

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Propuesta de estrategias de innovación en productos y procesos para mejorar la  
cadena de valor de macadamia en Guatemala

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por Ximena Izabel  
Chavarría Zetina para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería  
Industrial

Guatemala,

2024



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Propuesta de estrategias de innovación en productos y procesos para mejorar la  
cadena de valor de macadamia en Guatemala

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por Ximena Izabel  
Chavarría Zetina para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería  
Industrial

Guatemala,

2024

Vo.Bo.:

(f)  \_\_\_\_\_

(Inga. Dulce María Chacón)

Tribunal Examinador:

(f)  \_\_\_\_\_

(Inga. Dulce María Chacón)

(f)  \_\_\_\_\_  
(Ing. José Cermeño)

(f)  \_\_\_\_\_

(MBA. Mardoqueo Velásquez)

Fecha de aprobación del examen de graduación:

Guatemala, 02 de diciembre de 2024

## Prefacio

Este trabajo de graduación representa un esfuerzo por contribuir al desarrollo y crecimiento del cultivo de macadamia en Guatemala, un sector que ha mostrado un crecimiento significativo y que tiene un gran potencial para mejorar la economía local. Se desarrolló como parte de una auxiliatura de investigación otorgada por el proyecto Alianzas Sostenibles para la Innovación, Investigación y Emprendimiento (ASPIRE) en la Universidad del Valle de Guatemala. Se realizaron visitas de campo a diferentes fincas productoras de macadamia para obtener información de primera mano y así poder identificar los retos y oportunidades de manera más certera. El financiamiento y realización del presente trabajo fue gracias a ASPIRE y UVG. Sin la participación de estas entidades, no hubiese sido posible la realización de este trabajo. Se agradece profundamente a las siguientes fincas y empresas del sector de macadamia por abrir sus puertas para realizar visitas: Finca La Giralda, Finca Valhalla, Finca Helvetia, Alianza S.A. y Alimentos Selectos S.A.

Agradezco especialmente a la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT) y a la Asociación Guatemalteca de Macadamia (ASOMAC) por su apoyo y por facilitarme acceso a valiosa información y recursos durante mi investigación. También extendiendo mi gratitud al proyecto ASPIRE de la Universidad del Valle de Guatemala, que me brindó la oportunidad de aprender y aplicar conocimientos prácticos en este campo. Un agradecimiento especial va dirigido a mis asesores de tesis, Inga. Dulce Chacón e Ing. Francisco Del Cid, por su orientación y apoyo durante todo el proceso. Su experiencia y consejos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo. La realización de este trabajo fue posible gracias a una red de personas que valoro personalmente. Primeramente, agradezco a Dios por darme las fuerzas para realizar este trabajo de graduación. Adicionalmente, agradezco a mis amigos y familia, en especial a mi madre, por apoyarme en todo momento y estar a mi lado siempre. En definitiva, este proyecto ha sido de muchísimo aprendizaje y aplicación de conocimientos, y su finalización es un hito en mi carrera universitaria.

Espero que los hallazgos presentados en este trabajo no solo sirvan como base para futuras investigaciones, sino que también contribuyan al fortalecimiento del sector de

macadamia en Guatemala, promoviendo prácticas sostenibles que beneficien tanto a los productores como a las empresas transformadoras que agregan valor a la nuez.

# ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| Prefacio.....   | i    |
| Lista de cuadros .....  | v    |
| Lista de figuras.....   | viii |
| Resumen .....   | xii  |
| Abstract .....  | xiv  |
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 1    |
| II. OBJETIVOS .....   | 4    |
| 2.1 Objetivo general .....  | 4    |
| 2.2 Objetivos específicos.....  | 4    |
| III. ALCANCE .....  | 5    |
| IV. JUSTIFICACIÓN .....   | 8    |
| V. MARCO TEÓRICO .....  | 11   |
| 5.1 Generalidades de la macadamia .....   | 11   |
| 5.2 Análisis PESTEL .....   | 27   |
| 5.3 Análisis de las 5 fuerzas de Porter .....   | 27   |
| 5.4 Cadena de valor .....   | 29   |
| 5.5 Diagrama de operaciones (DOP).....  | 31   |
| 5.6 Indicadores de desempeño.....   | 31   |
| 5.7 Diagrama de Ishikawa .....  | 31   |
| 5.8 Teoría de restricciones .....   | 32   |
| 5.9 Encuesta .....  | 32   |
| 5.10 Entrevista.....  | 33   |
| 5.11 SIMIO .....  | 33   |
| 5.12 Balanced Scorecard.....  | 33   |
| VI. METODOLOGÍA.....  | 37   |
| 6.1 Primera fase .....  | 38   |
| 6.2 Segunda fase .....  | 39   |
| 6.3 Tercera fase.....   | 40   |
| 6.4 Cuarta fase .....   | 41   |
| VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 43   |
| 7.1 Mapeo de la cadena de valor nacional de la macadamia .....                        | 43   |
| 7.2 Propuesta de producto de macadamia .....  | 137  |
| 7.3 Oportunidades de mejora en los procesos de cosecha y transformación actuales..... | 202  |
| 7.4 Propuesta de mejora en procesos productivos la nuez de macadamia .....            | 230  |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| VIII. | CONCLUSIONES .....  | 245 |
| IX.   | RECOMENDACIONES .....   | 247 |
| X.    | REFERENCIAS .....   | 248 |
| XI.   | ANEXOS.....   | 257 |
| 11.1  | Entrevista a Ricardo Martínez, Alimentos S.A. ....                            | 257 |
| 11.2  | Test cards de prototipado .....   | 267 |
| 11.3  | Distribuciones estadísticas de simulación .....                               | 268 |
| 11.4  | Bitácora de visita a finca Helvetia .....                                     | 269 |
| 11.5  | Layout de planta .....  | 271 |
| 11.6  | Fotografías de visitas a fincas .....   | 272 |
| 11.7  | Primer boletín trimestral ASPIRE .....  | 273 |
| 11.8  | Segundo Boletín trimestral de ASPIRE.....                                     | 275 |
| 11.9  | Herramientas financieras de la planta productora de harina de macadamia ..... | 282 |

