Pintón             | Maduro             |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| R1                      | 18,53              | 18,24              | 18,74              |
| R2                      | 17,85              | 18,18              | 18,82              |
| R3                      | 18,98              | 18,33              | 18,68              |
| <b>Media</b>            | <b>18,46</b>       | <b>18,25</b>       | <b>18,75</b>       |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,57</b>        | <b>0,07</b>        | <b>0,07</b>        |
| <b>Rango</b>            | <b>0,29</b>        | <b>0,21</b>        | <b>0,17</b>        |
| <b>Límite confianza</b> | <b>18,74:17,17</b> | <b>18,46:18,04</b> | <b>18,91:18,58</b> |



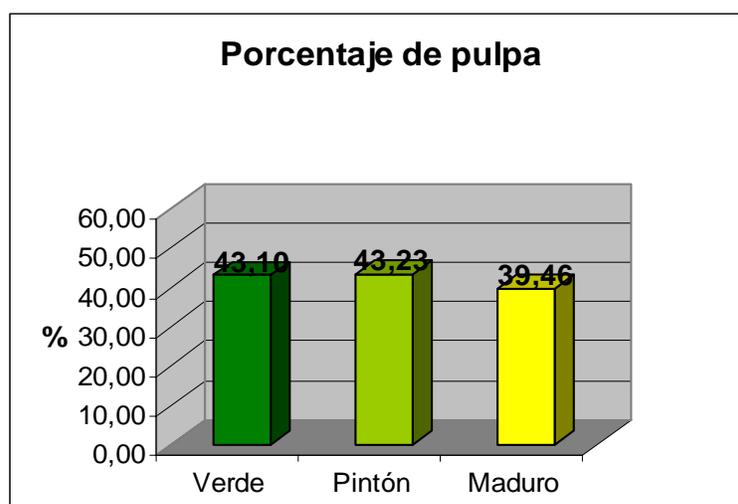
**Gráfico N° 6.** Porcentaje de cáscara

El porcentaje de cáscara nos demuestra que los tres estados de madurez tienen valores similares entre sí; verde (18.46%), pintón (18.25%) y maduro (18.75%), tomando en cuenta que fueron tomados al azar.

## 4.7 Porcentaje de pulpa

**Cuadro No. 7** Porcentaje de pulpa para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde              | Pinton             | Maduro             |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| R1                      | 43,24              | 43,45              | 39,67              |
| R2                      | 43,41              | 42,87              | 39,26              |
| R3                      | 42,64              | 43,39              | 39,45              |
| <b>Media</b>            | <b>43,10</b>       | <b>43,23</b>       | <b>39,46</b>       |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,41</b>        | <b>0,32</b>        | <b>0,21</b>        |
| <b>Rango</b>            | <b>0,41</b>        | <b>0,80</b>        | <b>0,68</b>        |
| <b>Límite confianza</b> | <b>43,51:42,68</b> | <b>44,04:42,43</b> | <b>40,14:38,78</b> |



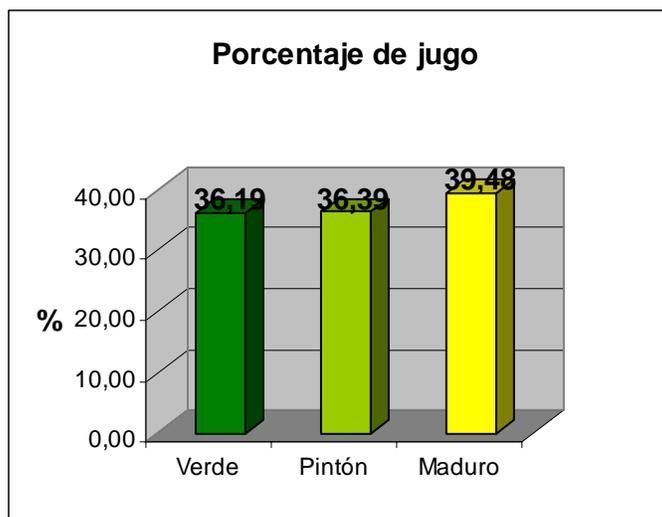
**Gráfico N° 7.** Porcentaje de pulpa

Se ha logrado determinar que entre los dos estados de madurez del fruto verde (43.10%) y pintón (43.23%) tienen valores similares, en cambio con relación al limón maduro (39.46%) existe una diferencia.

## 4.8 Porcentaje de jugo

**Cuadro No. 8** Porcentaje de jugo para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde              | Pintón             | Maduro             |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| R1                      | 36,00              | 36,20              | 39,29              |
| R2                      | 36,42              | 36,85              | 39,33              |
| R3                      | 36,15              | 36,13              | 39,82              |
| <b>Media</b>            | <b>36,19</b>       | <b>36,39</b>       | <b>39,48</b>       |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,21</b>        | <b>0,40</b>        | <b>0,30</b>        |
| <b>Rango</b>            | <b>0,41</b>        | <b>0,33</b>        | <b>0,31</b>        |
| <b>Límite confianza</b> | <b>36,60:35,78</b> | <b>36,72:36,06</b> | <b>39,79:39,17</b> |



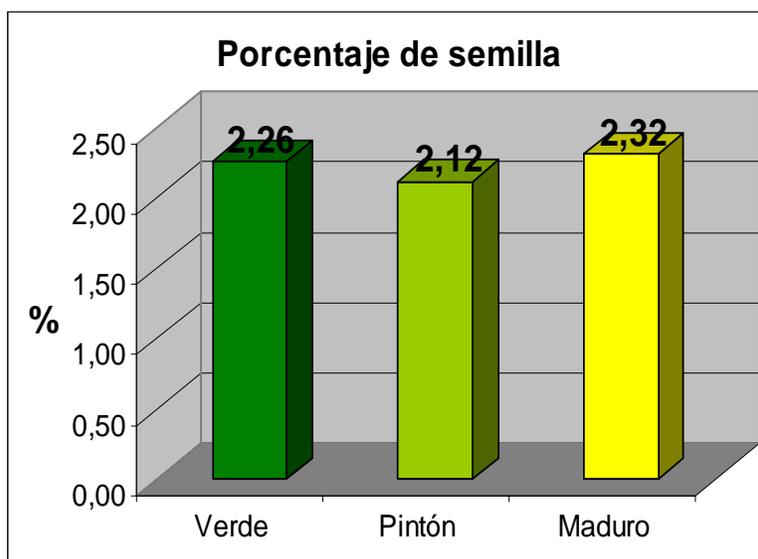
**Gráfico N° 8.** Porcentaje de jugo

Se puede analizar que el fruto verde (36.19%), y pintón (36.39%) presentan valores similares, pero menores con respecto al maduro (39.48%).

#### 4.9 Porcentaje de semilla

**Cuadro No. 9** Porcentaje de semilla para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra          | Verde            | Pintón           | Maduro           |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| R1               | 2,23             | 2,11             | 2,31             |
| R2               | 2,32             | 2,10             | 2,60             |
| R3               | 2,24             | 2,16             | 2,05             |
| Media            | <b>2,26</b>      | <b>2,12</b>      | <b>2,32</b>      |
| Desviación       | <b>0,05</b>      | <b>0,03</b>      | <b>0,28</b>      |
| Rango            | <b>0,10</b>      | <b>0,10</b>      | <b>0,15</b>      |
| Límite confianza | <b>2,36:2,16</b> | <b>2,23:2,02</b> | <b>2,46:2,17</b> |



