



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS  
ALCALOIDALES DEL CHOCHO (*Lupinus mutabilis sweet*), EN  
LA VIDA ÚTIL DEL BOROJÓ (*Borojoa patinoi* Cuat.)"**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO**

**PRESENTADO POR:**

**RAÚL FABIÁN ALDAZ BERRONES**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2009**

## **DEDICATORIA**

*Dedicado a todos los que creyeron en mi, a mi familia querida, al amor de mi vida, a mis compañeros de estudios, a mis profesores y compañeros del INIAP*

## **AGRADECIMIENTO**

A mis queridos padres, Héctor y Janeth, por su comprensión, aliento, cariño, esfuerzo y sacrificio, por la confianza depositada en mí y sobre todo por su apoyo incondicional.

A mis hermanos Geovanny e Ivonne, amigos y compañeros de trabajo Gaby, Luis, Willy, Fernanda, Mario, Vicky y Maribel.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a todos los docentes de la Facultad de Ciencias quienes me impartieron sus conocimientos durante mi vida estudiantil.

Al Instituto Autónomo Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, en especial al Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina y a través de éste a la Dra. Susana Espín de Rivera, responsable de dicho Departamento; por las facilidades proporcionadas.

Al Proyecto CEREPS por el financiamiento otorgado para la realización del presente estudio.

Mi gratitud y sincero agradecimiento a la Ing. Elena Villacrés, MSc. Investigadora del INIAP, por su valiosa colaboración durante el desarrollo y culminación del presente estudio, por su aporte de conocimientos encausados a engrandecer mi formación profesional.

A la Dra. Lourdes Cuadrado, por su invaluable asesoría, valiosa colaboración y formidable por todas las indicaciones proporcionadas que me sirvieron de gran ayuda para la culminación de la tesis. A las doctoras, Mayra Espinoza y Janeth Gallegos, por sus óptimas sugerencias, que fueron muy útiles para concluir con el presente trabajo.

Y sobre todo a mi amiga, compañera inseparable, y pilar de mi corazón Glendita.



Yo, Raúl Fabián Aldaz Berrones, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

---

**RAÚL FABIÁN ALDAZ BERRONES**

## ABREVIATURAS

|         |   |  |
|---------|---|--|
| INIAP   | = | Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias   |
| CEREPS  | = | Fondos de Reactivación Productiva y Social, del Desarrollo Científico y Tecnológica y de la Estabilización Fiscal. |
| DENAREF | = | Departamento de Recursos Fitogenéticos   |
| ECU     | = | Ecuador  |
| msnm.   | = | Metros sobre el nivel del mar  |
| ppm.    | = | Partes por millón  |
| g       | = | Gramos   |
| kg      | = | Kilogramos   |
| m       | = | Metros   |
| cm      | = | Centímetros  |
| °C      | = | Grados Celsius   |
| dL      | = | Decilitro  |
| mg      | = | Miligramos   |
| mL      | = | Mililitros   |
| a.C     | = | Antes de Cristo  |
| d.C     | = | Después de Cristo  |
| AOAC    | = | Association of Official Analytical Chemistry   |
| EA      | = | Energía de activación  |
| k       | = | Velocidad de reacción  |
| UFC     | = | Unidades formadoras de colonias  |
| LN      | = | Logaritmo natural  |
| %PE     | = | Porcentaje del punto de equilibrio   |
| UPAs    | = | Unidades de producción agrícola  |
| CA      | = | Atmósfera controlada   |
| MAP     | = | Atmósfera modificada   |
| ha      | = | Hectáreas  |
| mm      | = | Milímetros   |
| t       | = | Toneladas  |
| Å       | = | Amstrong   |
| p.f.    | = | Punto de fusión  |
| SNC     | = | Sistema Nervioso Central   |
| SNV     | = | Sistema Nervioso Periférico  |

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

|           |   |          |
|-----------|---|----------|
| <b>1</b>  | <b>MARCO TEÓRICO</b>                              | <b>4</b> |
| 1.1       | EL CHOCHO ( <i>Lupinus mutabilis Sweet</i> )..... | 4        |
| 1.1.1     | Descripción botánica.....                         | 6        |
| 1.1.1.1   | Hojas.....  | 7        |
| 1.1.1.2   | Flores e inflorescencia.....                      | 7        |
| 1.1.1.3   | Semilla.....                                      | 8        |
| 1.1.1.4   | Tallo y ramificaciones.....                       | 9        |
| 1.1.1.5   | Raíces y nódulos.....                             | 10       |
| 1.1.2     | Valor nutritivo.....                              | 11       |
| 1.1.3     | Cultivo.....                                      | 13       |
| 1.1.3.1   | Localización geográfica.....                      | 13       |
| 1.1.3.2   | Características de este cultivo .....             | 13       |
| 1.1.3.3   | Requerimientos climáticos.....                    | 13       |
| 1.1.3.4   | Requerimiento de suelos.....                      | 14       |
| 1.1.4     | Propagación.....                                  | 15       |
| 1.1.5     | Análisis de la Producción y Productividad.....    | 15       |
| 1.1.6     | Organización y forma de producción.....           | 17       |
| 1.1.7     | Tecnología de Producción.....                     | 18       |
| 1.1.7.1   | Ciclo vegetativo.....                             | 18       |
| 1.1.7.2   | Proceso productivo.....                           | 19       |
| 1.1.7.2.1 | Preparación del terreno.....                      | 19       |
| 1.1.7.2.2 | Rotación de cultivos.....                         | 19       |
| 1.1.7.2.3 | Siembra.....                                      | 19       |
| 1.1.7.2.4 | Fertilización.....                                | 20       |
| 1.1.7.2.5 | Control de malezas.....                           | 20       |
| 1.1.7.2.6 | Control de plagas.....                            | 20       |
| 1.1.7.2.7 | Control de enfermedades.....                      | 21       |
| 1.1.8     | Cosecha y poscosecha.....                         | 22       |
| 1.1.8.1   | Cosecha y trilla.....                             | 22       |
| 1.1.8.2   | Prácticas poscosecha.....                         | 23       |
| 1.1.9     | Rendimientos.....                                 | 24       |
| 1.1.10    | Elementos de apoyo al cultivo.....                | 27       |
| 1.1.11    | Comercialización.....                             | 27       |
| 1.1.12    | Composición química .....                         | 32       |
| 1.1.12.1  | Composición química y valor nutricional.....      | 32       |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 1.1.12.1.1 | Proteínas solubles en agua.....  | 32 |
| 1.1.12.1.2 | Lípidos.....   | 33 |
| 1.1.12.1.3 | Ácidos grasos.....   | 34 |
| 1.1.12.1.4 | Fibra.....   | 35 |
| 1.1.12.1.5 | Aminoácidos.....   | 35 |
| 1.1.12.1.6 | Minerales solubles en agua.....  | 36 |
| 1.1.12.1.7 | Carbohidratos.....   | 37 |
| 1.1.12.1.8 | Vitaminas.....   | 37 |
| 1.1.12.1.9 | Sustancias antinutricionales.....  | 38 |
| 1.1.13     | Propiedades y usos de las semillas del lupino.....                               | 39 |
| 1.2        | ALCALOIDES.....  | 40 |
| 1.2.1      | Generalidades.....   | 40 |
| 1.2.2      | Estado natural y distribución.....   | 40 |
| 1.2.3      | Localización.....  | 41 |
| 1.2.4      | Propiedades físico-químicas .....  | 41 |
| 1.2.5      | Alcaloides quinolizidínicos .....  | 42 |
| 1.2.6      | Biosíntesis de los alcaloides .....  | 44 |
| 1.2.7      | Propiedades físico químicas generales de los alcaloides<br>quinolizidínicos..... | 45 |
| 1.2.7.1    | Propiedades físico químicas específicas.....                                     | 46 |
| 1.2.7.1.1  | Lupanina.....  | 46 |
| 1.2.7.1.2  | Esparteína.....  | 47 |
| 1.2.7.1.3  | Hidroxilupanina.....   | 48 |
| 1.2.7.1.4  | Angustifolina.....   | 49 |
| 1.2.7.2    | Aplicaciones potenciales de los alcaloides del lupino .....                      | 49 |
| 1.2.7.3    | Toxicidad de los alcaloides del chocho. ....                                     | 51 |
| 1.3        | BOROJÓ.....  | 53 |
| 1.3.1      | Características generales.....   | 53 |
| 1.3.2      | Métodos de propagación.....  | 53 |
| 1.3.3      | Algunos requisitos para el cultivo de borjón.....                                | 54 |
| 1.3.4      | Aspectos agroecológicos.....   | 54 |
| 1.3.5      | Producción.....  | 55 |
| 1.3.6      | Utilización .....  | 56 |
| 1.3.7      | Composición química y valor nutricional.....                                     | 56 |
| 1.3.8      | Épocas de producción del borjón.....   | 57 |
| 1.4        | PENICILIOS ( <i>Penicillium</i> ).....   | 58 |
| 1.4.1      | Morfología.....  | 58 |
| 1.4.2      | Identificación.....  | 61 |
| 1.4.3      | Cultivos.....  | 61 |
| 1.4.4      | Ambiente.....  | 62 |
| 1.4.5      | <i>Penicillium digitatum</i> .....   | 63 |
| 1.4.5.1    | Nombre Común.....  | 63 |
| 1.4.5.2    | Taxonomía.....   | 63 |
| 1.4.5.3    | Repercusión Económica:.....  | 63 |
| 1.4.5.4    | Signos y Síntomas.....   | 64 |
| 1.4.5.6    | Fuentes de infección.....  | 64 |
| 1.4.5.7    | Identificación .....   | 64 |
| 1.4.5.8    | Control.....   | 65 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 1.5     | RECUBRIMIENTOS .....  | 66  |
| 1.5.1   | Recubrimientos en frutas .....  | 66  |
| 1.5.2   | Métodos de aplicación de los recubrimientos.....  | 69  |
| 1.5.2.1 | Inmersión.....  | 69  |
| 1.5.2.2 | Espuma.....   | 70  |
| 1.5.2.3 | Aspersión.....  | 70  |
| 1.5.2.4 | Por goteo.....  | 70  |
| 2.      | <b>PARTE EXPERIMENTAL.....</b>  | 71  |
| 2.1     | Localización del experimento.....   | 71  |
| 2.2     | Obtención y preparación de la muestra.....  | 71  |
| 2.2.1   | Preparación de extractos alcaloidales.....  | 71  |
| 2.2.2   | Determinación cuantitativa de alcaloides (método adoptado por la Escuela Politécnica Nacional) .....                                  | 73  |
| 2.3     | Aplicación de extractos alcaloidales .....  | 74  |
| 2.3.1   | Ensayo de mortalidad del <i>P. digitatum</i> .....  | 74  |
| 2.3.2   | Durabilidad del borojó .....  | 76  |
| 2.4     | Ensayo de recubrimientos para la preservación del borojó.....   | 77  |
| 2.5     | Durabilidad del borojó con aplicación de un recubrimiento activo a base de alcaloides del chocho.....                                 | 79  |
| 2.5.2   | Recuento de mohos y levaduras (método petrifilm 3m center; yeast and mold counts in foods: AOAC official method 997.02).....          | 80  |
| 2.6     | Evaluación sensorial de las frutas tratadas con recubrimientos a base de alcaloides del chocho.....                                   | 82  |
| 3.      | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>  | 83  |
| 3.1     | Preparación de la muestra y extracción de alcaloides .....  | 83  |
| 3.2     | Determinación del efecto de la aplicación de extractos crudos y cocidos de los alcaloides del chocho, en la vida útil del borojó..... | 86  |
| 3.2.1   | Durabilidad del borojó, con aplicación de extractos alcaloidales.....   | 86  |
| 3.2.2   | Cinética de deterioro del borojó tratado con una solución alcaloidal...   | 91  |
| 3.3     | Durabilidad del borojó con aplicación de un recubrimiento activo a base de alcaloides del chocho.....                                 | 95  |
| 3.3.1   | Efecto del recubrimiento bioactivo, en la pérdida de peso del borojó durante el almacenamiento.....                                   | 95  |
| 3.3.2   | Recuento de mohos y levaduras de los borojós con recubrimientos bioactivos.....   | 97  |
| 3.3.3   | Cinética de deterioro del borojó con parafina e inclusión de alcaloides.....  | 100 |
| 3.4     | Evaluación sensorial de las frutas tratadas con un recubrimiento activo a base de parafina y alcaloides del chocho.....               | 103 |
| 3.5     | Efecto del recubrimiento y el almacenamiento en la composición proximal de la pulpa de borojó.....                                    | 104 |
| 3.6     | Análisis económico para el recubrimiento alcaloidal del borojó.....   | 105 |
| 4       | <b>CONCLUSIONES.....</b>  | 108 |
| 5       | <b>RECOMENDACIONES.....</b>   | 110 |
| 6       | <b>RESUMEN.....</b>   | 112 |
| 7       | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | 114 |
| 8       | <b>ANEXOS.....</b>  | 123 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| TABLA No. 1   | Nombres comunes del lupino en el mundo.....   | 4  |
| TABLA No. 2:  | Composición de ácidos grasos en semillas de chocho (% de ácidos grasos totales).....                            | 12 |
| TABLA No. 3:  | Comparación de la composición del chocho y la soya (g/100 g).....   | 12 |
| TABLA No. 4.  | Superficie cosechada, producción y rendimiento de chocho en Ecuador. 1986-1995.....                             | 15 |
| TABLA No. 5.  | Superficie cosechada (ha) de chocho en la sierra ecuatoriana. 1986-1995.....                                    | 16 |
| TABLA No. 6.  | Producción (t) de chocho en la sierra ecuatoriana. 1986-1995.....   | 16 |
| TABLA No. 7.  | Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> ) de chocho en la sierra ecuatoriana. 1986-1995.....                            | 17 |
| TABLA No. 8.  | Población económicamente activa por sector.....   | 18 |
| TABLA No. 9.  | FODA Comercialización.....  | 31 |
| TABLA No. 10: | Composición por 100 g de porción comestible.....  | 32 |
| TABLA No. 11: | Composición de ácidos grasos del chocho amargo ( <i>Lupinus mutabilis Sweet</i> ).....                          | 34 |
| TABLA No. 12: | Composición del contenido de ácidos grasos en el chocho, maní y soya.....                                       | 35 |
| TABLA No. 13. | Contenido de Aminoácidos en chocho, soya, fréjol y maní.....  | 36 |
| TABLA No. 14: | Contenido de minerales en el chocho.....  | 37 |
| TABLA No. 15. | Contenido de vitaminas en la semilla cruda de chocho....  | 38 |
| TABLA No. 16. | Composición relativa de alcaloides en la semilla de <i>Lupinus mutabilis</i> .....                              | 43 |
| TABLA No. 17: | Principales fracciones de alcaloides del chocho.....  | 44 |
| TABLA No. 18: | Contenido nutricional del borrojó.....  | 57 |
| TABLA No. 19. | Épocas de producción del borrojó.....   | 58 |
| TABLA No. 20. | Temperatura y actividad del agua necesarias para el crecimiento de algunas especies de <i>Penicillium</i> ..... | 62 |
| TABLA No. 21. | Fungicidas utilizados en poscosecha.....  | 65 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| CUADRO No. 1  | Concentración y Rendimiento de alcaloides de chocho en diferentes medios de extracción.....  | 83  |
| CUADRO No. 2  | Análisis de varianza para la extracción de alcaloides con diferentes solventes.....  | 84  |
| CUADRO No. 3  | Prueba de Tukey al 5% para la extracción de alcaloides con diferentes solventes.....   | 84  |
| CUADRO No. 4  | Análisis de varianza para la pérdida de peso del borojón tratado con extractos alcaloidales y almacenado a diferentes temperaturas.....          | 86  |
| CUADRO No. 5  | Prueba de Tukey al 5 % para la pérdida de peso del borojón tratado con extractos alcaloidales y almacenado a diferentes temperaturas.....        | 87  |
| CUADRO No. 6  | Recuento microbiológico del borojón tratado con extractos alcaloidales y almacenado a 10 °C.....   | 88  |
| CUADRO No. 7  | Recuento microbiológico del borojón tratado con extractos alcaloidales de chocho y almacenado a 30 °C.....                                       | 89  |
| CUADRO No. 8  | Recuento microbiológico del borojón tratado con extractos alcaloidales de chocho y almacenado a 15 °C.....                                       | 90  |
| CUADRO No. 9  | Recuento microbiológico del borojón sin aplicación de extractos alcaloidales y almacenado a 15 °C.....   | 91  |
| CUADRO No. 10 | Análisis de varianza, para la pérdida de peso del borojón tratado con un recubrimiento con inclusión de extracto alcaloidal.....                 | 95  |
| CUADRO No. 11 | Test de Tukey para la durabilidad del borojón, con aplicación de extractos alcaloidales de chocho (control de pérdida de peso).....              | 96  |
| CUADRO No. 12 | Recuento de mohos del borojón tratado con recubrimientos con inclusión de extractos alcaloidales y almacenado a 10 °C.....                       | 97  |
| CUADRO No. 13 | Recuento de mohos del borojón tratado con recubrimientos con inclusión de extractos alcaloidales y almacenado a 15 °C.....                       | 98  |
| CUADRO No. 14 | Recuento de mohos, del borojón tratado con recubrimientos bioactivos y almacenado a 30°C.....  | 99  |
| CUADRO No. 15 | Vida media del borojón tratado y almacenado a diferentes temperaturas.....   | 102 |
| CUADRO No. 16 | Evaluación de diferenciación sensorial a doble blanco de las frutas tratadas con el recubrimiento a base de parafina y alcaloides de chocho..... | 103 |

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| CUADRO No. 17 | Composición proximal de la pulpa de borjón fresco y almacenado..... | 104 |
| CUADRO No. 18 | Análisis de costos de producción .....                              | 106 |
| CUADRO No. 19 | Cotizaciones de materiales directos e indirectos.....               | 136 |
| CUADRO No. 20 | Gastos de recursos humanos .....                                    | 136 |
| CUADRO No. 21 | Gastos de equipos .....   | 136 |
| CUADRO No. 22 | Costos de Suministros.....  | 137 |
| CUADRO No. 23 | Costo total del recubrimiento activo de alcaloides.....             | 137 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| FIGURA No. 1  | Producción de chocho en el Ecuador.....  | 28  |
| FIGURA No. 2  | Canales para mejorar la comercialización del grano.....  | 30  |
| FIGURA No. 3  | Distribución física del chocho.....  | 30  |
| FIGURA No. 4  | Concentración de alcaloides en función al tratamiento de extracción.....   | 85  |
| FIGURA No. 5  | Pérdida de peso de los frutos en función al tratamiento aplicado.....  | 87  |
| FIGURA No. 6  | Crecimiento del <i>Penicillium digitatum</i> durante el almacenamiento del borjón. Reacción de primer orden...   | 92  |
| FIGURA No. 7  | Curva de Energía de activación para el crecimiento de hongos.....  | 93  |
| FIGURA No. 8  | Crecimiento del <i>Penicillium digitatum</i> durante el almacenamiento del borjón, tratado con parafina con inclusión de alcaloides. Reacción de primer orden..... | 100 |
| FIGURA No. 9  | Curva de Energía de activación para el crecimiento de mohos.....   | 101 |
| FIGURA No. 10 | Gráfica del punto de equilibrio del costo de producción del recubrimiento bioactivo en borjón.....   | 107 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| GRÁFICO No. 1 | Planta de chocho .....  | 7  |
| GRÁFICO No. 2 | Ramificación de la planta de chocho .....                       | 10 |
| GRÁFICO No. 3 | Biosíntesis de alcaloides quinolizidínicos.....                 | 45 |
| GRÁFICO No. 4 | Estructura molecular de la lupanina.....                        | 46 |
| GRÁFICO No. 5 | Estructura molecular de la esparteína.....                      | 47 |
| GRÁFICO No. 6 | 4-Hidroxilupanina .....   | 48 |
| GRÁFICO No. 7 | 13-Hidroxilupanina.....   | 48 |
| GRÁFICO No. 8 | Comportamiento de los peces frente a<br>sustancias tóxicas..... | 52 |
| GRÁFICO No. 9 | Tipos de penicilios.....  | 60 |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

|                   |  |     |
|-------------------|--|-----|
| FOTOGRAFÍA No. 1  | Apariencia del grano.....  | 4   |
| FOTOGRAFÍA No. 2  | Flores e inflorescencias .....   | 7   |
| FOTOGRAFÍA No. 3  | Semillas de chocho de diferentes ecotipos.....                                   | 8   |
| FOTOGRAFÍA No. 4  | Tallos del chocho.....   | 9   |
| FOTOGRAFÍA No. 5  | Raíces del chocho.....   | 10  |
| FOTOGRAFÍA No. 6  | Balanza BOECO.....   | 138 |
| FOTOGRAFÍA No. 7  | Liofilizador LABCONCO.....   | 138 |
| FOTOGRAFÍA No. 8  | Cámara de almacenamiento acelerado GENERAL<br>ELECTRIC GMR02BANCWW .....         | 138 |
| FOTOGRAFÍA No. 9  | Cámara de flujo laminar ESCO AHC-4D2.....  | 138 |
| FOTOGRAFÍA No. 10 | pHmetro INOLAB WTW.....  | 138 |
| FOTOGRAFÍA No. 11 | Rotavapor BUCHI FI.....  | 138 |
| FOTOGRAFÍA No. 12 | Harina amarga de chocho.....   | 139 |
| FOTOGRAFÍA No. 13 | Agitación de soluciones alcaloidales de chocho.....                              | 139 |
| FOTOGRAFÍA No. 14 | Diferentes solventes de maceración.....  | 139 |
| FOTOGRAFÍA No. 15 | Concentración de extractos alcaloidales de chocho....                            | 139 |
| FOTOGRAFÍA No. 16 | Identificación de alcaloides (Reactivo de Mayer).....                            | 139 |
| FOTOGRAFÍA No. 17 | Cuantificación de alcaloides.....  | 139 |
| FOTOGRAFÍA No. 18 | Frutos de Borojó.....  | 140 |
| FOTOGRAFÍA No. 19 | Acondicionamiento de frutos tratados con el baño<br>alcaloidal.....              | 140 |
| FOTOGRAFÍA No. 20 | Frutos almacenados en cámara acelerada.....                                      | 140 |
| FOTOGRAFÍA No. 21 | <i>P. digitatum</i> en borojó.....   | 140 |
| FOTOGRAFÍA No. 22 | Pérdida de agua por transpiración de los frutos<br>almacenados.....              | 140 |
| FOTOGRAFÍA No. 23 | Crecimiento del hongo en la corteza del fruto.....                               | 140 |
| FOTOGRAFÍA No. 24 | Material estéril .....   | 141 |
| FOTOGRAFÍA No. 25 | Preparación de diluciones.....   | 141 |
| FOTOGRAFÍA No. 26 | Siembra de hongos en placas Petrifilm.....                                       | 141 |
| FOTOGRAFÍA No. 27 | Distribución del inóculo en el área de crecimiento de<br>la placa Petrifilm..... | 141 |
| FOTOGRAFÍA No. 28 | Crecimiento de mohos en placas Petrifilm.....                                    | 141 |
| FOTOGRAFÍA No. 29 | Crecimiento de mohos en frutos de borojó.....                                    | 141 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| ANEXO No. 1  | Hoja técnica de la cera utilizada.....  | 123 |
| ANEXO No. 2  | Hoja técnica de la parafina utilizada.....  | 124 |
| ANEXO No.3   | Diagrama para la preparación de extractos crudos de alcaloides del chocho.....                            | 125 |
| ANEXO No.4   | Diagrama para la preparación del extracto acuoso cocido de alcaloides del chocho.....                     | 126 |
| ANEXO No.5   | Esquema de aplicación de extractos alcaloidales en el borojó.....   | 127 |
| ANEXO No.6   | Ensayo de recubrimientos para la preservación del borojó (parafinado y encerado).....                     | 128 |
| ANEXO No.7   | Datos obtenidos de la concentración de alcaloides en diferentes medios de extracción.....                 | 129 |
| ANEXO No.8   | Pérdida de peso del borojó tratado con extractos alcaloidales y almacenado a diferentes temperaturas..... | 130 |
| ANEXO No.9   | Efecto del recubrimiento bioactivo, en la pérdida de peso del borojó durante el almacenamiento.....       | 132 |
| ANEXO No. 10 | Formato de análisis sensorial.....  | 134 |
| ANEXO No.11  | Formato de análisis descriptivo de pulpa de borojó.....   | 135 |
| ANEXO No.12  | Análisis económico para el recubrimiento alcaloidal del borojó.....                                       | 136 |
| ANEXO No.13  | Fotografías.....  | 138 |

## INTRODUCCIÓN

La pérdida de la calidad que algunas veces se produce en las frutas durante el tiempo que media entre la cosecha y el consumo, puede deberse a cambios físicos, químicos, enzimáticos o microbiológicos. Las consecuencias de la pérdida de calidad por acción de los microorganismos suponen un riesgo para el consumidor debido a la posible presencia de toxinas o microorganismos patógenos.

Según Mohamed *et al.*, (1996), las pérdidas económicas por enfermedades causadas por hongos en frutos pueden ser del 5 al 50% o más (3).

Aunque estas pérdidas se pueden reducir mediante el uso de buenas prácticas sanitarias post-cosecha, el uso de biocidas sintéticos para proteger los cultivos es la práctica más usual para maximizar los rendimientos (33).

Sin embargo, el uso indiscriminado de estos productos ocasiona problemas como la eliminación de enemigos naturales, surgimiento de organismos resistentes, acumulación de residuos tóxicos en productos agrícolas y contaminación del ambiente (33).

Este hecho motiva la búsqueda de productos alternativos en la protección de cultivos contra la acción de organismos fitopatógenos y malezas, cuya actividad, selectividad y seguridad ambiental sea adecuada. Los productos naturales son menos agresivos para el ambiente y representan una fuente alternativa de plaguicidas naturales en la agricultura.

Los alcaloides quinolizidínicos son un grupo importante de compuestos naturales en el género *Lupinus* (Fabaceae) (61).

Estos metabolitos secundarios son un mecanismo de defensa contra microorganismos fitopatógenos, herbívoros y contra otras especies de plantas que causan competencia (61).

Lupinus es un género de leguminosas con alrededor de 200 especies originarias del Mediterráneo (subgénero *Lupinus*) y de América (subgénero *Platycarpos* (Wats.) Kurl.). Las plantas de este género son llamadas altramuz, chocho, lupín o lupino. Tienen usos en alimentación humana y animal y también como plantas ornamentales (7).

El chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), proviene de los Andes centrales, principalmente de Perú, Bolivia y Ecuador, aunque las relaciones comerciales que existen en esa zona han expandido su cultivo desde la antigüedad por todos los países andinos (7).

Esta especie de lupino posee un alto valor nutritivo (rico en proteína y aceite) y alcaloides, los cuales constituyen un desecho en el proceso de desamargado del grano, sin embargo pueden ser utilizados como biocidas naturales, después de procesos de recuperación, purificación y concentración, siendo este el tema de la presente investigación (25).

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de varios recubrimientos alcaloidales del chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) en el control del *Penicillium sp.* para prolongar la vida útil del borojó (*Borojoa patinoi*).

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Establecer la metodología de preparación y determinar el rendimiento en la obtención de extractos acuosos alcaloidales del chocho, a partir del grano crudo y cocido.
- b. Establecer la metodología de preparación y determinar el rendimiento en la obtención de extractos alcaloidales del chocho con otros solventes orgánicos.
- c. Determinar el efecto de la aplicación de varios recubrimientos a base de alcaloides del chocho, en la durabilidad del borojó (*Borojoa patinoi*).
- d. Determinar las diferencias sensoriales entre frutas preservadas con y sin recubrimientos.
- e. Realizar un análisis económico para determinar el costo de producción de un recubrimiento activo, a base de alcaloides del chocho.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 El Chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)



FOTOGRAFÍA Nº 1. APARIENCIA DEL GRANO

El tarwi o chocho es una leguminosa anual, cuyo grano se utiliza en la alimentación humana y animal. En el norte de Perú y Ecuador es conocido como chocho, tarwi en el centro del Perú y tauri en el sur del Perú y Bolivia (chuchus en Cochabamba, Bolivia) (28, 71).

TABLA 1. NOMBRES COMUNES DEL LUPINO EN EL MUNDO

| Denominaciones vernaculares |                             |                          |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Idioma                      | Denominación                | Región                   |
| Aymara                      | tauri                       | Bolivia                  |
| Quechua                     | tarwi, tarhui               | Bolivia, Perú            |
|                             | Chuchus, muti               | Bolivia                  |
|                             | chocho, chochito            | Ecuador y Norte del Perú |
| Azangaro                    | cequella                    | Perú                     |
| Castellano                  | altramuz, lupino            | Europa                   |
| Inglés                      | Andean lupine, pearl lupin. |                          |

Esta especie es pariente de los lupinos o altramuces originarios del viejo mundo que aún hoy son cultivados en Europa mediterránea, especialmente en España e Italia, pero que tienen un número cromosómico diferente (28).

Esta planta presenta una gran variabilidad morfológica y de adaptación ecológica en los Andes, por lo cual se ha sugerido que puede incluirse a tres subespecies (Gross, 1982; Tapia, 1984) (73).

- *Lupinus mutabilis*, chocho (norte de Perú y Ecuador), de mayor ramificación, muy tardío, mayor pilosidad en hojas y tallos, algunos ecotipos se comportan como bianuales, tolerantes a la antracnosis (73).
- *Lupinus mutabilis*, tarwi (centro y sur de Perú), de escasa ramificación, medianamente tardío, algo tolerante a la antracnosis (73).
- *Lupinus mutabilis*, tauri (altiplano de Perú y Bolivia), de menor tamaño (1-1,40 m) con un tallo principal desarrollado, muy precoz, susceptible a la antracnosis (73).

Restos de semillas de tarwi se han encontrado en tumbas de Nazca (100-500 años a.C). Algunas pinturas estilizadas de esta planta están representadas en cerámicas tiawanaquenses (500 - 1000 d.C) de las regiones altoandinas (Torres, 1976) (11, 12, 28).

Antúnez de Mayolo (1982) presenta varias evidencias de la importancia alimenticia que tuvo el *L. mutabilis* en la época prehispánica (11, 12, 28).

Durante la época colonial, la primera referencia sobre el tarwi proviene del padre Valverde quien, en una carta al rey de España en 1539, sugiere que se paguen los impuestos con este grano (11, 12, 28).

Hasta ahora no se ha definido ninguna forma ancestral silvestre; sin embargo existen muchas especies afines y con caracteres morfológicos muy parecidos, como *L. praestabilis*, que se puede encontrar en el área del Cuzco (30).

Según Mc Bride (1943), en los Andes se pueden diferenciar 83 especies del género *Lupinus* y el tarwi se debe haber originado probablemente de una mutación espontánea de una o varias de estas especies (11, 12, 28).

Gade, (1972) supone que el cultivo del tarwi no ha podido competir con otras leguminosas introducidas como el haba y la arveja, lo que ha motivado la declinación en el área cultivada. La desventaja no es agronómica, pues el chocho puede llegar a producir altos rendimientos (4-5 t/ha), sino por el contenido de alcaloides de la semilla que dan un sabor amargo y deben ser eliminados antes del consumo (11, 12, 28, 33).

Con frecuencia se compara al *Lupinus* con la soya por el valor nutritivo, aunque algunos ecotipos de lupinus superan en proteína y grasa a la soya, esta última es la leguminosa más común en el mundo, sin embargo se la cultiva sólo en las regiones subtropicales. Para las tierras frías, el género *Lupinus* ofrece diferentes especies: *L. mutabilis* o tarwi originario de los Andes, *Lupinus albus*, *L. luteus* y *L. angustifolius* originarios de la región sur de Europa (11, 12, 28, 33).

### 1.1.1 Descripción botánica

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Familia:                | Leguminosidae   |
| Género:                 | <i>Lupinus</i>  |
| Especie:                | <i>Lupinus mutabilis</i>  |
| Nombre común:           | "tarwi", "chocho"   |
| Inflorescencia:         | Color morado, blanco, morado  |
| Altura de planta:       | Hasta 0.8 - 1 m.  |
| Semillas forman vainas: | Semillas de color blanco marrones, negras de diámetro = 1cm. Contienen alcaloides amargos que impiden su consumo directo (4). |

### 1.1.1.1 Hojas

La hoja de *Lupinus* es de forma digitada, generalmente compuesta por ocho folíolos que varían entre ovalados a lanceolados. En la base del pecíolo existen pequeñas hojas estipulares, muchas veces rudimentarias. Se diferencia de otras especies de *Lupinus* en que las hojas tienen menos vellosidades (36).

El color puede variar de amarillo verdoso a verde oscuro, dependiendo del contenido de antocianina (11, 12, 28, 36).

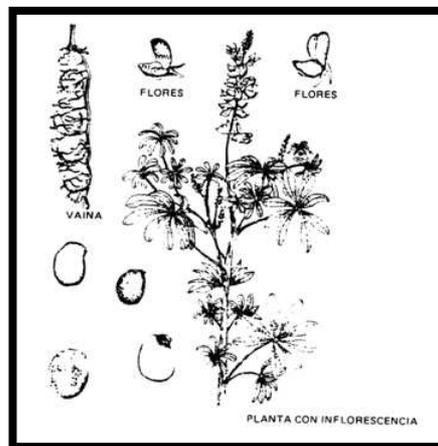


GRÁFICO 1. PLANTA DE CHOCHO  
FUENTE: LEÓN, 1964.

### 1.1.1.2 Flores e inflorescencia



FOTOGRAFÍA 2. FLORES E INFLORESCENCIAS

El chocho pertenece a la subfamilia *Papilionoideas* por lo cual presenta una corola grande de 1 a 2 cm, con cinco pétalos y compuesta por un estandarte, dos quillas y dos alas (28, 36).

Según el tipo de ramificación que presente la planta, puede tener hasta tres floraciones sucesivas. Blanco, (1980) menciona que en una sola planta pueden existir hasta 1000 flores (11, 12, 28, 33).

La coloración de la flor varía entre el inicio de su formación hasta la maduración, de un azul claro hasta uno muy intenso y de allí se origina su nombre científico, *mutabilis*, es decir que cambia. Los colores más comunes son los diferentes tonos de azul e incluso púrpura; menos frecuentes son los colores blanco, crema, rosado y amarillo (fotografía 2) (11, 12, 28, 33).

### 1.1.1.3 Semilla



FOTOGRAFÍA 3. SEMILLAS DE CHOCHO DE DIFERENTES ECOTIPOS

Las semillas del chocho están incluidas en número variable en una vaina de 5 a 12 cm y varían de forma (redonda, ovalada a casi cuadrangular), miden entre 0,5 a 1,5 cm. Un kilogramo tiene 3500 a 5000 semillas. La variación en tamaño depende tanto de las condiciones de crecimiento como del ecotipo o variedad (28, 33, 36).

La semilla está recubierta por un tegumento endurecido que puede constituir hasta el 10% del peso total (28, 33, 36).

Los colores del grano incluyen blanco, amarillo, gris, ocre, pardo, castaño, marrón y colores combinados como marmoleado, media luna, ceja y salpicado (fotografía N° 3) (Gross, 1982) (28, 33, 36).

La genética en la herencia del color de la semilla es bastante compleja y existen genes tanto para el color principal, como para cada una de las combinaciones (Blanco, 1980) (28, 33, 36).

#### **1.1.1.4 Tallo y ramificaciones**



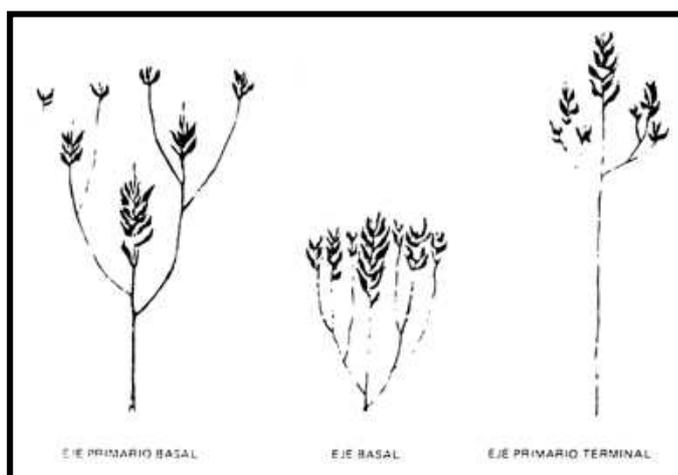
**FOTOGRAFÍA 4. TALLOS DEL CHOCHO**

La altura de la planta está determinada por el eje principal que varía entre 0,5 a 2,00 m. El tallo de tarwi es generalmente muy leñoso y se puede utilizar como combustible. Su alto contenido de fibra y celulosa, hace que se lo emplee como material de combustión, sin embargo podría permitir un proceso de industrialización (28, 33, 36).