## Lista de cuadros

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Diferencias entre especies de macadamia con importancia comercial .....          | 15  |
| Tabla 2. Elementos de un suelo con buen potencial productivo .....                        | 18  |
| Tabla 3. Espaciamiento entre árboles de macadamia.....                                    | 19  |
| Tabla 4. Variedades de macadamia Integrifolia.....  | 20  |
| Tabla 5. Variedades de macadamia y sus características .....                              | 21  |
| Tabla 6. Información Nutricional de la nuez de macadamia .....                            | 22  |
| Tabla 7. Precios de nueces en Guatemala, por kilogramo .....                              | 44  |
| Tabla 8. Enfermedades comunes del árbol de macadamia .....                                | 61  |
| Tabla 9. Insectos dañinos al árbol de macadamia.....                                      | 63  |
| Tabla 10. Participación del mercado de macadamia por país .....                           | 71  |
| Tabla 11. Comparación de productos basados en macadamia.....                              | 74  |
| Tabla 12. Mantequillas de macadamia disponibles en el mercado. ....                       | 77  |
| Tabla 13. Leche de macadamia disponible en el mercado.....                                | 79  |
| Tabla 14. Harinas alternativas disponibles en el mercado .....                            | 80  |
| Tabla 15. Harina de Cacay disponible en el mercado.....                                   | 81  |
| Tabla 16. Barreras de entrada y salida en el mercado de macadamia.....                    | 83  |
| Tabla 17. Rendimientos de producción de la macadamia.....                                 | 92  |
| Tabla 18. Requerimientos de secado de macadamia.....                                      | 101 |
| Tabla 19. Clasificación de nueces de macadamia por tamaño.....                            | 102 |
| Tabla 20. Estilos de macadamia para comercialización.....                                 | 106 |
| Tabla 21. Características de la macadamia envasada con diferentes atmósferas.....         | 108 |
| Tabla 22. Valor exportado por países importadores de macadamia (2019 – 2023).....         | 119 |
| Tabla 23. Descripción de algunos actores de la cadena de valor de macadamia nacional..... | 133 |
| Tabla 24. Clasificación de actores según su eslabón .....                                 | 135 |
| Tabla 25. Resumen de lluvia de ideas.....   | 138 |
| Tabla 26. Comparación de productos de macadamia en el mercado .....                       | 139 |
| Tabla 27. Filtros de demanda aplicados.....   | 152 |
| Tabla 28. Formulación de galletas de macadamia .....                                      | 162 |
| Tabla 29. Maquinaria utilizada en el prototipado .....                                    | 163 |
| Tabla 30. Correcciones a primer prototipo .....   | 169 |
| Tabla 31. Elección de ingredientes para segundo prototipo .....                           | 169 |
| Tabla 32. Segunda formulación de galletas de macadamia .....                              | 170 |
| Tabla 33. Segunda iteración de galletas de harina de macadamia .....                      | 171 |
| Tabla 34. Método de ponderación de factores .....   | 175 |
| Tabla 35. Método del centroide .....  | 176 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 36. Proyección de ventas según departamento.....                                  | 178 |
| Tabla 37. Permisos y requerimientos legales.....  | 179 |
| Tabla 38. Requerimientos de maquinaria .....  | 180 |
| Tabla 39. Requerimiento de Servicios Auxiliares.....                                    | 182 |
| Tabla 40. Costeo de servicios auxiliares.....   | 183 |
| Tabla 41. Requerimientos de almacenamiento .....  | 185 |
| Tabla 42. Requerimientos de carga y descarga.....                                       | 185 |
| Tabla 43. Requerimientos generales de personal.....                                     | 186 |
| Tabla 44. Análisis de subproductos y desechos.....                                      | 187 |
| Tabla 45. Costos de producción de harina de macadamia .....                             | 188 |
| Tabla 46. Codificación de carta de ensamble .....                                       | 190 |
| Tabla 47. Plan agregado de producción.....  | 191 |
| Tabla 48. Salarios de personal .....  | 192 |
| Tabla 49. Costo de maquinaria .....   | 193 |
| Tabla 50. Costos de equipo.....   | 194 |
| Tabla 51. Costos de mobiliario .....  | 194 |
| Tabla 52. Costo de insumos eléctricos.....  | 195 |
| Tabla 53. Costos variables de energía eléctrica .....                                   | 195 |
| Tabla 54. Costo de documentos legales .....   | 196 |
| Tabla 55. Cálculo de préstamo para inversión inicial.....                               | 196 |
| Tabla 56. Tasa de rendimiento esperada (TMAR).....                                      | 197 |
| Tabla 57. Régimen sobre utilidades de actividad lucrativa.....                          | 199 |
| Tabla 58. Régimen opcional simplificado .....   | 199 |
| Tabla 59. Punto de equilibrio.....  | 200 |
| Tabla 60. Distribución y extensión de espacios en planta .....                          | 201 |
| Tabla 61. Clasificación de nueces en Eco Alianza .....                                  | 211 |
| Tabla 62. Temperatura utilizada en horno Eco Alianza.....                               | 213 |
| Tabla 63. Características mínimas aceptables para el comercio de nuez de macadamia..... | 219 |
| Tabla 64. Especificaciones internacionales de calidad .....                             | 219 |
| Tabla 65. Certificaciones internacionales para la producción de macadamia.....          | 220 |
| Tabla 66. Límite máximo de residuos de plaguicidas para nueces .....                    | 221 |
| Tabla 67. Producción y recuperación de kernel.....                                      | 224 |
| Tabla 68. Tiempo de procesamiento en cada estación.....                                 | 225 |
| Tabla 69. Porcentaje de utilización de cada estación.....                               | 227 |
| Tabla 70. Costos aproximados de cosecha.....  | 233 |
| Tabla 71. Costeo de utilización de Maka.....  | 233 |
| Tabla 72. Costo de instalaciones para bodega .....                                      | 238 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 73. Otros Costos para construcción de bodega .....                         | 238 |
| Tabla 74. Resumen de costos para construcción de bodega .....                    | 238 |
| Tabla 75. Ponderación de factores para software de inventario.....               | 239 |
| Tabla 76. Costo de adquisición de silos .....                                    | 241 |
| Tabla 77. Costo de instalación de silos .....                                    | 241 |
| Tabla 78. Costo de sistema de ventilación para silos.....                        | 241 |
| Tabla 79. Costos totales de implementación de silos.....                         | 242 |
| Tabla 80. Tiempos originales de transporte .....                                 | 242 |
| Tabla 81. Tiempos de modificación en transporte .....                            | 243 |
| Tabla 82. Simulación de sistema de gestión de inventario .....                   | 243 |
| Tabla 83. Tiempos de procesamiento con almacenamiento en silos.....              | 244 |
| Tabla 84. Estado de Resultados de planta productora de harina de macadamia ..... | 282 |
| Tabla 85. Balance general de planta productora de harina de macadamia .....      | 282 |