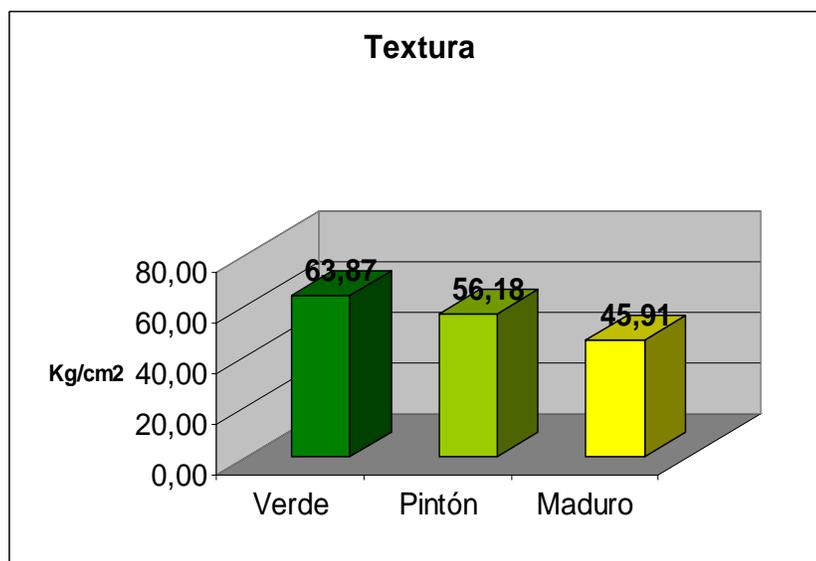
**Gráfico N° 9.** Porcentaje de semilla

En cuanto al contenido de semillas se encontró que en los tres estados de madurez del fruto verde (2.26%), pintón (2.12%) y maduro (2.32%) es similar ya que esta variedad presenta poca cantidad de semillas en la fruta.

#### 4.10 Textura

**Cuadro No. 10** Textura (resistencia a la penetración) en dinas ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde              | Pinton             | Maduro             |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| R1                      | 63,93              | 56,50              | 45,97              |
| R2                      | 63,47              | 56,43              | 46,07              |
| R3                      | 64,20              | 55,60              | 45,70              |
| <b>Media</b>            | <b>63,87</b>       | <b>56,18</b>       | <b>45,91</b>       |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,37</b>        | <b>0,50</b>        | <b>0,19</b>        |
| <b>Rango</b>            | <b>0,62</b>        | <b>0,59</b>        | <b>0,51</b>        |
| <b>Límite confianza</b> | <b>64,49:63,25</b> | <b>56,77:55,58</b> | <b>46,42:45,40</b> |



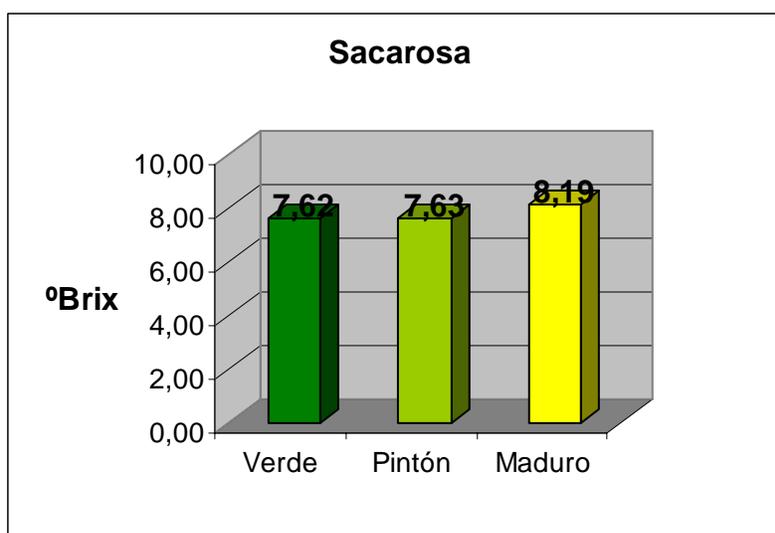
**Gráfico N° 10.** Textura (resistencia a la penetración)

Se aprecia que la textura de la fruta disminuye de acuerdo al estado de madurez; siendo mayor la resistencia a la penetración en el fruto verde (63.87  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), menor en el pintón (56.18  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) y también menor en el maduro (45.91  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

#### 4.11 Contenido de Sólidos solubles

**Cuadro No. 11** Contenido de sólidos solubles (°Brix) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra          | Verde            | Pintón           | Maduro           |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| R1               | 7,60             | 7,77             | 8,33             |
| R2               | 7,62             | 7,57             | 8,30             |
| R3               | 7,65             | 7,57             | 7,95             |
| Media            | <b>7,62</b>      | <b>7,63</b>      | <b>8,19</b>      |
| Desviación       | <b>0,03</b>      | <b>0,12</b>      | <b>0,21</b>      |
| Rango            | <b>0,18</b>      | <b>0,17</b>      | <b>0,32</b>      |
| Límite confianza | <b>7,80:7,44</b> | <b>7,80:7,47</b> | <b>8,52:7,87</b> |



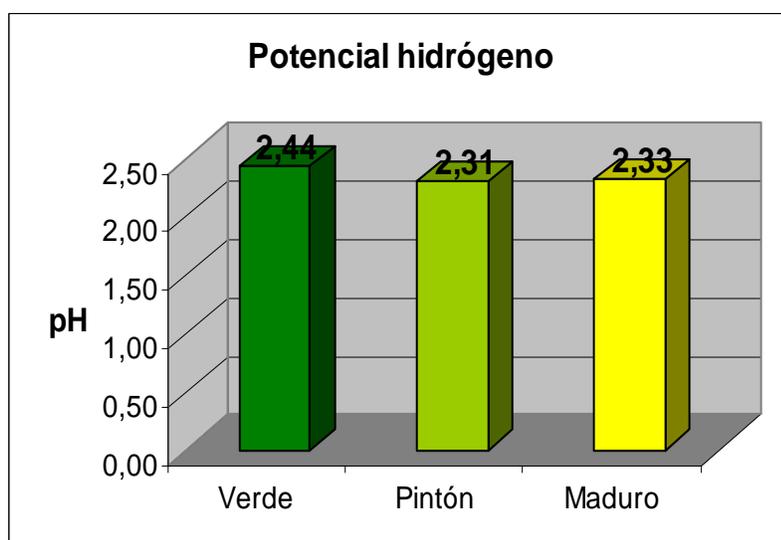
**Gráfico N° 11.** Contenido de azúcares (°Brix)

Aquí se demuestra que la presencia de sacarosa en los tres estados de madurez no marca una diferencia entre el fruto verde (7.62 °Brix) y pintón (7.63 °Brix), aumentando en el maduro (8.19 °Brix).

## 4.12 Potencial Hidrógeno

**Cuadro No. 12** Medida del potencial hidrógeno (pH) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra          | Verde     | Pinton    | Maduro    |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| R1               | 2,45      | 2,33      | 2,37      |
| R2               | 2,57      | 2,33      | 2,28      |
| R3               | 2,30      | 2,27      | 2,35      |
| Media            | 2,44      | 2,31      | 2,33      |
| Desviación       | 0,13      | 0,04      | 0,05      |
| Rango            | 0,10      | 0,06      | 0,05      |
| Límite confianza | 2,54:2,34 | 2,37:2,25 | 2,38:2,28 |



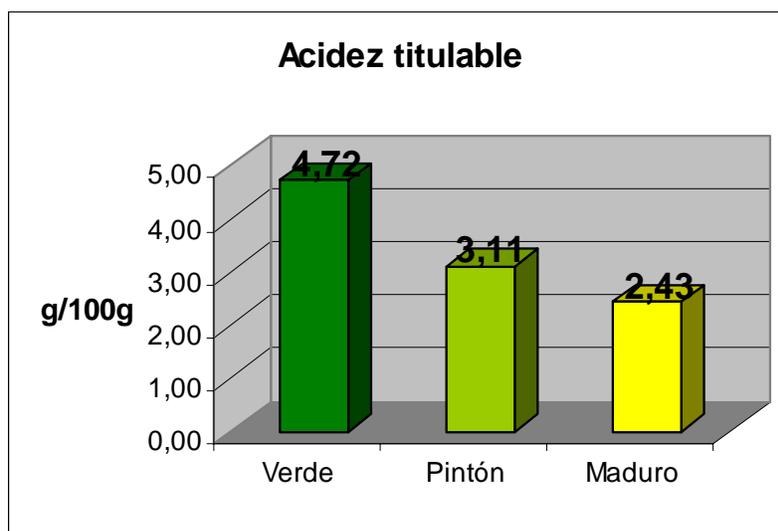
**Gráfico N° 12.** Medida del potencial hidrógeno (pH)

Se puede apreciar que los valores de pH son cercanos entre los tres estados de madurez del fruto verde (2.44), pintón (2.31) y maduro (2.33) determinándose una relación inversa con respecto a la acidez, es decir, conforme madura la fruta el pH aumenta.