El color del tallo oscila entre verde oscuro y castaño. En las especies silvestres es rojizo a morado oscuro (28, 33, 36).

Según el tipo de ramificaciones, la planta puede ser de eje central predominante, con ramas desde la mitad de la planta, tipo candelabro, o ramas terminales; o de una ramificación desde la base con inflorescencia a la misma altura (gráfico 2).

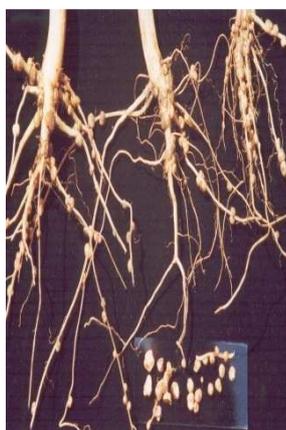
El número de ramas varía desde unas pocas hasta 52 ramas. El número de vainas y de ramas fructíferas tiene correlación positiva con una alta producción (Ticona, 1975), ((28, 33, 35).



**GRÁFICO 2. RAMIFICACIÓN DE LA PLANTA DE CHOCHO**  
FUENTE: GROSS, 1982

En la opinión de Ávila (1979), una arquitectura de tipo basal con desarrollo acentuado del tallo principal sin ramas secundarias podría permitir una siembra con mayor densidad de plantas y una maduración más uniforme. Este carácter estaría unido a variedades precoces y permitiría su cultivo con menos riesgo en las áreas de secano (35).

#### **1.1.1.5 Raíces y nódulos**



**FOTOGRAFÍA Nº 5. RAÍCES DEL CHOCHO**

Como leguminosa, el chocho tiene una raíz pivotante vigorosa y profunda que puede extenderse hasta 3 metros de profundidad (28, 33, 36).

En la raíz se desarrolla un proceso de simbiosis con bacterias nitrificantes que forman nódulos de variados tamaños (1 a 3 cm). Meza, (1974) indica que en suelos con presencia de bacterias, la formación de nódulos se inicia a partir del quinto día después de la germinación (28, 33, 36).

Bernal, (1982) encontró cepas de *Rhizobium lupini* con gran efectividad y su presencia en el eje central de la raíz estuvo altamente correlacionada con plantas más vigorosas y productivas. Sin embargo, se deben seleccionar razas de condiciones semejantes para lograr resultados positivos (28, 33, 36).

Los nódulos pueden alcanzar un diámetro hasta de 3 cm; se localizan principalmente en la raíz primaria, por encima de la ramificación radicular, e incluso en las raíces secundarias (Lange y Parker, 1960) (28, 33, 36).

### **1.1.2 Valor nutritivo**

Las semillas son excepcionalmente nutritivas. Las proteínas y aceites constituyen más de la mitad de su peso, estudios realizados en más de 300 diferentes genotipos muestran que la proteína varía de 41- 51% y el aceite de 14-24% (Gross *et al.* 1988) (Tabla 3), (33, 35, 36).

En base a análisis bromatológicos se determinaron que el grano posee en promedio 35.5% de proteína, 16.9% de aceites, 7.65% de fibra cruda, 4.145% de cenizas y 35.77% de carbohidratos, encontrando una correlación positiva entre la proteína y los alcaloides y negativa entre la proteína y el aceite (Tabla 2 y 3) (33, 35, 36).

**TABLA 2: COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN SEMILLAS DE CHOCHO (% DE ÁCIDOS GRASOS TOTALES)**

| <b>Ácidos</b>          | <b>%</b> |
|------------------------|----------|
| Oleico (Omega 9)       | 40.4     |
| Palmítico              | 13.4     |
| Linolénico (Omega 3)   | 2.9      |
| Palmitoleico           | 0.2      |
| Linoleico (Omega 6)    | 37.1     |
| Esteárico              | 5.7      |
| Mirístico              | 0.6      |
| Araquídico             | 0.2      |
| Behénico               | 0.2      |
| Erúxico                | 0.0      |
| Cociente Polisat/Satur | 2.0      |

FUENTE: GROSS, R., E. VON BAER, F. KOCH, R. MARQUARD, L. TRUGO & M. WINK. 1988.

**TABLA 3: COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL CHOCHO Y LA SOYA (g/100 g).**

| <b>Componente</b>  | <b>chocho</b> | <b>Soya</b> |
|--------------------|---------------|-------------|
| Proteína           | 44.3          | 33.4        |
| Grasa              | 16.5          | 16.4        |
| Carbohidratos      | 28.2          | 35.5        |
| Fibra              | 7.1           | 5.7         |
| Ceniza             | 3.3           | 5.5         |
| Humedad            | 7.7           | 9.2         |
| Alcaloides totales | 3.2           | -----       |

FUENTE: GROSS, R., E. VON BAER, F. KOCH, R. MARQUARD, L. TRUGO & M. WINK. 1988

### **1.1.3 CULTIVO**

#### **1.1.3.1 Localización Geográfica**

El chocho es cultivado en todo el Callejón Interandino, desde el Carchi hasta Chimborazo, a excepción de la zona austral (Provincias del Cañar y Azuay) (6, 7, 12).

#### **1.1.3.2 Características de este cultivo**

El chocho fija nitrógeno en los suelos mejorando la calidad de estos (150-200 kg/ha/año). Se cultiva normalmente en asociaciones con otros cultivos de la estación. En sus índices se muestran la bacteria *Rhizobium lupinum*, que es la responsable de fijar el nitrógeno atmosférico (6, 7, 12).

- Es resistente a sequías, heladas tempranas.
- Poco susceptible a plagas.
- Utiliza poca fertilización, solo requiere fósforo.

#### **1.1.3.3 Requerimientos climáticos**

El chocho se desarrolla adecuadamente en la región comprendida entre 3500-4000 msnm., correspondiente a la zona fría. Se cultiva preferencialmente en mesetas altoandinas (6, 7, 12).

El requerimiento térmico es:

- Temperatura = 20 - 25°C (Diurno). Desarrollo vegetativo.
- Temperatura = 9.5°C (Nocturna). Desarrollo de granos, para excitar la metabolización de los aceites sintetizados durante el día.

Durante la formación de granos, después de la primera y segunda floración, el chocho es tolerante a las heladas. Al inicio de la ramificación es algo tolerante, pero susceptible durante la fase de formación del eje floral (6, 7, 12).

Los requerimientos de humedad son variables dependiendo de los ecotipos; sin embargo, y debido a que el chocho se cultiva sobre todo bajo secano, los requerimientos oscilan entre 400 a 800 mm de precipitación de agua. La planta es susceptible a sequías durante la formación de flores y frutos, afectando seriamente la producción (6, 7, 12).

Requerimiento hídrico:

- 350 mm en el período vegetativo
- 500 – 700 mm en la floración.

#### **1.1.3.4 Requerimiento de suelos**

El chocho es propio de suelos pobres y marginales, sin embargo, sus rendimientos dependen del suelo en que se lo cultive (6, 7, 12).

Cuando existe una apropiada humedad, la planta se desarrolla mejor en suelos francos a francos arenosos; requiere además un balance adecuado de nutrientes. No necesita elevados niveles de nitrógeno, pero sí la presencia de fósforo y potasio. Esta especie no resiste los suelos pesados y humedad excesiva (35).

En algunos campos se ha notado la presencia de plantas cloróticas (de color verde muy pálido a amarillo). Se ha atribuido esta característica a varias razones: daño mecánico en la etapa muy temprana de la planta o una deficiencia de minerales, como magnesio y manganeso (6, 7, 12).

Se ha mencionado en muchas oportunidades que el chocho desmejora el suelo, "lo deja muy pobre". Esta creencia popular puede tener su origen en la aparente extracción de cantidades significativas de fósforo, dejando el suelo pobre en este elemento para el siguiente cultivo (6, 7, 12).

Las laderas de cerros con suelos delgados pueden producir una cosecha aceptable de grano y en muchos casos se siembra con labranza cero, lo que disminuye el peligro de erosión (6, 7, 12).

#### 1.1.4 Propagación

Actualmente, en Ecuador existen varios ecotipos locales especialmente de las provincias de Chimborazo y Cotopaxi, además el INIAP dispone de la variedad INIAP-450 ANDINO y varias líneas promisorias que se caracterizan por su precocidad de siete meses a la cosecha y rendimiento superior en un 100% a los ecotipos tradicionales. Sin embargo se ha determinado que no existen diferencias marcadas en el contenido de alcaloides entre variedades, líneas promisorias y ecotipos locales, por lo que la materia prima para el desamargado podría obtenerse de cualquiera de estos materiales. (6, 7, 12).

#### 1.1.5 Análisis de la Producción y Productividad

El cultivo de chocho en Ecuador, entre 1986 y 1995, tuvo una tendencia creciente en cuanto a superficie cosechada y producción, aunque los rendimientos se presentaron bajos (Tabla 4). Así mismo los centros de mayor producción son Cotopaxi y Chimborazo (Tablas 5, 6 y 7) (6, 7, 12).

**TABLA 4. SUPERFICIE COSECHADA, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE CHOCHO EN ECUADOR. 1986-1995**

| <i>Años</i>     | <b>Superficie cosechada<br/>(ha)</b> | <b>Producción<br/>(t)</b> | <b>Rendimiento<br/>(t.ha<sup>-1</sup>)</b> |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------------|--|
| <b>1986</b>     | 2400                                 | 662                       | 0,276                                      |
| <b>1987</b>     | 3645                                 | 887                       | 0,243                                      |
| <b>1989</b>     | 4979                                 | 1095                      | 0,220                                      |
| <b>1990</b>     | 3860                                 | 1097                      | 0,284                                      |
| <b>1991</b>     | 3983                                 | 1148                      | 0,288                                      |
| <b>1992</b>     | 4135                                 | 1043                      | 0,252                                      |
| <b>1993</b>     | 4447                                 | 1105                      | 0,248                                      |
| <b>1994</b>     | 6994                                 | 1816                      | 0,260                                      |
| <b>1995</b>     | 5552                                 | 1334                      | 0,240                                      |
| <b>Promedio</b> | 4444                                 | 1132                      | 0,257                                      |

FUENTE: INEC. 1986-1995

**TABLA 5. SUPERFICIE COSECHADA (ha) DE CHOCHO EN LA SIERRA ECUATORIANA. 1986-1995.**

| Provincias          | 1986 | 1987 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | Total<br>9 años | Promedio/<br>provincia |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------------------------|
| <b>Carchi</b>       | 100  | 100  | 19   | 90   | 36   | 5    | 47   | 13   | 12   | 422             | 47                     |
| <b>Imbabura</b>     | 200  | 45   | 140  | 8    | 100  | 490  | 100  | 370  | 360  | 1813            | 201                    |
| <b>Pichincha</b>    | 500  | 500  | 770  | 670  | 670  | 490  | 540  | 700  | 430  | 5270            | 586                    |
| <b>Cotopaxi</b>     | 700  | 1300 | 2260 | 1760 | 1990 | 1930 | 2100 | 4280 | 3040 | 19360           | 2151                   |
| <b>Tungurahua</b>   | 200  | 200  | 120  | 22   | 47   | 150  | 80   | 60   | 110  | 989             | 110                    |
| <b>Bolívar</b>      | 100  | 100  | 350  | 410  | 270  | 220  | 590  | 450  | 530  | 3020            | 336                    |
| <b>Chimborazo</b>   | 600  | 1400 | 1320 | 900  | 870  | 850  | 990  | 1121 | 1070 | 9121            | 1013                   |
| <b>Cañar</b>        | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -               | -                      |
| <b>Azuay</b>        | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -               | -                      |
| <b>Loja</b>         | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -               | -                      |
| <b>Total</b>        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                 |                        |
| <b>Sierra/año</b>   | 2400 | 3645 | 4979 | 3860 | 3983 | 4135 | 4447 | 6994 | 5552 | 39995           | 4444                   |
| <b>Promedio/año</b> | 343  | 521  | 711  | 551  | 569  | 591  | 635  | 999  | 793  | 5714            | 635                    |

FUENTE: INEC. 1986-1995

**TABLA 6. PRODUCCIÓN (t) DE CHOCHO EN LA SIERRA ECUATORIANA. 1986-1995**

| Provincias              | 1986 | 1987 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | Total<br>9 años | Promedio/<br>Provincia |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------------------------|
| <b>Carchi</b>           | 50   | 82   | 3    | 45   | 15   | 3    | 13   | 7    | 6    | 224             | 25                     |
| <b>Imbabura</b>         | 72   | 18   | 53   | 3    | 32   | 105  | 26   | 127  | 53   | 490             | 54                     |
| <b>Pichincha</b>        | 213  | 233  | 200  | 192  | 226  | 110  | 167  | 202  | 165  | 1708            | 190                    |
| <b>Cotopaxi</b>         | 141  | 228  | 372  | 424  | 539  | 618  | 400  | 990  | 649  | 4362            | 485                    |
| <b>Tungurahua</b>       | 41   | 68   | 65   | 14   | 29   | 50   | 36   | 23   | 18   | 344             | 38                     |
| <b>Bolívar</b>          | 25   | 27   | 93   | 187  | 81   | 47   | 176  | 184  | 165  | 986             | 110                    |
| <b>Chimborazo</b>       | 120  | 231  | 309  | 231  | 226  | 110  | 286  | 282  | 278  | 2073            | 230                    |
| <b>Cañar</b>            | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -               | -                      |
| <b>Azuay</b>            | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -               | -                      |
| <b>Loja</b>             | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -               | -                      |
| <b>Total Sierra/año</b> | 662  | 887  | 1095 | 1097 | 1148 | 1043 | 1105 | 1816 | 1334 | 10187           | 1132                   |
| <b>Promedio/año</b>     | 95   | 127  | 156  | 157  | 164  | 149  | 158  | 259  | 191  | 1455            | 162                    |

FUENTE: INEC. 1986-1995

**TABLA 7. RENDIMIENTO (t.ha<sup>-1</sup>) DE CHOCHO EN LA SIERRA ECUATORIANA. 1986-1995**

| <i>Provincias</i>       | 1986  | 1987  | 1989  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | Total<br>9 años | Promedio/<br>Provincia |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|------------------------|
| <b>Carchi</b>           | 0,504 | 0,820 | 0,167 | 0,498 | 0,409 | 0,526 | 0,283 | 0,562 | 0,484 | 4,254           | 0,473                  |
| <b>Imbabura</b>         | 0,360 | 0,400 | 0,377 | 0,385 | 0,322 | 0,214 | 0,263 | 0,344 | 0,148 | 2,812           | 0,312                  |
| <b>Pichincha</b>        | 0,426 | 0,466 | 0,259 | 0,286 | 0,337 | 0,225 | 0,310 | 0,289 | 0,384 | 2,981           | 0,331                  |
| <b>Cotopaxi</b>         | 0,202 | 0,175 | 0,165 | 0,241 | 0,271 | 0,320 | 0,191 | 0,231 | 0,214 | 2,009           | 0,223                  |
| <b>Tungurahua</b>       | 0,203 | 0,340 | 0,546 | 0,640 | 0,625 | 0,332 | 0,445 | 0,388 | 0,162 | 3,681           | 0,409                  |
| <b>Bolívar</b>          | 0,250 | 0,270 | 0,267 | 0,457 | 0,301 | 0,213 | 0,298 | 0,409 | 0,312 | 2,777           | 0,309                  |
| <b>Chimborazo</b>       | 0,200 | 0,165 | 0,234 | 0,257 | 0,259 | 0,130 | 0,289 | 0,251 | 0,260 | 2,045           | 0,227                  |
| <b>Cañar</b>            | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -               | -                      |
| <b>Azuay</b>            | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -               | -                      |
| <b>Loja</b>             | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -               | -                      |
| <b>Total Sierra/año</b> | 2,145 | 2,636 | 2,014 | 2,765 | 2,524 | 1,960 | 2,078 | 2,475 | 1,963 | 20,559          | 2,284                  |
| <b>Promedio/año</b>     | 0,306 | 0,377 | 0,288 | 0,395 | 0,361 | 0,280 | 0,297 | 0,354 | 0,280 | 2,937           | 0,326                  |

Fuente: INEC. 1986-1995

### 1.1.6 Organización y forma de producción

El sector agropecuario o primario, sigue siendo el de mayor importancia en el Ecuador ya que en éste se encuentra al mayor número de la población económicamente activa (Tabla 8) (6, 7, 12).

No se conoce el número exacto de productores de chocho, no existen organizaciones o gremios alrededor de este rubro. Conocemos que el Banco Nacional de Fomento tiene líneas de crédito restringido para la siembra de éste cultivo. En los últimos años la demanda nacional e internacional, es insatisfecha, lo cual genera expectativa en cuanto a oportunidades de incrementar la superficie sembrada y la producción, pero al mismo tiempo se observa la necesidad de contar con tecnologías que permitan producir más y mejor, conservando los recursos naturales. El chocho tiene diferentes sistemas o formas de producción ya sea asociado, intercalada y para rotación con otros cultivos (6, 7, 12).

El cultivo y procesamiento de esta especie genera empleo y es fuente de ingresos alternativos para muchos productores ecuatorianos. Generalmente este cultivo ha estado relacionado con agricultores de subsistencia, pequeños y medianos, los cuales abastecen el mercado interno. A pesar de la importancia socioeconómica y agroecológica y de observarse un incremento creciente de la producción en la última década, éstos no han sido en niveles superiores al 30% (6, 7, 12).

**TABLA 8. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA POR SECTOR**

| <b>Ramo de actividad</b>    | <b>Población</b> |
|-----------------------------|------------------|
| a)Sector primario           | 1 035 712        |
| b)Sector secundario         | 600 584          |
| c)Sector terciario          | 1 527 300        |
| d)Personal no especializado | 157 730          |
| e)Varias actividades        | 38 441           |

a) Agricultura, silvicultura, caza y pesca

b) Industria de transformación, construcción y energía

c) Comercio, comunicación, transporte y servicios

**Fuente:** INEC. V Censo poblacional, 1990

## **1.1.7 Tecnología de Producción**

### **1.1.7.1 Ciclo vegetativo**

El chocho es un cultivo que se cosecha entre los 180 y 360 días, dependiendo de la variedad o ecotipo y de la altitud. Si son ecotipos tradicionales de Cotopaxi o Chimborazo, se cosechan entre los 270 y 360 días. (6, 7, 12).

La variedad INIAP ANDINO, tienen las siguientes características:

- Germinación de los 12 a 21 días
- Floración de los 76 a 125 días
- Envainamiento de los 100 a 132 días
- Días a la cosecha de los 167 a 225

### **1.1.7.2 Proceso productivo**

El proceso de producción del chocho incluye las siguientes etapas:

#### **1.1.7.2.1 Preparación del terreno**

Las labores principales se pueden realizar con tractor, yunta o manualmente, y son: arada (en caso necesario); rastrada; cruza y surcada. El número de labores dependerá de la clase de terreno, topografía y cultivo anterior, pero debe realizarse con la debida anticipación, para que los restos de las cosechas anteriores, malezas y plagas puedan ser incorporadas al suelo (6, 7, 12).

#### **1.1.7.2.2 Rotación de cultivos**

Esta es una práctica que ayuda principalmente a conservar la fertilidad del suelo y a romper el ciclo biológico de muchos patógenos que causan pudriciones de la raíz. En el caso de chocho se recomienda rotar con cereales (cebada, centeno, quinua, maíz, etc.) y tubérculos como papa, en áreas donde este cultivo es parte del sistema de producción, porque aprovecha el remanente de fertilizante del cultivo de papa. No se recomienda sembrar chocho en monocultivo por más de dos años consecutivos (6, 7, 12).

#### **1.1.7.2.3 Siembra**

El chocho se debe sembrar en surcos distanciados a 60 cm, en forma manual o mecanizada. En el primer caso la distancia entre plantas puede variar de 20 a 30 cm. La semilla en número de 3 a 4 se coloca en el fondo y a un costado del surco. Para la siembra mecánica, se utiliza una máquina de tracción manual, con dosificador de alveolos. Se recomienda utilizar 60 a 80 kg/ha de semilla seleccionada o certificada. En Pichincha, Cotopaxi y Chimborazo la siembra debe realizarse entre diciembre y marzo. Es importante realizar la siembra cuando exista suficiente humedad en el suelo, para asegurar la germinación y emergencia (6, 7, 12).

#### **1.1.7.2.4 Fertilización**

En suelos arenosos se debe aplicar 60 kg de  $P_2O_5$  (fósforo)/ha o 225 kg de roca fosfórica a la siembra o al aporque y micronutrientes (200 g de Librel-BMX o Fetrilon Combi) antes de la floración por vía foliar. La aplicación del fertilizante se debe hacer a chorro continuo y al fondo del surco. En suelos francos, especialmente después de papa, si se utilizan niveles medios o altos de fertilización, no se recomienda fertilizar porque el excedente del fertilizante del cultivo anterior es aprovechado por el cultivo de chocho (6, 7, 12).

#### **1.1.7.2.5 Control de malezas**

Se recomienda hacer una primera deshierba o rascadillo entre los 30 y 45 días después de la siembra, luego un aporque a los 60 días, el mismo que sirve como segunda deshierba. Estas labores son de mucha importancia ya que le da aireación a la planta y favorece su crecimiento (6, 7, 12).

#### **1.1.7.2.6 Control de plagas**

La mejor forma de prevenir el daño de trozadores es mediante la buena preparación del suelo y con la debida anticipación a la siembra (6, 7, 12).

Para controlar trozadores (*Agrotys* sp.) y cogolleros (*Copitarsia* sp), se recomienda aplicar a la base de la plántula, entre los 15 y 30 días de la siembra, si se observa un daño entre el 5 y 10%, los siguientes productos: Para barrenador del tallo (*Melanogramiza* linni), trips (*Triphidae*) y para la mosca del grano, productos de sello verde o azul (Thuricide *Bacillus thuringiensis*, 400 mL en 200 L de agua) (6, 7, 12).

### **1.1.7.2.7 Control de enfermedades**

#### **A. Radiculares**

##### **a. Marchitez por *Fusarium* o Fusariosis**

Esta enfermedad es causada por *Fusarium oxisporum*. Se presenta principalmente en campos donde se siembra chocho en monocultivo. Esta enfermedad se expresa principalmente en plantas adultas.

La marchitez es causada por la infección de hongo en la raíz, cuello de raíz y base del tallo, donde se observan lesiones alargadas y difusas, con bordes pronunciados de color café claro a café oscuro. En los campos de cultivo se observan manchas de plantas marchitas, las que se desprenden con facilidad del suelo (6, 7, 12).

##### **b. Marchitez por *Pythium***

Esta enfermedad es causada por *Pythium* spp, las plantas marchitas presentan un estrangulamiento en el cuello de la raíz y base del tallo. La lesión avanza ascendentemente en algunos casos hasta llegar al ápice de la planta. La infección del patógeno también se presenta en las raíces donde se observa una pudrición húmeda. En la zona afectada de la planta se desarrolla un micelio blanco algodonoso (6, 7, 12).

##### **c. Marchitez por *Rhizoctonia***

Esta enfermedad es causada por *Rhizoctonia* spp., en las plantas enfermas se presenta un marchitamiento seguido por una necrosis de las hojas. En las raíces, cuello de la raíz y base del tallo se observa chancros de hasta 1 cm de diámetro y un color pardo rojizo con bordes definidos y pronunciados. Estos chancros pueden coalescer formando lesiones grandes que provocan el estrangulamiento del cuello y volcamiento de las plantas (6, 7, 12).

Para el control de enfermedades radiculares se recomienda el uso de semillas certificadas y prácticas de rotación de cultivos (6, 7, 12).

## **B. Foliare**

Las principales enfermedades foliares observadas en chocho, especialmente en zonas húmedas de la Sierra ecuatoriana, son: antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), roya (*Uromyces lupini*), cercospora (*Cercospora sp.*) y ascochyta (*Ascochyta sp*) (6, 7, 12).

Para controlar antracnosis, *ascochyta*, *cercospora* y roya se recomienda sembrar en épocas adecuadas, utilizar semilla certificada y realizar aplicaciones preventivas a base de productos de etiqueta verde o azul (6, 7, 12).

### **1.1.8 Cosecha y poscosecha**

#### **1.1.8.1 Cosecha y trilla**

**1.1.8.1.1 Para grano comercial.-** Se recomienda arrancar las plantas y exponerlas al sol para conseguir un secado uniforme de tallos y vainas. También se puede cortar únicamente los racimos de vainas, usando una hoz o manualmente, cuando presente una coloración café y estén completamente secas (6, 7, 12).

**1.1.8.1.2 Para semilla.-** Se recomienda seleccionar plantas sanas, que presenten buena arquitectura. Se debe cosechar por separado los ejes centrales.

La trilla se puede realizar manualmente golpeando las vainas con palos o varas sobre mantos o eras. También se puede hacer utilizando trilladoras estacionarias de leguminosas o cereales (6, 7, 12).

### 1.1.8.2 Prácticas poscosecha

Luego de la trilla, se recomienda ciertas prácticas de manejo poscosecha para evitar pérdidas innecesarias del producto cosechado o el deterioro prematuro de la calidad del grano (6, 7, 12).

**1.1.8.2.1 *Secado del grano.***- Es conveniente realizar el secado del grano, labor que se puede hacer con la exposición al sol en eras o tendales. La humedad máxima que debe tener el grano para el comercio o semilla es 13% o menos (6, 7, 12).

**1.1.8.2.2 *Clasificado y limpieza del grano.***- La clasificación y limpieza del grano se realiza para obtener un grano de alta calidad y un mejor precio en el mercado.

Para eliminar impurezas se utiliza un tamiz de 4 mm. de diámetro y un tamiz de 8 mm para separar el grano de primera calidad de los granos más finos, que quedarían como subproductos de segunda calidad (6, 7, 12).

**1.1.8.2.3 *Almacenamiento.***- Utilizar bodegas con ventilación (secas) y libre de insectos. Se ha observado el ataque de gorgojo en ciertas áreas de Chimborazo. En grano almacenado se recomienda usar Gastoxin (Fosfamina) 1 tableta por 50 kg de grano o semilla en envase herméticamente cerrados (6, 7, 12).

**1.1.8.2.4 *Eliminación de alcaloides.*** El chocho es una leguminosa, cuyos granos o semillas contienen alcaloides. Por tanto, para su consumo es importante realizar un proceso de desamargado en agua. Este proceso requiere de tres fases: hidratación, cocción y desamargado (6, 7, 12).

- a) ***Hidratación.***- consiste en hidratar el grano en agua limpia por el tiempo de 14 horas.
- b) ***Cocción,*** consiste en cocinar el grano por 40 minutos, se puede hacer a gas o con leña.

- c) *Desamargado*, consiste en remojar por tres días o más el grano de chocho cocido. No existen parámetros para determinar el punto ideal del grano sin alcaloides. La experiencia y palatabilidad ayuda a determinar el estado ideal para la comercialización y consumo.

### **1.1.9 Rendimientos**

Según el INEC (1986-19995) el rendimiento promedio de chocho a nivel de productores en la Sierra ecuatoriana es de  $0,257 \text{ t.ha}^{-1}$  con una rango de  $0,220$  a  $0,88 \text{ t.ha}^{-1}$ . En el INIAP, en varios trabajos de investigación y multiplicación de semillas se han obtenido rendimientos desde los  $0,333$  hasta los  $1,300 \text{ t.ha}^{-1}$ , con la variedad INIAP ANDINO-450. Por tanto en la actualidad existen líneas y/o variedades precoces y semitardías, las mismas que con una tecnología adecuada permiten obtener rendimientos superiores en un 40% al promedio nacional (6, 7, 12).

Según la información revelada por el III Censo Nacional Agropecuario, el número de UPAs (Unidad de Producción Agrícola) registradas para el período de referencia del censo (1º/10/99 al 30/9/2000), fueron 9596, con una superficie sembrada de 5974 ha y una superficie cosechada de 3921 ha (6, 7, 12).

La producción obtenida fue de 789 toneladas. Para el mismo período se registraron ventas por 601 toneladas, correspondiente al 76% de la producción del año censal. Es importante observar que las pérdidas fueron importantes, cosechándose el 66% de la superficie sembrada en el periodo de referencia (6, 7).

La superficie promedio por UPA, no llega a la hectárea, considerando que se encuentra en algo más de media hectárea, es decir que existe una gran cantidad de productores con pequeñas superficies sembradas con este cultivo (6, 7, 12).

Es de considerar que casi el 100% de la producción se localiza en la región sierra, siendo la provincia de mayor peso en cuanto a la producción obtenida, Cotopaxi, donde se encuentran 4869 UPAs, y la producción obtenida fue de 327 toneladas.

Chimborazo, también registra un número de UPAs importante (1882), con una superficie sembrada de 1324 ha, la superficie cosechada fue de 810 ha y una producción de 185 toneladas. Es de destacar que el 70% de las UPAs del país se encuentran en las provincias de Cotopaxi y Chimborazo, así como el 75% de la superficie sembrada y el 71% de la superficie cosechada. La producción en estas provincias abarca el 65% de la producción nacional (6, 7, 12).

Dentro de la provincia de Cotopaxi, se destaca la producción en los cantones de Pujilí y Latacunga. En Pujilí se localizaron unas 1765 UPAS con una superficie sembrada de 1189 ha, cosechada 686 ha, obteniéndose una producción de 73 toneladas y un rendimiento promedio de 106 kg/ha, siendo el promedio nacional 200 kg/ha (6, 7, 12).

En la provincia de Chimborazo, los rendimientos promedios encontrados, corresponden a 230 kg/ha. La producción es más pareja en cuanto a los cantones; encontrándose superficie sembrada con chocho principalmente en Guano, Guamote, Riobamba, Colta y Alausí (6, 7, 12).

Más del 70% de la superficie sembrada con chocho a nivel nacional se encuentra en plantaciones aisladas de este cultivo y el resto en asociación con otros cultivos.

En la provincia de Cotopaxi, este porcentaje se ve reducido a un 60% de cultivo solo y 40% en asociación. Mientras que en Chimborazo, el 84% de los cultivos se encuentran solos. Esto muestra una modalidad de cultivo (6, 7, 12).

En cuanto al uso de fertilizantes en las plantaciones, a nivel nacional el 60% de la superficie sembrada no recibió tratamiento de fertilización en el cultivo (6, 7, 12).

En Chimborazo, el 88% de la superficie sembrada no recibió tratamiento de fertilización. Igualmente el 90% de la superficie sembrada no recibió ningún tipo de tratamiento fitosanitario (6, 7, 12).

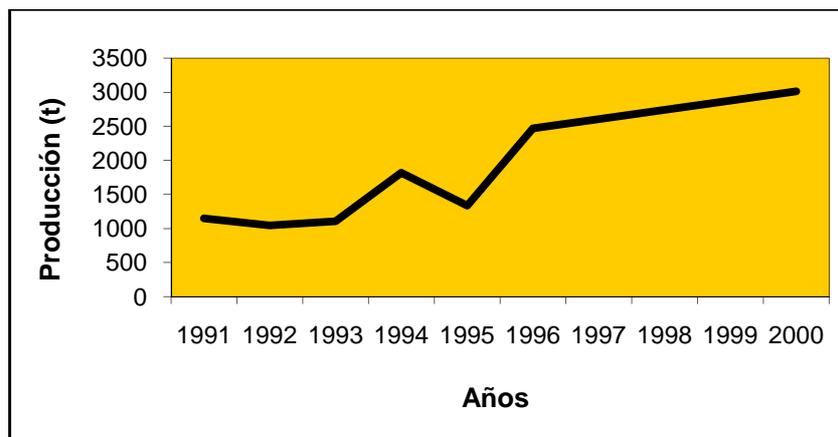
En cuanto al uso de riego, solo el 6% de la superficie sembrada durante el periodo de referencia del censo recibió aplicación de riego suplementario. En las provincias de Cotopaxi y Chimborazo, este porcentaje varía entre el 3 y el 5%, respectivamente. Respecto al tipo de semilla utilizada en el cultivo, el 99% de las plantaciones son realizadas con semilla común, en muchos de los casos de reciclaje (6, 7, 12).

El 98% de los productores son personas físicas, es decir productores individuales que no forman parte de ningún tipo de sociedad de hecho ni registrada. (6, 7, 12).

El 85% de los productores de chocho, viven en la misma finca donde producen el grano, siendo el 66% de los productores, hombres. En el caso de Cotopaxi, el 61% de los productores de chocho, son hombres y en Chimborazo ese porcentaje se incrementa, llegando al 71% (6, 7, 12).

En cuanto la venta de la producción obtenida a nivel nacional, se observa que la mayoría fue vendida fuera de las fincas y un porcentaje cercano al 6%, no fue vendida durante el periodo de referencia del censo (6, 7, 12).

En cuanto a la producción vendida, esta se entrega en un 95% a los intermediarios y el 5% restante directamente al consumidor (6, 7, 12).



**FIGURA 1. PRODUCCIÓN DE CHOCHO EN EL ECUADOR**  
ELABORADO POR: CAICEDO C. (2000)

#### **1.1.10 ELEMENTOS DE APOYO AL CULTIVO**

En 1996 sólo existían elementos de apoyo para la fase de investigación y pequeñas parcelas de multiplicación de semilla de chocho por parte de instituciones como el INIAP a través del P-BID-206-FUNDACYT (6, 7, 12).

Sin embargo en los últimos dos años se determinó que existen entidades no gubernamentales (CRS-Riobamba, Visión Mundial-Saquisilí) y privadas (INAGROFA) dedicadas exclusivamente a la promoción de la producción de éste rubro; no es lo suficiente por lo que debe incentivarse y promocionar de mejor manera la producción de ésta especie (6, 7, 12).

#### **1.1.11 COMERCIALIZACIÓN**

El chocho, al igual que la mayoría de granos, una vez que es cosechado es sometido a un proceso de trillado. Este proceso consiste en eliminar o separar la vaina del grano. Luego se clasifica o selecciona el grano y finalmente se seca y almacena a temperaturas ambiente. Estas actividades ayudan a mejorar la calidad del grano para la comercialización (6, 7, 12).

En los centros de mayor producción de chocho Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha e Imbabura, la distribución es similar en cada zona; por aspectos de tradición, ubicación y comercialización (6, 7, 12).

En las cuatro provincias, el mayor volumen de producción se destina a la venta (90%). Para el consumo familiar y semilla, apenas queda el 10%. Estos valores evidencian dos aspectos: El primero es que existe una necesidad económica, esta necesidad obliga a la venta del mayor volumen de producción. El segundo aspecto se debe a que procesan muy poco chocho para su consumo y éste se realiza mediante la compra del producto ya desamargado (6, 7, 12).

En Chimborazo y Cotopaxi se dedica la mayor cantidad de chocho para la venta, mientras que en Imbabura y Pichincha la mayor cantidad se dedica para el consumo en finca y para semilla (6, 7, 12).