## Lista de figuras

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1. Árbol de macadamia.....   | 13  |
| Figura 2. Corte longitudinal de la nuez de macadamia.....                         | 14  |
| Figura 3. Sistema de zonas de vida Holdridge.....                                 | 16  |
| Figura 4. Esquema del arreglo espacial de nuez de macadamia y café arábigo.....   | 26  |
| Figura 5. Sistema de cultivo de café y macadamia en Finca La Giralda.....         | 26  |
| Figura 6. Importadores de macadamia exportada de Guatemala.....                   | 45  |
| Figura 7. Países importadores de macadamia producida por Guatemala.....           | 46  |
| Figura 8. Top 10 exportadores de macadamia de 2008 a 2022.....                    | 47  |
| Figura 9. Exportación de nueces de macadamia hacia EE.UU. 2021.....               | 49  |
| Figura 10. Mapa de áreas aptas para el desarrollo del cultivo de macadamia.....   | 55  |
| Figura 11. Estados de germinación de la macadamia.....                            | 59  |
| Figura 12. PIB por trabajador en el sector de agricultura.....                    | 68  |
| Figura 13. Producción de macadamia global en 2022.....                            | 70  |
| Figura 14. Consumo global estimado de nueces en 2021.....                         | 72  |
| Figura 15. Consumo estimado de macadamia.....                                     | 73  |
| Figura 16. Exportadores de macadamia en el año 2022.....                          | 85  |
| Figura 17. Hectáreas destinadas al cultivo de macadamia (2020).....               | 91  |
| Figura 18. Kernel de la nuez de macadamia.....                                    | 93  |
| Figura 19. Nuez con cáscara (NIH).....  | 94  |
| Figura 20. Nuez en concha (NIS).....  | 94  |
| Figura 21. Máquina descascaradora de macadamia utilizada en finca Valhalla.....   | 96  |
| Figura 22. Máquina descascaradora industrial.....                                 | 97  |
| Figura 23. Selección de la nuez por flotación.....                                | 98  |
| Figura 24. Secado de macadamia con luz solar en finca Valhalla.....               | 99  |
| Figura 25. Esquema de horno tipo silo.....  | 100 |
| Figura 26. Caldera de horno tipo silo para el secado de macadamia.....            | 101 |
| Figura 27. Quebradora industrial.....   | 103 |
| Figura 28. Quebradora manual.....   | 104 |
| Figura 29. Separado manual de la nuez de macadamia.....                           | 105 |
| Figura 30. Países importadores de nuez de macadamia proveniente de Guatemala..... | 111 |
| Figura 31. Porcentaje de crecimiento de valor exportado de macadamia.....         | 111 |
| Figura 32. Exportadores de macadamia (2022).....                                  | 113 |
| Figura 33. Fluctuación de exportaciones de macadamia entre 2021 y 2022.....       | 113 |
| Figura 34. Fluctuaciones en importación de macadamia de 2021 a 2022.....          | 114 |
| Figura 35. Mantequilla de macadamia comercializada en Guatemala.....              | 116 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 36. Nuez de macadamia lista para consumir .....                                    | 116 |
| Figura 37. Nuez de macadamia a la venta en supermercados.....                             | 117 |
| Figura 38. Aceite de macadamia producido por Mayan Gold .....                             | 117 |
| Figura 39. Nuez de macadamia en presentación Kernel entera .....                          | 118 |
| Figura 40. Promedio de exportación de macadamia global en los últimos 5 años .....        | 120 |
| Figura 41. Diagrama de la cadena de valor de la macadamia según el modelo de Porter ..... | 125 |
| Figura 42. Diagrama general de la cadena de valor de macadamia nacional.....              | 127 |
| Figura 43. Actores principales de la cadena de valor de la macadamia.....                 | 132 |
| Figura 44. Relación entre actores de la cadena de valor de macadamia .....                | 133 |
| Figura 45. Propuesta de valor .....   | 145 |
| Figura 46. Business Model Canvas de Harina de Macadamia.....                              | 147 |
| Figura 47. Value Proposition Canvas .....   | 149 |
| Figura 48. Perfil del cliente.....  | 150 |
| Figura 49. Flujo de trabajo del estudio de mercado.....                                   | 151 |
| Figura 50. Visualización de filtros de demanda aplicados.....                             | 153 |
| Figura 51. Encuestados por rango de edad .....  | 155 |
| Figura 52. Encuestados según su género .....  | 155 |
| Figura 53. Frecuencia de consumo de productos de origen vegetal.....                      | 156 |
| Figura 54. Rango de precios de compra.....  | 156 |