### 4.13 Acidez

**Cuadro No. 13** Acidez (contenido de ácido cítrico g/100g de muestra) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde            | Pinton           | Maduro           |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>R1</b>               | 4,50             | 3,14             | 2,43             |
| <b>R2</b>               | 4,68             | 3,09             | 2,39             |
| <b>R3</b>               | 4,97             | 3,11             | 2,48             |
| <b>Media</b>            | <b>4,72</b>      | <b>3,11</b>      | <b>2,43</b>      |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,23</b>      | <b>0,02</b>      | <b>0,04</b>      |
| <b>Rango</b>            | <b>0,15</b>      | <b>0,04</b>      | <b>0,05</b>      |
| <b>Límite confianza</b> | <b>4,87:4,56</b> | <b>3,15:3,08</b> | <b>2,48:2,38</b> |



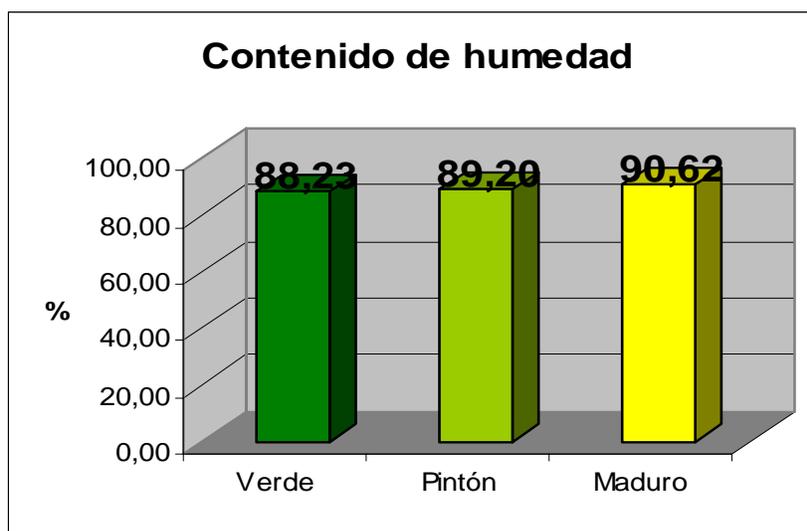
**Gráfico N° 13** Acidez (contenido de ácido cítrico g/100g de muestra)

Se puede apreciar que el contenido de ácido cítrico decrece conforme la fruta madura, es decir, el fruto verde (4.72g./100g.) presenta mayor acidez que el pintón (3.11g./100g.) y éste, mayor acidez que el maduro(2.43g./100g.).

#### 4.14 Contenido de humedad

**Cuadro No. 14** Contenido de humedad en porcentaje (%) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde              | Pinton             | Maduro             |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>R1</b>               | 88,39              | 89,10              | 90,71              |
| <b>R2</b>               | 88,07              | 89,36              | 90,80              |
| <b>R3</b>               | 88,21              | 89,14              | 90,36              |
| <b>Media</b>            | <b>88,23</b>       | <b>89,20</b>       | <b>90,62</b>       |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,16</b>        | <b>0,14</b>        | <b>0,24</b>        |
| <b>Rango</b>            | <b>0,29</b>        | <b>0,20</b>        | <b>0,50</b>        |
| <b>Límite confianza</b> | <b>88,51:87,94</b> | <b>89,40:89,00</b> | <b>91,12:90,12</b> |



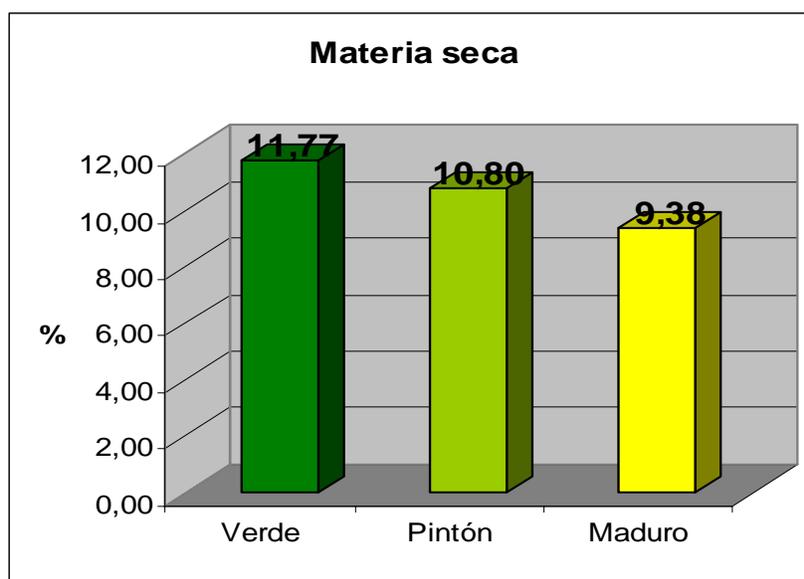
**Gráfico N° 14.** Contenido de humedad en porcentaje (%)

Aquí se observa que la cantidad de agua presente en el jugo es ligeramente diferente para los frutos verde (88.23%), pintón (89.20%), siendo mayor el valor de humedad en el maduro (90.62%).

#### 4.15 Contenido de materia seca

**Cuadro No. 15** Contenido de materia seca en porcentaje (%) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde              | Pintón             | Maduro           |
|-------------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| R1                      | 11,61              | 10,90              | 9,29             |
| R2                      | 11,93              | 10,64              | 9,20             |
| R3                      | 11,79              | 10,86              | 9,64             |
| <b>Media</b>            | <b>11,77</b>       | <b>10,80</b>       | <b>9,38</b>      |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,16</b>        | <b>0,14</b>        | <b>0,24</b>      |
| <b>Rango</b>            | <b>0,29</b>        | <b>0,20</b>        | <b>0,50</b>      |
| <b>Límite confianza</b> | <b>12,06:11,49</b> | <b>11,00:10,60</b> | <b>9,88:8,88</b> |



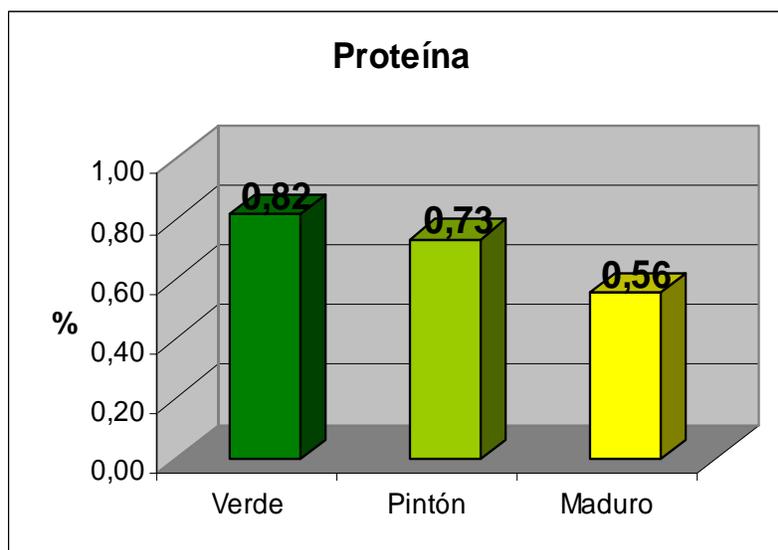
**Gráfico N° 15.** Contenido de materia seca en porcentaje (%)

Se puede analizar que el fruto verde (11.77%) presenta un contenido apenas mayor de materia seca en el jugo con respecto al pintón (10.80%) y siendo menor su presencia en el fruto maduro (9.38%).