#### **1.1.11.1 Canales de Comercialización**

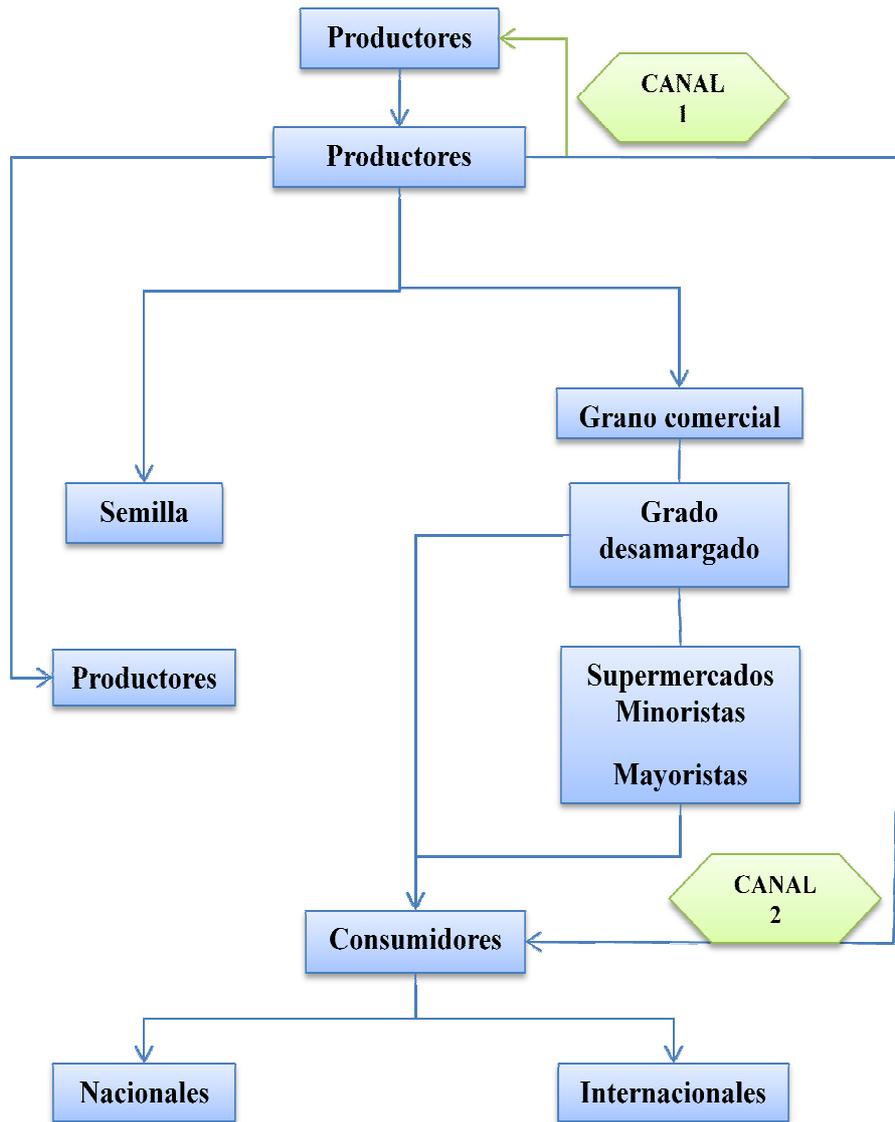
El sistema de comercialización de chocho en los centros de producción de Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha e Imbabura se realiza por medio de intermediarios o acopiadores zonales ubicados en Guamote, Alausí, Latacunga, Saquisilí, Cayambe, Otavalo y Cotacachi. De estos centros pasan a su vez a los procesadores, los cuales realizan el procesamiento tradicional de remojo, cocción y desamargado y luego distribuyen a vendedores detallistas o tiendas para llegar al consumidor final (6, 7, 12).

En Pichincha e Imbabura es más acentuada la presencia de intermediarios para comercializar chocho. Sin embargo la mayoría de productores de la provincia de Imbabura y Cotopaxi no tienen problemas en la comercialización. En las provincias de Chimborazo y Pichincha, ocurre lo contrario, se quejan de injusticia en la venta del producto (grano comercial), porque el precio que reciben es bajo (6, 7, 12).

Con éstos antecedentes podríamos analizar dos situaciones: la primera de que se debería mejorar la calidad del producto. Es decir se debe ofertar un grano libre de impurezas, sano y uniforme. La segunda situación es que el sistema de comercialización debe fortalecerse organizando a los productores para que no sean explotados por los intermediarios. Estos, se llevan el mayor porcentaje de ganancias sin arriesgar y en corto tiempo. Por tanto los canales de comercialización propuestos son los siguientes (Figura 2) (6, 7, 12).

**Canal 1:** el primer canal de comercialización está entre los productores y la Empresa agroindustrial, la misma que será la responsable de acopiar y desamargar chocho ofrecido por los productores (6, 7, 12).

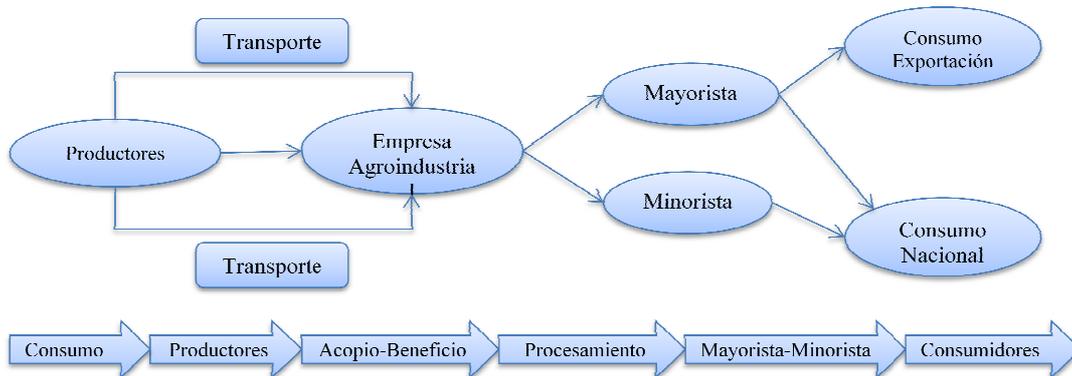
**Canal 2:** la Empresa oferta semilla de calidad a los productores y comprará grano comercial para desamargado. Este grano desamargado pasará a distribuirse por medio de minoristas, mayoristas, supermercados o directamente a los consumidores a nivel nacional e internacional (6, 7, 12).



**FIGURA 2. CANALES PARA MEJORAR LA COMERCIALIZACIÓN DEL GRANO**  
FUENTE: CAICEDO C. (2000)

### 1.1.11.2 Distribución física del chocho

El grano amargo producido por los productores de los diferentes centros de producción, generalmente es transportado por medio de vehículos hasta el mercado o plaza, centros de acopio o en pocos casos directamente a los procesadores. Este grano generalmente se comercializa con un porcentaje de humedad entre el 14 y 16% y con un porcentaje de impurezas entre el 5 y 10%. El problema mayor en este proceso es el precio y peso injusto que recibe el productor. Se plantea realizar la distribución física en una forma más directa y más justa entre el productor y la empresa agroindustrial, la misma que acopiaría la materia prima ofertada por el productor ya sea en campo del mismo o en el centro de acopio, para luego seguir el proceso de distribución física como se observa en la Figura 3. (6, 7, 12).



**FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN FÍSICA DEL CHOCHO**  
FUENTE: CAICEDO C. (2000)

### 1.1.11.3 ANÁLISIS FODA PARA LA COMERCIALIZACIÓN

En la Tabla 9 se presentan las fortalezas y debilidades de la comercialización del chocho como grano desamargado, las mismas que presentan oportunidades y amenazas que habrá que tomar muy en cuenta para el buen desarrollo de este eslabón de la cadena (6, 7, 12).

**TABLA 9. FODA COMERCIALIZACIÓN**

| <b>FACTORES INTERNOS</b> | <b>FORTALEZAS</b>  | <b>DEBILIDADES</b>  |
|--------------------------|--|---|
| <b>Producto</b>          | Alto contenido de proteína   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta perecibilidad.</li> <li>• Bajos volúmenes de Comercialización.</li> <li>• Falta de experiencia en la comercialización.</li> </ul> |
| <b>Comercialización</b>  | Alternativa para mejorar otros alimentos<br><br>Producto orgánico<br>Altos niveles de rentabilidad, para consumo directo | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El consumidor todavía no reconoce la calidad del producto</li> <li>• Sistemas costosos de comercialización</li> </ul>                  |
|                          | Posibilidades de valor agregado  |   |
| <b>FACTORES EXTERNOS</b> | <b>OPORTUNIDADES</b>   | <b>AMENAZAS</b>   |
| <b>Demanda</b>           | Incremento de mercado nacional e internacional   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de la demanda por presencia de productos sustitutos de bajo costo y calidad.</li> </ul>                                      |
| <b>Inversión</b>         | Incremento de capitales para investigación y desarrollo  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demandas irregulares del producto.</li> </ul>  |
|                          | Precios atractivos<br>Existen canales de comercialización y promoción  |   |

**FUENTE:** CAICEDO C. (2000)

## 1.1.12 COMPOSICIÓN QUÍMICA

### 1.1.12.1 Composición química y valor nutricional:

En los ensayos sobre los componentes químicos del grano de *lupinus mutabilis sweet* a veces se encuentran ambigüedades, incoherencias y hasta contradicciones, mismas que dificultan una evolución de los datos (Tabla 10). Diferencias que pueden deberse a la variabilidad genética y a la influencia ambiental (16).

La semilla cruda de chocho tiene un promedio del 19 % en aceite, lo que constituye un atractivo económico (16).

**TABLA 10: COMPOSICIÓN POR 100 g DE PORCIÓN COMESTIBLE**

| <b>Composición</b> | <b>chocho cocido<br/>con cáscara</b> | <b>chocho crudo<br/>sin cáscara</b> | <b>chocho<br/>harina</b> |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Energía Kcal.      | 151                                  | 277                                 | 458                      |
| Agua g             | 69.7                                 | 46.3                                | 37.0                     |
| Proteína g         | 11.6                                 | 17.3                                | 49.6                     |
| Grasa g            | 8.6                                  | 17.5                                | 27.9                     |
| Carbohidratos g    | 9.6                                  | 17.3                                | 12.9                     |
| Fibra g            | 5.3                                  | 3.8                                 | 7.9                      |
| Ceniza g           | 0.6                                  | 1.6                                 | 2.6                      |
| Calcio mg          | 30                                   | 54                                  | 93                       |
| Fósforo mg         | 123                                  | 262                                 | 440                      |
| Hierro mg          | 1.4                                  | 2.3                                 | 1.38                     |
| Tiamina mg         | 0.01                                 | 0.60                                | .                        |
| Riboflavina mg     | 0.34                                 | 0.4                                 | -                        |
| Niacina mg         | 0.95                                 | 2.10                                | .                        |
| Ácido ascórbico    | 0.00                                 | 4.6                                 | .                        |

FUENTE: CAICEDO C. (2000)

#### 1.1.12.1.1 Proteínas solubles en agua.

El contenido de proteína en el chocho es tan alto como en los granos de soya. Las globulinas corresponden a la mayor fracción proteica, siendo la albúmina la restantes. Las globulinas presentan un amplio punto isoelectrico entre pH 4 – 6 con solubilidad mínima de nitrógeno entre 10 – 20 % (15, 16, 28).

El comportamiento de las proteínas en cuanto a la solubilidad es muy diverso y depende del número de grupos polares y apolares y de su ordenación en la molécula (15, 16, 28).

En general, las proteínas sólo son solubles en disolventes fuertemente polares, como por ejemplo agua, glicerol, formamida, dimetil-formamida, ácido fórmico, en disolventes menos polares, como por ejemplo el etanol, solo en caso excepcionales hay una notable solubilidad (prolaminasa). La solubilidad en agua depende del pH y la presencia de sal (15, 16, 28).

Las sales neutras tienen en general una doble influencia sobre la solubilidad de las proteínas a concentraciones bajas (0,5 – 1 mol/L), actúan como consecuencia de la disminución de las interacciones electrostáticas proteína-proteína, aumentando la solubilidad (15, 16, 28).

Por ser sustancias polares las proteínas se hidratan en solución acuosa. El grado de hidratación (agua de hidratación / g proteína) es variable. Unas 300 moléculas de agua son suficiente para recubrir la superficie de la lisozima (6.000 Å<sup>2</sup> aprox.) es decir de una molécula de agua corresponde unos 20 Å<sup>2</sup> (15, 16, 28).

La capacidad de imbibición es para las proteínas insolubles lo que la hidratación para las proteínas solubles. Por penetración de agua en la estructura, se produce un aumento de volumen y otras modificaciones de las propiedades físicas (16).

#### **1.1.12.1.2 Lípidos.**

El *Lupinus mutabilis* Sweet tiene un elevado contenido de grasa (18 – 25 %), lo que hace factible para la extracción de aceite a nivel industrial (15, 16, 28).

Los lípidos constan de ácidos grasos insaturados y su composición es semejante a la del maní (tabla 12), aproximadamente la mitad de estos constan de ácido oleico (36.1 – 54.6%), existiendo un 22.3 – 43.9% de ácido linoleico y el 2.1- 2.7 % le corresponde al ácido linolénico (15, 16, 28).

El aceite del *Lupinus albus* contiene pequeñas cantidades de ácido erúxico, mientras que la semilla del *Lupinus mutabilis* Sweet no lo contiene (ver tabla 11).

**TABLA 11: COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DEL CHOCHO AMARGO (*Lupinus mutabilis* Sweet)**

|                     | <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet | Maní  | Soya  |
|---------------------|--------------------------------|-------|-------|
| <b>Mirístico</b>    | 0.60                           | 0.10  | ---   |
| <b>Palmítico</b>    | 13.40                          | 11.00 | 11.00 |
| <b>Palmitoleico</b> | 0.20                           | ---   | ---   |
| <b>Esteárico</b>    | 5.70                           | 3.00  | 4.00  |
| <b>Oleico</b>       | 40.40                          | 55.00 | 22.00 |
| <b>Linoleico</b>    | 37.10                          | 28.00 | 55.00 |
| <b>Linolénico</b>   | 2.90                           | 1.00  | 8.00  |
| <b>Araquídónico</b> | 0.20                           | 1.50  | 0.40  |
| <b>Behémico</b>     | 0.20                           | 3.50  | 0.30  |

FUENTE; GROSS, (1982)

### 1.1.12.1.3 Ácidos Grasos.

El ácido graso que predomina en el chocho, maní y soya es el ácido oleico, siendo así que su concentración en la semilla de chocho se aproxima al 40.40%

La concentración de ácido linolénico en la semilla del *Lupinus mutabilis* es baja, característica que favorece la conservación del aceite ya que este se oxida rápidamente y podría originar cambios indeseables en el sabor del aceite (15, 16, 28).

La composición de ácidos grasos, a diferencia de los aminoácidos, depende fuertemente de las influencias ambientales, de manera que puedan presentarse considerables variaciones según las localizaciones y los años (15, 16, 28).

**TABLA 12: COMPOSICIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS EN CHOCHO, MANÍ Y SOYA**

| Ácidos Grasos              | <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet |           | Maní  | Soya  |
|----------------------------|--------------------------------|-----------|-------|-------|
|                            | Amargo                         | Semidulce |       |       |
| Mirístico                  | 0.60                           | 0.30      | 0.10  | ----  |
| Palmítico                  | 13.40                          | 9.80      | 11.00 | 11.00 |
| Palmitoleico               | 0.20                           | 0.40      | ----- | ----- |
| Esteárico                  | 5.70                           | 7.80      | 3.0   | 4.00  |
| Oleico                     | 40.40                          | 53.90     | 55.00 | 22.00 |
| Linoleico                  | 37.10                          | 25.90     | 28.00 | 55.00 |
| Linolénico                 | 2.90                           | 2.60      | 1.00  | 8.00  |
| Araquídico                 | 0.20                           | 0.60      | 1.50  | 0.40  |
| Behémico                   | 0.20                           | 0.50      | 3.50  | 0.30  |
| Cuociente P/S <sup>a</sup> | 2.00                           | 1.5       | ----  | ----- |

<sup>a</sup> P/S: Poliinsaturados/saturados

**FUENTE:** VILLACRÉS, E; CAICEDO, C; PERALTA, E. 1998. DISFRUTE COCINANDO CON CHOCHO. RECETARIO. PRONALEG. EESC-INIAP-FUNDACYT. P-BID-206. JUNIO. QUITO, ECUADOR. 48 P.

#### **1.1.12.1.4 Fibra.**

El contenido de fibra representa más del 6% y se debe principalmente a la cubierta seminal que comprende el 10% del peso de la semilla (15, 16, 28).

#### **1.1.12.1.5 Aminoácidos**

La distribución de los aminoácidos es relativamente estable, presenta mayor contenido de triptófano y tirosina frente a la soya y el fréjol (Tabla 13), los aminoácidos azufrados como la metionina son los primeros limitantes, pero se puede equilibrar este déficit combinando el chocho especialmente con cereales ya que estos últimos en cambio son deficientes en lisina.

El contenido de metionina disponible varía muy poco en las variedades de chocho (15, 16, 28).

**TABLA 13. CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN CHOCHO, SOYA, FRÉJOL Y MANÍ**

| <b>Aminoácidos</b>                  | <b>Chocho</b> | <b>Soya</b> | <b>Fréjol</b> | <b>Maní</b> |
|-------------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| <b>Isoleucina</b>                   | 274           | 284         | 262           | 211         |
| <b>Leucina</b>                      | 449           | 486         | 476           | 400         |
| <b>Lisina</b>                       | 331           | 399         | 450           | 221         |
| <b>Metionina</b>                    | 47            | 79          | 66            | 72          |
| <b>Cistina</b>                      | 87            | 83          | 53            | 78          |
| <b>Fenilalanina</b>                 | 231           | 309         | 326           | 311         |
| <b>Tirosina</b>                     | 221           | 196         | 158           | 244         |
| <b>Treonina</b>                     | 228           | 241         | 248           | 163         |
| <b>Triptófano</b>                   | 110           | 80          | ----          | 65          |
| <b>Valina</b>                       | 252           | 300         | 287           | 261         |
| <b>Arginina</b>                     | 594           | 452         | 355           | 697         |
| <b>Histidina</b>                    | 163           | 158         | 177           | 148         |
| <b>Alanina</b>                      | 221           | 266         | 262           | 243         |
| <b>Acido Aspártico</b>              | 685           | 731         | 748           | 712         |
| <b>Acido Glutámico</b>              | 1372          | 1169        | 924           | 1141        |
| <b>Glicina</b>                      | 259           | 261         | 237           | 349         |
| <b>Prolina</b>                      | 257           | 343         | 223           | 272         |
| <b>Serina</b>                       | 317           | 320         | 347           | 299         |
| <b>Total aminoácidos</b>            | <b>6051</b>   | <b>6157</b> | <b>5662</b>   | <b>5887</b> |
| <b>Total aminoácidos Esenciales</b> | <b>2183</b>   | <b>2457</b> | <b>2389</b>   | <b>2026</b> |

**FUENTE:** VILLACRÉS, E; CAICEDO, C; PERALTA, E. 1998. DISFRUTE COCINANDO CON CHOCHO. RECETARIO. PRONALEG. EESC-INIAP-FUNDACYT. P-BID-206. JUNIO. QUITO, ECUADOR. 48 P.

#### **1.1.12.1.6 Minerales solubles en agua.**

El contenido de sustancias minerales en el chocho se asemeja al de otras semillas de leguminosas (Tabla 14). Únicamente el contenido de fósforo y magnesio es un poco más elevado. La semilla de lupino representa, en total, una valiosa fuente de magnesio, fósforo y potasio para el hombre.

Dado que el calcio se encuentra principalmente en la cáscara, mientras que el fósforo se halla en el núcleo. Hay que tener presente que la relación calcio-fósforo se altera tras el descascarado del grano (15, 16, 28).

**TABLA 14: CONTENIDO DE MINERALES EN EL CHOCHO**

| <b>Macroelementos</b> | <b>mg/g</b>   | <b>Microelementos</b> | <b>mg/kg</b>  |
|-----------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| Calcio                | 1.07 -1.53    | Hierro                | 46.00 – 73.3  |
| Magnesio              | 2.00 – 3.02   | Zinc                  | 40.00 – 51.66 |
| Sodio                 | 0.25 – 0.75   | Manganeso             | 21.33 – 29.10 |
| Potasio               | 11.06 – 13.56 | Cobre                 | 4.00 – 12.10  |
| Fósforo               | 0.44 – 0.88   |                       |               |

FUENTE: INTERNACIONAL LUPIN ASSOCIATION, (1990)

#### **1.1.12.1.7 Carbohidratos.**

*En el Lupinus mutabilis* sweet, llama mucho la atención el bajo contenido de sacarosa y almidón, en cambio la proporción de oligosacáridos, que no son aprovechables para el hombre es relativamente alta (15, 16, 28).

Según Rackis citado en ILA, (1982) los oligosacáridos son los causantes de la producción de flatulencias en el hombre y animales caracterizada por la producción de gran cantidad de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> (15, 16, 28).

En este grupo de  $\alpha$ -galactósidos se han identificado: rafinosa, estaquiosa y verbascosa y otros de peso molecular mas altos. En todos ellos está presente la galactosa con 1, 2 y 3 moléculas respectivamente, unidas a la sacarosa con enlaces ( $\alpha$  1-6) (15, 16, 28).

#### **1.1.12.1.8 Vitaminas.**

El contenido de vitaminas como la tiamina, riboflavina, niacina (Tabla 15), se asemeja a otras leguminosas, debido a lo cual constituye una valiosa fuente de vitamina B para el hombre (15, 16, 28).

**TABLA 15: CONTENIDO DE VITAMINAS EN LA SEMILLA CRUDA DE CHOCHO**

| <b>Vitaminas</b>  | <b>mg/100g</b> |
|-------------------|----------------|
| $\beta$ -caroteno | 0.09           |
| Tiamina           | 0.51           |
| Riboflavina       | 0.42           |
| Niacina           | 4.1            |

FUENTE: GROSS, (1982)

#### **1.1.12.1.9 Sustancias antinutricionales.**

Como en todas las semillas leguminosas, también en el grano de chocho se halla algunas sustancias antinutritivas, que limitan el uso directo de grano crudo en alimentación humana y animal (15, 16, 28, 33, 36).

Entre las sustancias antinutritivas del chocho se citan:

- Inhibidores de proteasas, que tienen la propiedad de inhibir la actividad proteolítica de ciertas enzimas.
- Hemaglutininas, que son proteínas que coagulan o aglutinan los glóbulos rojos y reaccionan como una especie de anticuerpo.
- Glucósidos cianogénicos, que liberan ácido cianhídrico por acción enzimática, sin embargo su concentración en el chocho no tiene importancia desde el punto de vista toxicológico.
- Alcaloides que constituye el principal obstáculo para la utilización directa, ya que su alto contenido determina que los granos sean tóxicos y amargos.

### **1.1.13 PROPIEDADES Y USOS DE LAS SEMILLAS DEL LUPINO**

Se emplean con fines medicinales y alimenticios, las semillas de diferentes especies del género *Lupinus* familia Fabaceae, representado por más de 300 especies distribuidas por toda el área mediterránea, África y América (28, 33, 36).

Las semillas de los lupinos son muy ricas en proteínas y lípidos por lo que se emplean los granos o la harina en alimentación, principalmente del ganado sobre todo bovino, ya sea en forma de forraje verde o de grano introducido en la dieta como suplemento proteico, aunque también en alimentación humana (28, 33, 36).

En diversos lugares, la harina se incorpora a mermeladas que forman parte de la dieta de enfermos diabéticos. La harina y el salvado se emplean bastante en Europa en panes, pasta, galletas y otros productos (28, 33, 36).

Sin embargo algunas especies denominadas “amargas” contienen alcaloides quinolizidínicos en porcentaje importante (1-3%) limitándose su uso en alimentación. Solo se utilizan las especies mejoradas genéticamente llamadas “dulces” cuyo contenido en alcaloides es menor de 0,05% (28, 33, 36).

Se ha comprobado experimentalmente que las especies ricas en alcaloides inducen efectos teratógenos debido a la presencia de anagirina. También se emplea como abono verde, contribuyendo a mejorar la estructura del suelo e incrementando los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y fósforo(28, 33, 36).

## 1.2 ALCALOIDES

### 1.2.1 GENERALIDADES.

No existe una definición sencilla de alcaloides, si se consideran las distintas diferencias en cuanto a estructura y propiedades de los 6000 compuestos descritos en este grupo. La dificultad principal radica en establecer el límite de separación de los alcaloides de otros compuestos orgánicos nitrogenados de origen natural. Se considera como alcaloide una sustancia orgánica, de origen natural, nitrogenada, con carácter más o menos básico, de distribución restringida y dotada de propiedades farmacológicas marcadas a dosis bajas (4).

El papel de estos compuestos en algunos vegetales, continúa siendo desconocido. Algunos autores opinan que podrían intervenir en las relaciones entre plantas y depredadores, protegiendo a las primeras frente a las agresiones de los segundos, sin embargo la toxicidad de los alcaloides depende de la especie animal y muchos hongos parásitos son insensibles a los alcaloides. Posiblemente estas sustancias actúen como reserva o reguladores del crecimiento o desechos de las rutas metabólicas del vegetal (38, 60).

### 1.2.2 ESTADO NATURAL Y DISTRIBUCIÓN

Los alcaloides son excepcionales en las bacterias (*piocianina* en *Pseudomona aeruginosa*) y bastante raros en los hongos (*psilocina* en hongos alucinógenos y ergopéptidos del cornezuelo del centeno) (3).

En las *Pteridofitas* se encuentran raramente alcaloides, existiendo únicamente y como excepción en *Equisetales* y *Licopodiales*. Lo mismo ocurre en las Gimnospermas, limitándose prácticamente los alcaloides a *Taxales* y *Gnetales*.

Los alcaloides están presentes fundamentalmente en las angiospermas; familia como las Rosáceas y Crucíferas, prácticamente no los contienen; en otras familias como en las compuestas existe en escasa proporción (59).

La distribución de los alcaloides es bastante selectiva, por lo que se ha llegado a consideraciones taxonómicas interesantes (4, 6, 7, 33).

### **1.2.3 LOCALIZACIÓN**

En los vegetales los alcaloides se encuentran formando combinaciones solubles al estado de sales: citratos, malatos, tartratos, isobutiratos, benzoatos, etc. o sales más específicas como reonatos, quinatos, aconitatos, etc. De forma constante los alcaloides se localizan en los tejidos periféricos: tegumentos de la semilla, capas externas de cortezas, tallos, raíces, epidermis y capas subepidérmicas de las hojas (4, 6, 7, 33).

Las plantas con alcaloides, contienen a menudo junto a un constituyente mayoritario, numerosísimos compuestos minoritarios que son frecuentemente del mismo tipo, algunas veces son estructuralmente diferentes y excepcionalmente, proceden biogénicamente de distintas vías. En una planta determinada, los mismos alcaloides no se encuentran obligatoriamente presentes en todos sus órganos (4).

### **1.2.4 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

Algunas bases no oxigenadas son líquidas a temperatura ambiente, los alcaloides bases son normalmente sólidos cristalizables, raramente coloreados. Casi siempre están dotados de poder rotatorio específico y las bases cristalizadas tienen puntos de fusión netos, sin descomposición por debajo de 200 °C.

Por regla general, los alcaloides bases son muy poco solubles en agua, solubles en disolventes orgánicos apolares o poco polares y solubles en alcoholes de más elevada graduación (1, 17, 58).

El carácter básico de los alcaloides es muy variable, dependiendo esta propiedad de la disponibilidad del doblete libre del nitrógeno.

Los agrupamientos electrofílicos adyacentes al átomo de nitrógeno, disminuyen la basicidad y los de carácter contrario la aumentan. El sistema heterocíclico puede permitir una basicidad muy variable. En el caso del pirrol o del indol, el doblete del nitrógeno participa en la aromaticidad, por lo que no son básicos (1, 17, 58).

Por su carácter básico, los alcaloides forman sales con ácidos minerales u orgánicos. Estas son hidrosolubles, insolubles en disolventes orgánicos apolares y solubles en alcoholes. La formación de sales, estabiliza la molécula, por lo que comercialmente los alcaloides se encuentran al estado de sales (1, 17, 58).

Los alcaloides son sustancias interesantes, por sus actividades farmacológicas que se ejercen sobre los más variados terrenos: SNC, SNV (simpático y parasimpático), cardiovascular, anestesia, tumores, enfermedades parasitarias, etc. (1, 17, 58).

### **1.2.5 ALCALOIDES QUINOLIZIDÍNICOS**

Los alcaloides quinolizidínicos son tan variados y difundidos en las leguminosas y están presentes en todas las especies del género *Lupinus*. Se encuentran distribuidos en toda la planta, muy particularmente en las ramas y semillas (33).

Los alcaloides quinolizidínicos poseen un heterociclo nitrogenado bicíclico, quinolizidina y se encuentra tanto en los alcaloides indólicos como en los que derivan del metabolismo de la tirosina (38).

Las quinolizidinas auténticas son aquellas que se derivan de la lisina, y se pueden dividir en bicíclicas como la lupanina, tricíclicas como la cisticina o tetracíclicas como la esparteína (1).

Más de 150 especies de lupinus son conocidos en la naturaleza. Los alcaloides quinolizidínicos están ampliamente distribuidos entre las leguminosas *Lotoideas*, siendo los lupinos los más ricos en este tipo de alcaloides (1).

Cho y Martín, (1971), citado por Gross, (1982), aislaron casi 60 diferentes alcaloides en mas de 180 especies de leguminosas. En *Lupinus mutabilis* se han encontrado 25 alcaloides quinolizidínicos de los cuales 19 se han identificado hasta la presente (Tabla 16) (1, 58).

**TABLA 16. COMPOSICIÓN RELATIVA DE ALCALOIDES EN LA SEMILLA DE *Lupinus mutabilis*.**

| Alcaloides                                  | Composición Relativa de<br>Alcaloides (%) |
|---|---|
| - Esparteína                                | 7.39                                      |
| - K2 (no identificada)                      | 0.07                                      |
| - Ammodendrina                              | 0.23                                      |
| - K 5 (no identificada)                     | 0.16                                      |
| - N - Metilangustifolia                     | 3.46                                      |
| - Angustifolia + 17 oxoesparteína           | 0.60                                      |
| - Isolupanina                               | 0.29                                      |
| - K 9 (no identificada)                     | 57.50                                     |
| - 4 - hidroxilupanina                       | 8.65                                      |
| - Multiflorina                              | 0.14                                      |
| - 17 - Oxolupanina                          | 0.09                                      |
| - Anagirina                                 | 0.03                                      |
| - 13 - Hidroxilupanina                      | 14.90                                     |
| - 4, 13 - dehidroxilupanina                 | 2.12                                      |
| - K 17 - K - 19 (no identificada)           | 0.09                                      |
| - 13 - angeloiloxilupanina                  | 1.57                                      |
| - 13 - tigloiloxilupanina                   | 0.28                                      |
| - Monoangeloil + éster de la monogloil      | 0.45                                      |
| de la 4, 13 dehidroxilupanina               | 0.08                                      |
| - K 24 ( no identificada)                   | 0.21                                      |
| - 13 Benzoiloxilupanina                     | 1.15                                      |
| - 13 - cis - cinnammoiloxilupanina          | 0.39                                      |
| - 13 - trans – cinnammoiloxilupanina        | 99.39                                     |
| Contenido total de alcaloides en la semilla | 3.10                                      |

FUENTE: GROSS 1982

Estudios realizados por Peñaloza, (1988) indican que las principales fracciones de alcaloides del chocho son:

**TABLA 17: PRINCIPALES FRACCIONES DE ALCALOIDES DEL CHOCHO**

| <b>Alcaloides</b> | <b>Porcentaje %</b> |
|-------------------|---------------------|
| Lupanina          | 60                  |
| 13-Hidroxlupanina | 15                  |
| Esparteína        | 7,5                 |
| 4-Hidroxlupanina  | 9                   |
| Isolupanina       | 3                   |

FUENTE: JARRIN P. (2003)

### **1.2.6 BIOSÍNTESIS DE LOS ALCALOIDES**

La biosíntesis se basa casi siempre en los aminoácidos: ornitina, lisina, fenilalanina, tirosina, triptófano, histidina y ácido antranílico, los que pueden reaccionar con otros productos elementales del metabolismo general: acetato o mevalonato. La formación del heterocíclico, es decir el establecimiento de una unión carbono-nitrógeno, se realiza por un proceso Inter o intramolecular simple que implica la formación de una base de Schiff o por una reacción de Mannich (9).

El heterocíclico nitrogenado, quinolizidina se encuentra tanto en alcaloides indólicos como en los que derivan del metabolismo de la tirosina (1, 17, 58)

Las quinolizidinas auténticas (derivadas de la lisina), se localizan en las leguminosas lotoideas y se pueden subdividir en bicíclicas como la lupanina, tricíclicas como la citosina o tetracíclicas como la esparteína (1, 17, 33, 58)

La biosíntesis de estos alcaloides es compleja (Gráfico N°3). La incorporación de ( $2^{-14}\text{C}$ ,  $\alpha^{-15}\text{N}$ ) lisina, en la molécula de esparteína se realiza con facilidad y la relación  $^{14}\text{C}/^{15}\text{N}$  es seis veces más elevado en la esparteína que en el precursor, de lo que se deduce que en la biosíntesis está implicado un intermediario simétrico: la cadaverina (1, 17, 33, 58).

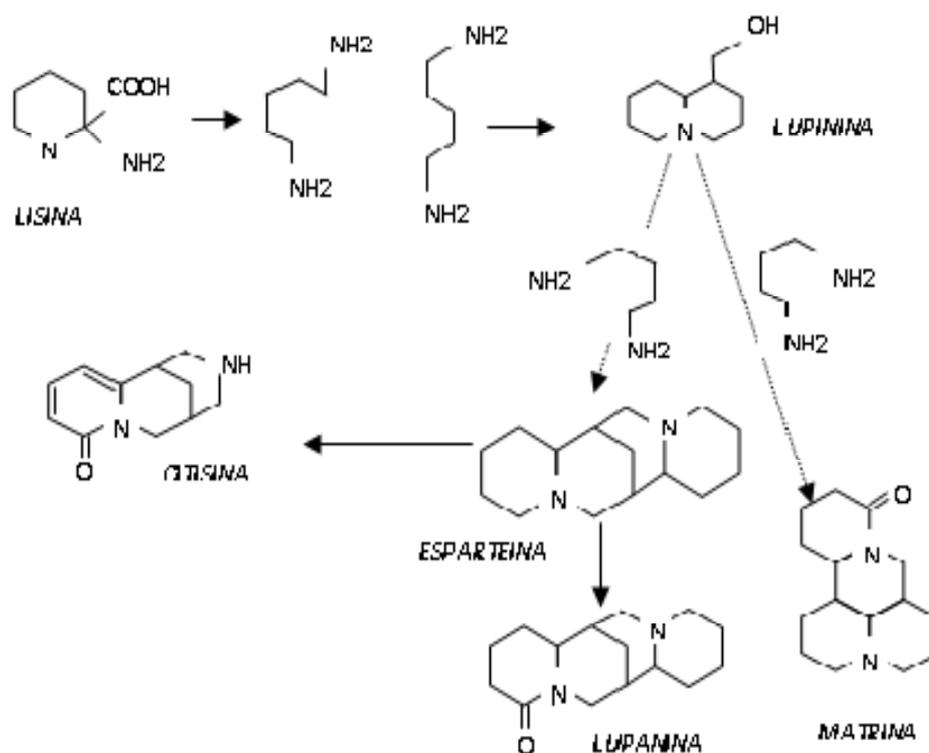


GRÁFICO Nº3. BIOSÍNTESIS DE ALCALOIDES QUINOLIZIDÍNICOS

### 1.2.7 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS GENERALES DE LOS ALCALOIDES QUINOLIZIDÍNICOS.

Los principales alcaloides presentes en el chocho son los siguientes: Lupanina (46%), esparteína (14%), 4 – hidroxilupanina (10%), isolupanina (3%), n – metilangustifolina (3%), 13 – hidroxilupanina (1%) (1, 17, 33, 58).

Estos compuestos poseen propiedades alcalinas debido a la presencia de nitrógeno básico formando por lo general núcleos heterocíclicos. Estos en forma libre son insolubles en agua, poco solubles en alcohol y solubles en éter y cloroformo, la mayoría poseen oxígeno en su estructura y son sólidos no volátiles, sin embargo algunos no contienen oxígeno como la esparteína, siendo esta líquida a temperatura ambiente (1, 17, 33, 58).

## 1.2.7.1 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS ESPECÍFICAS

### 1.2.7.1.1 LUPANINA

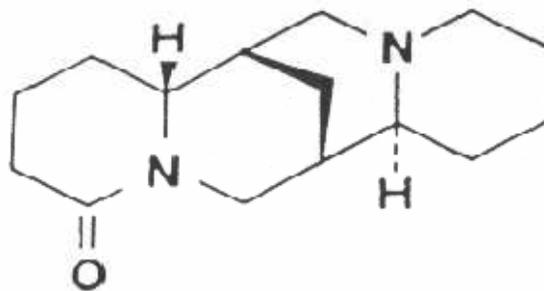


GRÁFICO N°4. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA LUPANINA

La lupanina es el alcaloide que se encuentra en mayor concentración en el chocho, su fórmula estructural  $C_{15}H_{24}N_2O$  (Gráfico N°4), tiene un peso molecular de 248.36 g/mol, es soluble en agua, cloroformo, éter y alcohol e insoluble en éter de petróleo (1, 17, 33, 58)

Se puede encontrar la d y l – lupanina así como también sus mezclas, las mismas que pueden ser identificadas por la presencia de una de las formas ópticamente activas. La forma racémica es encontrada en los lupinos blancos.