| Figura 55. Diagrama de operación de harina de macadamia .....                             | 157 |
| Figura 56. Bill of Materials de Harina de macadamia .....                                 | 159 |
| Figura 57. Mockup del producto "Macarina" .....   | 160 |
| Figura 58. Descripción de logo de harina de macadamia .....                               | 160 |
| Figura 59. Receta para galletas de macadamia .....  | 162 |
| Figura 60. Macadamia molida .....   | 164 |
| Figura 61. Galletas de harina de macadamia .....  | 165 |
| Figura 62. Calificación del olor de la galleta.....                                       | 165 |
| Figura 63. Calificación del color de la galleta .....                                     | 166 |
| Figura 64. Nivel de azúcar de la galleta.....   | 166 |
| Figura 65. Nivel de cremosidad de la galleta.....   | 167 |
| Figura 66. Ingredientes complementarios.....  | 167 |
| Figura 67. Sugerencias de mejora para el primer prototipo.....                            | 168 |
| Figura 68. Nivel de cremosidad de segundo prototipo .....                                 | 171 |
| Figura 69. Presentación de tercer prototipo en Feria Regional de Innovación .....         | 173 |
| Figura 70. Retroalimentación del tercer prototipo en Feria Regional de Innovación .....   | 174 |
| Figura 71. Vista satelital de las coordenadas por el método de centroide .....            | 177 |
| Figura 72. Codificación de partes de empaquetado de harina de macadamia.....              | 190 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 73. Carta de ensamble.....                                  | 191 |
| Figura 74. Período de recuperación .....                           | 197 |
| Figura 75. Ingresos proyectados a 5 años .....                     | 201 |
| Figura 76. Layout de planta completo .....                         | 202 |
| Figura 77. Árbol preparado para cosecha .....                      | 204 |
| Figura 78. Recolección manual de macadamia.....                    | 205 |
| Figura 79. Recogedor de nueces .....                               | 205 |
| Figura 80. Ilustración de recolección por redes .....              | 206 |
| Figura 81. Diagrama de operaciones de Alianza S.A. ....            | 208 |
| Figura 82. Selección Visual .....                                  | 209 |
| Figura 83. Nuez de macadamia visualmente defectuosa .....          | 210 |
| Figura 84. Despulpado.....   | 210 |
| Figura 85. Muestreo .....  | 211 |
| Figura 86. Clasificadora.....                                      | 211 |
| Figura 87. Bodega.....   | 212 |
| Figura 88. Horno.....  | 213 |
| Figura 89. Control de humedad.....                                 | 214 |
| Figura 90. Máquina quebradora.....                                 | 215 |
| Figura 91. Área de separado manual.....                            | 215 |
| Figura 92. Clasificación de kernel .....                           | 216 |
| Figura 93. Empaque al vacío .....                                  | 216 |
| Figura 94. Área de almacenamiento Eco Alianza S.A.....             | 217 |
| Figura 95. Balanced Scorecard para la producción de macadamia..... | 223 |
| Figura 96. Simulación del proceso Eco Alianza en SIMIO .....       | 224 |
| Figura 97. Tiempo de procesamiento, escala logarítmica.....        | 226 |
| Figura 98. Utilización por estación.....                           | 228 |
| Figura 99. Diagrama de Ishikawa para Almacenamiento .....          | 229 |
| Figura 100. Sistema de recolección y transporte .....              | 231 |
| Figura 101. Subsistema de recolección y transporte.....            | 232 |
| Figura 102. Layout actual de Alianza S.A. ....                     | 236 |
| Figura 103. Propuesta de Layout .....                              | 236 |
| Figura 104. Silo de almacenamiento de nueces .....                 | 241 |
| Figura 105. Test Cards de prototipo 1.....                         | 267 |
| Figura 106. Test Cards de Prototipado 2.....                       | 267 |
| Figura 107. Layout del Área administrativa .....                   | 271 |
| Figura 108. Layout del área de recepción de materia prima .....    | 271 |
| Figura 109. Layout del área de almacenamiento .....                | 272 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 110. Visita a Finca La Giralda.....                 | 273 |
| Figura 111. Aspecto físico de las flores de macadamia..... | 273 |
| Figura 112. Visita a Finca Valhalla .....                  | 273 |
| Figura 113. Visita a Alimentos Selectos.....               | 273 |
| Figura 114. Visita a Alianza S.A. ....                     | 273 |
| Figura 115. Proceso de pelado .....                        | 273 |