#### 4.16 Contenido de Proteína

**Cuadro No. 16** Contenido de Proteína en porcentaje (%) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde            | Pintón           | Maduro           |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| R1                      | 0,81             | 0,74             | 0,57             |
| R2                      | 0,82             | 0,73             | 0,55             |
| R3                      | 0,82             | 0,74             | 0,55             |
| <b>Media</b>            | <b>0,82</b>      | <b>0,73</b>      | <b>0,56</b>      |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,005</b>     | <b>0,007</b>     | <b>0,013</b>     |
| <b>Rango</b>            | <b>0,0051</b>    | <b>0,0078</b>    | <b>0,0165</b>    |
| <b>Límite confianza</b> | <b>0,82:0,81</b> | <b>0,74:0,73</b> | <b>0,58:0,54</b> |



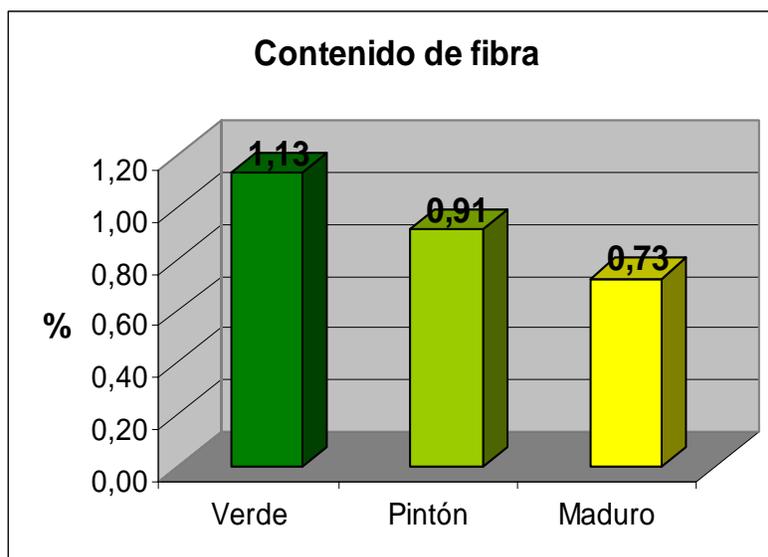
**Gráfico N° 16.** Contenido de Proteína en porcentaje (%)

En el aspecto referente al contenido de proteína se puede observar que los valores son bajos y su contenido de proteína es inversamente proporcional al estado de madurez: verde (0.82%), pintón (0.73) y maduro (0.56%).

#### 4.17 Contenido de Fibra bruta

**Cuadro No. 17** Contenido de Fibra bruta en porcentaje (%) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde            | Pinton           | Maduro           |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>R1</b>               | 1,13             | 0,92             | 0,73             |
| <b>R2</b>               | 1,12             | 0,92             | 0,72             |
| <b>R3</b>               | 1,13             | 0,90             | 0,73             |
| <b>Media</b>            | <b>1,13</b>      | <b>0,91</b>      | <b>0,73</b>      |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,005</b>     | <b>0,010</b>     | <b>0,002</b>     |
| <b>Rango</b>            | <b>0,0090</b>    | <b>0,0116</b>    | <b>0,0139</b>    |
| <b>Límite confianza</b> | <b>1,14:1,12</b> | <b>0,93:0,90</b> | <b>0,74:0,71</b> |



**Gráfico N° 17** Contenido de Fibra bruta en porcentaje (%)

En este parámetro se presentan valores bajos, respecto al contenido de fibra decreciendo los valores desde el fruto verde (1.13%), pintón (0.91%) hasta el maduro (0.73%).

#### 4.18 Contenido de materia orgánica

Tabla No. 18 Contenido de materia orgánica en porcentaje (%) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde              | Pinton             | Maduro             |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| R1                      | 99,77              | 99,74              | 99,77              |
| R2                      | 99,72              | 99,75              | 99,76              |
| R3                      | 99,80              | 99,77              | 99,75              |
| <b>Media</b>            | <b>99,76</b>       | <b>99,75</b>       | <b>99,76</b>       |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,037</b>       | <b>0,015</b>       | <b>0,007</b>       |
| <b>Rango</b>            | <b>0,044</b>       | <b>0,057</b>       | <b>0,057</b>       |
| <b>Límite confianza</b> | <b>99,81:99,72</b> | <b>99,81:99,70</b> | <b>99,82:99,70</b> |

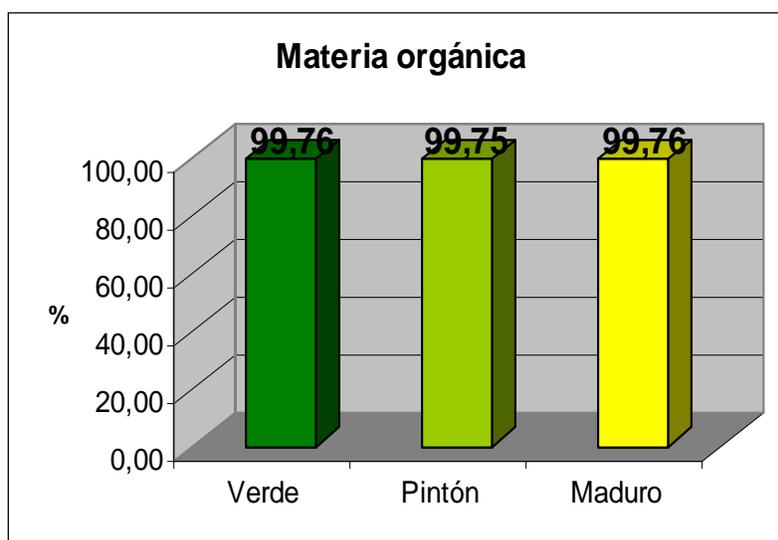


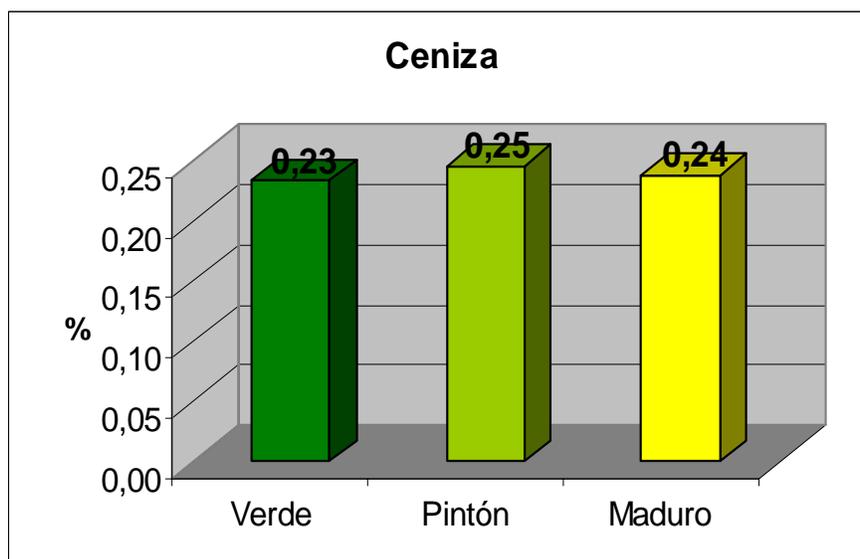
Gráfico N° 18. Contenido de materia orgánica en porcentaje (%)

El contenido de materia orgánica en los tres estados del fruto verde (99.76%), pintón (99.75%) y maduro (99.76) presentan valores similares.