La d – lupanina es un líquido espeso cristalino con agujas higroscópicas, punto de fusión entre 40 a 44°C, con punto de ebullición entre 190 a 193°C, índice de refracción igual a 1.5444, soluble en agua, cloroformo, éter y alcohol e insoluble en éter de petróleo; puede ser determinada por el gran número de derivados: monohidrocloreto pf. 217 – 269°C, dehidrocloreto pf. 162 – 167°C, monohidrobromuro pf: 127°C, picrato pf. 211°C, etc (42).

La l – lupanina es un aceite viscoso, con un punto de ebullición entre 186 – 188°C, puede formar compuestos como monohidroyoduro pf. 183 – 185°C, perclorato pf. 213°C, y otras sales que podrían tener similares puntos de fusión a sus derivados análogos de la d – lupanina (39).

La lupanina tiene actividad antibacteriana, nematocida, puede utilizarse como insecticida contra lepidópteros y coleópteros, también produce inhibición de las actividades moduladoras, inhibe la síntesis de proteínas, inhibe la fase de elongación de Phe – tRNA, además posee actividad antiarrítmica, hipotensora, y actividad hipoglicemiante (14, 59).

#### 1.2.7.1.2 ESPARTEÍNA

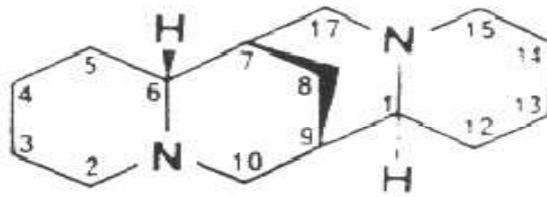


GRÁFICO Nº 5. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA ESPARTEÍNA

Su fórmula estructural es  $C_{15}H_{26}N_2$ , los dos átomos de nitrógeno de la esparteína están unidos en forma terciaria, tienen un peso molecular de 234 g/mol, (Gráfico Nº 5). Es un líquido oleoso, espeso, incoloro con olor débil a anilina y sabor sumamente amargo. Tiene un peso específico de 1.02 a 20°C y hierve a 311°C en corriente alcalina. Es insoluble en agua, alcohol, éter, y cloroformo, con reacción alcalina (19, 30).

La esparteína es un gangliopléjico poco potente, bloqueando la transmisión por impedir la despolarización de la membrana postsináptica: después de una fase transitoria de excitación ganglionar, aísla el miocardio de la influencia neuro-vegetativa central, disminuye la excitabilidad del tejido nodal, la conductibilidad y la frecuencia y amplitud de las contracciones. Sus efectos secundarios son poco importantes como trastornos digestivos, hipotensión ortostática (42).

La esparteína tiene sus efectos tóxicos al inhibir los canales de  $K^+$ , además inhibe la síntesis y formación del RNAt, es un depresor del sistema nervioso central, posee actividad, oxitotóxica, uterotónica, antiarrítmica, diurética, hipoglicemiante, estimulante respiratorio (59).

### 1.2.7.1.3 HIDROXILUPANINA

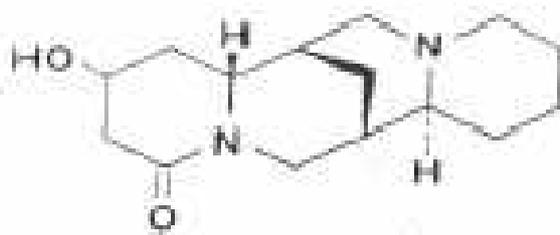


GRÁFICO N° 6. 4-HIDROXILUPANINA

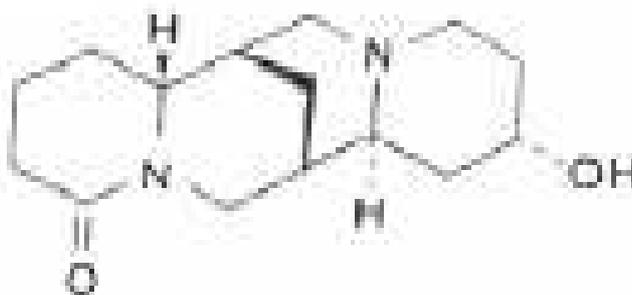


GRÁFICO N° 7. 13-HIDROXILUPANINA

La hidroxilupanina tiene la siguiente fórmula estructural  $C_{15}H_{24}N_2O_2$ , con un peso molecular igual a 264 g/mol. Los compuestos salinos más representativos de la hidroxilupanina son: Hidrocloruro pf. 275°C, cloruro aúrico pf. 210°C, picrobromato pf. 174 – 175°C, hidroyoduro monohidratado pf. 91 – 93°C, tiocianato monohidratado pf. 125°C. (59)

Se han identificado dos formas isómeras de la hidroxilupanina como unidades químicas representativas, dependiendo de la localización del grupo hidroxilo (OH) en la estructura básica de la molécula, estas son: 4 – hidroxilupanina (Grafico N° 6) y la 13 – hidroxilupanina (Grafico N° 7) (33, 48).

#### **1.2.7.1.4 ANGUSTIFOLINA.**

La angustifolina inhibe el crecimiento bacteriano de *bacilo subtilis*, *bacilo thuriensis* y *E. coli*, participa en la inhibición de las actividades moduladoras y en la biosíntesis de las proteínas. La angustifolina posee actividades similares a las de la esparteína, Lupanina, Angustifolina, 13 – hidroxilupanina, Lupinina, 17 – oxoesparteína, 13 – tiglioiloxilupanina. La anagirina produce mal formaciones congénitas en terneros (60).

#### **1.2.7.2 APLICACIONES POTENCIALES DE LOS ALCALOIDES DEL LUPINO**

El principal propósito de los alcaloides del chocho es la defensa de la planta contra insectos, herbívoros y patógenos microbianos.

Ocasionalmente los agricultores utilizan esta propiedad para el control de plagas, ectoparásitos y parásitos intestinales de los animales, tienen efectos tóxicos y mutagénicos en conejos, áfidos, nemátodos, abejas, caracoles, langostas, gusanos y escarabajos (60).

Los alcaloides del lupino tienen una significativa actividad biológica que puede ser explotada en el campo de la farmacia, agricultura, e industria (59, 60).

La Lupanina, Esparteína, 13-Hidroxilupanina, Angustifolina, inhiben el crecimiento de *Staphylococcus aureus*, *bacilo subtilis*, *E. coli*. Los dos primeros alcaloides poseen actividad antifúngica mientras que la lupinina, lupanina, 13 – oxoesparteína y esparteína, tienen actividad insecticida, reprimiendo en los insectos el deseo de alimentación, de ésta manera eliminan su supervivencia (59).

La Esparteína tiene utilidad práctica comercial, gracias a sus aplicaciones en medicina y en el campo industrial. En el campo médico, la esparteína tiene acción cardiovascular, es agente dilatador de las coronarias y analgésico, cardiotónico, oxitotócico (37).

En el área industrial, tiene utilidad en la elaboración de polímeros ópticamente activos, como catalizador de la polimerización del etileno y en la telomerización (obtención de polímeros de bajo peso molecular) del etileno con otras olefinas (30, 32).

Desde el punto de vista farmacológico, el lupino también tiene interés pues algunos de sus componentes, principalmente los alcaloides, presentan efecto secretagogo de insulina. En medicina tradicional se les ha atribuido actividad hipoglucemiante que clásicamente se ha considerado debida a la presencia de los alcaloides, también con actividad hipocolesterolemia. Igualmente se le atribuyen propiedades antiinflamatorias y preventivas del cáncer por los flavonoides y hepatoprotectoras por sus saponinas (30, 32).

El efecto hipoglucémico se ha comprobado para algunas especies de lupino administrados por vía oral en animales con diabetes inducida experimentalmente (conejo, rata, ratón). Igualmente en conejos diabéticos y con niveles de colesterol elevados, se comprobó como la adición de semillas de lupino a su alimentación produjo una disminución de la hiperglucemia postprandial y del colesterol (30, 32, 55).

Efectivamente, el extracto acuoso de *Lupinus*, reduce significativamente los niveles de glucemia en ratas con diabetes inducida por aloxano. Los principios activos responsables de esta actividad hipoglucemiante podrían ser además de los alcaloides, los compuestos de naturaleza saponínica presentes en el, pues muchos de ellos han demostrado ser capaces de inhibir la gluconeogénesis hepática y la glucogenólisis y además son capaces de activar la producción de insulina o inducir un incremento en el metabolismo periférico de la glucosa (30, 32).

Por otra parte se ha comprobado que este extracto es capaz de normalizar los sistemas de detoxificación del organismo, anormalmente alterados en animales diabéticos.

En dichos animales (ratas tratadas con aloxano) se observa, además de un incremento significativo frente al control en los niveles de glucosa, un aumento de la concentración de urea, creatinina y bilirrubina mientras que la proteína total y la albúmina disminuyen (30, 32, 55).

El tratamiento oral con extractos de lupino normaliza estas variaciones.

En islotes pancreáticos aislados de rata y ratón, tanto el extracto acuoso de lupino como la esparteína aislada, incrementan la liberación de insulina. En este efecto está implicada una disminución de la permeabilidad  $K$  de las células beta (30, 32, 55).

La actividad de la esparteína se ha estudiado también en humanos sanos y en pacientes diabéticos insulino-dependientes y con diabetes tipo 2. La administración intravenosa del sulfato de esparteína en personas sanas incrementa la secreción de insulina basal o inducida por glucosa y, en pacientes con diabetes tipo 1 aumenta la secreción de glucagón. En diabéticos tipo 2, la esparteína estimula la secreción de las células beta, produciendo una caída en los niveles plasmáticos de glucosa (30, 32).

Recientemente (2004) se ha estudiado el efecto sobre la secreción de insulina de tres alcaloides aislados de lupinos: lupanina, 13-alfa-OH lupanina y 17-oxo-lupanina así como un compuesto derivado sintético: 2-tionosparteína, comprobándose *in vitro*, un incremento en la liberación de insulina inducida por glucosa. La intensidad del efecto depende de la concentración de glucosa en el medio y se debe, al menos en parte, al bloqueo de canales de  $K$  sensibles a ATP en células beta (2, 11, 31, 33).

Los autores del trabajo sugieren que la administración de los alcaloides de lupino puede disminuir el riesgo de hipoglucemia que se produce con algunos hipoglucemiantes orales que, estimulan la secreción de insulina en presencia de bajas concentraciones de glucosa. (30, 32).

### **1.2.7.3 TOXICIDAD DE LOS ALCALOIDES DEL CHOCHO.**

La toxicidad de estos compuestos ha sido demostrada a dosis muy altas tanto en animales como en seres humanos. Han ocurrido casos aislados de envenenamiento con semillas de lupino. Dosis comprendidas entre 11 a 25 mg/kg de peso corporal en niños y dosis de 25 a 46 mg/kg de peso corporal en adultos producen graves intoxicaciones (11, 33).

Los síntomas de envenenamiento son: midriasis, calambres, cianosis, parálisis respiratoria, violentos dolores estomacales, vómitos e incluso coma (11, 33).

La reacción toxicológica frente a los alcaloides quinolizidínicos varía entre las diferentes especies animales; Eichekbaum, (1927), citado por Gross, (1982), señala que los peces en general y en especial las truchas *Salmo gairdnerii* muestran una elevada sensibilidad a un exceso de estos compuestos (11, 33).

La toxicidad de la lupanina en la proporción que se encuentra en la semilla, fue comprobada en ensayos efectuados sobre *Artemia salina*, *Bacillus megaterium* y embrión de pollo (11, 33).

Los síntomas de un trastorno tóxico en peces son muy variados. La mayoría de los venenos o alteraciones son específicos de los órganos; según esto se distingue sustancias irritantes de los epitelios, venenos sanguíneos y venenos nerviosos. Los primeros son sustancias que provocan la irritación de las mucosas, tanto internas como externas (boca, intestino), con subsiguiente formación de mucus, enrojecimiento y hemorragias. Los venenos sanguíneos provocan hemólisis y anemia; mientras que los venenos nerviosos originan en los peces movimientos incoordinados, reacciones de huida o marcadas manifestaciones paralíticas (Gráfico N° 8) (2, 11, 31, 33).

En todos los casos penetra el veneno a través de la superficie externa de los peces hasta los órganos internos, donde deja sentir sus efectos (2, 11, 31, 33).



**GRÁFICO N° 8. COMPORTAMIENTO DE LOS PECES FRENTE A SUSTANCIAS TÓXICAS**

Entre las propiedades toxicológicas de los alcaloides del chocho *Lupinus mutabilis* Sweet, también se menciona su capacidad para inhibir la germinación de varias semillas (2, 11, 31, 33).

## 1.3 BOROJÓ

### 1.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Su nombre proviene del dialecto citara y significa árbol de cabeza colgante (43, 46, 68, 76, 79).

**Nombre científico y familia:** *Borojoa patinoi* Cuatr: RUBIACEAE.

**Nombre común:** "Borojó", "parvi grande" (español), "purui grande" (portugués).

**Descripción botánica:** *Borojoa patinoi* Cuatr., es un arbusto de 3 a 5 m de altura. Tallo erecto, hojas decusadas, con estípulas bien definidas, coriáceas. Planta dioica. Flores masculinas en capítulos, cáliz corto, prismático o cónico, generalmente actinomorfas, sésiles, pentámeras y a veces tetrámeras desprovistas de ovario o, si éste existe, es rudimentario o no funcional (43, 46, 68, 76, 79).

Las flores femeninas son solitarias y terminales con dos pares de estípulas bracteales y seis estigmas más largos; ovario ínfero, con cáliz umbilicado en la base, seis cavidades y muchos óvulos, corola con seis a nueve pétalos, estambres lineales, vacíos o estériles. El fruto es una baya carnosa de 7 a 12 cm de largo un diámetro similar, pudiendo ser pluriforme y generalmente achatado en el ápice, color verde al principio y pardo claro al madurar; pulpa constituida por el mesocarpio y el endocarpio, sin separación aparente con la cáscara. Entre 90 y 640, promedio 330 semillas por fruto (43, 46, 68, 76, 79).

### 1.3.2 MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

Se propaga por semillas, las cuales deben tomarse de frutos maduros provenientes de plantas seleccionadas; se las lava con agua y se las deja secar a la sombra durante dos días. La semilla debe germinar a la sombra, en sustrato de aserrín descompuesto, arena o tierra vegetal, pero que se encuentre permanentemente húmedo (43, 46, 68, 76, 79).

Las plántulas recién germinadas se asemejan a palitos de fósforo, su crecimiento es muy lento, por lo que deberán permanecer en el vivero alrededor de nueve a 10 meses, hasta

que alcancen el tamaño adecuado (35 cm) para ser trasplantadas al campo definitivo (43, 46, 68, 76, 79).

Debido a que la especie es dioica, las plantas masculinas (teóricamente el 50%) no producen frutos, por lo que es conveniente la propagación de las plantas femeninas por la vía asexual, a través de injertos. Para esto es necesario sembrar los patrones en un sustrato compuesto de arena, tamo de arroz y materia orgánica, en la proporción 2-1-1. El ambiente debe estar totalmente sombreado y la humedad relativa debe ser mayor al 85%, para que la plántula tenga un normal desarrollo y esté lista para ser injertada. El tiempo que debe permanecer la planta en el vivero, una vez hecho el injerto hasta ser transplantada al campo definitivo, es de cuatro meses (43, 46, 68, 76, 79).

### **1.3.3 ALGUNOS REQUISITOS PARA EL CULTIVO DE BOROJÓ**

- *Temperatura:* Media de 28°C
- *Humedad relativa:* De conformidad con su origen, tolera humedades relativas del 80% hasta el 100%. *Luminosidad:* Se desarrolla normalmente en zonas de bajo brillo solar menor de 1500 horas- luz/año.
- *Precipitación:* Áreas de alta precipitación, mayores de 4000 mm. por año.
- *Suelos:* Crece normalmente en suelos ácidos, profundos y de baja fertilidad natural, como corresponde a los suelos desarrollados bajo condiciones de muy alta precipitación; prefiere suelos bien drenados (43, 46, 68, 76, 79).

### **1.3.4 ASPECTOS AGROECOLÓGICOS**

El borojó requiere sombra, al igual que el café, por lo que las especies para sombra (temporal y definitiva) deben establecerse oportunamente en el campo a sembrar (43, 46, 68, 76, 79).

*Borojoa patinoi* Cuatr. es encontrada de manera silvestre en la región lluviosa de la costa del pacífico de Colombia, donde la precipitación pluvial media anual mayor a 4,000 mm., la temperatura media de 28°C y la humedad relativa de 85%, en condiciones de sombra producidas por otras especies arbóreas. Se adapta bien a zonas con hasta 1,200 m de altitud siempre y cuando exista más de 150 mm de precipitación mensual en el período de estiaje. Crece mejor en suelos francos limosos, profundos, con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje (43, 46, 68, 76, 79).

Estudios efectuados con *B. patinoi* Cuatr. Indican que el fruto no tiene climaterio, por lo que no completan la maduración si se cosecha verde. Por este motivo, la fruta debe ser colectada inmediatamente después de la caída o, cosechada al estado sazón (43, 46, 68, 76, 79).

El estado sazón de la fruta en una rama se reconoce por la caída de todas las hojas de la rama, la fruta toma color verde oscuro y las estípulas del fruto se pudren. En este estado la fruta puede ser transportada a grandes distancias en empaques corrientes. Conforme madura la fruta recogida del suelo, toma color pardo claro y consistencia blanda, por lo que necesita transportarse rápidamente en empaques especiales, lo cual eleva el costo de comercialización (43, 76, 79).

La maduración puede inducirse en cámaras con humedad relativa cercana a 100% y temperatura mayor a 20°C con 100% de humedad relativa y 30°C de temperatura se produce la maduración más rápida y por lo tanto, la menor pérdida de peso en el proceso. Los frutos colectados del suelo pueden completar su maduración en 24 horas en estas cámaras, mientras que los cosechados sazón pueden demorar 20 días, lo que facilita su posibilidad de transporte a largas distancias (43, 46, 68, 76, 79).

### **1.3.5 PRODUCCIÓN**

El borojó, a distancias de 3 x 4 m (833 plantas/ha) bajo sistemas agroforestales, produce en promedio 10 000 frutos/ha, con un peso de 8 a 10 toneladas/ha/año de fruta fresca (43, 46, 68, 76, 79).

### **1.3.6 UTILIZACIÓN**

La pulpa es utilizada para jugos por su alto contenido de fósforo, buen sabor y aroma exótico. Las poblaciones indígenas la utilizan también para la elaboración de chicha. En el aspecto agroindustrial a pequeña escala, la parte comestible del borojó es procesada para la obtención de mermeladas en combinación con otras frutas, vino y como saborizante de bebidas para cocteles (43, 46, 68, 76, 79).

### **1.3.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL**

*Borojoa patinoi* Cuatr. tiene frutos con peso promedio de 740 g, rango entre 250 a 1,000 g, los cuales están constituidos en 88% por pulpa y el 12% restante por la semilla y la cáscara. Con frecuencia, las semillas llegan a constituir hasta 10% del peso del fruto (43, 46, 68, 76, 79).

La pulpa de este frutal tiene alto contenido de fósforo y un buen nivel de carbohidratos y de calcio. Por su parte, las semillas tienen la siguiente composición: humedad 36,0%; grasa 0,9%; proteína 11,0%; cenizas 0,9%; carbohidratos 13,0% y fibra cruda 39,0% (43, 46, 68, 76, 79).

La pulpa de borojó presenta características importantes en su estructura, que permiten, mediante el método de atomización, secar la pulpa y obtener de ella polvo de la fruta con las mejores propiedades nutritivas que posee y que se describen en la tabla 18:

**TABLA 18: CONTENIDO NUTRICIONAL DEL BOROJÓ**

| <b>Contenido nutricional borojó (100g de pulpa)</b> |           |
|---|-----------|
| Humedad (g/100g)                                    | 84,62     |
| Extracto etéreo (g/100g)                            | 0,22      |
| Proteína (g/100g)                                   | 0,88      |
| Fibra dietética (fracción soluble) (g/100g)         | 3.61      |
| Fibra dietética (fracción insoluble) (g/100g)       | 5.52      |
| Cenizas (g/100g)                                    | 0.42      |
| Carbohidratos totales (g/100g)                      | 13.86     |
| Calorías /100g                                      | 55        |
| Calcio (mg/100g)                                    | 10584     |
| Fósforo (mg/100g)                                   | 0.23      |
| Hierro (mg/100g)                                    | 0.51      |
| Provitamina A (beta carotenos) (mg/100g)            | LND       |
| Vitamina B1 (mg/100g)                               | 0.006     |
| Vitamina B2 (mg/100g)                               | LND       |
| Vitamina C (mg/100g)                                | 142.6±2.9 |
| Azúcares totales aproxim. (mg/100g)                 | 5266      |
| Glucosa (mg/100g)                                   | 871±49,6  |
| Fructosa (mg/100g)                                  | 3917±48.5 |
| Sacarosa (mg/100g)                                  | 478±73.8  |
| pH  | 3.08      |
| Acidez titulable (g/100g)                           | 1.06      |

FUENTE: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, (EPN) (2006)

### **1.3.8 ÉPOCAS DE PRODUCCIÓN DEL BOROJÓ**

El borojó se produce en las regiones norte del oriente ecuatoriano (Cascales, Lago Agrio, Shushufindi, Sacha, Coca y Loreto) y sur (Yantzaza y El Bangui). En la tabla 19 se pueden observar las épocas de producción alta, media y baja de dicha fruta:

**TABLA 19. ÉPOCAS DE PRODUCCIÓN DEL BOROJÓ**

| Región | Cantones           | Meses |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|--------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|        |                    | Ene.  | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
| Norte  | Cascales/L. Agrio  | 1     | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 2    | 2    | 1    | 1    |
|        | Shushufindi/Sacha  | 1     | 2    | 3    | 1    | 1    | 2    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
|        | Coca               | 1     | 3    | 3    | 2    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
|        | Loreto             | 1     | 3    | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| Sur    | Yantzaza/El Panguí | 1     | 3    | 3    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |

Fuente: Entrevista directa con técnicos de las UMDS, INIAP y productores

|               |                    |                     |                    |
|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Nomenclatura. | 1: Producción Baja | 2: Producción Media | 3: Producción Alta |
|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|

La producción del borjón está repartida durante todo el año, sin embargo, el pico de producción en las dos regiones se ubica entre febrero y abril, mientras que las producciones medias se registran entre Julio y Octubre, especialmente en la región norte (Cascales, Lago Agrio, Shushufindi, Sacha y Coca). (43, 46, 67, 75, 78).

#### **1.4 PENICILIOS (*Penicillium*)**

Los penicilios son mohos comunes que desarrollan sobre los más diversos sustratos: granos, paja, cueros, frutas, etc.

Su identificación en base a las características morfológicas fue caótica hasta que Pitt, (1980) normalizó las condiciones de cultivo y Frisvad, (1981) consideró la formación de los metabolitos secundarios en la descripción de las especies. La importancia de estos mohos en la alimentación humana y animal se debe a que, además causar deterioro, producen toxinas (Pitt & Leistner, 1991) (11, 50, 68).

##### **1.4.1 MORFOLOGÍA**

Este género se caracteriza por formar conidios en una estructura ramificada semejante a un pincel que termina en células conidiógenas llamadas fiálides.

En el gráfico 9 se esquematizan los tipos de conidióforos del género *Penicillium*, cuyas ramificaciones se ubican formando verticilos. Si hay sólo un verticilo de fiálides el pincel es monoverticilado. Las ramificaciones de un pincel poliverticilado son ramas, rámulas, métulas y fiálides (11, 50, 68).

Los conidios generados en fiálides suelen llamarse fialoconidios para indicar su origen. En la fiálide, al dividirse el núcleo, se extiende simultáneamente el extremo apical que luego se estrangula separando a la espora recién formada. Se llama conectivo a la porción de pared que une entre sí a los conidios permitiendo la formación de cadenas, y en algunas especies se aprecia claramente con el microscopio óptico (Webster, 1986) (11, 50, 68).

Los filamentos o hifas alcanzan un diámetro entre dos o tres micrómetros y tienen septos con un poro central que no es visible al microscopio óptico.

Las paredes del estípote, las ramas o las métulas pueden ser lisas, rugosas o equinuladas. La pared de las fiálides es siempre lisa. Las fiálides pueden tener forma de ánfora o bien ser casi cilíndricas con la porción apical en forma de cono (11, 50, 68).

El tamaño máximo de las fiálides es de 15 mm y la parte terminal no supera los 3 mm de largo. Los conidios son esféricos o elipsoidales, unicelulares, hialinos que en masa se ven de color verde, verde azulado, verde aceituna o gris. La pared de los conidios es lisa o rugosa según las especies (Webster, 1986) (11, 50, 68).

El género *Penicillium* está subdividido en grupos o subgéneros de acuerdo a la morfología de los pinceles aunque también se tiene en cuenta la velocidad de crecimiento. La serie *Monoverticillata* (Bridge *et al.* 1992) o subgénero *Aspergilloides* (Pitt & Hocking 1997), comprenden a todos los penicilios monoverticilados. En ellos el estípote suele tener mayor diámetro en la zona donde se implantan las fiálides, sin llegar a ser una vesícula como en el género *Aspergillus* (11, 50, 68).

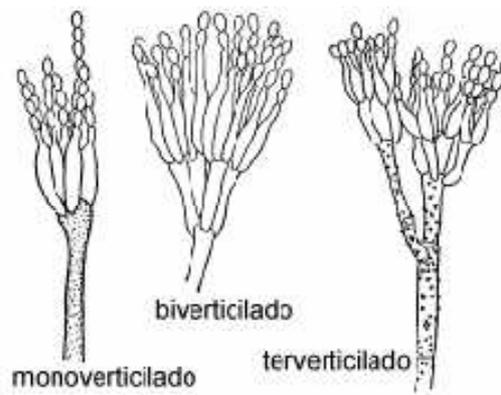


GRAFICO Nº 9. TIPOS DE PENICILIOS

La serie *Terverticillata* o subgénero *Penicillium*, comprende a las especies que tienen tres, a veces cuatro, niveles de ramificaciones y son de crecimiento relativamente rápido sobre Czapek-Glicerol (11, 50, 68).

Las especies con pinceles biverticilados, generalmente simétricos, cuyas colonias son de crecimiento lento sobre Czapek-Glicerol se agrupan en la serie *Biverticillata symmetrica*, o subgénero *Biverticillium*, pero a veces suele haber algunos pinceles terverticilados (11, 50, 68).

Las fiálides son delgadas, con el ápice alargado y alcanzan la misma longitud que las métulas. Si los pinceles son biverticilados o irregulares, a veces junto a monoverticilados, con las fiálides en forma de ánfora y más cortas que las métulas, se las reúne en el subgénero *Furcatum* que comprende especies de las series *Biverticillata asymmetrica* y *Divaricata*. Las colonias de este subgénero crecen relativamente rápido en Czapek-Glicerol (Bridge *et al.* 1992, Pitt & Hocking 1997) (11, 50, 68).

Las cepas de *Penicillium* con reproducción sexuada corresponden a los géneros teleomórficos *Eupenicillium* que forma cleistotecios con pseudoparénquima constituido por células de pared engrosada, y *Talaromyces* que presenta los ascos rodeados de hifas entrelazadas formando la delgada pared del gimnotecio (Pitt & Hocking 1997). *Eupenicillium* y *Talaromyces* tienen además otros anamorfos en los géneros *Torulomyces* el primero y *Geosmithia*, *Merimbla* y *Paecilomyces* el segundo (Pitt *et al.*, 2000) (11, 50, 68).

## 1.4.2 IDENTIFICACIÓN

Es importante poder diferenciar los penicilios de los otros hongos que forman esporas en conidióforos ramificados. El más parecido es el género *Paecilomyces* que tiene fiálides con el ápice muy alargado, conidios elípticos y colonias de tonos pardos pero nunca verdes.

El género *Geosmithia* se originó al separar de *Penicillium* las especies que forman colonias blancas a beige, esporas casi cilíndricas y fiálides rugosas y cilindroides que se estrechan súbitamente en el ápice.

Las especies de *Gliocladium* tiene fiálides con el extremo curvado y esporas mucosas que se aglomeran, mientras que los penicilios originan xerosporas en fiálides con un eje de simetría. También las especies de *Trichoderma* forman conidios mucosos que se reúnen en cabezuelas con tonos verdes. El género *Scopulariopsis* produce colonias pardas y esporas en anélices (Pitt & Hocking, 1997) (11, 50, 68).

## 1.4.3 CULTIVOS

En los estudios taxonómicos las cepas son sembradas y observadas bajo condiciones de laboratorio normalizadas empleando medios como Czapek-Levadura, Malta-Glucosa o Czapek-Glicerol, sin embargo hay variabilidad aunque mínima, según la fuente del agar, agua o extracto de levadura, así como con el volumen de medio vaciado en las placas (Okuda *et al.*, 2000).

La aparición de los cleistotecios o gimnotecios en el término de una a tres semanas y el aspecto de los ascosporos son los principales elementos para identificar a los teleomorfos. Hay que considerar también los errores ocasionales por cambios imprevistos de la temperatura de incubación o de la composición del medio, por lo que las pruebas deben ser repetidas al menos una vez (Pitt, 1980) (11, 50, 68).

Las colonias de *Penicillium* son circulares si no hay impedimento alguno para su crecimiento, con un borde neto muchas veces sin fructificación y mostrando el color del micelio. Éste es generalmente blanco, pero en algunas especies es amarillo, anaranjado,

púrpura o pardo claro. La superficie de la colonia madura, o sea con sus conidios formados, puede ser: aterciopelada, ligeramente algodonosa o con pequeños haces (fascículos) de conidióforos. En unos pocos casos los haces miden varios milímetros (coremios) con el extremo constituido por las cadenas de esporas (Pitt 1980) (11, 50, 68).

Los medios como Malta-Sacarosa, Creatina-Sacarosa, Creatina -Diclorán y Sacarosa-Diclorán permiten aislar y diferenciar penicilios, incubando a 25°C durante una semana. El agregado de 0,5% de ácido acético glacial al medio favorece el aislamiento de *P. roqueforti* (Frisvad *et al.* 1992). Algunas especies son tolerantes a 100 mg de cicloheximida/mL de Malta-Glucosa, por ejemplo *P. glabrum*, *P. brevicompactum*, *P. griseofulvum*, *P. olsonii* y *P. aurantiogriseum*, los que crecen al 30-70% de la velocidad de crecimiento de los testigos (Seifert & Giuseppin, 2000) (11, 50, 68).

#### 1.4.4 AMBIENTE

Los penicilios crecen sobre los alimentos preparados o sus materias primas, ya sean de origen vegetal o animal, si hallan la actividad del agua y los nutrientes necesarios. En la tabla 20 se resumen datos sobre los límites de temperatura y  $a_w$  entre los que desarrollan algunas especies (11, 50, 68).

**TABLA 20. TEMPERATURA Y ACTIVIDAD DEL AGUA NECESARIAS PARA EL CRECIMIENTO DE ALGUNAS ESPECIES DE *PENICILLIUM***

| ESPECIES                  | TEMPERATURA °C |         | ACTIVIDAD DEL AGUA |        |
|---------------------------|----------------|---------|--------------------|--------|
|                           | RANGO          | ÓPTIMO  | MÍNIMA             | ÓPTIMA |
| <i>P. aurantiogriseum</i> | -2 a 32        | 23      | 0,81 - 0,83        | 0,98   |
| <i>P. brevicompactum</i>  | 12 - 30        | 23      | 0,80 - 0,82        | 0,99   |
| <i>P. citrinum</i>        | <5 - 37        | 26 - 30 | 0,80 - 0,84        |        |
| <i>P. commune</i>         | 0 - 37         | 25      | 0,85               |        |
| <i>P. digitatum</i>       | 6-37           | 20 - 25 | 0,90               | 0,99   |
| <i>P. expansum</i>        | -3 a 35        | 25 - 26 | 0,82 - 0,83        | 0,99   |
| <i>P. islandicum</i>      | 10 - 42        | 31      | 0,83 - 0,86        |        |
| <i>P. roquefortii</i>     | <5 - 35        | 25      | 0,83               | 0,99   |
| <i>P. verrucosum</i>      | 0 - 31         | 20      |                    | 0,88   |

FUENTE: CORRY (1987), LACEY (1989)

La esporulación a una baja actividad del agua permite a los hongos completar su ciclo de vida sobreviviendo a las condiciones adversas, para ser luego diseminados por insectos y ácaros (Magan & Lacey, 1988) (11, 50, 68).

#### **1.4.5 *Penicillium digitatum***

##### **1.4.5.1 Nombre Común:**

Moho verde

##### **1.4.5.2 Taxonomía:**

**Reino:** *Fungi*

**Orden:** *Moniliales*

**División:**

Familia: *Moniliaceae*

**Subdivisión:**

Género: *Penicillium*

**Clase:**

Especie: *digitatum*

##### **1.4.5.3 Repercusión Económica:**

Este moniliáceo, parásito de heridas, es saprofito y ataca al fruto en el campo, predominantemente, bien estando el fruto en el árbol, bien durante su recolección y transporte; en el almacén de manipulado y envasado, y durante el transporte y distribución del fruto (11, 50, 68).

Su actividad patogénica es elevada durante el principio y hasta la mitad de la campaña de exportación frutícola, siendo el hongo más importante causante de podredumbres de frutos. Aunque su incidencia es variable con los años y con las variedades (11, 50, 68).

#### **1.4.5.4 Signos y Síntomas:**

Paralelamente a la aparición del moho, los tejidos del fruto, en particular la corteza, pierden su consistencia, se reblandecen y adquieren, previamente a su aparición, un aspecto húmedo, debido a que las hifas del hongo excretan una enzima que deshace la lignina de la corteza (11, 50, 68).

#### **1.4.5.5 Fuentes de infección**

Las esporas procedentes del suelo, los envases, el aire, la línea de tratamiento, etc. en donde las esporas se separan con facilidad de sus estructuras portadoras en forma de nube pulverulenta y contaminan al fruto (11, 50, 68).

#### **1.4.5.6 Ciclo de la Enfermedad:**

En la superficie de cualquier lesión puede comenzar su desarrollo, inicialmente como una tenue vegetación esponjosa con aspecto de filtro, los esporangios, de color blanco, pero que cambia rápidamente a una coloración entre verde amarillenta y verde oliva (11, 50, 68).

El *Penicillium digitatum* (putrefacción verde) sobrevive en huertas de estación a estación como conidios. La infección se inicia por esporas en el aire, que entran en la corteza a través de las heridas, incluso las glándulas oleosas solas, pueden provocar la infección. También puede invadir la fruta determinadas heridas fisiológicas, como las producidas por el frío o por oleocelulosis y rotura de ramas.

La infección y el ciclo de esporulación se puede repetir muchas veces durante la estación, y la presión del inóculo incrementa en la estación de recolección si no se toman precauciones (11, 50, 68).

La putrefacción verde se desarrolla más rápidamente a temperaturas cercanas a 24°C y mucho más lentamente por encima de los 30°C y por debajo de los 10°C.

La podredumbre queda prácticamente inhibida a temperaturas de 1°C. (11, 50, 64).

#### 1.4.5.7 Identificación

Aparición sobre el fruto de zona blanda humedecida que se extiende progresivamente. Dicha zona se cubre de un moho blanco, que es la parte vegetativa del hongo y posteriormente aparecen las esporas de color verde características (11, 50, 68).

#### 1.4.5.8 Control:

Hay que tener cuidado en la recolección de fruta para minimizar las magulladuras y el riesgo de putrefacción.

Las prácticas sanitarias se deben aplicar para prevenir la esporulación en frutas y la acumulación de esporas en superficies de los equipos y en la atmósfera de la zona de recolección y facilita el almacenamiento. Inmediatamente refrigerar tras el empaquetado retrasa el desarrollo de la putrefacción, si es combinado con fungicidas efectivos (11, 50, 68).

Los fungicidas postcosecha utilizados incluyen thiophanate methyl, imazalil, prochloraz, y guazatine.