## Resumen

El presente trabajo de graduación tiene como objetivo potencializar la producción y comercialización de la nuez de macadamia a través de propuestas de estrategias de innovación en productos y procesos. Estas estrategias son de tipo generadoras de mercados o enfocadas en el aumento de la eficiencia en la producción del mercado guatemalteco. Dichas estrategias propuestas también generan mayor competitividad en el sector de macadamia a nivel nacional. A través de esta propuesta de estrategias, también se evaluó el impacto de la introducción de un nuevo producto proveniente de la macadamia y la mejora de un proceso que contribuye a la cadena de valor actual del cultivo.

Para la identificación de oportunidades y retos se analizó la cadena de valor de la macadamia en Guatemala a través del manual para el fortalecimiento de cadenas de valor propuesto por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Para realizar este análisis se tomaron en cuenta los principales eslabones, actividades y actores que contribuyen a la cadena de valor de la macadamia. A partir de este estudio, se identificaron retos y oportunidades a los que se enfrenta el cultivo y producción de macadamia en Guatemala. Una vez identificados estos aspectos, se procedió a proponer un producto que aprovecha el potencial de cosecha que existe en el país para mejorar la competitividad de productos de macadamia en el mercado guatemalteco. Por otro lado, se simuló uno de los procesos involucrados en la cadena de valor de macadamia para evaluar una posible mejora que se pueda implementar en él. Se realizó, para evaluar esta propuesta, un análisis de costos, y así comprobar si esta mejora pudiese tener beneficios significativos para un productor de macadamia.

Para el desarrollo de las estrategias de innovación en productos y procesos, se buscaron aquellas que estuviesen alineadas con los principales retos y oportunidades identificados al analizar la cadena de valor de la macadamia. Se le dio prioridad a los hallazgos que mostraron una mayor oportunidad de adopción en Guatemala, ya que este trabajo de graduación se está realizando bajo el marco de la investigación del proyecto Alianzas Sostenibles para la Innovación, Investigación y Emprendimiento (ASPIRE) y con el apoyo de la Asociación guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT). Este proyecto está enfocado en crear un modelo reproducible para el aprovechamiento de la investigación e innovación universitaria por parte de los emprendedores, el sector productivo y el sector público del país. Una vez definidas las

prioridades de la industria, se identificaron los principales recursos y etapas requeridos para el diseño de alternativas que puedan implementarse y traer beneficios al mercado. Finalmente, se validaron estas propuestas a través de evaluaciones financieras.

*Palabras clave: análisis de la cadena de valor, Nuez de Macadamia, Estrategias de Innovación, Desarrollo de productos, Mejora de procesos.*

## Abstract

The present research aims to enhance the production and commercialization of macadamia nuts through proposals for innovation strategies in products and processes. These strategies are focused on increasing efficiency in the production of macadamia nuts in the Guatemalan market. Through these proposals, the impact of introducing a new product derived from macadamia and improving a process that contributes to its current value chain was evaluated.

The value chain of macadamia in Guatemala was analysed using the manual for strengthening value chains proposed by the Economic Commission for Latin America and the Caribbean. This analysis considered the main links, activities, and actors that contribute to the value chain of macadamia. From this study, challenges faced by macadamia producers in Guatemala were identified. As a result, a product that leverages the existing harvest potential in the country was proposed to enhance the competitiveness of macadamia products in the Guatemalan market. Additionally, one of the processes involved in the macadamia value chain was simulated statistically to evaluate potential improvement. Cost analysis was conducted to assess this proposal, aiming to determine whether it could yield significant benefits for macadamia producers.