#### 4.19 Contenido de ceniza

**Cuadro No. 19** Contenido de ceniza en porcentaje (%) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra          | Verde            | Pinton           | Maduro           |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| R1               | 0,26             | 0,26             | 0,23             |
| R2               | 0,24             | 0,25             | 0,24             |
| R3               | 0,20             | 0,23             | 0,25             |
| Media            | <b>0,23</b>      | <b>0,25</b>      | <b>0,24</b>      |
| Desviación       | <b>0,03</b>      | <b>0,01</b>      | <b>0,01</b>      |
| Rango            | <b>0,044</b>     | <b>0,057</b>     | <b>0,057</b>     |
| Límite confianza | <b>0,28:0,19</b> | <b>0,30:0,19</b> | <b>0,30:0,18</b> |



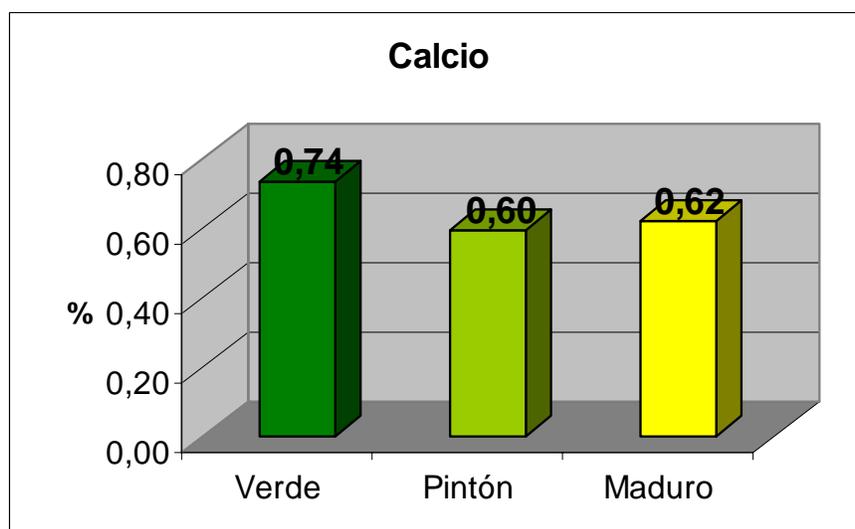
**Gráfico N° 19.** Contenido de ceniza en porcentaje (%)

El contenido de ceniza en los frutos verde (0.23%), pintón (0.25%) y maduro (0.24%) presentan valores similares.

#### 4.20 Contenido de Calcio (Ca)

**Cuadro No. 20** Contenido de Calcio (Ca) en porcentaje (%) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde            | Pintón           | Maduro           |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| R1                      | 0,74             | 0,59             | 0,62             |
| R2                      | 0,73             | 0,61             | 0,62             |
| R3                      | 0,75             | 0,59             | 0,63             |
| <b>Media</b>            | <b>0,74</b>      | <b>0,60</b>      | <b>0,62</b>      |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,007</b>     | <b>0,010</b>     | <b>0,003</b>     |
| <b>Rango</b>            | <b>0,0086</b>    | <b>0,0134</b>    | <b>0,0144</b>    |
| <b>Límite confianza</b> | <b>0,75:0,73</b> | <b>0,61:0,58</b> | <b>0,64:0,61</b> |



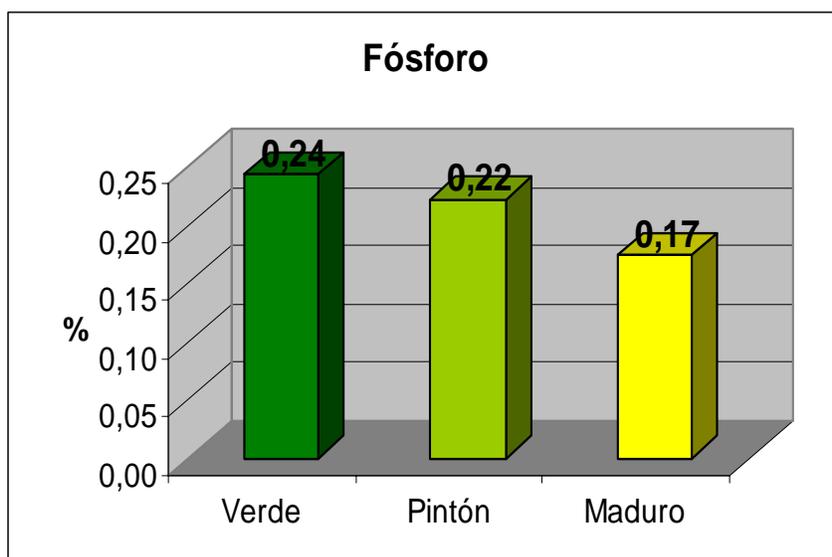
**Gráfico N° 20.** Contenido de Calcio (Ca) en porcentaje (%)

El contenido de calcio (Ca) en porcentaje en el fruto verde (0.74%) es mayor que el pintón (0.60%) y éste es menor con respecto al maduro (0.62%).

#### 4.21 Contenido de Fósforo (P)

**Cuadro No. 21** Contenido de Fósforo (P) en porcentaje (%) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde            | Pinton           | Maduro           |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>R1</b>               | 0,25             | 0,23             | 0,18             |
| <b>R2</b>               | 0,25             | 0,23             | 0,17             |
| <b>R3</b>               | 0,24             | 0,21             | 0,18             |
| <b>Media</b>            | <b>0,24</b>      | <b>0,22</b>      | <b>0,17</b>      |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,004</b>     | <b>0,009</b>     | <b>0,007</b>     |
| <b>Rango</b>            | <b>0,0095</b>    | <b>0,0122</b>    | <b>0,0116</b>    |
| <b>Límite confianza</b> | <b>0,25:0,23</b> | <b>0,24:0,21</b> | <b>0,19:0,16</b> |



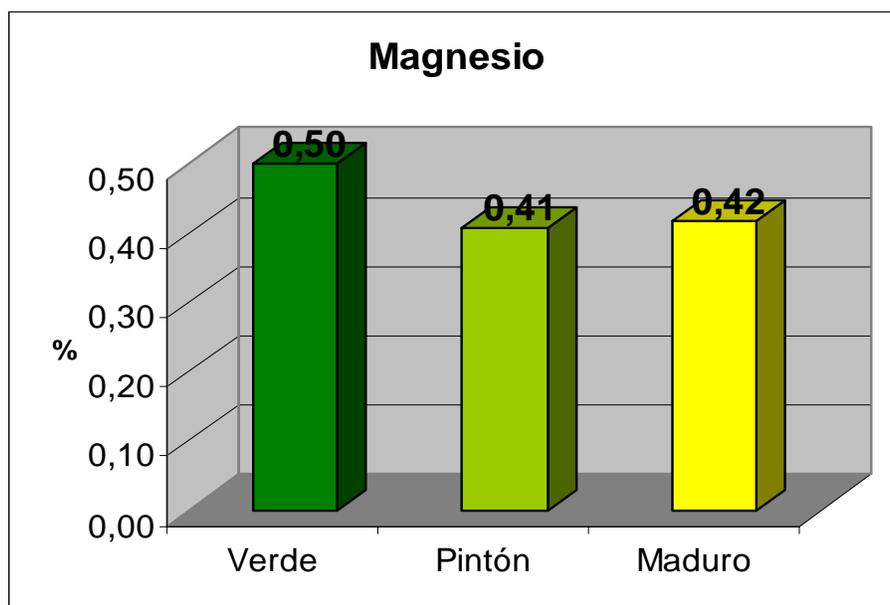
**Gráfico N° 21.** Contenido de Fósforo (P) en porcentaje (%)

Los valores obtenidos en los análisis de laboratorio, en cuanto al contenido de Fósforo (P) en los tres estados de madurez verde (0.24%), pintón (0.22%) y maduro (0.17%) decrecen conforme cambia el estado de madurez.