**TABLA 21. FUNGICIDAS UTILIZADOS EN POSCOSECHA**

| <b>Materia activa</b>  | <b>Actividad</b> | <b>Dosis</b> |
|------------------------|------------------|--------------|
| Guazatine acetate 2'5% | sistémico        | 5-10 %       |
| Imazalil 34%           | sistémico        | 0.1-0.125 %  |
| Thiophanate methyl 45% | sistémico        | 0.4%         |
| Prochloraz             | sistémico        | 0.2 %        |

FUENTE: [www.fagro.edu.uy](http://www.fagro.edu.uy). (2007)

*Penicillium spp.* Se puede desarrollar resistencia a alguno de los fungicidas, el uso de dos o más fungicidas minimizan los problemas de resistencia al mismo tiempo que se practican buenas prácticas sanitarias (11, 50, 68).

## **1.5 RECUBRIMIENTOS**

### **1.5.1 RECUBRIMIENTOS EN FRUTAS**

Las pérdidas, en cantidad y calidad, a la que los productos hortofrutícolas están expuestos entre el período de recolección y su consumo son muy importantes. Se estima que las pérdidas en poscosecha de frutas frescas y verduras están entre un 5 y 25% en países desarrollados, y entre un 20 y un 50% en países en vías de desarrollo, dependiendo del tipo de producto. Para reducir estas pérdidas, es necesario entender: (40, 54, 68).

- 1) Los factores biológicos y medioambientales relacionados con su deterioro y
- 2) El uso de tecnologías poscosecha que retrasen la senescencia y mantengan la calidad del producto lo mejor posible.

El problema del deterioro se debe a que los productos frutícolas son tejidos vivos que están sujetos a continuos cambios después de ser cosechados. Durante el almacenamiento, las frutas continúan respirando, es decir consumiendo oxígeno ( $O_2$ ) y desprendiendo dióxido de carbono ( $CO_2$ ) (40, 54, 68).

La velocidad de deterioro es generalmente proporcional a la velocidad a la que transcurre la respiración del producto. Además, las frutas y hortalizas también transpiran, es decir pierden agua, lo cual produce pérdidas importantes por deshidratación (40, 54, 68).

Con el objetivo de reducir el proceso de senescencia se vienen utilizando el frío y el almacenamiento de los productos hortofrutícolas en ambientes de atmósfera controlada (CA) y/o atmósfera modificada (MAP) (40, 54, 68).

Muchas de las reacciones enzimáticas que tienen lugar durante el proceso de respiración aumentan exponencialmente al aumentar la temperatura. Toda reducción de la temperatura se traduce en un descenso de la velocidad de respiración y del proceso de maduración, así como del crecimiento microbiano. Sin embargo, los efectos de la

reducción de la temperatura sobre los distintos factores fisiológicos no son uniformes y el uso de bajas temperaturas puede resultar en daños por frío en algunos frutos. (40, 54, 68).

El uso de CA y/o MAP, como complemento a las bajas temperaturas, también ayuda a retrasar el proceso de senescencia. Niveles de O<sub>2</sub> por debajo del 8% y niveles de CO<sub>2</sub> por encima del 5% disminuyen el índice de respiración y retrasan la respuesta al etileno por parte de los frutos. Para ello los productos son envasados en películas plásticas en las cuales o bien se mantienen las concentraciones de los gases óptimas durante toda la vida del producto (CA), o la concentración de los gases no se controla (MAP) de manera que la concentración final dependerá de la respiración del producto, de la permeabilidad del envase y de otros factores, como temperatura y humedad (40, 54, 68).

A pesar de las ventajas de estas técnicas, también existen importantes inconvenientes. La técnica de CA requiere grandes instalaciones y es cara. Por otra parte, a pesar de las ventajas del uso de plásticos que crean una atmósfera modificada, cada día hay más objeciones en contra de su utilización debido al volumen de residuos que se generan (40, 54, 68).

Las pérdidas por deshidratación son también muy importantes. Esta es debida al proceso de transpiración en el cual existe una transferencia de agua desde las células del fruto a la atmósfera que lo rodea. Por este motivo aunque los productos se almacenen a la temperatura adecuada, si no se controla la humedad que les rodea habrá una migración de vapor de agua desde el fruto hacia el exterior (40, 54, 68).

Como alternativa a la solución de estos problemas se ha venido desarrollando en los últimos años nuevas técnicas de almacenamiento que hacen posible prolongar el tiempo de vida de estos productos. Una de estas técnicas es el uso de recubrimientos comestibles (40, 54, 68).

Los recubrimientos se definen como productos que envuelven el producto, creando una barrera semipermeable a gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) y vapor de agua. Estos recubrimientos también mejoran las propiedades mecánicas ayudando a mantener la integridad

estructural del producto que recubren, a retener compuestos volátiles y también pueden llevar aditivos alimentarios (agentes antimicrobianos, antioxidantes, etc.) (40, 54, 68).

Cuando los frutos son cubiertos por películas comestibles o no comestibles, se crea una atmósfera modificada en el interior del fruto que reduce la velocidad de respiración y por tanto retrasa el proceso de senescencia del producto. Además, crean una barrera a la transferencia al vapor de agua retrasando el deterioro del producto hortofrutícola por deshidratación (40, 54, 68).

En general, los recubrimientos comestibles están compuestos de ceras naturales, polisacáridos y proteínas, formando un envase ideal desde el punto de vista medioambiental, puesto que son biodegradables y pueden ser consumidos con el producto. Además en el futuro, los recubrimientos comestibles podrían reducir la necesidad de refrigeración y el coste de almacenamiento por el uso de CA (40).

Los recubrimientos comestibles pueden aplicarse en forma de finas capas de material alrededor (y en algunos casos “dentro”) de los alimentos mediante inmersión, pulverización o envolturas, con el fin de ofrecer una barrera selectiva a la transmisión de gases, vapor de agua y otros solutos y también para proteger al alimento (40, 54, 68).

Comercialmente o a nivel experimental los recubrimientos comestibles pueden agruparse en tres categorías: hidrocoloides, lípidos y mezcla de ambos o “compuestos” (40, 54, 68).

**Los hidrocoloides** son una excelente barrera para el O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, pero no impiden la transmisión del vapor de agua por su carácter hidrofílico. Pueden clasificarse de acuerdo con su composición, carga molecular o solubilidad en agua. En los hidrocoloides se engloban los polisacáridos (derivados de celulosa, derivados de almidón, pectinas, alginatos, chitosan); Proteínas (de maíz, soja y suero de leche).

**Los lípidos** son los recubrimientos que mejores resultados han dado en poscosecha. Mediante su utilización se reducen la respiración, deshidratación y mejora el brillo de los

frutos. Los recubrimientos formados por solo lípidos son muy frágiles y friables, por lo que se han de aplicar en combinación con una matriz de soporte no lipídica. Carnauba, cera de abeja, parafina, salvado de arroz y candelilla se han aconsejado en combinación con otros lípidos o polisacáridos. Los recubrimientos comestibles que se están ensayando en poscosecha son formulaciones mixtas de compuestos lipídicos e hidrocoloides.

Los lípidos aportan la barrera al vapor de agua y los hidrocoloides la permeabilidad selectiva al CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> (40, 54, 68).

En la formulación de las películas comestibles o recubrimientos se debe incluir al menos un componente que ayude a formar una adecuada matriz cohesiva y continua sobre el alimento. Para cumplir esta función, entre los compuestos que se puede usar está dextrinas y alginato, entre otras gomas, los derivados de la celulosa, del colágeno, del gluten y otro tipo de proteínas; ceras y glicéridos acetilados u otros materiales grasos (40, 54, 68).

Las sustancias hidrocoloides, generalmente, poseen buenas propiedades de formación de películas pero pobre resistencia a la transferencia de vapor de agua. Los lípidos parecen ser los más efectivos como barrera al vapor de agua, pero a menudo causan problemas de aplicación mecánica y estabilidad organoléptica.

Las capacidades de barrera contra la humedad de varias películas pueden ser clasificadas en orden decreciente de eficiencia como sigue: cera, lípidos y ácidos grasos sólidos, lecitina, acetoglicéridos, aceites líquidos, proteínas insolubles y finalmente otros hidrocoloides (Guilbert, Gontard, Raoult-Wack, 1995) (40, 54, 68).

## **1.5.2 MÉTODOS DE APLICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS**

### **1.5.2.1 *Inmersión:***

Proceso industrial en el que se sumerge el producto previamente lavado y secado en un tanque que contiene la emulsión del material de recubrimiento. La mayor importancia

radica en la aplicación completa del recubrimiento antes que el tiempo de inmersión.

El producto encerado puede secarse en condiciones ambientales o maquinas especiales (40, 54)

#### **1.5.2.2 *Espuma:***

Se adiciona un agente espumante al recubrimiento, se agita y se aplica la emulsión sobre el producto, mientras éste se mueve sobre rodillos para que se distribuya uniformemente, removiendo el exceso de producto (40, 54, 68).

#### **1.5.2.3 *Aspersión:***

Es el método más convencional, las películas aplicadas por aspersión en frutas y vegetales son más delgadas que por inmersión (40, 54, 68).

#### **1.5.2.4 *Por goteo:***

Es el método más económico en la aplicación de recubrimientos, existen diversos tamaños de emisores en el mercado disponibles de acuerdo a la variedad de tamaño de gota (40, 54, 68).

## **CAPÍTULO II**

### **2 PARTE EXPERIMENTAL**

#### **2.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El experimento se realizó en la Estación Experimental Santa Catalina INIAP, en los laboratorios del Departamento de Nutrición.

#### **2.2 OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.**

Se utilizó grano de la línea INIAP 450 Andino, eco tipo de origen ecuatoriano, el cual fue tratado para la obtención de extractos alcaloidales tanto de harina cruda amarga y del agua de cocción de tratamientos de desamargado del grano (método tradicional).

##### **2.2.1 PREPARACIÓN DE EXTRACTOS ALCALOIDALES**

###### **2.2.1.1 EQUIPOS Y MATERIALES**

- Molino
- Balanza técnica
- Frascos con tapa hermética
- Agitador magnético
- Centrifuga
- Rotavapor
- Baño María
- Liofilizador
- Vasos de precipitación
- Pipetas volumétricas 1, 5 y 10 mL

- Bureta de 50 mL
- Equipo de filtración al vacío
- Probetas
- Tubos de ensayo

### 2.2.1.2 REACTIVOS

- Hexano grado técnico
- Isopropanol P.A
- Reactivo de Wagner
- Acido cítrico 2 % (p/v)

### 2.2.1.3 PROCEDIMIENTO

- **Extracto crudo:** El grano amargo fue descascarado y molido; luego se añadió agua, hexano e isopropanol en cada uno de los recipientes, en una proporción 1:3 (Una parte de grano molido: 3 de solvente), se agitó la suspensión durante dos y cuatro horas, se centrifugó el conjunto, rescatando el sobrenadante.

El precipitado fue resuspendido, agitado con agua, hexano o isopropanol de acuerdo a cada recipiente y centrifugado hasta que no se detectó alcaloides en el precipitado, lo que se comprobó con el reactivo de Wagner.

Se juntaron los sobrenadantes recuperados y se concentraron a presión reducida en un rotavapor.

El concentrado líquido fue congelado y posteriormente liofilizado para obtener el extracto en forma de polvo.

El producto final se pesó para establecer el rendimiento y se determinó la concentración cuantitativa de alcaloides totales por titulación.

- **Extracto acuoso cocido:** El grano amargo fue pesado, descascarado, triturado, hidratado y cocido durante una hora. Se filtró el conjunto, rescatando la fase líquida, la misma que fue concentrada a presión reducida, congelada y posteriormente liofilizada.

## **2.2.2 DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE ALCALOIDES (Método adoptado por la Escuela Politécnica Nacional)**

### **2.2.2.1 EQUIPOS Y MATERIALES**

- Bureta de 50 mL
- Tubos de centrífuga
- Pipetas volumétricas
- Embudos simples
- Vasos de precipitación

### **2.2.2.2 REACTIVOS**

- Óxido de Aluminio
- Hidróxido de Potasio (KOH) al 15%
- Cloroformo p.a.
- Ácido sulfúrico 0.01N
- Reactivo de Dragendorff.
- Rojo de metilo
- Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.01N

### **2.2.2.3 PROCEDIMIENTO**

Se disolvió 5 g del extracto liofilizado de chocho en 100 mL de agua destilada.

Se tomó una alícuota de 0.2 mL de agua de desamargado de chocho, se agregó 0.6 g de Oxido de Aluminio, se mezcló bien y se añadió 0.2 mL de KOH al 15% y se agitó hasta

formar una pasta homogénea, luego se transfirió a tubos de centrifuga y se agregó 6 mL de cloroformo p.a.

Se agitó hasta homogenización y se centrifugó por 2 minutos (entre 1.500 y 3.000 rpm).

Se recibió la fase clorofórmica en vasos perfectamente limpios provistos de embudos con algodón en la base del cono, se repitieron las extracciones por lo menos 10 veces, hasta que 1 mL del último extracto fue evaporado a sequedad en un vaso de 50 mL, suspendido en 4 o 5 gotas de ácido sulfúrico 0.01N, dando reacción negativa con 3 o 4 gotas del reactivo de Dragendorff.

Se recogió los lavados de todos los extractos, se evaporó con calor suave sin llegar a sequedad, dejando en la etapa final 1 mL, que se volatilizaron rápidamente al dejarlos en un recipiente con agua fría. Se agregó 5 mL de ácido sulfúrico 0.01N, dos gotas de rojo de metilo y se tituló el exceso de ácido con NaOH 0.01N.

#### **2.2.2.4 CÁLCULOS**

El contenido de alcaloides se reportaron como Lupanina, considerando que:

1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.01N equivale a 2.48 mg de Lupanina.

### **2.3 APLICACIÓN DE EXTRACTOS ALCALOIDALES**

#### **2.3.1 ENSAYO DE MORTALIDAD DEL *P. digitatum*.**

##### **2.3.1.1 EQUIPOS Y MATERIALES**

- Frutos (borojó)
- Cajas petri
- Cámara de flujo laminar
- Mechero Bunzen
- Asas de platino

### 2.3.1.2 REACTIVOS

- Czapek agar
- Agar PDA (Potato Dextrose Agar)
- Agua de peptona al 0.1%

### 2.3.1.3 PROCEDIMIENTO

#### a. Aislamiento del hongo

Se aisló el *Penicillium digitatum* de frutos de borjón contaminados con el hongo, usando el método de dilución en placa, en medio de cultivo Czapek agar (2g nitrato de sodio, 1g fosfato di básico de potasio, 0/5g cloruro de potasio, 0.5g sulfato de magnesio, 7g agar y 1 000 mL de agua destilada), o PDA por 14 días a  $30 \pm 3$  °C.

#### b. Ensayo de mortalidad

*In vitro*.- Se preparó el medio de cultivo PDA y añadió en la formulación la cantidad de alcaloide necesaria para obtener una concentración del 35 %, posteriormente se sembró en superficie las cepas aisladas de *Penicillium digitatum*, e incubaron por 14 días a  $30 \pm 3$  °C.

*In vivo*.- Se preparó una solución alcaloidal al 35 %.

Se desinfectaron los frutos con una solución de alcohol etílico al 70 % y posteriormente fueron inoculados con las cepas aisladas de *P. digitatum*. Luego de 24 h se sumergió la fruta en la solución alcaloidal al 35 % por 30 s hasta que se obtuvo el 100 % de mortalidad del *P. digitatum*, verificando el resultado mediante pruebas microbiológicas de siembra en placas Petrifilm.

## **2.3.2 DURABILIDAD DEL BOROJÓ**

### **2.3.2.1 EQUIPOS Y MATERIALES**

- Frutos (borojó).
- Cámara de almacenamiento acelerado
- Cámara de refrigeración
- Modular de almacenamiento a temperatura ambiente
- Ventilador
- Recipientes de 4 L de boca ancha
- Balanza

### **2.3.2.2 REACTIVOS**

- Extractos alcaloidales

### **2.3.2.3 PROCEDIMIENTO**

Se seleccionó frutos de similar estado de madurez fisiológica, conformación física y tamaño. Posteriormente fueron sumergidos en soluciones del extracto alcaloidal al 25% y 50% de la concentración inicial, durante 30 segundos, (el tiempo establecido en los ensayos de mortalidad). La humedad superficial de las frutas, fue eliminada con la ayuda de un ventilador, para luego ser dispuestas en la cámara para ensayos de estabilidad, a una humedad relativa del 75 % y a 10 °C, 25 °C y 30 °C para cada ensayo.

Cada diez días durante dos meses se tomaron muestras para el recuento total de hongos y levaduras. Se pesó un 5 gramo de cáscara de borjój y se realizaron diluciones (1:10 a 1:1000) en agua peptonada estéril. Se realizó la siembra en placas petrifilm específicas para mohos y levaduras, se incubaron a 35 ±1°C, durante tres días. Finalmente se realizó el recuento de las placas con un contador de colonias estándar tipo Québec.

#### **2.3.2.4 CÁLCULO**

Los valores obtenidos en los recuentos de hongos y levaduras totales se graficaron en coordenadas semilogarítmicas, en función del tiempo de almacenamiento con lo cual se determinó la constante de velocidad. Mediante técnicas de regresión lineal se determinó el valor de la pendiente y estableció el valor de la energía de activación.

### **2.4 ENSAYO DE RECUBRIMIENTOS PARA LA PRESERVACIÓN DEL BOROJÓ.**

#### **2.4.1 EQUIPOS Y MATERIALES**

- Frutos (borojó).
- Termómetro digital
- Cámara de almacenamiento acelerado
- Cámara de refrigeración
- Modular de almacenamiento a temperatura ambiente
- Ventilador
- Recipientes de 4 L de boca ancha
- Balanza

#### **2.4.2 REACTIVOS**

- Extracto alcaloidal liofilizado
- Parafina grado alimenticio (Terhell parafinn 2792)
- Cera “Cerabrix” para papaya

#### **2.4.3 PROCEDIMIENTO**

Como en el ensayo anterior, se trabajaron con frutos de similar estado de madurez fisiológica, conformación física y tamaño.

La concentración efectiva identificada en el ensayo de recubrimientos con extractos alcaloidales, fue utilizada para su incorporación en la película de recubrimiento (parafinado y encerado) que se aplicó a los frutos.

Se almacenaron las muestras tratadas a  $10 \pm 2$  °C,  $18 \pm 2$  °C y  $30 \pm 2$  °C en las cámaras de almacenamiento respectivas, durante: 90 días para los frutos almacenados en refrigeración, 20 días para el almacenamiento en cámara acelerada y 60 días para el almacenamiento en perchas a temperatura ambiente.

Cada diez días durante el tiempo total de almacenamiento se tomaron muestras para la detección del peso de las muestras.

#### **2.4.3.1 Parafinado**

En un recipiente de abertura ancha se fundió la parafina a  $110 \pm 10$  °C, posteriormente se procedió al recubrimiento por inmersión del fruto en la parafina diluída durante 10 segundos, con lo cual se obtuvo un espesor de recubrimiento aproximado de 0.5 mm, sin daño de los tejidos de la corteza de la fruta.

A continuación se dejó secar las muestras con ayuda de un ventilador y luego se pesó la muestra.

#### **2.4.3.2 Encerado**

Se preparó una dilución de Cerabrix en agua destilada (1:4).

Los frutos seleccionados se sumergieron en la solución de cera durante 30 segundos y posteriormente se dejó secar a temperatura ambiente, ayudados de un ventilador, durante 1-2 horas.

Se controló el peso del fruto antes y después del tratamiento.

Luego de aplicados los tratamientos y codificados individualmente todos los frutos, fueron almacenados a las temperaturas expresadas para el presente ensayo.

#### **2.4.4 CÁLCULO**

Para el control de peso se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{P_o - P_f}{P_o} * 100$$

En donde:

P<sub>o</sub> = peso inicial del fruto + recubrimiento

P<sub>f</sub> = peso luego del almacenamiento del fruto + recubrimiento

### **2.5 DURABILIDAD DEL BOROJÓ CON APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ACTIVO A BASE DE ALCALOIDES DEL CHOCHO.**

#### **2.5.1 PROCEDIMIENTO**

La fruta con los mejores recubrimientos, identificados en el ensayo anterior se colocaron en la cámara para ensayos de estabilidad, a una humedad relativa del 75 % y a las temperaturas especificadas en el ensayo (10 °C, 25 °C, 30 °C).

Cada diez días durante dos meses se tomaron muestras para el recuento total de hongos y levaduras, este valor se graficó en coordenadas semilogarítmicas, en función del tiempo de almacenamiento con lo cual se determinó la constante de velocidad. Mediante técnicas de regresión lineal se estableció el valor de la pendiente para establecer el valor de la energía de activación.

## **2.5.2 RECuento DE MOHOS Y LEVADURAS (Método Petrifilm 3M Center; Yeast and Mold Counts in Foods: AOAC Official Method 997.02)**

### **2.5.2.1 PRINCIPIO**

Los recuentos de mohos y levaduras sirven como criterio de contaminación en alimentos que han sufrido un tratamiento aséptico y que han sido sometidos a condiciones de conservación.

Es fácil contar las colonias de levaduras y mohos utilizando las placas Petrifilm para recuento de mohos y levaduras. Un indicador colorea las colonias para dar contraste y facilitar el recuento.

Las colonias de levaduras son: pequeñas, de bordes definidos, cuyo color varía de rosado oscuro a verde- azul, tridimensionales, usualmente aparecen en el centro.

Las colonias de mohos son: grandes bordes difusos de color variable (el moho puede producir su pigmento propio), planos, usualmente presentan un núcleo central.

### **2.5.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

- Placas Petrifilm YM para mohos y levaduras
- Pipetas volumétricas
- Micropipetas
- Matraz de 250 mL
- Tubos de ensayo
- Contador de Colonias Québec.

### **2.5.2.3 PROCEDIMIENTO**

#### **2.5.2.3.1 Preparación de la muestra**

Se usó diluyentes estériles adecuados, tampón fosfato de Bufferfield (ISO 5541 -1), agua peptonada al 0.1 %, solución salina (0.85%-0.90%), caldo letheen sin bisulfito o agua destilada, en el ensayo se utilizó agua destilada esterilizada. Posteriormente se homogenizó uniformemente la muestra.

Nota: No usar diluyentes que contengan citrato, bisulfito o tiosulfato con las placas Petrifilm ya que pueden inhibir el crecimiento.

#### **2.5.2.3.2 Inoculación de las placas**

- a. Se colocó la placa Petrifilm YM en una superficie plana.
- b. Se levantó el film superior y colocó 1 mL de muestra o su dilución en el centro del film inferior.
- c. Se dejó caer el film superior sobre la muestra.
- d. Se colocó el aplicador de plástico Petrifilm YM en el centro de la placa, presionando ligeramente el centro del aplicador para distribuir la muestra uniformemente el inóculo por toda el área de crecimiento de la placa Petrifilm antes de que se forme el gel (No se debe deslizar el aplicador por la lámina).
- e. Se dejó la placa Petrifilm en reposo, durante al menos un minuto, para que solidifique el gel.

#### **2.5.2.3.3 Incubación**

- a. Se incubaron las placas en posición horizontal con la lámina transparente hacia arriba y apilándolas hasta un máximo de 20 placas, a 37 °C por 72 horas.

- b. Se realizó el recuento de cepas de cada placa, con la ayuda de un contador de colonias estándar tipo Québec. Para leer los resultados se consultó en la guía de interpretación Petrifilm YM.

## **2.6 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS FRUTAS TRATADAS CON RECUBRIMIENTOS A BASE DE ALCALOIDES DEL CHOCHO.**

Al término del periodo de almacenamiento, la fruta tratada con los recubrimientos que permitieron preservarlas durante mayor tiempo, fueron extraídos de la cámara de almacenamiento para ser observadas, degustadas y calificadas por un panel semientrenado de 30 catadores.

Para el efecto, la fruta fue pelada, fragmentada y dispuestas en recipientes codificados con una combinación de tres números aleatorios, frente a un blanco comparativo.

Cada panelista recibió tres muestras (muestra testigo y dos tratamientos seleccionados) como se indica en el formato de encuesta del Anexo 10 en donde se evaluaron los atributos: color de la pulpa, textura, olor y sabor.

Con los resultados de la diferenciación de los parámetros que se revelaron en las encuestas anteriores se formuló el formato de encuesta del Análisis Descriptivo de la Pulpa de Borjón (Anexo 11), con lo cual se obtuvieron calificaciones cuantitativas de la calidad de la fruta, que permitió calcular el índice de variación de las características sensoriales de la muestra frente a un blanco/testigo.

## CAPÍTULO III

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA Y EXTRACCIÓN DE ALCALOIDES

Se utilizó grano de la línea INIAP 450 Andino, la misma que fue cultivada en la Estación Experimental Santa Catalina, ubicada a 3058 m sobre el nivel del mar., latitud 00° 22', longitud 78° 33' Oeste, temperatura promedio 15°C.

El grano seleccionado, fue molturado en un molino provisto de un tamiz 0,5 mm hasta obtener harina amarga de chocho, la cual fue mezclada con solvente, en una proporción 1:3 (1 kg de harina y 3 L de solvente) para obtener extractos: acuoso, alcohólico y en hexano. Luego de la extracción y posterior liofilización de los extractos se obtuvieron las siguientes concentraciones alcaloidales y su rendimiento de obtención:

**CUADRO 1. CONCENTRACIÓN Y RENDIMIENTO DE ALCALOIDES DE CHOCHO EN DIFERENTES MEDIOS DE EXTRACCIÓN**

| <b>SOLVENTES</b>     | <b>CONCENTRACIÓN<br/>ALCALOIDES (% p/p)</b> | <b>RENDIMIENTO (% p/p)</b> |
|----------------------|---|----------------------------|
| Agua (maceración)    | 12.75                                       | 15                         |
| Alcohol isopropílico | 2.78  | 3.1                        |
| Hexano               | 0.4   | 0.8                        |
| Agua (cocción)       | 7.4   | 8.4                        |

**CUADRO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA EXTRACCIÓN DE ALCALOIDES CON DIFERENTES SOLVENTES**

| Source   | Degrees of Freedom | Sum of Squares | Mean Square | F Value | K Value | Prob   |
|----------|--------------------|----------------|-------------|---------|---------|--------|
| Factor A | 2                  | 713.126        | 356.56      | 12797.8 | 2       | 0.0000 |
| Factor B | 1                  | 14.100         | 14.100      | 506.08  | 4       | 0.0000 |
| AB       | 2                  | 8.675          | 4.338       | 155.69  | 6       | 0.0000 |
| Factor C | 1                  | 6.891          | 6.891       | 247.320 | 8       | 0.0000 |
| AC       | 2                  | 6.514          | 3.257       | 116.902 | 10      | 0.0000 |
| BC       | 1                  | 0.083          | 0.083       | 2.9839  | 12      | 0.0969 |
| ABC      | 2                  | 0.026          | 0.013       | 0.4610  | 14      |        |
| Error    | 24                 | 0.669          | 0.028       |         | -15     |        |
| total    | 35                 | 750.083        |             |         |         |        |

Coefficient of Variation: 3.98%

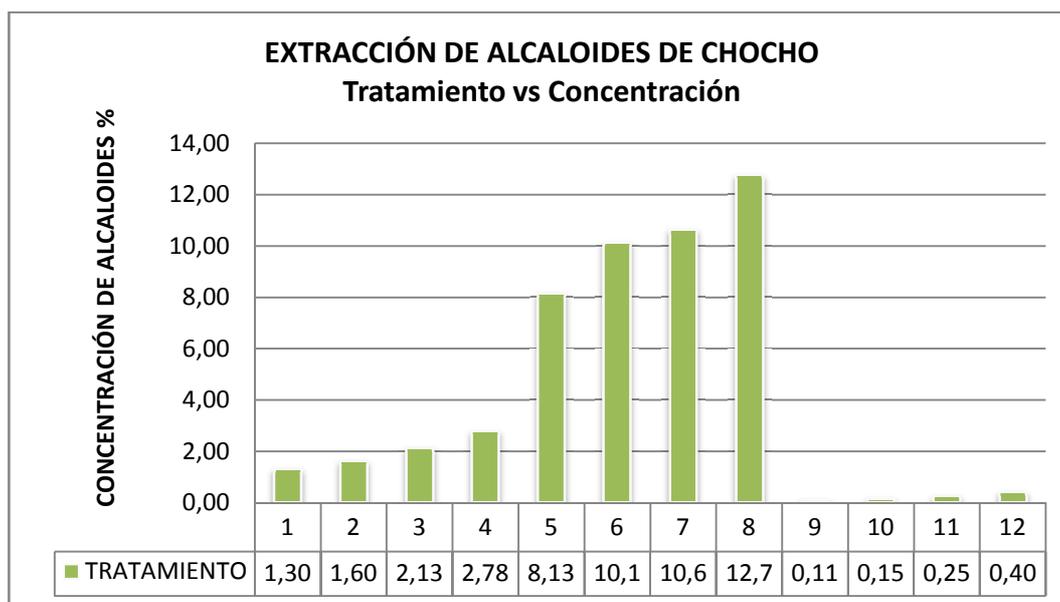
**CUADRO 3. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LA EXTRACCIÓN DE ALCALOIDES CON DIFERENTES SOLVENTES**

| Tratamientos    | Promedios De concentración                   | Rangos |   |
|-----------------|--|--------|---|
| T <sub>1</sub>  | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> | 1.30   | G |
| T <sub>2</sub>  | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> | 1.60   | G |
| T <sub>3</sub>  | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> | 2.13   | F |
| T <sub>4</sub>  | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> | 2.78   | E |
| T <sub>5</sub>  | a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> | 8.13   | D |
| T <sub>6</sub>  | a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> | 10.13  | C |
| T <sub>7</sub>  | a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> | 10.63  | B |
| T <sub>8</sub>  | a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> | 12.75  | A |
| T <sub>9</sub>  | a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> | 0.113  | H |
| T <sub>10</sub> | a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> | 0.150  | H |
| T <sub>11</sub> | a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> | 0.247  | H |
| T <sub>12</sub> | a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> | 0.400  | H |

El análisis de varianza de los datos obtenidos en la extracción de los alcaloides (Cuadro 2), muestra un efecto significativo de todos los factores en estudio: Tipo de solvente (A), tiempo de contacto (B) y número de lavados (C).

También se determinó significancia estadística de las interacciones de los factores AB, AC y ABC, excepto en la interacción tiempo de contacto y número de lavados BC.

El análisis de datos obtenido con la prueba Tukey (CUADRO 3, figura 4) permite determinar que el mejor tratamiento para la extracción de alcaloides de chocho, es el  $a_2b_2c_2$ , correspondiente al uso de agua como solvente, manteniendo un tiempo de contacto de 4 horas, con 4 lavados. El isopropanol extrae simultáneamente los alcaloides y la grasa, sin embargo el rendimiento y la concentración de los productos de interés (alcaloides) es menor en este caso que operando con agua. Los solventes orgánicos como el hexano tienen una acción más selectiva por la grasa antes que por los alcaloides, registrándose una menor concentración de estos componentes en los extractos obtenidos con hexano.



**FIGURA 4.- CONCENTRACIÓN DE ALCALOIDES EN FUNCIÓN AL TRATAMIENTO DE EXTRACCIÓN**

La efectividad del agua para extraer los alcaloides, se basa en su alta polaridad en comparación con los solventes orgánicos (hexano e isopropanol), siendo las constantes dieléctricas ( $\epsilon$ ) de 78,54 para el agua, 1,89 del hexano y 18,3 del isopropanol.

### 3.2 DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE EXTRACTOS CRUDOS Y COCIDOS DE LOS ALCALOIDES DEL CHOCHO, EN LA VIDA ÚTIL DEL BOROJÓ.

#### 3.2.1 Durabilidad del borojó, con aplicación de extractos alcaloidales

Se utilizaron los extractos acuoso y alcohólico (alcohol isopropílico) al 25 y 50 % de la concentración obtenida en los extractos liofilizados y almacenados en un ambiente de bajas humedad relativa.

El análisis de Varianza (CUADRO 4), revela una influencia significativa de los factores (A) tipo de extracto, (B) concentración de alcaloides, (C) temperatura de almacenamiento, tiempo de almacenamiento (D) y las interacciones AB, AC, BC AD, BD, ABD CD, ACD, BCD, ABC y ABCD sobre la pérdida de peso del borojó recubierto con extracto alcaloidal y almacenado.

**CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PÉRDIDA DE PESO DEL BOROJÓ TRATADO CON EXTRACTOS ALCALOIDALES Y ALMACENADO A DIFERENTES TEMPERATURAS.**

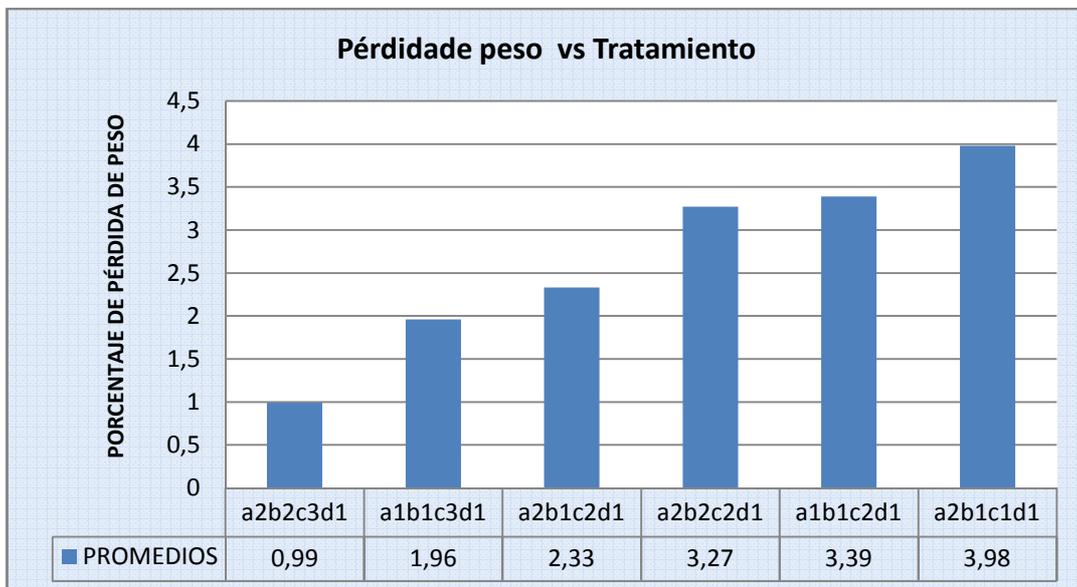
| K Value | Source   | Degrees of Freedom | Sum of Squares | Mean Square | F Value    | Prob   |
|---------|----------|--------------------|----------------|-------------|------------|--------|
| 2       | Factor A | 1                  | 1779.127       | 1779.127    | 12675.9079 | 0.0000 |
| 4       | Factor B | 1                  | 263.828        | 263.828     | 1879.7229  | 0.0000 |
| 6       | AB       | 1                  | 5.318          | 5.318       | 37.8914    | 0.0000 |
| 8       | Factor C | 2                  | 2179.325       | 1089.662    | 7763.6178  | 0.0000 |
| 10      | AC       | 2                  | 4443.541       | 2221.771    | 15829.6544 | 0.0000 |
| 12      | BC       | 2                  | 11.338         | 5.669       | 40.3893    | 0.0000 |
| 14      | ABC      | 2                  | 225.242        | 112.621     | 802.4001   | 0.0000 |
| 16      | Factor D | 4                  | 8089.873       | 2022.468    | 14409.6664 | 0.0000 |
| 18      | AD       | 4                  | 344.360        | 86.090      | 613.3740   | 0.0000 |
| 20      | BD       | 4                  | 180.893        | 45.223      | 322.2057   | 0.0000 |
| 22      | ABD      | 4                  | 273.844        | 68.461      | 487.7707   | 0.0000 |
| 24      | CD       | 8                  | 463.779        | 57.972      | 413.0409   | 0.0000 |
| 26      | ACD      | 8                  | 1443.560       | 180.445     | 1285.6331  | 0.0000 |
| 28      | BCD      | 8                  | 262.454        | 32.807      | 233.7409   | 0.0000 |
| 30      | ABCD     | 8                  | 551.239        | 68.905      | 490.9330   | 0.0000 |
| -31     | Error    | 120                | 16.843         | 0.140       |            |        |
|         | Total    | 179                | 20534.564      |             |            |        |

Coefficient of Variation: 2.69%

**CUADRO 5. PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LA PÉRDIDA DE PESO DEL BOROJÓ TRATADO CON EXTRACTOS ALCALOIDALES Y ALMACENADO A DIFERENTES TEMPERATURAS**

|     | <b>MEJORES TRATAMIENTOS</b>                                 | <b>PROMEDIOS</b> | <b>RANGOS</b> |
|-----|---|------------------|---------------|
| T56 | a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 0,99             | A             |
| T11 | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 1,96             | B             |
| T36 | a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 2,33             | B             |
| T51 | a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 3,27             | C             |
| T6  | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 3,39             | CD            |
| T31 | a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 3,98             | D             |

El tiempo de almacenamiento es un factor crítico en la disminución de la calidad de la fruta, por lo que en todos los tratamientos, la menor pérdida de peso se registró en los primeros días de almacenamiento (nivel d1). Con un nivel de confianza del 95 %, (Tukey 5 %), se puede inferir que el tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>3</sub>d<sub>1</sub> (borojó tratado con extracto alcohólico al 50 % y almacenado a 30°C) mantiene la humedad de la fruta, experimentando una menor pérdida de peso (0,99 %)



**FIGURA 5. PÉRDIDA DE PESO DE LOS FRUTOS EN FUNCIÓN AL TRATAMIENTO APLICADO**

A medida que transcurre el tiempo de almacenamiento se incrementa la pérdida de peso, alcanzando un valor de 3,98 % después de 5 días de almacenamiento a 30 °C. En base a

los resultados obtenidos, se concluye que los extractos alcaloidales no constituyen una barrera eficaz, capaz de impedir la eliminación de humedad de la fruta, siendo necesario incorporar estos ingredientes en una matriz impermeable para disminuir la velocidad de deshidratación y deterioro.