Findings that demonstrated a greater opportunity for adoption in Guatemala were prioritized, as this research was conducted under the framework of the Sustainable Alliances for Innovation, Research, and Entrepreneurship (ASPIRE) project, with support from the Guatemalan Exporters Association (AGEXPORT). This project focuses on creating a reproducible model for leveraging university research and innovation by entrepreneurs, the productive sector, and the public sector of the country.

*Key words: value chain analysis, Macadamia nut, Innovation strategies, Product development, Process improvement.*

## I. INTRODUCCIÓN

La nuez de macadamia tiene un color dorado claro y un sutil sabor a mantequilla con una textura cremosa. El árbol de esta nuez es originario de los bosques lluviosos en la costa sur de Australia, específicamente en los estados de Queensland y Nuevo Gales del Sur. Se estima que existen diez especies de macadamia, de las cuales la *Macadamia integrifolia* es preferida por su mayor porcentaje de almendras sanas y mayor uniformidad en el tamaño del fruto. La nuez de macadamia se compone en un 75% de aceite, son ricas en calorías, fibra, vitaminas y minerales. En la actualidad, estas nueces se venden en presentaciones saladas, sin sal, cubiertas de chocolate, o como ingrediente complementario en galletas, helado o café (Nagao et al., 1992).

Esta nuez de alto prestigio ha puesto a Guatemala en el mapa de exportación de nueces, ya que se encuentra entre los primeros cinco mayores exportadores a nivel mundial, abarcando un 4.19% de exportaciones internacionales (Observatorio de Complejidad Económica, 2021). Actualmente se cuenta con información limitada acerca de su producción en Guatemala, mientras que la información de plantación, cultivo y cosecha ha sido documentada ampliamente por varias instituciones a lo largo de los años. Para evaluar el potencial de crecimiento de este cultivo, aplicar un análisis de la cadena de valor es una herramienta adecuada. La definición clásica que se aplica con mayor frecuencia a las cadenas de valor es que comprenden la gama completa de actividades que se requieren para llevar un producto o un servicio desde concepción a través de las diferentes fases de producción hasta la entrega a los consumidores finales y eliminación después de su uso (Kaplinsky y Morris, 2001).

La globalización y la expansión de los mercados internacionales, así como el rápido crecimiento de los sectores socioeconómicos medio y alto en muchos países en desarrollo ofrecen oportunidades a los productores para operar en mercados nacionales e internacionales emergentes. Esto significa que los productores deben lograr un mejor control sobre la producción, el comercio y la distribución para garantizar la calidad y el valor añadido de sus productos y operar de forma rentable. Es más, los productores deben adaptarse a estrictos estándares y regulaciones de calidad y seguridad en estos mercados (Dolan y Humphrey, 2004).

Las cadenas de valor globales se caracterizan por derribar las barreras del comercio internacional debido a la disminución aranceles y la reducción de los precios y los subsidios a las exportaciones en las últimas décadas. Al mismo tiempo, se observa una creciente concentración y consolidación en todos los eslabones de estas cadenas. Además, los avances en las tecnologías de la comunicación y la disminución de los costos de transporte facilitan coordinación entre los actores de la cadena (Gibbon et al., 2008).

El análisis de la cadena de valor permite comprender en su totalidad las actividades que hacen que un producto o servicio atraviese las diferentes fases: desde la concepción del producto, por los procesos de transformación, hasta su venta y su descarte después del uso. Cada una de estas diferentes etapas recibe el nombre de eslabones, los cuales son dependientes de la industria en la que se comercialice el producto, en este caso, la industria agrícola. En todas las cadenas de valor hay interacciones entre diferentes agentes que afectan las actividades y márgenes de ganancia de un producto, a estos se les llama actores. Cabe resaltar que, en cada cadena de valor existen diferentes actividades que se le atribuyen al producto al ser transformado, que poco a poco agregan valor al producto final.

Adicionalmente, el análisis de la cadena de valor esclarece cómo se distribuyen los ingresos generados por un producto, y cómo adquiere el valor agregado a través de todo el ciclo de producción y al momento de la venta a un mercado específico. Un análisis correctamente estructurado de la cadena de valor permite sacar lo mejor de la globalización de un producto, ya que requiere una comprensión de los factores dinámicos dentro de toda la cadena de valor y cómo interactúan los diferentes componentes de esta. La visualización de la cadena de valor facilita la optimización, el desarrollo y la mejora continua de procedimientos que incrementen el valor de un producto. A partir de esto, es posible identificar los retos a vencer para obtener mayores beneficios a nivel comercial y productivo. Esto trae consigo propuestas de estrategias y mejor rendimiento en el mercado objetivo.