## 4.22 Contenido de Magnesio (Mg)

**Cuadro No. 22** Contenido de Magnesio (Mg) en porcentaje (%) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde            | Pintón           | Maduro           |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| R1                      | 0,50             | 0,40             | 0,41             |
| R2                      | 0,51             | 0,41             | 0,43             |
| R3                      | 0,49             | 0,41             | 0,42             |
| <b>Media</b>            | <b>0,50</b>      | <b>0,41</b>      | <b>0,42</b>      |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,013</b>     | <b>0,010</b>     | <b>0,008</b>     |
| <b>Rango</b>            | <b>0,013</b>     | <b>0,011</b>     | <b>0,009</b>     |
| <b>Límite confianza</b> | <b>0,51:0,49</b> | <b>0,42:0,40</b> | <b>0,43:0,41</b> |



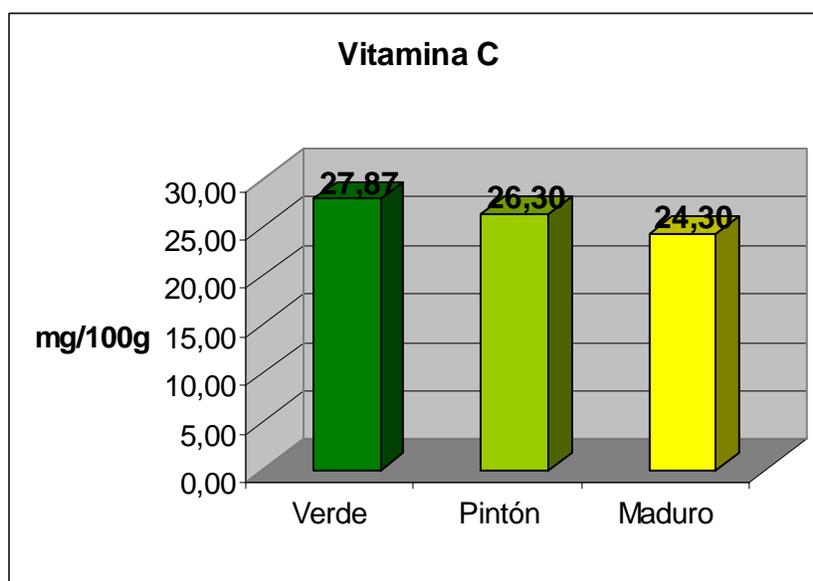
**Gráfico N° 22.** Contenido de Magnesio (Mg) en porcentaje (%)

El contenido de Magnesio (Mg) en porcentaje en el fruto verde (0.50%), pintón (0.41%) y maduro (0.42%), disminuye conforme aumenta el estado de madurez.

#### 4.23 Contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico)

**Cuadro No. 23** Contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico) en mg/100g para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde              | Pintón             | Maduro             |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| R1                      | 27,88              | 26,37              | 24,41              |
| R2                      | 27,89              | 26,16              | 24,35              |
| R3                      | 27,84              | 26,37              | 24,13              |
| <b>Media</b>            | <b>27,87</b>       | <b>26,30</b>       | <b>24,30</b>       |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,03</b>        | <b>0,12</b>        | <b>0,15</b>        |
| <b>Rango</b>            | <b>0,048</b>       | <b>0,161</b>       | <b>0,133</b>       |
| <b>Límite confianza</b> | <b>27,92:27,82</b> | <b>26,46:26,14</b> | <b>24,43:24,16</b> |



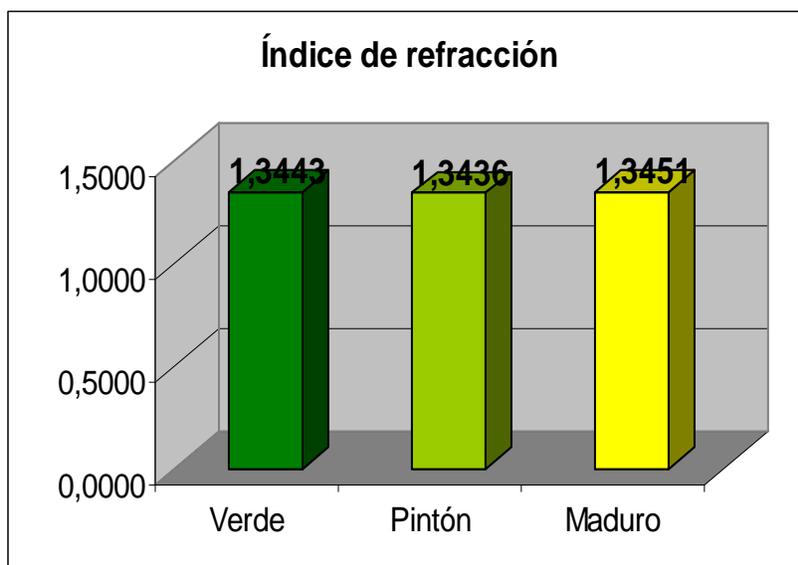
**Gráfico N° 23.** Contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico)

El contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico) en los estados verde (27.87mg/100g) y pintón (26.30mg/100g), son similares, decreciendo esta concentración en el maduro (24.30mg/100g).

#### 4.24 Índice de refracción

**Cuadro No. 24** Índice de refracción para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde              | Pintón             | Maduro             |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| R1                      | 1,3440             | 1,3438             | 1,3453             |
| R2                      | 1,3443             | 1,3438             | 1,3452             |
| R3                      | 1,3446             | 1,3433             | 1,3448             |
| <b>Media</b>            | <b>1,3443</b>      | <b>1,3436</b>      | <b>1,3451</b>      |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,000288</b>    | <b>0,000289</b>    | <b>0,000260</b>    |
| <b>Rango</b>            | <b>0,000832</b>    | <b>0,000508</b>    | <b>0,000508</b>    |
| <b>Límite confianza</b> | <b>1,345:1,343</b> | <b>1,344:1,343</b> | <b>1,346:1,345</b> |



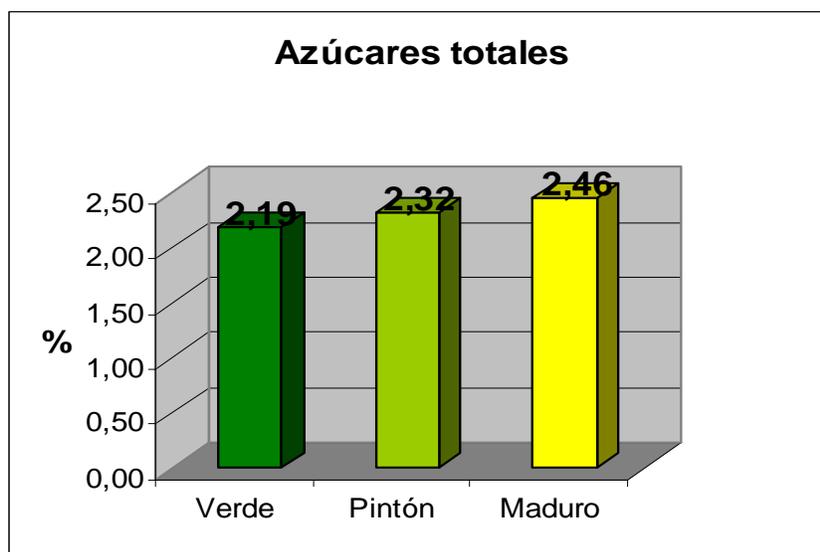
**Gráfico N° 24.** Índice de refracción

En esta prueba se determinó que el índice de refracción para el fruto verde (1,3443), pintón (1,3436) y maduro (1,3451) son similares.

#### 4.25 Azúcares totales

**Cuadro No. 25** Azúcares totales en porcentaje (%) para Limón variedad Meyer (*Citrus limon*) en tres estados de madurez verde, pintón y maduro

| Muestra                 | Verde              | Pinton             | Maduro             |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| R1                      | 2,22               | 2,34               | 2,43               |
| R2                      | 2,20               | 2,31               | 2,48               |
| R3                      | 2,15               | 2,32               | 2,48               |
| <b>Media</b>            | <b>2,19</b>        | <b>2,32</b>        | <b>2,46</b>        |
| <b>Desviación</b>       | <b>0,037</b>       | <b>0,014</b>       | <b>0,027</b>       |
| <b>Rango</b>            | <b>0,030</b>       | <b>0,039</b>       | <b>0,043</b>       |
| <b>Límite confianza</b> | <b>2,221:2,161</b> | <b>2,363:2,286</b> | <b>2,504:2,418</b> |



**Gráfico N° 25** Azúcares totales en porcentaje (%)

La determinación de Azúcares totales en los frutos verde (2.19%), pintón (2.32%) y maduro (2.46%) son directamente proporcionales al grado de madurez.

# CAPITULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- En cuanto al tamaño de la fruta (cuadro N° 1) se determinó que la diferencia existente entre los tres estados de madurez analizados: verde, pintón y maduro 60.93 mm son similares entre si.
- En relación al peso unitario de la fruta (cuadro N° 2) se encontró que los valores medios para el limón verde 125.72 g., pintón 125.15 g. y maduro 120.12 g., el peso es independiente del estado de madurez.
- Con respecto al volumen del fruto (cuadro N° 3) se puede afirmar que el estado verde presentó 134.11 cm<sup>3</sup> y el pintón un volumen 134.56 cm<sup>3</sup> y 128. cm<sup>3</sup> para el estado maduro, debido que es directamente proporcional al peso
- La densidad del fruto del limón (cuadro N° 4) en los tres estados de madurez presentó valores en el fruto verde de 0.937 g./cm<sup>3</sup>, 0.929 g./cm<sup>3</sup> para el fruto pintón y 0.938 g./cm<sup>3</sup> para el maduro ya que los frutos se tomaron al azar y son independientes del grado de madurez.

- Los valores que presenta el fruto del limón en cuanto al área superficial (cuadro N° 5) en el estado de madurez del fruto verde  $146.17 \text{ cm}^2$  en el fruto pintón  $134.34 \text{ cm}^2$  y  $115.95 \text{ cm}^2$  en el maduro, siendo independiente del estado de madurez.
- El porcentaje de cáscara (cuadro N° 6), esta comprendido entre 18.46% y 18.75%, existiendo diferencias mínimas en los estados; los cuales son independientes del grado de madurez.
- El porcentaje de pulpa (cuadro N° 7), en el estado verde fue de 43.10%, en estado pintón 43.23%; mientras que en estado maduro tiene un valor de 39.46%, a medida que la fruta madura el contenido de pulpa disminuye.
- El porcentaje de jugo (cuadro N° 8), en el estado verde fue de 36.19%, 36.39% para el estado pintón y 39.48% para el maduro; mientras las frutas maduran también se incrementa el contenido de jugo en las mismas.
- El porcentaje de semilla calculado (cuadro N° 9), en estado verde fue de 2.26%, en pintón 2.12% y en el estado maduro de 2.32%, estos valores tienen relación con el porcentaje de cáscara y pulpa.
- La textura de la fruta del limón (cuadro N° 10) indica la resistencia a la penetración, presentando en el fruto verde  $63.87 \text{ kg/cm}^2$ , en el pintón  $56.18 \text{ kg/cm}^2$  y para el maduro  $45.91 \text{ kg/cm}^2$ , este parámetro tiene relación inversamente proporcional con el estado de madurez.
- En la determinación del contenido de sólidos solubles (cuadro N° 11) en el fruto verde  $7.62 \text{ }^\circ\text{Brix}$  y pintón  $7.63 \text{ }^\circ\text{Brix}$ , aumentando en el estado maduro  $8.19 \text{ }^\circ\text{Brix}$ , presentando una relación directa entre el contenido de sólidos solubles y el grado de madurez de la fruta.

- En la determinación de los valores de pH (cuadro N° 12) 2.44 para los frutos en estado verde, 2.31 para los frutos pintones y 2.33 para frutos en estado maduro, debido a la presencia de iones hidrógeno ( $H^+$ ) libres en el fruto.
- El contenido de ácido cítrico de la fruta (cuadro N° 13) presenta los valores siguientes: verde 4.72g./100g. , pintón 3.11g./100g. y maduro 2.43g./100g., es decir, conforme la fruta madura disminuye el contenido de ácido cítrico.
- El contenido de agua (cuadro N° 14) presente en el jugo del limón es ligeramente diferente para los estados de madurez verde 88.23%, 89.20% en el pintón, siendo mayor el valor del contenido de agua en el maduro 90.62%.
- En el análisis realizado de materia seca (cuadro N° 15) se determina que el fruto verde tiene un contenido de 11.77% disminuyendo con respecto al pintón a 10.80% y 9.38% en el fruto maduro. Los valores tienen relación con la concentración de agua en los frutos.
- El porcentaje de proteína (cuadro N° 16) en el estado verde presentó un valor de 0.82%, con un valor para la fruta en estado pintón de 0.73 y 0.56% para el estado maduro.
- En cuanto al contenido de fibra (cuadro N° 17) los valores decrecen desde el fruto en estado verde 1.13%, pintón 0.91% hasta el fruto maduro 0.73% y va en relación con el contenido inicial y final del contenido de pulpa en la fruta.
- El contenido de materia orgánica (cuadro N° 18) en los tres estados de madurez, el fruto verde 99.76%, pintón 99.75% y maduro 99.76 presentan valores ligeramente similares.

- En la determinación de ceniza (cuadro N° 19) en los frutos verde 0.23%, la fruta en estado pintón 0.25% y la fruta madura 0.24%, ya que la ceniza tiene relación con el contenido de materia orgánica.
- Los valores obtenidos en los análisis de laboratorio en cuanto al contenido de calcio (cuadro N° 20) verde 0.74%, pintón 0.60% y maduro 0.62%, Fósforo (cuadro N° 21) verde 0.24%, pintón 0.22% y maduro 0.17% y Magnesio (cuadro N° 22) verde 0.50%, pintón 0.41% y maduro 0.42%, disminuyen conforme cambia la madurez.
- El contenido de Vitamina C ácido ascórbico (cuadro N° 23) en el estado verde 27.87mg/100g, 26.30mg/100g para la fruta en estado pintón, decreciendo esta concentración en el maduro 24.30mg/100g, presentado relación su contenido con respecto al estado de madurez
- En el análisis del índice de refracción (cuadro N° 24) se determinó que para el fruto verde es de 1,3443, en la fruta del estado pintón 1,3436 y 1,3451 en el estado maduro, no guarda relación con el estado de madurez.
- Los azúcares totales (cuadro N° 25) presentes en el fruto del limón indican que guardan relación con el grado de madurez, para el verde 2.19%, pintón 2.32% y maduro 2.46%, debido principalmente a un predominio de la glucosa y fructosa.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Finalizado el trabajo se llegó a las siguientes recomendaciones tanto para futuras investigaciones como también para la aplicación de esta investigación y la generación de estándares mínimos de calidad aplicables por los productores de nuestro medio

- Se recomienda que se de impulso al desarrollo del cultivo del limón de la variedad Meyer, ya que se puede adaptar a las diferentes condiciones agro- ecológicas del Ecuador y por ser su fruto muy apetecido por los consumidores tanto por sus cualidades organolépticas como nutricionales.
- Se recomienda que los parámetros de tamaño, peso unitario, volumen y densidad no sea un indicativo de calidad sino un grado de clasificación de la fruta de acuerdo a las preferencias del consumidor.
- Los valores de la densidad de la fruta en los tres estados de madurez deben tomarse muy en cuenta en el momento del diseño de las plantas de poscosecha, ya que de ella, determinará la eficiencia de los sistemas tanto de lavado como de selección de las frutas.
- Se recomienda realizar investigaciones concernientes a buscar alternativas de industrialización integral de la fruta, en la que se aproveche, jugo, pulpa corteza y semilla.
- Del análisis del la textura porcentaje de cáscara, pulpa, jugo y semilla; al establecer parámetros mínimos de calidad se deben conocer las necesidades hídricas y nutricionales adecuadas para cada zona de cultivo; además de encontrar cual de los nutrientes que la planta demanda puede favorecer la resistencia al daño mecánico de la

fruta para evitar que se produzcan pérdidas en las posteriores labores de recolección y poscosecha.