Si bien la pérdida de peso afecta a la apariencia de la fruta, no es un factor preponderante en la estimación de la vida útil, no así, el recuento microbiológico indicativo de la calidad sanitaria del borjón almacenado.

**CUADRO 6. RECuento MICROBIOLÓGICO DEL BOROJÓN TRATADO CON EXTRACTOS ALCALOIDALES Y ALMACENADO A 10 °C.**

| <b>RECuento DE MOHOS Y LEVADURAS</b> |               |                       |                 |           |           |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------|
|                                      | <b>NÚMERO</b> | <b>DÍAS DE ALMAC.</b> | <b>DILUCIÓN</b> |           |           |
|                                      |               |                       | <b>0</b>        | <b>-1</b> | <b>-2</b> |
| <b>EXTRACTO ACUOSO 25%</b>           | 1             | 11                    | 80              | 9         | 1         |
|                                      | 2             | 31                    | 100             | 20        | 0         |
|                                      | 3             | 46                    | 300             | 100       | 25        |
|                                      | 4             | 61                    | MNPC            | 160       | 90        |
|                                      | 5             | 76                    | MNPC            | MNPC      | 120       |
|                                      | 6             | 91                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
| <b>EXTRACTO ACUOSO 50%</b>           | 7             | 11                    | 0               | 0         | 0         |
|                                      | 8             | 31                    | 32              | 5         | 2         |
|                                      | 9             | 46                    | 125             | 35        | 7         |
|                                      | 10            | 61                    | 300             | 120       | 72        |
|                                      | 11            | 76                    | MNPC            | MNPC      | 178       |
|                                      | 12            | 91                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
| <b>EXTRACTO ISOPROPÍLICO 25%</b>     | 13            | 11                    | 1               | 0         | 0         |
|                                      | 14            | 31                    | MNPC            | MNPC      | 250       |
|                                      | 15            | 46                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 16            | 61                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 17            | 76                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 18            | 91                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
| <b>EXTRACTO ISOPROPÍLICO 50%</b>     | 19            | 11                    | 1               | 0         | 0         |
|                                      | 20            | 31                    | 100             | 20        | 4         |
|                                      | 21            | 46                    | MNPC            | 600       | 120       |
|                                      | 22            | 61                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 23            | 76                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 24            | 91                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |

El recuento microbiológico de los frutos tratados con los extractos alcaloidales y almacenados en refrigeración (T. promedio 10°C), muestra que el mejor tratamiento para controlar el crecimiento y desarrollo del *P. digitatum*, corresponde al extracto acuoso al

50% de concentración inicial (6,37 %) con un efecto positivo hasta el undécimo día de almacenamiento.

Con la aplicación de este tratamiento, el crecimiento de mohos en la corteza del fruto fue perceptible a partir de los 76 días de almacenamiento.

**CUADRO 7. RECUENTO MICROBIOLÓGICO DEL BOROJÓ TRATADO CON EXTRACTOS ALCALOIDALES DE CHOCHO Y ALMACENADO A 30 °C.**

| <b>RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS</b> |               |                       |                 |           |           |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------|
|                                      | <b>NÚMERO</b> | <b>DÍAS DE ALMAC.</b> | <b>DILUCIÓN</b> |           |           |
|                                      |               |                       | <b>0</b>        | <b>-1</b> | <b>-2</b> |
| <b>EXTRACTO ACUOSO 25%</b>           | 25            | 5                     | 6               | 0         | 0         |
|                                      | 26            | 9                     | 9               | 1         | 0         |
|                                      | 27            | 15                    | 12              | 1         | 0         |
|                                      | 28            | 20                    | 13              | 5         | 0         |
|                                      | 29            | 26                    | MNPC            | 160       | 31        |
|                                      | 30            | 32                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
| <b>EXTRACTO ACUOSO 50%</b>           | 31            | 5                     | 1               | 0         | 0         |
|                                      | 32            | 9                     | 9               | 2         | 0         |
|                                      | 33            | 15                    | 10              | 1         | 0         |
|                                      | 34            | 20                    | 42              | 16        | 2         |
|                                      | 35            | 26                    | 80              | 26        | 0         |
|                                      | 36            | 32                    | 140             | 32        | 3         |
| <b>EXTRACTO ISOPROPÍLICO 25%</b>     | 37            | 5                     | 120             | 31        | 1         |
|                                      | 38            | 9                     | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 39            | 15                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 40            | 20                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 41            | 26                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 42            | 32                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
| <b>EXTRACTO ISOPROPÍLICO 50%</b>     | 43            | 5                     | 90              | 20        | 4         |
|                                      | 44            | 9                     | 500             | 100       | 6         |
|                                      | 45            | 15                    | MNPC            | MNPC      | 150       |
|                                      | 46            | 20                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 47            | 26                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |
|                                      | 48            | 32                    | MNPC            | MNPC      | MNPC      |

Similar a lo que ocurre con el almacenamiento de la fruta a 10 °C, el tratamiento que mantuvo la calidad sanitaria del borjón almacenado a 30°C, fue la aplicación del extracto alcaloidal acuoso al 50 % de la concentración inicial (6,37 %). El crecimiento de hongos en la corteza de la fruta, comenzó a ser perceptible a los 32 días de almacenamiento.

**CUADRO 8. RECUENTO MICROBIOLÓGICO DEL BOROJÓ TRATADO CON EXTRACTOS ALCALOIDALES DE CHOCHO Y ALMACENADO A 15 °C.**

| <b>RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS</b> |               |                       |                 |           |           |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------|
|                                      | <b>NÚMERO</b> | <b>DÍAS DE ALMAC.</b> | <b>DILUCIÓN</b> |           |           |
|                                      |               |                       | <b>0</b>        | <b>-1</b> | <b>-2</b> |
|                                      | 49            | 3                     | 0               | 0         | 0         |
| <b>EXTRACTO</b>                      | 50            | 5                     | 1               | 1         | 0         |
| <b>ISOPROPÍLICO</b>                  | 51            | 7                     | 6               | 0         | 0         |
| <b>50%</b>                           | 52            | 10                    | 7               | 1         | 0         |
|                                      | 53            | 12                    | 8               | 0         | 0         |
|                                      | 54            | 14                    | 15              | 2         | 0         |
|                                      | 55            | 3                     | 1               | 0         | 0         |
| <b>EXTRACTO</b>                      | 56            | 5                     | 30              | 1         | 0         |
| <b>ISOPROPÍLICO</b>                  | 57            | 7                     | 32              | 3         | 1         |
| <b>25%</b>                           | 58            | 10                    | 150             | 13        | 0         |
|                                      | 59            | 12                    | 200             | 15        | 2         |
|                                      | 60            | 14                    | MNPC            | 250       | 38        |
|                                      | 61            | 3                     | 0               | 0         | 0         |
| <b>EXTRACTO</b>                      | 62            | 5                     | 2               | 0         | 0         |
| <b>ACUOSO</b>                        | 63            | 7                     | 26              | 1         | 0         |
| <b>25%</b>                           | 64            | 10                    | 38              | 4         | 0         |
|                                      | 65            | 12                    | 218             | 41        | 5         |
|                                      | 66            | 14                    | 250             | 58        | 9         |
|                                      | 67            | 3                     | 0               | 0         | 0         |
| <b>EXTRACTO</b>                      | 68            | 5                     | 0               | 0         | 0         |
| <b>ACUOSO</b>                        | 69            | 7                     | 1               | 0         | 0         |
| <b>50%</b>                           | 70            | 10                    | 5               | 0         | 0         |
|                                      | 71            | 12                    | 7               | 1         | 0         |
|                                      | 72            | 14                    | 45              | 10        | 2         |

El extracto alcaloidal acuoso a una concentración del 6,35 %, resultó efectivo para controlar el crecimiento y desarrollo del *P. digitatum* hasta el séptimo día de almacenamiento a 15°C (Cuadro 8), posterior a esta fecha, se inicia el crecimiento del hongo, visualizando una masa de color verde característico a los 14 días de almacenamiento.

Cuando la fruta no es tratada con el extracto alcaloidal la multiplicación de hongos se produce de manera exponencial, registrándose 125 colonias a los tres días de almacenamiento, a temperatura ambiente (Cuadro 9).

**CUADRO 9 RECUENTO MICROBIOLÓGICO DEL BOROJÓ SIN APLICACIÓN DE EXTRACTOS ALCALOIDALES Y ALMACENADO A 15 °C.**

| BLANCO DE REFERENCIA | DILUCION        |                  |                  |                  |
|----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
|                      | 10 <sup>0</sup> | 10 <sup>-1</sup> | 10 <sup>-2</sup> | 10 <sup>-3</sup> |
| <b>0 DÍAS</b>        | 70              | 12               | 3                | 0                |
| <b>3 DÍAS</b>        | MNPC            | 125              | 13               | 1                |
| <b>5 DÍAS</b>        | MNPC            | 200              | 18               | 2                |
| <b>7 DÍAS</b>        | MNPC            | MNPC             | 17               | 2                |
| <b>10 DÍAS</b>       | MNPC            | MNPC             | 19               | 3                |
| <b>12 DÍAS</b>       | MNPC            | MNPC             | 20               | 3                |
| <b>14 DÍAS</b>       | MNPC            | MNPC             | 50               | 5                |

Los resultados obtenidos muestran una relación importante entre la concentración de humedad y el crecimiento microbiológico, registrando un menor recuento microbiológico en los frutos que experimentaron una mayor pérdida de peso como se muestra en las fotografías 22, 23 y 29. Si bien la presencia de una mayor cantidad de agua en las frutas es importante para mantener su turgencia, el líquido disponible es un buen catalizador para diferentes reacciones de alteración, de ahí que la mayor pérdida de peso (menos humedad), se correlaciona en forma no proporcional con el recuento microbiológico.

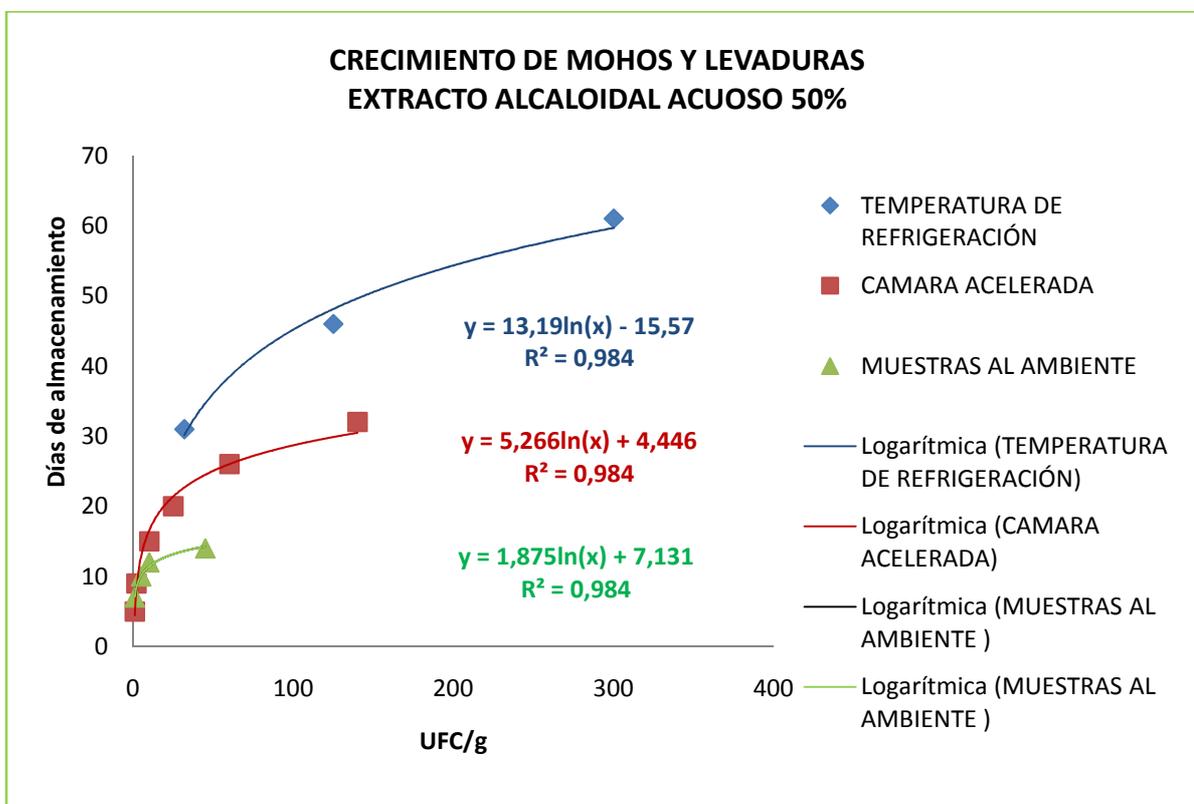
### **3.2.2 Cinética de deterioro del borojó tratado con una solución alcaloidal.**

El borojó como todo alimento es un sistema físico-químico y biológicamente activo por lo tanto su calidad es un estado dinámico que se mueve continuamente hacia niveles más bajos. La cinética de deterioro se puede expresar matemáticamente por medio de ecuaciones de relación.

Aplicando los principios fundamentales de la cinética química, los cambios en la calidad del fruto, se expresan como una función de la composición del mismo

$$dQ/dt = F(C_i, E_j)$$

Donde  $C_i$  se refiere a la población microbiana y  $E_j$  son los factores ambientales de temperatura, la humedad relativa, etc. En base a esta ecuación básica y considerando que la calidad disminuye en forma exponencial durante el periodo de almacenamiento, se calculan las constantes de velocidad de reacción, obteniéndose:



**FIGURA 6.** CRECIMIENTO DEL *Penicillium digitatum* DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL BOROJO. REACCIÓN DE PRIMER ORDEN.

Muestras en refrigeración: 0.075 UFC/g/día de almacenamiento

Muestras en cámara acelerada: 0.19 UFC/g/día de almacenamiento

Muestras al ambiente: 0.53 UFC/g/día de almacenamiento

En general, la velocidad de reacción se incrementa con la temperatura, sin embargo, la multiplicación del *P. digitatum* ocurre más rápido a 15°C que a 30°C, debido posiblemente a que la elevada humedad relativa imperante en la cámara de envejecimiento, migra hacia el alimento, tendiendo a establecer un equilibrio, lo que podría afectar la multiplicación del hongo, mismo que parece encontrar su medio apropiado de crecimiento y desarrollo a humedades entre 40 y 50 % y pH menor a 4.5. Por lo expuesto, para el cálculo de la energía de activación se consideró la velocidad de reacción a 10 y 15°C.

El signo positivo indica el desarrollo microbiológico en la muestra en función al tiempo.

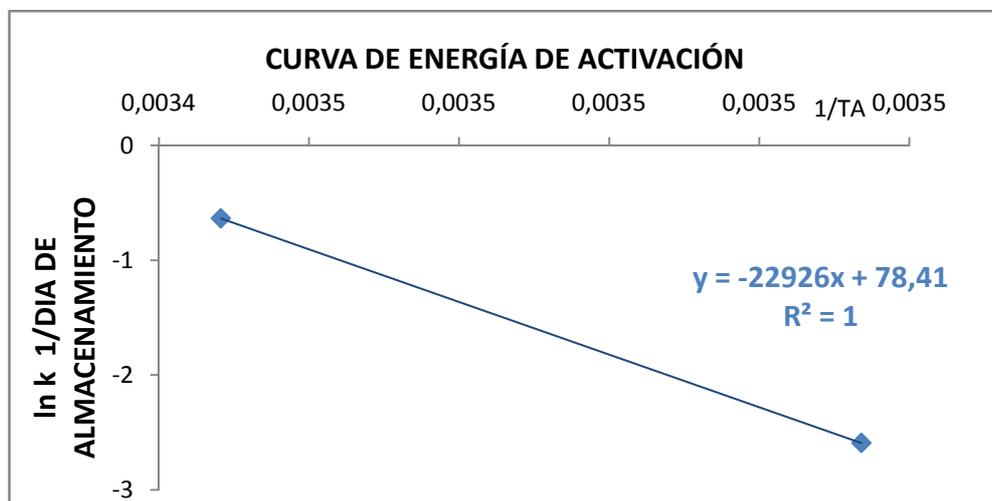


FIGURA 7. CURVA DE ENERGÍA DE ACTIVACIÓN PARA EL CRECIMIENTO DE HONGOS.

En el figura 7, se presenta el valor inverso de la temperatura absoluta de almacenamiento, en función de las constantes de velocidad de reacción, según la ecuación de Arrhenius:

$$\ln k = \ln k' - ((EA)/R (TA)); K' \text{ en (1/días de almacenamiento)}$$

Donde:

k= Constante de velocidad de reacción

TA= Temperatura absoluta.

EA= energía de activación

R= constante de los gases

De lo cual:

$$R = 8314 \text{ J/g mol K}$$

$$(EA)/R = -22926$$

$$\text{Ln } k' = 78.41$$

Entonces:

$$-(EA) = 8314 \times (-22926)$$

$$(EA) = 1906 \text{ KJ/g mol}$$

El valor obtenido  $(EA) = 1906 \text{ KJ/g mol}$  representa la energía mínima que debe poseer el hongo antes de que ocurra su crecimiento y multiplicación, lo cual solo se producirá cuando el calor ha conseguido la activación de sus moléculas.

### 3.3 DURABILIDAD DEL BOROJÓ CON APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ACTIVO A BASE DE ALCALOIDES DEL CHOCHO.

Para controlar la transpiración de la fruta y el crecimiento del *P. digitatum*, el extracto acuoso de alcaloides se incorporó en un componente semipermeable como es la cera o parafina. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente por medio de la utilización del software MSTAT dando como respuesta los siguientes datos.

#### 3.3.1 Efecto del recubrimiento bioactivo, en la pérdida de peso del borojó durante el almacenamiento.

Los recubrimientos y películas comestibles para frutas ayudan a extender la vida comercial útil ya que actúan como barreras que limitan la migración de humedad, oxígeno, aroma, etc., reduciendo la necesidad de un empaque no comestible.

Con este objeto y el de controlar el desarrollo del *penicillium digitatum*, se incorporó el extracto acuoso alcaloidal en un recubrimiento de parafina y cera, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro 10.

**CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA, PARA LA PÉRDIDA DE PESO DEL BOROJÓ TRATADO CON UN RECUBRIMIENTO CON INCLUSIÓN DE EXTRACTO ALCALOIDAL.**

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

| K Value | Source      | Degrees of Freedom | Sum of Squares | Mean Square | F Value    | Prob   |
|---------|-------------|--------------------|----------------|-------------|------------|--------|
| 1       | Replication | 2                  | 0.298          | 0.149       | 2.3399     | 0.1008 |
| 2       | Factor A    | 3                  | 7483.014       | 2494.338    | 39235.1789 | 0.0000 |
| 4       | Factor B    | 2                  | 1193.125       | 596.562     | 9383.7462  | 0.0000 |
| 6       | AB          | 6                  | 831.022        | 138.504     | 2178.6204  | 0.0000 |
| 8       | Factor C    | 4                  | 5833.978       | 1458.494    | 22941.6727 | 0.0000 |
| 10      | AC          | 12                 | 897.401        | 74.783      | 1176.3203  | 0.0000 |
| 12      | BC          | 8                  | 605.868        | 75.733      | 1191.2640  | 0.0000 |
| 14      | ABC         | 24                 | 360.435        | 15.018      | 236.2307   | 0.0000 |
| -15     | Error       | 118                | 7.502          | 0.064       |            |        |
|         | Total       | 179                | 17212.642      |             |            |        |

Coefficient of Variation: 1.79%

Se observa significancia estadística de los factores: tipo de recubrimiento (A), temperatura (B), días de almacenamiento (C) y sus interacciones (AB, AC, BC y ABC). El coeficiente de variación (1,79 %), muestra una baja variabilidad entre las respuestas observadas.

Con la prueba de Tukey al 5 %, se determinó una menor pérdida de peso aplicando el tratamiento  $a_1b_2c_1$  (parafina, 15°C, 30 días de almacenamiento), (Cuadro 11), seguido por el tratamiento con parafina sin inclusión de alcaloides y almacenamiento a 10 °C por 30 días.

De los resultados obtenidos se verifica que la parafina ejerce una buena resistencia a la transferencia de vapor de agua, por lo que la pérdida de peso de los frutos experimentales, es menor con relación a los tratados con cera. A pesar que el punto de fusión de la parafina es de 57°C, controlado minuciosamente no produce un efecto abrasivo en la fruta y actúa como barrera física efectiva al vapor de agua y al crecimiento de microorganismos.

**CUADRO 11. TEST DE TUKEY PARA LA DURABILIDAD DEL BOROJÓ, CON APLICACIÓN DE EXTRACTOS ALCALOIDALES DE CHOCHO (CONTROL DE PÉRDIDA DE PESO).**

| MEJORES TRATAMIENTOS |             | PROMEDIOS | RANGOS |
|----------------------|-------------|-----------|--------|
| T6                   | $a_1b_2c_1$ | 1.010     | A      |
| T16                  | $a_2b_1c_1$ | 1.530     | B      |
| T1                   | $a_1b_1c_1$ | 1.750     | C      |
| T21                  | $a_2b_2c_1$ | 2.290     | D      |
| T7                   | $a_1b_2c_2$ | 2.490     | E      |
| T17                  | $a_2b_1c_2$ | 3.000     | F      |
| T18                  | $a_2b_1c_3$ | 3.200     | G      |
| T12                  | $a_1b_3c_2$ | 3.360     | H      |

En donde:

| Factores | 1                       | 2                        | 3                       | 4                   |
|----------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|
| a        | Parafina con alcaloides | Parafina sin alcaloides  | Cera con alcaloide      | Cera sin alcaloides |
| b        | Almacenamiento a 10 °C  | Almacenamiento a 15 °C   | Almacenamiento a 30 °C  |                     |
| c        | Día del primer muestreo | Día del segundo muestreo | Día del tercer muestreo |                     |

### 3.3.2 Recuento de mohos y levaduras de los borjós con recubrimientos bioactivos.

**CUADRO 12. RECUENTO DE MOHOS DEL BOROJÓ TRATADO CON RECUBRIMIENTOS CON INCLUSIÓN DE EXTRACTOS ALCALOIDALES Y ALMACENADO A 10 °C.**

| <b>CONTROL DE CRECIMIENTO DE MOHOS Y LEVADURAS</b> |        |                          |                 |                  |                  |
|--|--------|--------------------------|-----------------|------------------|------------------|
|  | NUMERO | ALMACENAMIENTO<br>(días) | DILUCION        |                  |                  |
|  |        |                          | 10 <sup>0</sup> | 10 <sup>-1</sup> | 10 <sup>-2</sup> |
| <b>PARAFINA<br/>CON<br/>ALCALOIDES</b>             | 1      | 30                       | 0               | 0                | 0                |
|  | 2      | 45                       | 1               | 0                | 0                |
|  | 3      | 65                       | 3               | 0                | 0                |
|  | 4      | 70                       | 3               | 0                | 0                |
|  | 5      | 85                       | 25              | 6                | 1                |
|  | 6      | 90                       | MNPC            | 180              | 42               |
| <b>PARAFINA<br/>SIN<br/>ALCALOIDES</b>             | 7      | 30                       | 32              | 7                | 1                |
|  | 8      | 45                       | 40              | 11               | 0                |
|  | 9      | 65                       | MNPC            | 100              | 11               |
|  | 10     | 70                       | MNPC            | 220              | 32               |
|  | 11     | 85                       | MNPC            | MNPC             | 170              |
|  | 12     | 90                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
| <b>CERABRIX<br/>CON<br/>ALCALOIDES</b>             | 25     | 30                       | 0               | 0                | 0                |
|  | 26     | 45                       | 0               | 0                | 0                |
|  | 27     | 65                       | 22              | 2                | 1                |
|  | 28     | 70                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
|  | 29     | 85                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
|  | 30     | 90                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
| <b>CERABRIX<br/>SIN<br/>ALCALOIDES</b>             | 31     | 30                       | 25              | 3                | 0                |
|  | 32     | 45                       | 230             | 27               | 3                |
|  | 33     | 65                       | MNPC            | MNPC             | 100              |
|  | 34     | 70                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
|  | 35     | 85                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
|  | 36     | 90                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |

De los resultados del recuento microbiológico (Cuadro 12), se concluye que la parafina con inclusión de alcaloides posee un efecto barrera capaz de impedir el crecimiento crítico de microorganismos hasta los 85 días de almacenamiento en refrigeración, verificándose el efecto sinérgico del recubrimiento, los alcaloides y la baja temperatura.

En cambio los frutos tratados con cera (Cerabrix) sin alcaloides mostraron crecimiento notable de hongos, a partir de los 30 días de almacenamiento y aquellos sin ningún

recubrimiento exhibieron crecimiento del hongo a partir del undécimo día de almacenamiento.

Cuando los frutos son tratados con parafina con inclusión de alcaloides y almacenados a 15°C, el recuento de mohos comienza a ser perceptible a partir de los 50 días de almacenamiento, periodo mas corto que cuando los frutos se almacenan a 10°C. La utilización de cera con inclusión de alcaloides, retarda el crecimiento del hongo por 45 días y sin inclusión de alcaloides por 40 días, lo cual representa una ventaja comparativa frente a los frutos que no recibieron ningún recubrimiento, los cuales muestran crecimiento visible desde el primer día de almacenamiento. La aplicación de cera es recomendable con frutas sensibles al calor, ya que el recubrimiento se realiza a temperatura ambiente, dotando de un brillo llamativo al producto final.

**CUADRO 13 RECUENTO DE MOHOS DEL BOROJÓ TRATADO CON RECUBRIMIENTOS CON INCLUSIÓN DE EXTRACTOS ALCALOIDALES Y ALMACENADO A 15 °C**

| <b>RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS</b>   |        |                |                 |                  |                  |
|--|--------|----------------|-----------------|------------------|------------------|
|  | NUMERO | ALMACENAMIENTO | DILUCION        |                  |                  |
|  |        | (días)         | 10 <sup>0</sup> | 10 <sup>-1</sup> | 10 <sup>-2</sup> |
| <b>PARAFINA<br/>CON<br/>ALCALOIDES</b> | 13     | 30             | 0               | 0                | 0                |
|  | 14     | 35             | 0               | 0                | 0                |
|  | 15     | 40             | 0               | 0                | 0                |
|  | 16     | 45             | 2               | 0                | 0                |
|  | 17     | 50             | 25              | 4                | 0                |
|  | 18     | 55             | MNPC            | 200              | 24               |
| <b>PARAFINA<br/>SIN<br/>ALCALOIDES</b> | 19     | 30             | 0               | 0                | 0                |
|  | 20     | 35             | 0               | 0                | 0                |
|  | 21     | 40             | 2               | 0                | 0                |
|  | 22     | 45             | 6               | 1                | 0                |
|  | 23     | 50             | MNPC            | MNPC             | 175              |
|  | 24     | 55             | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
| <b>CERABRIX<br/>CON<br/>ALCALOIDES</b> | 37     | 30             | 0               | 0                | 0                |
|  | 38     | 35             | 15              | 0                | 0                |
|  | 39     | 40             | 16              | 1                | 0                |
|  | 40     | 45             | 150             | 17               | 1                |
|  | 41     | 50             | MNPC            | 200              | 32               |
|  | 42     | 55             | MNPC            | 220              | 48               |
| <b>CERABRIX<br/>SIN<br/>ALCALOIDES</b> | 43     | 30             | 0               | 0                | 0                |
|  | 44     | 35             | 18              | 2                | 0                |
|  | 45     | 40             | 120             | 19               | 4                |
|  | 46     | 45             | MNPC            | 160              | 30               |

|    |    |      |      |      |
|----|----|------|------|------|
| 47 | 50 | MNPC | MNPC | 140  |
| 48 | 55 | MNPC | MNPC | MNPC |

**CUADRO 14. RECUENTO DE MOHOS, DEL BOROJÓ TRATADO CON RECUBRIMIENTOS BIOACTIVOS Y ALMACENADO A 30°C**

| <b>RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS</b>   |        |                          |                 |                  |                  |
|--|--------|--------------------------|-----------------|------------------|------------------|
|  | NUMERO | ALMACENAMIENTO<br>(días) | DILUCION        |                  |                  |
|  |        |                          | 10 <sup>0</sup> | 10 <sup>-1</sup> | 10 <sup>-2</sup> |
| <b>PARAFINA<br/>CON<br/>ALCALOIDES</b> | 49     | 10                       | 0               | 0                | 0                |
|  | 50     | 15                       | 4               | 0                | 0                |
|  | 51     | 20                       | 20              | 3                | 0                |
|  | 52     | 25                       | 52              | 12               | 2                |
|  | 53     | 30                       | 127             | 31               | 11               |
|  | 54     | 35                       | MNPC            | 163              | 40               |
| <b>PARAFINA<br/>SIN<br/>ALCALOIDES</b> | 55     | 10                       | 3               | 1                | 0                |
|  | 56     | 15                       | 8               | 0                | 0                |
|  | 57     | 20                       | 73              | 6                | 2                |
|  | 58     | 25                       | 200             | 37               | 2                |
|  | 59     | 30                       | MNPC            | 420              | 56               |
|  | 60     | 35                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
| <b>CERABRIX<br/>CON<br/>ALCALOIDES</b> | 61     | 10                       | 28              | 2                | 0                |
|  | 62     | 15                       | 100             | 38               | 12               |
|  | 63     | 20                       | 150             | 75               | 26               |
|  | 64     | 25                       | MNPC            | 230              | 89               |
|  | 65     | 30                       | MNPC            | MNPC             | 360              |
|  | 66     | 35                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
| <b>CERABRIX<br/>SIN<br/>ALCALOIDES</b> | 67     | 10                       | 84              | 26               | 11               |
|  | 68     | 15                       | MNPC            | 187              | 65               |
|  | 69     | 20                       | MNPC            | 300              | 146              |
|  | 70     | 25                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
|  | 71     | 30                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |
|  | 72     | 35                       | MNPC            | MNPC             | MNPC             |

En condiciones de almacenamiento acelerado (Cuadro 14), los frutos que fueron recubiertos con parafina, mostraron un mayor efecto barrera a la eliminación de humedad y al crecimiento de microorganismos, presentando crecimiento visible del *P. digitatum* en la corteza del fruto, a partir de los 30 días de almacenamiento, cuando el recubrimiento incluyó extracto de alcaloides y 25 días, sin inclusión de extracto alcaloidal, lo cual representa una ventaja de 10 días, en relación al uso de cera, sin inclusión de alcaloides y 20 días, cuando el recubrimiento no incorpora extracto alcaloidal. A pesar de la laboriosidad que implica la utilización de la parafina, la eficiencia en la migración de la humedad y el crecimiento de hongos, justifican su aplicación práctica.

### 3.3.3 Cinética de deterioro del borjón con parafina e inclusión de alcaloides.

Para el cálculo de la Energía de Activación (EA) del borjón recubierto con parafina con inclusión de alcaloides, se utilizó la ecuación de Arrhenius.

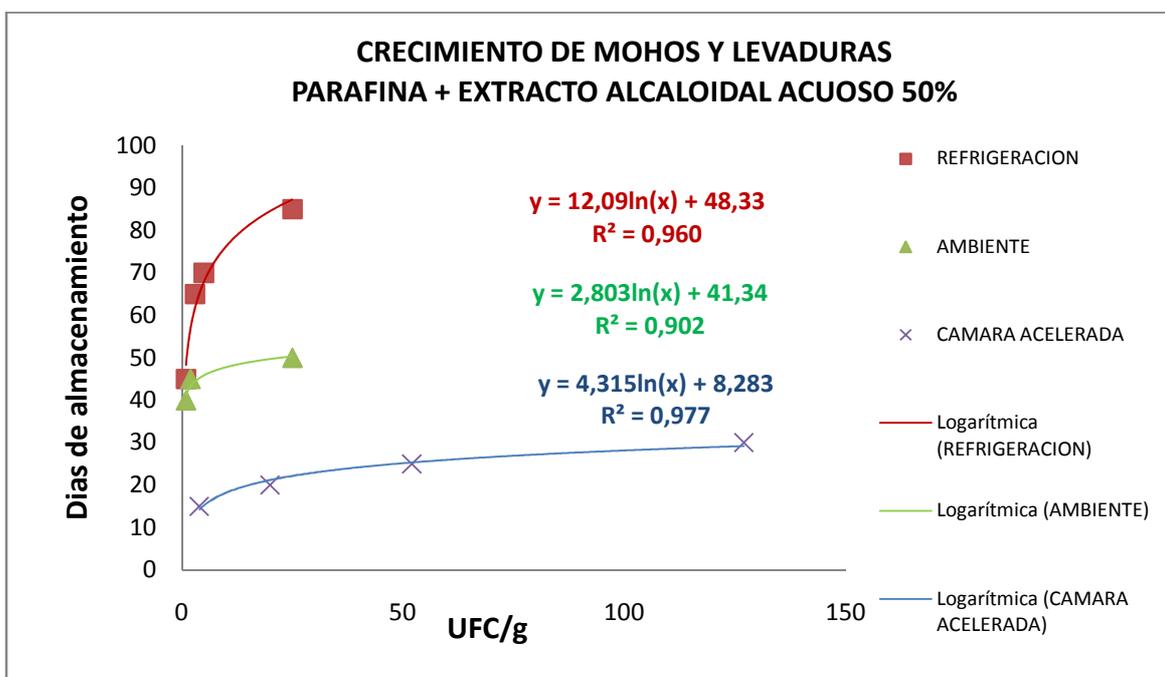


FIGURA 8. CRECIMIENTO DEL *Penicillium digitatum* DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL BOROJÓN, TRATADO CON PARAFINA CON INCLUSIÓN DE ALCALOIDES. REACCIÓN DE PRIMER ORDEN.

A partir de las ecuaciones de regresión expuestas en la Figura 8, se obtienen las constantes de velocidad a las temperaturas ensayadas:

Muestras en refrigeración (10°C): 0.08 UFC/g/día de almacenamiento

Muestras en cámara acelerada (30°C): 0.23 UFC/g/día de almacenamiento

Muestras al ambiente (15°C): 0.35 UFC/g/día de almacenamiento

La velocidad de reacción debería ser proporcional a la temperatura de almacenamiento, sin embargo se tiene un comportamiento inusual del fruto almacenado a 30°C, registrándose una menor velocidad de reacción que en el almacenamiento a 15°C, por las mismas razones expuestas en el ensayo con aplicación de extractos alcaloidales sin un recubrimiento barrera.

El signo positivo indica el desarrollo microbiológico en la muestra en función al tiempo.