Alianzas Sostenibles para la Innovación, Investigación y Emprendimiento (ASPIRE) es un proyecto de cinco años y \$15 millones de dólares, financiado por USAID e implementado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT) con el objetivo de crear modelos replicables sobre cómo las universidades latinoamericanas y sus colaboraciones con el sector privado, gobierno y comunidades locales, pueden responder a las necesidades locales

y regionales de desarrollo. El proyecto ASPIRE tiene como objetivo crear la capacidad para llevar a cabo investigaciones de alta calidad e innovación pertinente para abordar los retos regionales y locales.

Con base en lo mencionado anteriormente y en el marco de investigación del proyecto ASPIRE, se realizó un estudio de la cadena de valor de la macadamia en Guatemala. Este estudio estuvo a cargo de una estudiante de último año de Ingeniería Industrial. Se le dio seguimiento por medio de la vinculación y colaboración con la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT). El objetivo de la investigación es analizar la cadena de valor de macadamia, identificando las oportunidades y retos, principalmente proponiendo estrategias para innovar en el producto y/o los procesos de producción.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Proponer estrategias de innovación en productos y procesos para la identificación de oportunidades y áreas de mejora en producción mediante la investigación y análisis de la cadena de valor de macadamia en Guatemala.

### 2.2 Objetivos específicos

- Identificar los eslabones, actores y actividades principales de la cadena de valor y los procesos productivos actuales de la macadamia para reconocer oportunidades de mejora en procesos o productos mediante la investigación, el mapeo y la vinculación con los actores principales.
- Proponer un producto proveniente de la macadamia para el crecimiento del mercado de macadamia en Guatemala mediante un estudio de mercado y la identificación de oportunidades.
- Realizar una simulación del proceso actual de cosecha manual para identificar cuellos de botella, oportunidades de mejora y procesos mediante el análisis de simulaciones con la herramienta SIMIO.
- Proponer una mejora en los procesos productivos de la macadamia para maximizar las ventas, aumentar la productividad y la exportación mediante el análisis de datos de tiempos de producción actuales y un análisis de costos.

### III. ALCANCE

Con el fin de garantizar una comprensión clara de las posibilidades y límites de este trabajo de graduación, es importante considerar el tiempo y recursos disponibles, ya que estos definen si los objetivos propuestos pueden ser alcanzados en su totalidad o no. La investigación de la cadena de valor de macadamia en Guatemala fue asignada en el mes de enero y se ha avanzado en las entregas de la fase de propuesta de producto. A partir de esta premisa, y tomando en cuenta de que una parte de la investigación se está realizando en conjunto con un grupo de estudiantes de la iniciativa académica Ingeniería de Plantas, se estima que el tiempo para la elaboración de la investigación y propuesta de un producto y mejora en un proceso sí será suficiente, ya que la fecha de finalización estipulada para este curso es el 31 de mayo del presente año.

Cabe resaltar que para realizar este estudio se requirió de un auxiliar de investigación, estudiante de último año de ingeniería industrial, a quién se asignaron dos auxiliares de investigación que son cubiertas por el proyecto. Esto equivale a 20 horas de trabajo semanales. El trabajo tuvo una duración de un año en el primer semestre se adquirió el conocimiento general de la cadena, la identificación de retos y oportunidades, vinculación con actores, retroalimentación para que en el segundo semestre se puedan definiesen las estrategias de mejora, productos o procesos innovadores para el sector.

En la actualidad, existen numerosas fuentes de información tanto primarias como secundarias para cimentar la estructura de la investigación inicial de este proyecto. Sin embargo, hay mucha más investigación sobre el manejo de plantaciones de macadamia en otros países, en especial Hawái. En el caso de las fuentes primarias para datos de producción de macadamia, se obtendrán directamente de las visitas de campo que se realicen con el proyecto ASPIRE, haciendo entrevistas a los productores y solicitándoles datos numéricos como sus cantidades de producción mensuales, precio de venta y costos de operación de la plantación. Por consiguiente, información relacionada al manejo, cuidado y preservación de las nueces de macadamia pueden extraerse de fuentes secundarias, como investigaciones previamente realizadas y consultadas a través de internet, asegurando siempre que sean fuentes confiables. Con esto en mente, se puede concluir que sí se cuenta con los recursos mínimos para realizar la investigación y cumplir con los objetivos preestablecidos.

Puesto que el presente trabajo tiene como objetivo analizar la cadena de valor de macadamia y realizar propuestas de un producto y mejora en procesos, el proyecto se limita a analizar las propuestas del producto y la mejora en el proceso que se propongan en él. Por lo tanto, no se hizo un énfasis en la cadena de valor de macadamia a nivel global, en donde interfiere otros países con mucho más potencial de plantación y cantidades de exportación mayores. Los aspectos evaluados de cada propuesta buscaron medir el impacto que podría tener la macadamia y su inserción en el mercado guatemalteco como otro tipo de producto, y los beneficios que podrían obtener los pequeños y grandes productores al automatizar o mejorar algún aspecto de la cosecha, plantación o cualquier parte del ciclo de producción de la macadamia. De igual manera, al realizar el mapeo y documentación de la cadena de valor, se tendrán en consideración solamente aquellos que afecten de manera directa la producción en Guatemala, y no en otros países o regiones. Como resultado, las propuestas generadas tanto en un producto como en un proceso tienen el objetivo de crear un impacto a nivel nacional.