- El contenido de vitamina C es un parámetro que se debe establecer como estándar mínimo de calidad ya que el valor biológico de la fruta va en función de este nutriente, mientras mayor sea su presencia, el precio que puede alcanzar la fruta en el mercado será mayor.
- Para la aplicabilidad de la investigación se recomienda que se de importancia al contenido de °Brix, ya que su determinación no requiere de instrumental costosos y es de fácil determinación y de esta manera el cultivo del limón de la variedad Meyer dejará de ser tipo marginal y se considerará industrial

## SECCIÓN DE REFERENCIAS

### 6.1 BIBLIOGRAFIA

1. Calderon, M., *Manual del Fruticultor Moderno*. Editorial Limusa, México D.F. vol 1. (1990)
2. Diccionario de Botánica. Editorial Edress S.A. Bogotá Colombia 1986.
3. Diccionario de La Lengua Española. Ediciones Nauta S.A. Barcelona España. 1978.
4. Diccionario de La Lengua Española, Editorial Espasa, Vigésima Segunda edición, Tomo 4, España, 2001.
5. Diccionario de Química. Editorial Edress S.A. Bogotá Colombia 1986.
6. FAO *Prevención de Pérdidas de Alimentos Poscosecha: Frutas, Hortalizas, Raíces y Tubérculos* ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION Roma. (1993)
7. FAO *Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas* OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE Santiago, Chile (1987)

8. FAO *Manual de Practicas de Manejo Postcosecha de los Productos Hortofrutícolas a Pequeña Escala* SERIES DE HORTICULTURA POSTCOSECHA NO. 8S January, 1996
9. Flores, J. *Manual de la Alimentación Animal*. Editorial Limusa S.A. México DF. 1989. Volumen 4.
10. Fundación Chile *Manejo de Cosecha y Postcosecha de Productos Frutícolas* Curso práctico. Ed. Fundación Chile. 1993
11. Kurt M. K. *Nociones del Manejo de Post-Cosecha* Departamento de Mejoramiento y Recursos Genéticos Centro Internacional de la Papa 2000
12. Larrañaga I., Carballo J., Rodríguez M., Fernández J., *Control e Higiene de los Alimentos*, Editorial Mc Graw Hill, Madrid – España. 1999.
13. León J. *Botánica de los cultivos tropicales*. San José de Costa Rica: IICA, 1987 (Colección Libros y Materiales Educativos/IICA; no. 84)
14. Meyer M. *Elaboración de Frutas y Hortalizas* Manuales para Educación Agropecuaria, Ed Trillas, México D.F. 1987
15. *Norma del Codex para la lima-limón Codex stan 213-1999 revisada el 2001*
16. *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 381 85-12*
17. *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 389 85-12*
18. *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1750 94-09*
19. *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1757 90-10*
20. Pizarro G, *Manual de Análisis Agroquímico*, Loja –Ecuador. 1988
21. PROEXANT *Manejo Postcosecha En Cultivos Hortícolas* PROEXANT Proyecto 518-0019 USAID/ANDE/FEDEXPORT 1992

22. Ramos C, *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y Ganadería*, Ed. Océano Centrum, Barcelona España 2000 pp 637-647
23. R, Lees. *Análisis de los Alimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza – España
24. Sánchez M<sup>a</sup> T. *Procesos de Conservación Postcosecha de Productos Vegetales* Ed. A.M.V. Ediciones Madrid España 2004
25. Strohecker, R., Henning H. *Análisis de Vitaminas*. Editorial Paz Montalvo. Madrid – España. 1967.
26. Tardieu C. *Enciclopedia de las Ciencias Naturales*, Ed. Nauta S.A. Barcelona España 1984 Tomo 12 p.37
27. Westwood, M. *Fruticultura de Zonas Templadas*. Trad. del Inglés por Luis Rallo, Ed. Mundi Prensa, Madrid España 1982

## **CITAS ELECTRONICAS**

28. [http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad\\_Limon01.htm](http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad_Limon01.htm)

29. [http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad\\_Limon02.htm](http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad_Limon02.htm)

30. [http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad\\_Limon03.htm](http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad_Limon03.htm)

31. [http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad\\_Limon04.htm](http://www.cci.org.co/Manual%20del%20Exportador/Frutas/limon/Calidad_Limon04.htm)

32. <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/index.html>

33. <http://www.infoagro.com/citricos/limon.htm#>.

34. [http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/limon\\_mag.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/limon_mag.pdf)

35. Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2005.

## RESUMEN

La determinación de las características físicas y la composición química del fruto del limón *Citrus limon*, en sus tres estados de madurez. La muestra se tomó al azar en un huerto del cantón Pimampiro de la provincia de Imbabura. Los frutos tomados al azar fueron sometidos a sus respectivos análisis de las propiedades físicas y químicas en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte ubicado en la Ciudadela el Olivo de la ciudad de Ibarra y en los laboratorios de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

Para la caracterización física se utilizaron 30 frutos de limón de la variedad Meyer en sus tres estados de madurez, para las determinaciones de las características químicas se utilizó una muestra de tres frutos en sus respectivos estadios de madurez. Cada una de las determinaciones estaba repetida tres veces.

Los resultados obtenidos fueron procesados y organizados en tablas de datos, diseñadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), determinándose el promedio, la desviación estándar, los límites de confianza y el rango, en los tres estados de madurez y con sus respectivas repeticiones.

Los frutos del limón de la variedad Meyer en sus tres estados de madurez fueron sometidos dentro de las pruebas físicas a las determinaciones de tamaño del fruto, peso unitario, volumen, densidad, área superficial, porcentaje de cáscara, pulpa, jugo y semilla de las características físicas una de las más relevantes es el tamaño (diámetro ecuatorial) que en los tres estados de madurez es igual con 60.93 mm. en promedio; además del contenido de jugo para el estado madura ya que representa alrededor del 40% del peso de la fruta fresca.

Dentro de las pruebas efectuadas a la composición química del fruto del limón se realizaron: Contenido de sólidos solubles (°Brix), Potencial hidrógeno (pH), Acidez titulable, Contenido de agua, materia seca, proteína, fibra, materia orgánica, ceniza, calcio, fósforo y magnesio, Contenido de vitamina C, Índice de refracción y Azúcares totales. La prueba química más importante dentro de este grupo es el contenido de vitamina C que para el fruto verde fue de 27.87 mg/100 g de fruta fresca y 24.30 mg/100 g para el fruto maduro.

Los diferentes datos obtenidos de las pruebas físicas y químicas se agruparon en tablas en los que se encuentra resumido todo el trabajo realizado en el laboratorio y se puede visualizar los datos que sirvieron de partida para la culminación de la presente investigación

## **SUMARY**

The determination of the physical characteristics and the chemical composition of the lemon fruit, citrus lemon, in its three maturity stage, the sample was taken in an orchard in Pimampiro of the Imbabura province.

The fruit taken were submitted to their respective analysis of the physical and chemical properties in laboratories of the Engineering Faculty in Agricultural and Environmental Sciences, of the "Técnica del Norte" University located in the Olivos neighbourhood in Ibarra city, and in the Animal Nutrition laboratories of the "Pecuarias" Science Faculty of the Superior Politechnical school in Chimborazo.

For the physical characterization were used 30 fruit of lemons of the Meyer variety in its three maturity stage for determining the chemical characteristics we used a sample of the three fruit in its respective maturity stage. Each one of them were repeated three times.

The results gotten were processed and organized in a data chart designed for the "Instituto Ecuatoriano de Normalización" (INEN), determining the average, the standard deviation,

the limits of confidence and the range in three stages of mature and with its respective repetitions.

The fruits of lemon Meyer variety in its three maturity stages were submitted in to the physical tests to the size of the fruit determination, unit weight, volume, density, superficial area, percentage of husk, pulp, juice and seeds of the physical characteristics on of the most raised is the size (diametro ecuatorial) wich in the three maturity stages is equal with 60.93 mm, average. More over the content of the juice for the maturity stages already represented around the 40% of the weight of the fresh fruit.

In to the tests made to the chemical composition of the lemon fruit were made solid materials (°Brix) potencial hydrogen(pH), sourness, water dried, protein, fiber, organic material ashes, calcium, phosphorus, magnesium, vitamin C, refraction index and the total sugars. The most important chemical test in to this group is the content of the vitamin C that for the green fruit was of 27.87 mg/100 g of fresh fruit and 24.30 mg/100g for the mature fruit.

The different data gotten of the physical and chemical tests were joined in charts in wich you can find all the job made in labs and you can see the data wich served for the ending of this investigation.