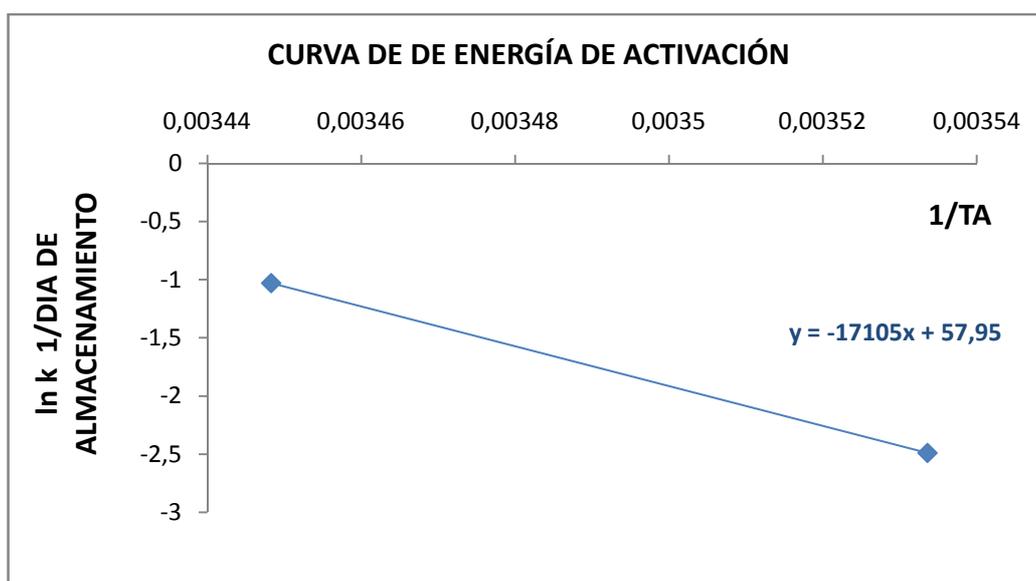


FIGURA 9. CURVA DE ENERGÍA DE ACTIVACIÓN PARA EL CRECIMIENTO DE MOHOS.

En el figura 9 se presenta el gráfico de los valores de las constantes de velocidad de reacción correspondiente al crecimiento microbiológico de los borjós, en función del valor inverso de la temperatura absoluta de almacenamiento, según la ecuación de Arrhenius, en donde:

$$\ln k = \ln k' - ((EA)/R (TA)); K' \text{ en (1/días de almacenamiento)}$$

k= Constante de velocidad de reacción

EA= energía de activación

TA= Temperatura absoluta.

R= constante de los gases

De lo cual:

$$R = 8314 \text{ J/g mol K}$$

$$(EA)/R = -17105$$

$$\ln k' = 57,95$$

Obteniéndose:

$$-(EA) = 8314 \times (-17105)$$

$$(EA) = 1422 \text{ KJ/g mol}$$

Este valor indica que la energía requerida por los hongos antes de que ocurra su multiplicación, es menor en los frutos tratados con recubrimientos que incluyen extractos alcaloidales en su preparación, que la obtenida con los frutos que recibieron un

baño de extractos alcaloidales (1906 KJ/gmol), verificándose el efecto cohesivo y continuo de la matriz de parafina, capaz de limitar la eliminación de humedad, el crecimiento y la multiplicación del *P. digitatum*, en un periodo adecuado (30 días) para que la fruta pueda ser comercializada.

Debido a que el recubrimiento activo (parafina + alcaloides), no inhibe indefinidamente la multiplicación del hongo, se le adjudica un efecto fungistático en la preservación de la fruta.

A partir de las constantes de velocidad se calculó la vida media del borjón, es decir el tiempo de almacenamiento necesario para que la calidad microbiológica de la fruta se reduzca a la mitad de su valor inicial, aplicando la siguiente formula:

$$t_{1/2} = \ln 2/k = 0,693/K$$

**CUADRO 15. VIDA MEDIA DEL BOROJÓN TRATADO Y ALMACENADO A DIFERENTES TEMPERATURAS.**

| Temperatura almacenamiento<br>(°C) | Vida media del borjón (días)               |  |
|------------------------------------|--|--|
|                                    | Con recubrimiento parafina<br>+ alcaloides | Inmersión en solución<br>de alcaloides |
| 10                                 | 9  | 9                                      |
| 15                                 | 3  | 4                                      |
| 30                                 | 2  | 1                                      |

Los datos del Cuadro 15 indican que en el almacenamiento a 10°C, la vida media del borjón tratado con un recubrimiento de parafina con inclusión de alcaloides es igual al de la fruta tratada por inmersión en una solución alcaloidal.

A temperatura ambiente, la vida media del borjón tratado con una solución alcaloidal es mayor que la del fruto recubierto con parafina y alcaloides (3 días). Mientras que a 30 °C, el borjón tratado con un recubrimiento de cera requiere más tiempo para dañarse que aquel inmerso en una solución de alcaloides, concluyéndose que la temperatura de almacenamiento es un factor mas crítico que el tipo de tratamiento aplicado, en la vida media de la fruta, de ahí que en el almacenamiento a 10°C, el borjón requiere de 9 días

para que su calidad microbiológica se reduzca a la mitad del valor inicial, mientras que a 15 y 30°C, este periodo se reduce a 1 y tres días.

### 3.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS FRUTAS TRATADAS CON UN RECUBRIMIENTO ACTIVO A BASE DE PARAFINA Y ALCALOIDES DEL CHOCHO

Mediante la aplicación de pruebas descriptivas y comparativas con un testigo referencial (fresco y sin aplicación de recubrimiento) (Anexos 10 y 11) a un panel de catadores semi entrenados, se obtuvieron los resultados expuestos en el Cuadro XVI, los cuales fueron tratados estadísticamente, utilizando el estadístico “t student”. Estos valores corresponden a las calificaciones otorgadas por los catadores, a los atributos de la fruta, (color y sabor).

**CUADRO 16. EVALUACIÓN DE DIFERENCIACIÓN SENSORIAL A DOBLE BLANCO DE LAS FRUTAS TRATADAS CON EL RECUBRIMIENTO A BASE DE PARAFINA Y ALCALOIDES DE CHOCHO.**

| <b>FRUTOS DE REFERENCIA</b> |              |                  |                    |               |
|-----------------------------|--------------|------------------|--------------------|---------------|
|                             | <b>COLOR</b> | <b>SABOR</b>     |                    |               |
|                             |              | <i>AGRIDULCE</i> | <i>ASTRINGENTE</i> | <i>RANCIO</i> |
| $\Sigma =$                  | 52,2         | 75,7             | 78                 | 64,4          |
| $X =$                       | 1,74         | 2,52             | 2,60               | 2,15          |
| <b>Desv. St. =</b>          | 0,85         | 1,62             | 1,78               | 1,93          |
| <b>MUESTRA</b>              |              |                  |                    |               |
|                             | <b>COLOR</b> | <b>SABOR</b>     |                    |               |
|                             |              | <i>AGRIDULCE</i> | <i>ASTRINGENTE</i> | <i>RANCIO</i> |
| $\Sigma =$                  | 55,6         | 63,0             | 73,7               | 57,4          |
| $X =$                       | 1,85         | 2,10             | 2,46               | 1,91          |
| <b>Desv. St. =</b>          | 1,23         | 1,20             | 1,54               | 1,83          |
| <b>Test t de student</b>    |              |                  |                    |               |
| <b>t calculado =</b>        | 0,43         | 1,38             | 0,43               | 0,66          |
| <b>t de tablas =</b>        | 1,697        |                  |                    |               |

En el cuadro 16, se muestran las puntuaciones promedio para cada atributo, obtenidas utilizando una escala de 10 puntos, anclada en los extremos. Las calificaciones de color se receptaron para el rango café claro y negro, las puntuaciones más altas (próximas a 10), hacen referencia al fruto deteriorado.

El color de la muestra tratada con el recubrimiento de cera y almacenada por 50 días, alcanzó una puntuación promedio de 1,85 puntos, valor que no difiere estadísticamente del testigo referencial con 1,74 puntos (según el estadístico “t” student). Los frutos mantuvieron el sabor agridulce (puntuación 2,10) y la astringencia (2,46) similar al testigo (2,60), mientras que el sabor rancio fue percibido débilmente (1,91) en el borojó tratado y almacenado, al igual que en la muestra fresca (2,15).

El análisis estadístico *t-Student* determinó que no existe diferencia significativa en los atributos comparativos expuestos (color, sabor) entre los frutos tratados con el recubrimiento y los frutos que sirvieron de referencia (recién cosechados y sin recubrimientos), ya que el estadístico *t* calculado para los diferentes atributos (0.43, 1.38, 0.43 y 0.66) es menor que el valor *t* teórico expuesto en tablas de distribución *t* de student (valores de tablas calculados mediante programa “MICROSTAT”).

Estos resultados permiten concluir que la aplicación del recubrimiento de parafina con alcaloides, preserva los atributos sensoriales importantes para la aceptación del borojó por los consumidores, en los atributos ponderantes de la fruta como son el color y sabor.

### 3.5. EFECTO DEL RECUBRIMIENTO Y EL ALMACENAMIENTO EN LA COMPOSICION PROXIMAL DE LA PULPA DE BOROJÓ

CUADRO 17. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LA PULPA DE BOROJÓ FRESCO Y ALMACENADO\*

| PARÁMETRO                    | Fruta fresca | Fruta con recubrimiento alcaloidal+ | Fruta con recubrimiento de parafina con ext. alcaloidal++ |
|------------------------------|--------------|-------------------------------------|---|
| <i>Humedad</i>               | 84,62        | 78                                  | 80,3  |
| <i>Extracto Etéreo</i>       | 0,22         | 0,3                                 | 0,28  |
| <i>Proteína</i>              | 0,88         | 1,24                                | 1,13  |
| <i>Fibra</i>                 | 9,13         | 13,08                               | 11,71   |
| <i>Cenizas</i>               | 0,42         | 0,62                                | 0,52  |
| <i>Carbohidratos Totales</i> | 13,86        | 19,6                                | 17,78   |
| <i>pH</i>                    | 3,08         | 2,8                                 | 3   |
| <i>Acidez titulable</i>      | 1,06         | 1,2                                 | 1,02  |
| <i>Alcaloides</i>            | -            | -                                   | -   |

\*g/100 g muestra seca

+ 10 días de almacenamiento

++ 40 días de almacenamiento

Los resultados del análisis proximal muestran una variación notable del contenido de humedad por efecto del tipo de recubrimiento y el almacenamiento de la fruta. Cuando la fruta fue sumergida en una solución de alcaloides, experimentó una pérdida de humedad del 7,82 %, mientras que los otros componentes (grasa, proteína, fibra, cenizas y carbohidratos) experimentaron un aumento a expensas de la disminución de la humedad. Cuando la fruta fue tratada con un recubrimiento activo (parafina con inclusión de alcaloides), la pérdida de humedad fue del 5,10 %, valor menor que el de la fruta desprovista de una barrera protectora. Los demás componentes, especialmente la fibra y los carbohidratos totales, incrementaron su concentración en proporción inversa a la disminución de la humedad.

El pH y la acidez titulable no variaron significativamente por efecto de la aplicación de recubrimientos y el almacenamiento.

Mediante ensayos colorimétricos cualitativos (reactivos Mayer, Dragendorff), se verificó ausencia de alcaloides residuales en la pulpa de las frutas tratadas con recubrimientos y almacenadas, concluyendo que la aplicación de extractos alcaloidales como película protectora de aplicación directa o como componente de un recubrimiento (parafina), resulta efectivo para prolongar la vida útil del borjón, protegiéndolo del ataque del *P. digitatum*, un hongo que crece y se multiplica aceleradamente en condiciones medio ambientales y en refrigeración.

### **3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL RECUBRIMIENTO ALCALOIDAL DEL BOROJÓN**

Para el cálculo de los costos de producción del borjón tratado con un recubrimiento a base de parafina y extracto alcaloidal, se consideró los costos fijos y variables, a partir de los cuales se determinó el punto de equilibrio necesario para cubrir los costos y gastos de operación, sin ningún margen de pérdida o ganancia.

CUADRO 18. ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

| DESCRIPCIÓN                      | COSTO FIJO   | COSTO VARIABLE | TOTAL         |
|----------------------------------|--------------|----------------|---------------|
| Materiales directos e indirectos |              | 547,00         | 547,00        |
| Equipos y utensilios             | 8,65         |                | 8,65          |
| Suministros                      | 0,30         | 2,68           | 2,98          |
| Personal                         | 65,0         |                | 65,00         |
| <b>Subtotal</b>                  | <b>73,95</b> | <b>549,68</b>  | <b>623,63</b> |

Punto de Equilibrio:

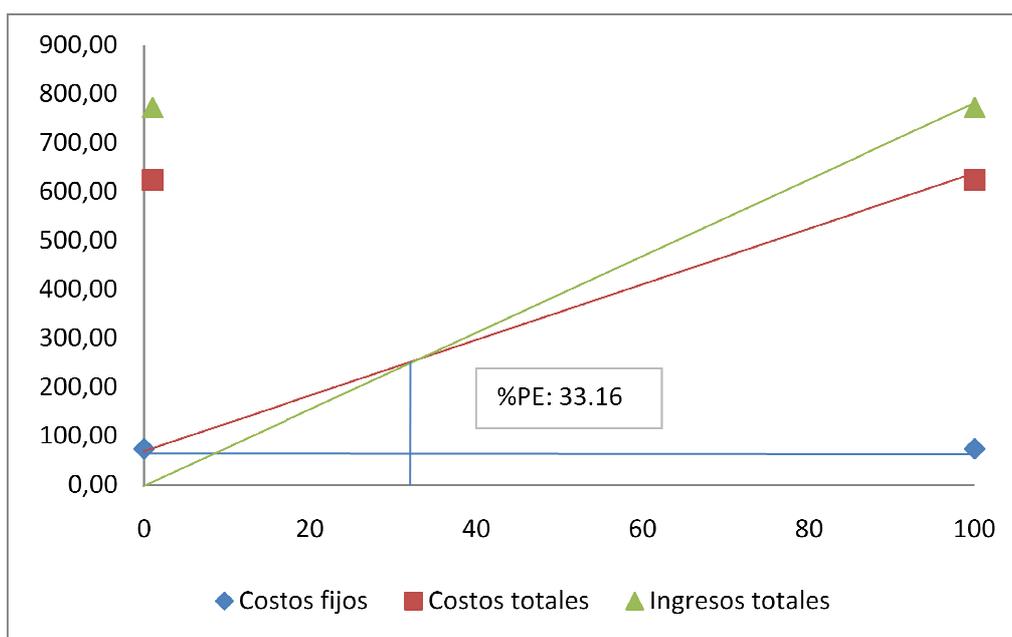
$$PE = \left( \frac{\text{Costo Fijo}}{1 - \frac{\text{Costo variable}}{\text{Ventas}}} \right) \qquad \% PE = \frac{PE}{\text{Ventas}} * 100$$

$$PE = 256,22$$

$$\%PE = 33,16$$

Para un lote de 500 frutos de borjé se estimó un costo total de producción de \$ 654.81 dólares y \$ 772.68 para obtener una rentabilidad del 18%, con lo cual se obtiene un valor unitario del producto de \$1.93 dólares.

| Costo total de recubrimiento        |               |
|-------------------------------------|---------------|
| Materiales directos e indirectos    | 547,00        |
| Equipos                             | 8,65          |
| Suministros                         | 2,98          |
| Personal                            | 65,0          |
| Valor total de costo de Fabricación | 623,63        |
| 10% gastos operacionales            | 31,18         |
| <b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>    | <b>654,81</b> |
| 18% Utilidad                        | 117,87        |
| Precio de venta                     | 772,68        |
| <b>PRECIO DE LA UNIDAD</b>          | <b>1,93</b>   |



**FIGURA 10. GRÁFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DEL RECUBRIMIENTO BIOACTIVO EN BOROJÓ.**

El punto de equilibrio obtenido fue del 33.16% que multiplicado por la cantidad total producida, permite conocer la cantidad  necesaria que se debe elaborar y vender para cubrir los costos y gastos de producción.

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES

1. El mejor rendimiento (15 %) en la extracción de alcaloides, se obtuvo por maceración del grano molido en agua, en un tiempo de contacto de 4 horas y a través de 4 lavados. Un menor rendimiento (8 %) se obtuvo, en la preparación de los extractos, a partir del agua de cocción del grano.
2. El isopropanol extrae simultáneamente los alcaloides y la grasa, obteniéndose un rendimiento del 3,1 %, en la recuperación de alcaloides. Este nivel de rendimiento disminuye a 0,8 % cuando se usa hexano como medio de extracción.
3. Un mayor efecto de preservación de la fruta, en sus componentes químicos y características sensoriales, se obtuvo mediante el recubrimiento con los extractos alcaloidales incluidos en una matriz de parafina, la misma que limitó la migración de humedad e impidió el crecimiento de *P. digitatum*, ayudando a mantener la turgencia y la calidad sanitaria de los frutos.
4. La utilización de un recubrimiento activo, a base de alcaloides del chocho contribuyó a prolongar la vida útil del borjón hasta 10 días, en condiciones ambientales y hasta 40 días, en refrigeración.
5. La aplicación de un recubrimiento activo (parafina + alcaloides) a la cubierta del borjón, redujo la energía de activación de los hongos desde un valor de 1906 kJ/g mol a 1422 kJ/g mol.
6. A través de una evaluación sensorial comparativa entre la fruta fresca y almacenada, se determinó que la aplicación del recubrimiento de parafina con alcaloides, no afecta

a los atributos sensoriales de la fruta, especialmente en lo relacionado al color y sabor.

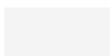
7. El análisis proximal reveló que la aplicación del recubrimiento de parafina con alcaloides, no afecta a los macrocomponentes de la fruta. En contraste, algunos componentes aparecen en mayor concentración, debido a la reducción del nivel de humedad por transpiración.
8. El análisis económico permitió determinar para un costo de producción total de \$ 654.81 dólares para un lote de 500 frutos. Estableciendo un punto de equilibrio del 33.16 %, el cual orienta la cantidad mínima necesaria que se debe procesar y vender para cubrir los costos y gastos de producción.

## CAPÍTULO V

### 5. RECOMENDACIONES

1. El extracto alcaloidal acuoso debe mantenerse en refrigeración y en recipientes color ámbar, para evitar la disminución de su actividad biocida, misma que parece ser susceptible al efecto de la luz y las elevadas temperaturas.
2. En la obtención de extractos alcaloidales, se recomienda utilizar recipientes desinfectados y material estéril para evitar la contaminación microbiológica de los extractos alcaloidales utilizados como componentes activos de los recubrimientos que se aplican al fruto.
3. Para realizar el recubrimiento se recomienda primero sumergir los frutos en la solución alcaloidal por dos minutos, eliminar la humedad superficial con aire forzado a temperatura ambiente y posteriormente realizar el parafinado. Es necesario observar esta secuencia de operaciones debido a la insolubilidad del extracto acuoso con la parafina fundida.
4. Se recomienda probar el efecto biocida de los extractos alcaloidales del chocho en otro tipo de agentes patógenos (bacterias, virus, nemátodos e insectos) y realizar ensayos similares en otros frutos.
5. Para lograr una mayor durabilidad del borojó se recomienda almacenar los frutos tratados con el recubrimiento bioactivo, a una temperatura de 10° C. A esta temperatura de almacenamiento, la fruta se mantiene sin cambios visibles de deterioro hasta 90 días.

6. Realizar un estudio de mercado para determinar la viabilidad del proyecto y los demandantes de la tecnología, cuya aplicación práctica contribuirá a reducir la contaminación ambiental por el uso de biocidas sintéticos no degradables y a incrementar el valor agregado del chocho.



## CAPÍTULO VI

### 6 RESUMEN Y SUMMARY

#### 6.1 RESUMEN

El estudio se realizó en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con el objetivo de evaluar la efectividad de extractos alcaloidales del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), como recubrimiento activo para preservar la vida útil del borojó (*Borojoa patinoi*), una fruta exótica de la amazonia ecuatoriana, encaminada a la exportación, atacada en la poscosecha por el hongo *Penicillium digitatum*. Como materia prima se utilizó grano Andino 450 y agua, hexano e isopropanol, como medios extractantes, obteniéndose un mejor rendimiento de extracción (15% p/p), en maceración del grano en agua, durante 4 horas y con 4 lavados, con una concentración alcaloidal de 12,75% (p/p). La inmersión de los frutos en la solución alcaloidal de chocho al 6,37%, durante dos minutos, prolongó la durabilidad del borojó hasta 10 días, en condiciones medio ambientales (17°C, 50% humedad relativa) y hasta 55 días en refrigeración. Sin embargo, no se logró controlar la pérdida de humedad de la fruta por transpiración. Aplicando un recubrimiento adicional con parafina se obtuvo una mayor durabilidad del borojó almacenado, controlando el crecimiento del *P. digitatum* y la pérdida de humedad, garantizando la calidad sanitaria y organoléptica de la fruta durante 55 días en condiciones ambientales y 90 días en refrigeración (T promedio 10°C). Para confirmar la inocuidad del tratamiento, se realizaron análisis químicos y sensoriales en los frutos: frescos, con recubrimiento alcaloidal y parafinados, sin evidenciarse cambios significativos en su composición y presentando una similitud en las características planteadas por un panel de catadores semientrenados: 93,88% (color), 83,22% (agridulce), 94,5% (astringente) y 89,13% (rancio). Además se realizó el análisis económico, permitiendo determinar un costo de producción total de \$ 654,81 dólares para un lote de 500 frutos, estableciendo un punto de equilibrio del 33,16 %, considerándose un proceso factible y rentable para prolongar la vida útil del borojó.

## 6.2.SUMMARY

The study was carried out at the Experimental Station Santa Catalina (EESC) of the Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), to evaluate the effectiveness of alkaloid extracts from chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), as an active covering to preserve the useful life of the borojo (*Borojoa patinoi*), an exotic fruit from the Ecuadorian Amazon region, for export, attacked in the post-harvest by the *Penicillium digitatum* fungus. As a raw material the Andino 450 grain and water, hexane and isopropanol were used as extracting means, with a better extraction yield (15% p/p), in maceration of the grain in water during four hours and with four washings, with an alkaloids concentration of 12.75 % (p/p). The fruit immersion into the lupine alkaloid solution at 6.37%, during two minutes, lengthened the borojo duration up to 10 days, under environmental conditions (17 °C, 50% relative humidity) and up to 55 days in refrigeration. However, it was not possible to control the fruit humidity loss through transpiration. Applying an additional covering with paraffin a higher duration of the stored borojo was obtained, controlling the *P. digitatum* growth in the humidity loss, guaranteeing the fruit sanitary organoleptic quality during 55 days under environmental conditions and 90 days refrigeration (10 °C average T). To confirm the treatment innocuousness, chemical and sense analyses were carried out in the fruit which were fresh, with alkaloid and paraffin covering, with no significant changes in their composition presenting a similarity in the feature put forward by a semi-trained tasting panel: 93.88% (color), 83.22% (bittersweet), 94.5% (astringent) and 89.13% (rank). Moreover the economic analysis was carried out, permitting to determine a total production cost of 654,81 USD for 500 fruit, establishing an equilibrium point of 33.16% and considering a feasible and profitable process to lengthen the useful life of the borojo.

## CAPÍTULO VII

### 7. BIBLIOGRAFÍA

1. **ARIAS, L.** 1985. Análisis Comparativos de Dos Métodos de Aislamiento y Determinación de Alcaloides de *Lupinus mutabilis*. Tesis Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. pp. 57 - 60
2. **BASTARDO, H.** 1982. Producción de Truchas en Venezuela. Venezuela: Ministerio de Agricultura y Cría. pp. 40
3. **BLOM, H.** 1962. *Lupinus mutabilis* In: Poisonous Plants of Venezuela. Cambridge Harvard University. 39 p.
4. **BRUNETON, J.** 1991. Alcaloides. In: Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia. Trad. por: Ángel Villar del Fresno. Zaragoza: Acribia. pp. 55-366
5. **BURKART, A.** 1952. *Lupinus mutabilis* - Las leguminosas Argentinas Silvestres y Cultivadas. 2da Ed: Acme Agency. Buenos Aires. pp. 321
6. **CAICEDO, C.; PERALTA, E. y VILLACRÉS, E.** 2000. Poscosecha y Mercadeo de Chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*). Quito: INIAP. pp. 38 (Boletín Técnico N° 89)
7. **CAICEDO, C. y PERALTA, E.** 2001. Zonificación Potencial, Sistemas de Producción y Procesamiento Artesanal del Chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*). Quito: INIAP. (Boletín Técnico N° 105). pp. 49

8. **CAMPANA, A.** 1988. Efecto del Hervido y del Lavado, Sobre el Peso, Volumen y Contenido de Alcaloides en el Grano de Tarwi. Trabajo presentado en el III Congreso Internacional de Cultivos Andinos. La Paz: IICA. pp. 303-305.
9. **CASTAÑEDA,** 1988 " Estudio Comparativo de 10 variedades de Tarwi" (*Lupinus mutabilis Sweet*) Conducidos en dos Ambientes de la Sierra, Norte y Centro del Perú. Tesis Ing. Agrónomo. Lima-Perú: UNALM. 196 p.
10. **CHÁVEZ, C.** 1986. Fermentación Sólida del Chocho. Tesis Ingeniero en Alimentos. Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. pp. 79
11. **COMERIO, R.** 2000. Nefrotoxinas y Especies Nefrotóxicas del Género *Penicillium* Link. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. pp. 82 - 89 (Revista Iberoamericana Micol 17)
12. **CRUZ, E.** 1987. Las Leguminosas y la Nutrición Humana. Ambato – Ecuador: CONACYT. pp. 17
13. **CZRNECKA, E. et. al.** 1977. Effects of some lupanine alkaloids on rhythm of the isolated hearts. Acta Polónica Farmacéutica 24. pp. 545-548.
14. **DÁVILA, J.** 1987. El Lupino Como Alimento Humano: Proteína y Aceite. Ambato – Ecuador: CONACYT. pp. 1 – 21.
15. **DUKE, S. et. al.** 2000. Natural Products As Source For New Mechanisms of Herbicidal Action. México: Crop Protection 19. pp. 583-589.
16. **DÍAZ. E.** 1990. Evaluación Agronómica, Porcentaje de Proteínas, Aceites y Alcaloides de Seis Líneas Seleccionadas de tarwi. Tesis Ingeniero Agrónomo. Perú: Universidad Nacional del Perú. 64 p.
17. **DÍAZ. M.** 1992. Equilibrio, Cinética y Bases de Diseño. Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente: Área de Proyectos de Ingeniería,; Universidad de Oviedo. pp. 25 - 28.

18. **DOMÍNGUEZ, X.** 1973. Alcaloides. Métodos de investigación fitoquímica. México: Limusa, Nuevo León. pp. 211-226.
19. **EICHELBAUM, M., et al.** 2000. Defective N-oxidation of Sparteine in Man. England: Europe J. pp. 183-187. (Clin. Pharmacology. 16).
20. **FASSBENDER, H. et al.** 1987. Química de los Suelos. 2ª ed. San José de Costa Rica: IICA. 141 p.
21. **FATTORUSSO V.** 2001. “Vademécum Clínico del Diagnóstico al Tratamiento”. Buenos Aires – Argentina: El Ateneo. Novena edición. pp. 976-985.
22. **GARCÍA L. et al.** 2004. Quinolozidine Alkaloids Isolated From Lupinus Species Enhance Insulin Secretion. Eur J Pharmacology (1-2): pp. 139-42.
23. **GISPERT C.** 1999. Diccionario Médico Océano. España MCMXCVI: Océano Grupo. pp 89.
24. **GROOS, R. y BURTING, E.** 1982. Agricultural and Nutritional Aspects or Lupines. Proceedings of the first international lupine workshop. Cuzco: GTZ. pp. 519 –533.
25. **GROSS, R.** 1982 “El Cultivo y la Utilización del Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. pp. 152, 154-158.
26. **GROSS, R.** 1982. El Cultivo y la Utilización del Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Estudio FAO; Producción y Protección Vegetal. Roma: GTZ. pp. 141 – 169.
27. **GROSS, R. Y TUESTA, L.** 1977. El Cultivo y la Utilización de los Lupinos. Perú: IICA. 165 p.
28. **GROSS, R., et al.** 1988. La Composición Química de una Nueva Variedad de Lupinus Andino (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) con Bajo Contenido de Alcaloides. Perú: J. Food Comp Anual 1. pp. 353 - 361.

29. **GUERRERO M.** 1987 Algunas Propiedades y Aplicaciones de los Alcaloides del Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Ecuador: Instituto de Investigaciones Tecnológicas y Escuela Politécnica Nacional. pp. 25- 28
30. **GUERRERO, M.** 1987. Alcaloides del Chocho, *Lupinus mutabilis* Sweet. Ambato: CONACYT/EPN/IIT. pp. 7
31. **HEFLE, SL.; LEMANSKE, RF. y BUSH, RK.** 1994. Adverse Reaction to Lupine-Fortified Pasta. EEUU: Ann Allergy Clin Immunology. pp. 167-72.
32. **INTERNACIONAL LUPIN ASSOCIATION,** 1990. 6th International Lupine Conference. Noviembre 1990. Chile: Dietrich. Temuco. pp. 1 – 8.
33. **JARRÍN P.** 2003. Tratamiento del Agua de Desamargado del Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), Proveniente de la Planta Piloto de la Estación Santa Catalina INIAP. Tesis de doctorado en Bioquímica y Farmacia. Riobamba-Ecuador: ESPOCH. 181p.
34. **JURADO, J.** 1990. Industria y Medio Ambiente. Fundación Natura EDUNAT III. Serie Información para Líderes del Ecuador N° 4. Quito. p. 50
35. **LAMPART-SZCZAPA, E.; SIGER, A. y TROJANOWSKA, K.** 2003. Chemical Composition and Antibacterial Activities of Lupine Seeds Extracts. Nahrung: s.n ed. pp 286-90.
36. **LARA K.** 1999. Estudio de Alternativas para el Desamargado de Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis de Doctorado en Química. ESPOCH. Riobamba-Ecuador. pp. 187 – 189
37. **LEVINE, R. PHARMACOLOGY.** 1990. Drug Actions and Reactions. 4a ed. Boston – USA. Little, Brown & Co. p. 25.
38. **LOCK, O.** 1988. Investigación Fitoquímica. Métodos en estudio de productos naturales. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. pp. 149-191.
39. **MANSOUR H. et al.** 2002. Biochemical Study on the Effects of Some Egyptian Herbs in Alloxan-Induced Diabetic Rats. Toxicology. pp 221-8.

40. **MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. et al.** 2004. Adecuación de Tratamientos Postcosecha a Parámetros de Recolección de Mandarinas y Naranjas de España. Madrid: Red Interamericana de Cítricos. pp. 23-33. (Carta circular N° 23 y 24)
41. **MATHEU, V.; DE BARRIO, M. y SIERRA, Z.** 1999. Lupine-Induced Anaphylaxis. Atlanta: Ann Allergy Asthma Immunol. pp. 83 - 85.
42. **MC CAWLEY, E.** 1985. Cardioactive Alkaloids. The alkaloids, chemistry and physiology. New York. U.S.A: Academic Press. pp. 85 - 88
43. **MEJÍA, M.** 1984. Borojón, Fruta Ecuatorial Colombiana. Bogotá: Gamboina. pp. 89 - 106 (Colombia Amazónica. Vol. 1:2)
44. **MERCK.** 1976. An Encyclopedia of Chemicals and Drugs. The Merck Index. Ninth edition. New Jersey: Merck. pp. 1800- 1823
45. **MERINO C.** Análisis de Aminoácidos y Azúcares Libres en Chocho (*Lupinus mutabilis* sweet), Durante el Tratamiento Previo al Consumo. Tesis de Doctorado en Química. ESPOCH. Riobamba-Ecuador. pp. 48 - 154
46. **MOSQUERA, A. y ARENAS, E.** 1995. El Borojón Cultivo Agroforestal del Chocó, Fundamental Para el Desarrollo Sostenible. Corporación Autónoma Regional para el desarrollo sostenible del Chocó. Colombia: CODECHOCÓ. 32 p.
47. **NOVEMBRE, E.; MORIONDO, M. y BERNARDINI, R.** 1999. Lupin Allergy in a Child. Atlanta: J Allergy Clin Immunology. pp. 103 - 114
48. **ORTEGA, R. y PALACIOS, J.** 1995. Efecto del Tiempo de Remojo, Cocción, y Lavado Sobre el Contenido de Alcaloides y Proteína en el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis de Ingeniero en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato – Ecuador. 67 p.

49. OWEN, R. y PALOMBO, E. 2007. Anti-listerial Activity of Ethanolic Extract of Medicinal plants, *Eremophila alternifolia* and *Eremophila duttonii*, in Food Homogenates and Milk: sn. Ed. pp. 387-390 (Food Control: 18).
50. PITT, JI. 1997. Toxigenic *Penicillium* Species. Food Microbiology fundamentals and frontiers. Washington: ASM Press. pp. 406-418.
51. PRIMER SIMPOSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETALES FRESCOS CORTADOS. San Pedro; SP Brasil; Abril 2006. Departamento de Tecnología de Alimentos: Universidad de Lleida. 45 p.
52. ROMERO, F. 1986. El Cultivo de Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Riobamba – Ecuador: Separta. FIA- ESPOCH. 76 p.
53. SALIS, A. 1985. Cultivos Andinos Alternativa Popular. Centro de Estudios Rurales Andinos Bartolomé de las Casas CEDEP - AYLLU, Centro para el Desarrollo de los pueblos. Cuzco – Perú: Inty. 89 p.
54. SALVADOR, A.; NAVARRO, P. y MARTÍNEZ, J. 2007. Tecnología Postcosecha de Cítricos., Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada. Valencia: Centro de Tecnología Postcosecha. 11 p.
55. SHEWEITA, S. et. al. 2002. Effect of Some Hypoglycemic Herbs on the Activity of Phase I and II Drug-Metabolizing Enzymes in Alloxan-Induced Diabetic rats. Atlanta: Toxicology (2). pp. 131-139.
56. SIAVICHAY, G. 1986. Evaluación Agronómica de Quince Ecotipos de Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y Aspectos Relacionados al Mejoramiento Genético de Ésta Especie. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad Ingeniería Agronómica. Riobamba – Ecuador. 63 p.
57. VELASCO, E. Y VALDIVIA. 1981. Origen y evaluación del Tarwi. Centro de Informática para la Investigación Agrícola. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. 56 p.

58. **VILLACRÉS, E; CAICEDO, C; PERALTA, E.** 1998. Disfrute Cocinando con Chocho. P-bid-206. Junio. PRONALEG. EESC-INIAP-FUNDACYT. Quito – Ecuador: PRONALEG. 48 p. (Recetario).
59. **WHITTEN, K.** 1995. Química General. 3ª Ed. México: Mc Gram Hill Interamericana de México. 878 p.
60. **WINK, M.** 1992. *Lupinus mutabilis*: Composition and Potencial Applications of Quinolizidine Alkaloids. Comisión de Comunidades Europeas. Luxemburgo. 130 p.
61. **WINK, M.** Wink, M. 1998. Chemical Ecology of Alkaloids - Alkaloids Biochemistry, Ecology and Medicinal Applications. New York: Plenum Press. pp. 265-296.
62. **ZAMORA, N. et. al.** 2002. *In vitro* Antifungal Activity of *Lupinus montanus* Extract and Lupanine on *Fusarium oxysporum* f. sp *melonis*. In: Proc. 10th Int. Lupin Conference. Van Santen E., M. Wink, S. Weissmann, and P. Romer (eds). Laugarvatn, Iceland. pp: 255-256.
63. **WINK, M.** 1992. *Lupinus mutabilis*: Composition and Potencial Applications of Quinolizidine Alkaloids. Luxemburgo: Comisión de Comunidades Europeas. p. 130.

## **BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

### **64. ALCALOIDES QUINOLIZÍDICOS**

[http://www.portalfarma.com/pfarma/taxonomia/general/gp000011.nsf/voDocuments/4DE2A2030B26B6F0C1256A790048D68C/\\$file/web\\_alcaloides.htm](http://www.portalfarma.com/pfarma/taxonomia/general/gp000011.nsf/voDocuments/4DE2A2030B26B6F0C1256A790048D68C/$file/web_alcaloides.htm)  
20070528

### **65. ANTIBIÓTICOS**

<http://www.monografias.com/trabajos5/antibio/antibio.shtml>.  
20070923

- 66. BROPHY M. CASTRO M.** Dosis Efectiva Media (DE50) del Efecto Antiinflamatorio del Extracto Metabólico de *Lupinus mutabilis* Sweet en Ratas. <http://www.medicina.usmp.edu.pe/congresomundial/000data/temlib.20070528>
- 67. CYTEC. TALOZYME D.** Liquid Dextranasa Concentrate for the Sugar Industry. WTT-1216. CYTEC Industries Inc., 1.5k 9/ 02 HOR. 2002. <http://www.cytec.com>.  
20080628.
- 68. EL BOROJÓ**  
<http://www.lalinaza.com/borojo.htm>  
20080612
- 69. ENFERMEDADES DE POSCOSECHA EN FRUTALES DE HOJA CADUCA, UVA DE MESA Y CITRUS**  
<http://www.fagro.edu.uy/~poscosecha/docs/Materiales%20de%20Apoyo/enfermedades%20de%20poscosecha%20en%20frutas.pdf>.  
20071212
- 70. ESPECIES VEGETALES CON POSIBLE ACTIVIDAD HIPOGLUCEMIANTE (III).**  
<http://farmacoeconomia.com>.  
20070920
- 71. FORO BIOQUÍMICO.**  
<http://www.forobioquimico.com.ar/glosario.html>.;  
20070620
- 72. FUNGI**  
<http://www.cat.cc.md.us/courses/bio141/labmanua/lab1/u1yeast.html>  
20080105
- 73. HONGOS**  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Hongo>.;  
20071228

**74. LUPINUS**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Lupinus#Descripci.C3.B3n.;>  
20070816

**75. MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.** 2004. Estado actual de las aplicaciones del frío en la  
poscosecha de cítricos.

<http://www.horticom/pd/imágenes/57/602/57602.pdf>  
20080922

**76. PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA SUSTENTABLE**

<http://www.cotacachi.gov.ec/htms/esp/asamblea/agro.htm>  
20080609

**77. QU É ES BOROJÓ**

<http://www.borojo.net/whatisborojo.html>  
20080223

## CAPÍTULO VIII

### 8. ANEXOS

#### ANEXO 1. HOJA TÉCNICA DE LA CERA UTILIZADA



#### GINGER WAX

#### CHEMICAL INGREDIENTS INCORPORATED IN BRITEX WAXES NUMBERS

|                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| <b>CARNAUBA WAX</b>              | CFR 40 – 180, 1001 c |
| <b>RESIN</b>                     | CFR 40 – 180, 1001 c |
| <b>PROTEIN</b>                   | CFR 40 – 180, 1001 c |
| <b>SURFACTANT</b>                | CFR 40 – 180, 1001 c |
| <b>SILICON</b>                   | CFR 40 – 180, 1001 c |
| <b>POTASSIUM HYDROXIDE</b>       | CFR 40 – 180, 1001 c |
| <b>VEGETABLE FATTY ACID SOAP</b> | CFR 21 – 172, 860 c  |
| <b>MORPHOLINE</b>                | CFR 21 – 172,235 c   |

S21 IS A CONCENTRATED WAX AND CAN BE DILUTED WITH WATER TO 5:1 (5 PARTS WATER TO 1 PART WAX)

## ANEXO 2. HOJA TÉCNICA DE LA PARAFINA UTILIZADA



|                           |                              |                  |            |
|---------------------------|------------------------------|------------------|------------|
| <b>PRODUCT</b>            | <b>TERHPLL PARAFFIN 2792</b> |                  |            |
| <i>BATCH</i>              | A030027                      |                  |            |
| <i>ORDER</i>              | 0020                         |                  |            |
| <i>ORDER CONFIRMATION</i> | 0113203/000                  | DATED            | 23 03.2000 |
| <i>COSTUMER</i>           |                              |                  |            |
| <i>TANK TRUCK</i>         |                              | DATE OF DESPATCH | 4.04.2000  |
| <i>QUANTITY</i>           | 20.000                       | kg               |            |

| METHODS OF MEASUREMENTS                   | UNITS OF MEASUREMENTS | SPECIFICATION |      | TEST RESULT |
|---|-----------------------|---------------|------|-------------|
|   |                       | MIN           | MAX  |             |
| Congealing point                          | °C                    | 56.0          | 58.0 | 56.0        |
| Oil content                               | Weight- %             | 0.00          | 1.60 | 0.60        |
| Needle penetration at 25°C<br>ASTM D 1321 | 1/10 mm               | 22            | 25   | 24          |
| Needle penetration at 40°C<br>ASTM D 1321 | 1/10 mm               | 110           | 150  | 125         |
| Colour Saybolt<br>ASTM D156               |                       | 29            | 30   | 29          |



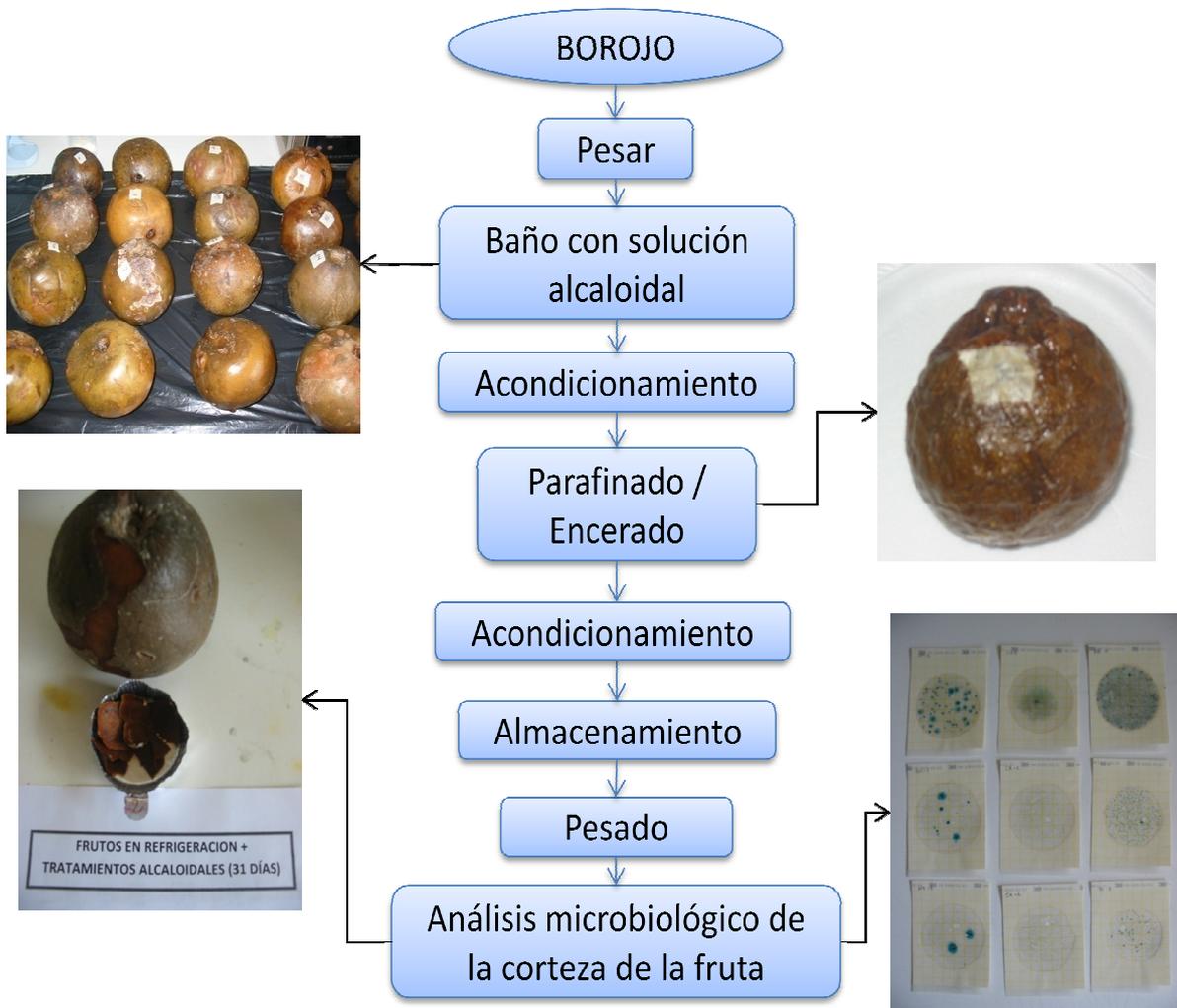
### ANEXO 3. DIAGRAMA PARA LA PREPARACIÓN DE EXTRACTOS CRUDOS DE ALCALOIDES DEL CHOCHO



**ANEXO 4. DIAGRAMA PARA LA PREPARACIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO COCIDO DE ALCALOIDES DEL CHOCHO**

## ANEXO 5. ESQUEMA DE APLICACIÓN DE EXTRACTOS ALCALOIDALES EN EL BOROJÓ



**ANEXO 6. ENSAYO DE RECUBRIMIENTOS PARA LA PRESERVACIÓN DEL BOROJÓ (PARAFINADO Y ENCERADO)**

**ANEXO 7. DATOS OBTENIDOS DE LA CONCENTRACIÓN DE ALCALOIDES EN DIFERENTES MEDIOS DE EXTRACCIÓN.**

| TRATAMIENTOS |  | REPETICIONES |       |      | <i>PROMEDIO DE<br/>CONCENTRACIÓN</i> |
|--------------|--|--------------|-------|------|--------------------------------------|
|              |  | R 1°         | R 2°  | R 3° |                                      |
| <b>T1</b>    | <b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b> | 1,2          | 1,2   | 1,5  | 1,30                                 |
| <b>T2</b>    | <b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub></b> | 1,6          | 1,5   | 1,7  | 1,60                                 |
| <b>T3</b>    | <b>a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub></b> | 2            | 2,1   | 2,3  | 2,13                                 |
| <b>T4</b>    | <b>a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>c<sub>2</sub></b> | 2,5          | 2,7   | 3,13 | 2,78                                 |
| <b>T5</b>    | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b> | 8,2          | 8     | 8,2  | 8,13                                 |
| <b>T6</b>    | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub></b> | 10,1         | 10    | 10,3 | 10,13                                |
| <b>T7</b>    | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub></b> | 10,3         | 10,6  | 11   | 10,63                                |
| <b>T8</b>    | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>2</sub></b> | 12,7         | 12,75 | 12,8 | 12,75                                |
| <b>T9</b>    | <b>a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b> | 0,11         | 0,12  | 0,11 | 0,11                                 |
| <b>T10</b>   | <b>a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub></b> | 0,15         | 0,16  | 0,14 | 0,15                                 |
| <b>T11</b>   | <b>a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub></b> | 0,21         | 0,23  | 0,3  | 0,25                                 |
| <b>T12</b>   | <b>a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>c<sub>2</sub></b> | 0,4          | 0,35  | 0,45 | 0,40                                 |

**ANEXO 8. PÉRDIDA DE PESO DEL BOROJÓ TRATADO CON EXTRACTOS  
ALCALOIDALES Y ALMACENADO A DIFERENTES TEMPERATURAS**

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES  |       |       | PROMEDIO |              |
|--------------|---|-------|-------|----------|--------------|
|              | R1  | R2    | R3    |          |              |
| T1           | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 4,73  | 4,61  | 5,20     | <b>4,85</b>  |
| T2           | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 10,75 | 11,00 | 10,95    | <b>10,90</b> |
| T3           | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 12,00 | 12,40 | 12,00    | <b>12,13</b> |
| T4           | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>4</sub> | 16,15 | 15,99 | 16,37    | <b>16,17</b> |
| T5           | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub> d <sub>5</sub> | 20,25 | 20,40 | 20,78    | <b>20,48</b> |
| T6           | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 2,90  | 3,60  | 3,68     | <b>3,39</b>  |
| T7           | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 6,02  | 5,21  | 5,30     | <b>5,51</b>  |
| T8           | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 7,93  | 7,20  | 8,30     | <b>7,81</b>  |
| T9           | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>4</sub> | 11,84 | 12,03 | 12,54    | <b>12,14</b> |
| T10          | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub> d <sub>5</sub> | 12,00 | 11,98 | 12,35    | <b>12,11</b> |
| T11          | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 1,78  | 2,00  | 2,11     | <b>1,96</b>  |
| T12          | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 13,21 | 13,36 | 13,71    | <b>13,43</b> |
| T13          | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 32,55 | 32,35 | 32,45    | <b>32,45</b> |
| T14          | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub> d <sub>4</sub> | 42,15 | 42,25 | 42,15    | <b>42,18</b> |
| T15          | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>3</sub> d <sub>5</sub> | 45,63 | 45,00 | 45,29    | <b>45,31</b> |
| T16          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 5,98  | 5,73  | 5,89     | <b>5,87</b>  |
| T17          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 8,31  | 8,31  | 8,31     | <b>8,31</b>  |
| T18          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 14,51 | 14,51 | 14,51    | <b>14,51</b> |
| T19          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>4</sub> | 16,46 | 16,46 | 16,46    | <b>16,46</b> |
| T20          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub> d <sub>5</sub> | 17,12 | 17,12 | 17,12    | <b>17,12</b> |
| T21          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 4,57  | 4,86  | 4,77     | <b>4,73</b>  |
| T22          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 6,50  | 6,17  | 6,35     | <b>6,34</b>  |
| T23          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 8,54  | 8,96  | 8,73     | <b>8,74</b>  |
| T24          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>4</sub> | 14,12 | 14,14 | 14,15    | <b>14,14</b> |
| T25          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub> d <sub>5</sub> | 29,48 | 29,88 | 29,68    | <b>29,68</b> |
| T26          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 13,30 | 13,52 | 13,41    | <b>13,41</b> |
| T27          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 22,78 | 23,23 | 23,04    | <b>23,02</b> |
| T28          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 34,60 | 35,10 | 33,95    | <b>34,55</b> |
| T29          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub> d <sub>4</sub> | 36,56 | 36,74 | 36,07    | <b>36,46</b> |
| T30          | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>3</sub> d <sub>5</sub> | 38,67 | 39,00 | 38,27    | <b>38,65</b> |

|            |   |       |       |       |              |
|------------|---|-------|-------|-------|--------------|
| <b>T31</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub>d<sub>1</sub></b> | 4,00  | 4,35  | 3,59  | <b>3,98</b>  |
| <b>T32</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub>d<sub>2</sub></b> | 7,42  | 7,60  | 6,93  | <b>7,32</b>  |
| <b>T33</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub>d<sub>3</sub></b> | 10,96 | 10,80 | 10,30 | <b>10,69</b> |
| <b>T34</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub>d<sub>4</sub></b> | 17,00 | 16,84 | 16,62 | <b>16,82</b> |
| <b>T35</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub>d<sub>5</sub></b> | 23,63 | 23,63 | 23,53 | <b>23,60</b> |
| <b>T36</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub>d<sub>1</sub></b> | 2,50  | 2,33  | 2,15  | <b>2,33</b>  |
| <b>T37</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub>d<sub>2</sub></b> | 6,90  | 6,51  | 6,42  | <b>6,61</b>  |
| <b>T38</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub>d<sub>3</sub></b> | 10,68 | 10,27 | 10,21 | <b>10,39</b> |
| <b>T39</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub>d<sub>4</sub></b> | 10,77 | 10,38 | 10,29 | <b>10,48</b> |
| <b>T40</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>2</sub>d<sub>5</sub></b> | 12,42 | 12,06 | 11,92 | <b>12,13</b> |
| <b>T41</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>3</sub>d<sub>1</sub></b> | 5,90  | 5,52  | 5,41  | <b>5,61</b>  |
| <b>T42</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>3</sub>d<sub>2</sub></b> | 7,25  | 6,85  | 6,77  | <b>6,96</b>  |
| <b>T43</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>3</sub>d<sub>3</sub></b> | 7,31  | 6,90  | 6,84  | <b>7,02</b>  |
| <b>T44</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>3</sub>d<sub>4</sub></b> | 7,87  | 7,48  | 7,39  | <b>7,58</b>  |
| <b>T45</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>3</sub>d<sub>5</sub></b> | 10,13 | 9,76  | 9,64  | <b>9,84</b>  |
| <b>T46</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>d<sub>1</sub></b> | 5,80  | 5,20  | 5,52  | <b>5,51</b>  |
| <b>T47</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>d<sub>2</sub></b> | 14,52 | 13,92 | 14,24 | <b>14,23</b> |
| <b>T48</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>d<sub>3</sub></b> | 18,18 | 17,60 | 17,89 | <b>17,89</b> |
| <b>T49</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>d<sub>4</sub></b> | 21,33 | 20,75 | 21,04 | <b>21,04</b> |
| <b>T50</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>1</sub>d<sub>5</sub></b> | 36,92 | 36,35 | 36,63 | <b>36,63</b> |
| <b>T51</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>2</sub>d<sub>1</sub></b> | 3,56  | 3,00  | 3,26  | <b>3,27</b>  |
| <b>T52</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>2</sub>d<sub>2</sub></b> | 4,44  | 3,85  | 4,16  | <b>4,15</b>  |
| <b>T53</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>2</sub>d<sub>3</sub></b> | 6,16  | 5,56  | 5,88  | <b>5,87</b>  |
| <b>T54</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>2</sub>d<sub>4</sub></b> | 13,80 | 13,20 | 13,52 | <b>13,51</b> |
| <b>T55</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>2</sub>d<sub>5</sub></b> | 18,81 | 18,22 | 18,53 | <b>18,52</b> |
| <b>T56</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>3</sub>d<sub>1</sub></b> | 1,04  | 0,95  | 0,99  | <b>0,99</b>  |
| <b>T57</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>3</sub>d<sub>2</sub></b> | 4,28  | 4,20  | 4,22  | <b>4,23</b>  |
| <b>T58</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>3</sub>d<sub>3</sub></b> | 4,80  | 4,71  | 4,75  | <b>4,75</b>  |
| <b>T59</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>3</sub>d<sub>4</sub></b> | 12,79 | 12,23 | 12,49 | <b>12,50</b> |
| <b>T60</b> | <b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>c<sub>3</sub>d<sub>5</sub></b> | 21,45 | 20,85 | 21,17 | <b>21,16</b> |

**ANEXO 9. EFECTO DEL RECUBRIMIENTO BIOACTIVO, EN LA PÉRDIDA DE PESO DEL BOROJÓ DURANTE EL ALMACENAMIENTO.**

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES |       |       | PROMEDIO |              |
|--------------|--------------|-------|-------|----------|--------------|
|              | R1           | R2    | R3    |          |              |
| T1           | a1b1c1       | 1,45  | 1,85  | 1,95     | <b>1,75</b>  |
| T2           | a1b1c2       | 4,65  | 4,60  | 3,98     | <b>4,41</b>  |
| T3           | a1b1c3       | 4,62  | 4,57  | 4,91     | <b>4,70</b>  |
| T4           | a1b1c4       | 5,10  | 5,05  | 5,09     | <b>5,08</b>  |
| T5           | a1b1c5       | 6,91  | 6,86  | 6,75     | <b>6,84</b>  |
| T6           | a1b2c1       | 1,03  | 0,98  | 1,02     | <b>1,01</b>  |
| T7           | a1b2c2       | 2,45  | 2,40  | 2,62     | <b>2,49</b>  |
| T8           | a1b2c3       | 11,50 | 11,45 | 11,28    | <b>11,41</b> |
| T9           | a1b2c4       | 13,38 | 13,33 | 13,46    | <b>13,39</b> |
| T10          | a1b2c5       | 14,32 | 14,27 | 14,31    | <b>14,30</b> |
| T11          | a1b3c1       | 5,00  | 4,95  | 5,08     | <b>5,01</b>  |
| T12          | a1b3c2       | 3,35  | 3,30  | 3,43     | <b>3,36</b>  |
| T13          | a1b3c3       | 10,26 | 10,21 | 10,40    | <b>10,29</b> |
| T14          | a1b3c4       | 16,50 | 16,45 | 16,46    | <b>16,47</b> |
| T15          | a1b3c5       | 19,20 | 19,15 | 18,92    | <b>19,09</b> |
| T16          | a2b1c1       | 1,60  | 1,55  | 1,44     | <b>1,53</b>  |
| T17          | a2b1c2       | 2,99  | 2,94  | 3,07     | <b>3,00</b>  |
| T18          | a2b1c3       | 3,15  | 3,10  | 3,35     | <b>3,20</b>  |
| T19          | a2b1c4       | 3,82  | 3,77  | 3,90     | <b>3,83</b>  |
| T20          | a2b1c5       | 4,58  | 4,53  | 4,69     | <b>4,60</b>  |
| T21          | a2b2c1       | 2,26  | 2,21  | 2,40     | <b>2,29</b>  |
| T22          | a2b2c2       | 6,42  | 6,37  | 6,53     | <b>6,44</b>  |
| T23          | a2b2c3       | 8,16  | 8,11  | 8,33     | <b>8,20</b>  |
| T24          | a2b2c4       | 9,12  | 9,07  | 9,26     | <b>9,15</b>  |
| T25          | a2b2c5       | 13,50 | 13,45 | 13,88    | <b>13,61</b> |
| T26          | a2b3c1       | 4,5   | 4,45  | 4,52     | <b>4,49</b>  |
| T27          | a2b3c2       | 7,60  | 7,55  | 7,53     | <b>7,56</b>  |
| T28          | a2b3c3       | 9,22  | 9,17  | 9,21     | <b>9,20</b>  |
| T29          | a2b3c4       | 14,10 | 14,05 | 14,27    | <b>14,14</b> |
| T30          | a2b3c5       | 19,70 | 19,65 | 19,39    | <b>19,58</b> |

|            |               |       |       |       |              |
|------------|---------------|-------|-------|-------|--------------|
| <b>T31</b> | <b>a3b1c1</b> | 10,32 | 10,27 | 10,37 | <b>10,32</b> |
| <b>T32</b> | <b>a3b1c2</b> | 12,96 | 12,91 | 12,92 | <b>12,93</b> |
| <b>T33</b> | <b>a3b1c3</b> | 18,52 | 18,47 | 18,36 | <b>18,45</b> |
| <b>T34</b> | <b>a3b1c4</b> | 24,12 | 24,07 | 24,05 | <b>24,08</b> |
| <b>T35</b> | <b>a3b1c5</b> | 27,88 | 27,83 | 27,33 | <b>27,68</b> |
| <b>T36</b> | <b>a3b2c1</b> | 14,23 | 14,18 | 15,57 | <b>14,66</b> |
| <b>T37</b> | <b>a3b2c2</b> | 17,90 | 17,85 | 17,92 | <b>17,89</b> |
| <b>T38</b> | <b>a3b2c3</b> | 22,40 | 22,35 | 23,05 | <b>22,60</b> |
| <b>T39</b> | <b>a3b2c4</b> | 38,20 | 38,15 | 38,13 | <b>38,16</b> |
| <b>T40</b> | <b>a3b2c5</b> | 34,79 | 34,74 | 35,35 | <b>34,96</b> |
| <b>T41</b> | <b>a3b3c1</b> | 3,85  | 3,80  | 3,90  | <b>3,85</b>  |
| <b>T42</b> | <b>a3b3c2</b> | 8,96  | 8,91  | 9,04  | <b>8,97</b>  |
| <b>T43</b> | <b>a3b3c3</b> | 17,50 | 17,45 | 16,17 | <b>17,04</b> |
| <b>T44</b> | <b>a3b3c4</b> | 21,00 | 20,95 | 20,60 | <b>20,85</b> |
| <b>T45</b> | <b>a3b3c5</b> | 34,52 | 34,47 | 34,87 | <b>34,62</b> |
| <b>T46</b> | <b>a4b1c1</b> | 9,61  | 9,56  | 10,14 | <b>9,77</b>  |
| <b>T47</b> | <b>a4b1c2</b> | 10,6  | 10,55 | 10,74 | <b>10,63</b> |
| <b>T48</b> | <b>a4b1c3</b> | 17,84 | 17,79 | 17,44 | <b>17,69</b> |
| <b>T49</b> | <b>a4b1c4</b> | 18,35 | 18,30 | 17,44 | <b>18,03</b> |
| <b>T50</b> | <b>a4b1c5</b> | 25,00 | 24,95 | 26,28 | <b>25,41</b> |
| <b>T51</b> | <b>a4b2c1</b> | 15,50 | 15,45 | 16,15 | <b>15,7</b>  |
| <b>T52</b> | <b>a4b2c2</b> | 21,54 | 21,49 | 21,59 | <b>21,54</b> |
| <b>T53</b> | <b>a4b2c3</b> | 27,6  | 27,55 | 27,71 | <b>27,62</b> |
| <b>T54</b> | <b>a4b2c4</b> | 31    | 30,95 | 31,26 | <b>31,07</b> |
| <b>T55</b> | <b>a4b2c5</b> | 32    | 31,95 | 30,82 | <b>31,59</b> |
| <b>T56</b> | <b>a4b3c1</b> | 5,05  | 5,00  | 5,13  | <b>5,06</b>  |
| <b>T57</b> | <b>a4b3c2</b> | 17,49 | 17,44 | 17,66 | <b>17,53</b> |
| <b>T58</b> | <b>a4b3c3</b> | 20,1  | 20,05 | 20,18 | <b>20,11</b> |
| <b>T59</b> | <b>a4b3c4</b> | 24,39 | 24,34 | 24,80 | <b>24,51</b> |
| <b>T60</b> | <b>a4b3c5</b> | 33,69 | 33,64 | 33,59 | <b>33,64</b> |

**ANEXO 10. FORMATO DE ANÁLISIS SENSORIAL****PRUEBA DE DIFERENCIACIÓN ENTRE MUESTRAS DE PULPA DE BOROJÓ****Nombre del catador:****Fecha:**

**Instrucciones:** Pruebe cuidadosamente cada una de las muestras y marque con una X la que usted considere, es diferente, en cada una de las características enmarcadas.

| CARACTERÍSTICA | MUESTRAS |       |       |
|----------------|----------|-------|-------|
|                | 379      | 462   | 212   |
| <b>Color</b>   | _____    | _____ | _____ |
| <b>Textura</b> | _____    | _____ | _____ |
| <b>Olor</b>    | _____    | _____ | _____ |
| <b>Sabor</b>   | _____    | _____ | _____ |



## ANEXO 12. ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL RECUBRIMIENTO ALCALOIDAL DEL BOROJÓ

### CUADRO 19. Cotizaciones de materiales directos e indirectos

| Materiales Directos e Indirectos | Unidad | Cantidad | Valor Unitario (USD) | Valor Total (USD) |
|----------------------------------|--------|----------|----------------------|-------------------|
| Chocho                           | kg     | 50       | 1,40                 | 70,00             |
| Acido acético grado técnico      | kg     | 1        | 4,00                 | 4,00              |
| Cera                             | L      | 3        | 11,00                | 33,00             |
| Parafina                         | kg     | 5        | 8,00                 | 40,00             |
| Frutas                           |        | 500      | 0,80                 | 400,00            |
| <b>Suman</b>                     |        |          |                      | <b>547,00</b>     |

### CUADRO 20. Gastos de recursos humanos

| PERSONAL               | Nº  | Sueldo Mensual (USD) | Valor - Día (USD) | Duración | Valor Total (USD) |
|------------------------|-----|----------------------|-------------------|----------|-------------------|
| Obreros no calificados | 5,0 | 160,0                | 8,0               | 1,0      | 40,0              |
| Técnico                | 1,0 | 500,0                | 25,0              | 1,0      | 25,0              |
| <b>Suman</b>           |     |                      |                   |          | <b>65,0</b>       |

### CUADRO No. 21. Gasto de equipos

| EQUIPOS             | COSTO (USD)  | Vida útil/años | Costo-Hora | Horas Utilizadas | Costo Uso (USD)/día |
|---------------------|--------------|----------------|------------|------------------|---------------------|
| Molino industrial   | \$ 3.000,00  | 10             | \$ 0,15    | 8                | 1,20                |
| Agitador industrial | \$ 2.000,00  | 20             | \$ 0,10    | 8                | 0,80                |
| Balanza             | \$ 200,00    | 10             | \$ 0,16    | 0,5              | 0,08                |
| Centrífuga          | \$ 4.000,00  | 10             | \$ 0,80    | 2                | 1,60                |
| Cocina industrial   | \$ 200,00    | 5              | \$ 0,01    | 8                | 0,08                |
| Liofilizador        | \$ 10.000,00 | 10             | \$ 0,17    | 24               | 4,00                |
| Frigorífico         | \$ 1.200,00  | 5              | \$ 0,02    | 24               | 0,48                |
| Ventilador          | \$ 20,00     | 5              | \$ 0,00    | 8                | 0,01                |
| Utensilios          | \$ 1.000,00  | 2              | \$ 0,03    | 12               | 0,40                |
| <b>Suman</b>        |              |                |            |                  | <b>8,65</b>         |

**CUADRO No. 22. Costos de Suministros**

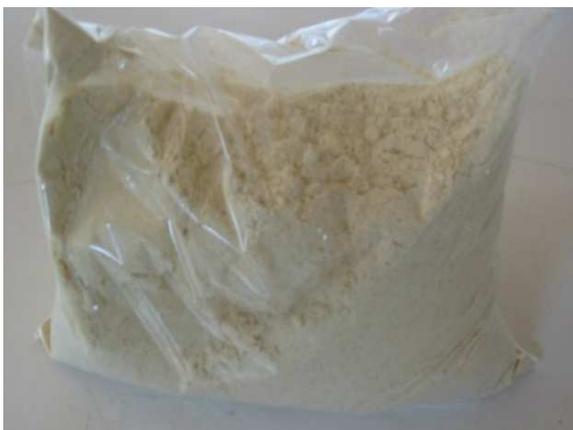
| <b>SUMINISTROS</b> | <b>Unidad</b> | <b>Consumo</b> | <b>Valor unitario<br/>(USD)</b> | <b>Valor total<br/>(USD)</b> |
|--------------------|---------------|----------------|---------------------------------|------------------------------|
| Agua               | m3            | 1,50           | 0,32                            | 0,48                         |
| Energía            | kw-h          | 10,00          | 0,07                            | 0,70                         |
| Gas (Tipo B)       | kg            | 15,00          | 0,12                            | 1,80                         |
|                    |               |                | <b>suman</b>                    | <b>2,98</b>                  |

**CUADRO No 23. Costo total del recubrimiento activo de alcaloides**

| <b>GASTOS</b>                              | <b>VALOR</b>        |
|--|---------------------|
| <b>Materiales directos e indirectos</b>    | <b>547,00</b>       |
| <b>Equipos</b>                             | 8,65                |
| <b>Suministros</b>                         | 2,98                |
| <b>Personal</b>                            | 65,0                |
|  | <b>Suman</b> 623,63 |
| <b>Valor total de costo de Fabricación</b> | <b>623,63</b>       |
| <b>10% gastos operacionales</b>            | 31,18               |
| <b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>           | <b>654,81</b>       |
| <b>18% Utilidad</b>                        | 117,87              |
| <b>Precio de venta</b>                     | <b>772,68</b>       |
| <b>PRECIO DE LA UNIDAD</b>                 | 1,93                |

**ANEXO 13. FOTOGRAFÍAS****a) EQUIPOS****FOTOGRAFÍA 6. BALANZA BOECO****FOTOGRAFÍA 7. LIOFILIZADOR LABCONCO****FOTOGRAFÍA 8. CÁMARA DE ALMACENAMIENTO  
ACELERADO GENERAL ELECTRIC GMR02BANCWW****FOTOGRAFÍA 9. CÁMARA DE FLUJO LAMINAR ESCO  
AHC-4D2****FOTOGRAFÍA 10. PHMETRO INOLAB WTW****FOTOGRAFÍA 11. ROTAVAPOR BUCHI FI**

## b) PREPARACIÓN DE EXTRACTOS



**FOTOGRAFÍA 12.** HARINA AMARGA DE CHOCHO



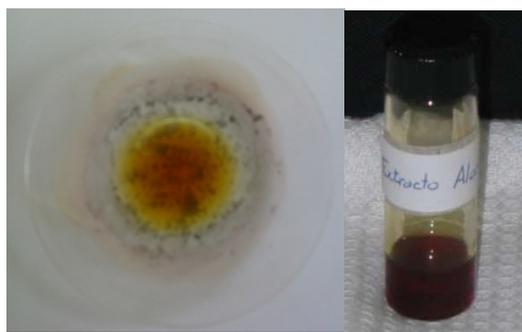
**FOTOGRAFÍA 13.** AGITACIÓN DE SOLUCIONES ALCALOIDALES DE CHOCHO



**FOTOGRAFÍA 14.** DIFERENTES SOLVENTES DE MACERACIÓN



**FOTOGRAFÍA 15.** CONCENTRACIÓN DE EXTRACTOS ALCALOIDALES DE CHOCHO.



**FOTOGRAFÍA 16.** IDENTIFICACIÓN DE ALCALOIDES (REACTIVO DE MAYER)



**FOTOGRAFÍA 17.** CUANTIFICACIÓN DE ALCALOIDES

**c) RECUBRIMIENTOS ALCALOIDALES DE FRUTOS**



**FOTOGRAFÍA 18.** FRUTOS DE BOROJÓ



**FOTOGRAFÍA 19.** ACONDICIONAMIENTO DE FRUTOS TRATADOS CON EL BAÑO ALCALOIDAL



**FOTOGRAFÍA 20.** FRUTOS ALMACENADOS EN CÁMARA ACELERADA.



**FOTOGRAFÍA 21.** *P. DIGITATUM* EN BOROJÓ

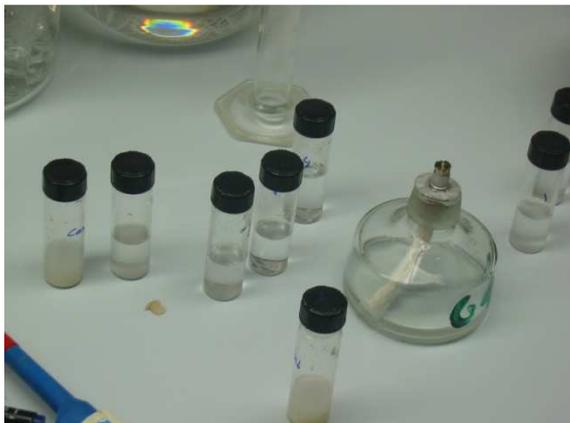


**FOTOGRAFÍA 22.** PÉRDIDA DE AGUA POR TRANSPIRACIÓN DE LOS FRUTOS ALMACENADOS



**FOTOGRAFÍA 23.** CRECIMIENTO DEL HONGO EN LA CORTEZA DEL FRUTO.

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS



**FOTOGRAFÍA 24. MATERIAL ESTÉRIL**



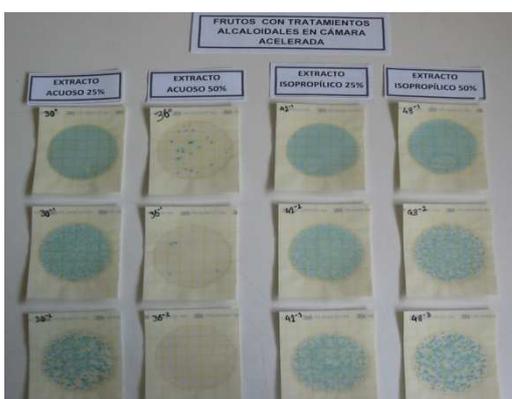
**FOTOGRAFÍA 25 PREPARACIÓN DE DILUCIONES**



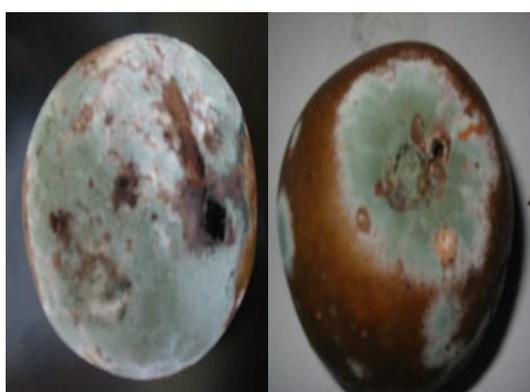
**FOTOGRAFÍA 26. SIEMBRA DE HONGOS EN PLACAS PETRIFILM**



**FOTOGRAFÍA 27. DISTRIBUCIÓN DEL INÓCULO EN EL ÁREA DE CRECIMIENTO DE LA PLACA PETRIFILM.**



**FOTOGRAFÍA 28. CRECIMIENTO DE MOHOS EN PLACAS PETRIFILM.**



**FOTOGRAFÍA 29. CRECIMIENTO DE MOHOS EN FRUTOS DE BOROJÓ.**