Una de las principales limitaciones para realizar este trabajo de graduación es el poco registro de datos y estudios disponibles para el sector agrícola en Guatemala. Hay apenas algunos estudios realizados en fincas y áreas de cosecha de macadamia desde su introducción al país. Esto afecta la disponibilidad de datos estadísticos acerca de los procesos productivos, actividades y actores de la cadena de valor de la macadamia. Al momento de realizar las visitas, se buscó recopilar la máxima información posible para llenar estos vacíos de data, y poder enriquecer la investigación en la mayor medida posible, pero cabe resaltar que esta recolección de información dependerá de la apertura y disponibilidad de los diferentes actores que se visiten o entrevisten. Sin embargo, es posible que para algunas estadísticas se utilicen datos extraídos de fuentes secundarias, por lo que estos pueden significar aproximaciones a los volúmenes de producción de Guatemala. Si este fuese el caso en algún dato de la investigación, se procederá a sustentarlo de manera correcta y validar su utilización para no crear una estimación o evaluación errónea del impacto.

De la misma manera, debido a que no todos los actores se encuentran asociados a un gremio de cultivo de macadamia, una limitación del trabajo es la dificultad de acceder a toda la información con la que todos los actores cuentan. Se realizó el seguimiento correspondiente con la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT) para tener la máxima cantidad de datos realistas posibles.

En cuanto a la autorización para publicar la información de manera real, estuvo bajo la disposición del departamento de ingeniería industrial de la Universidad del Valle de Guatemala. Una vez la investigación esté aprobada, esta se encontrará a disposición del público en la biblioteca de la universidad.

Es importante mencionar que, para una correcta aplicación de una investigación de la cadena de valor de un producto, se requiere el desarrollo de diferentes competencias que son parte del perfil de egresado de ingeniería industrial. En la Universidad del Valle de Guatemala, la carrera de ingeniería industrial forma profesionales que formulan soluciones innovadoras, seleccionan modelos, diseñan, crean y resuelven oportunidades de optimización de recursos en cualquier proceso y sistema profesional. En esta línea de trabajo, el presente proyecto se pondrá en práctica las áreas de excelencia de procesos y producción, sociales y de servicio, investigación y desarrollo, y el análisis de datos para toma de decisiones. Se le dio el enfoque de procesos y producción ya que, con la propuesta de mejora en un proceso productivo de la macadamia, se diseñó una solución efectiva a través de la simulación. La propuesta de un producto a base de macadamia abarcó la investigación de sistemas y procesos en los que se ven involucrados equipos, maquinaria, materias primas y personas para conocerlos a fondo y así poder diseñarlos y desarrollarlos de una mejor forma. Adicionalmente, se utilizaron los datos existentes tanto de producción como de economía y finanzas relacionados con la macadamia para proponer estas estrategias que traerán beneficios al mercado guatemalteco.

## IV. JUSTIFICACIÓN

La constante globalización de los mercados, la competencia, y la demanda de productos agrícolas incentivan al agricultor a buscar opciones y alternativas que satisfagan las necesidades del mercado, diversificando el uso de su tierra sin descuidar del suelo o el ambiente, y proporcionando mayores beneficios al productor. La nuez de macadamia es una de estas opciones, ya que es considerada una nuez de alto prestigio alrededor del mundo. Sin embargo, para penetrar en el mercado de este producto gourmet es necesario aplicar tecnología adecuada, ya sea transferida de otros lugares o adaptada a las condiciones locales, junto con la identificación adecuada de oportunidades para incursionar en este sector del mercado a nivel nacional o internacional.

Según el Observatorio de Complejidad Económica, en el año 2021 Guatemala fue el quinto mayor exportador de nueces de macadamia, con un equivalente a \$38.2 millones representando un 4.19% de las exportaciones a nivel mundial. Comparado con las cifras anteriores, en 2011 Guatemala exportó un equivalente a \$16.6 millones, reflejando un crecimiento de 43.46% en tan solo 10 años. Esto se debe a que su cultivo se ha diversificado a diferentes países con climas tropicales templados que propician su cultivo y cosecha, tales como Sudáfrica, Australia, Kenia y Países Bajos. Gracias a que la temperatura en Guatemala se mantiene entre los 14 y 32 grados centígrados la mayoría del año y que en el territorio se comprenden regiones con bosque húmedo tropical y bosque húmedo premontano, los agricultores han visto una oportunidad para explotar este cultivo y aumentar sus ingresos.

La nuez de macadamia se exporta de Guatemala en forma de almendra cruda, con un porcentaje de humedad que oscila entre 1% y 2%. La producción de Guatemala ha observado un crecimiento sostenido durante los últimos quince años a causa de una expansión constante del área de siembra. Tomando en cuenta las condiciones óptimas para su cosecha, el entendimiento y comprensión de la cadena de valor de la macadamia en Guatemala abre la puerta a dimensionar el rango completo de actividades requeridas para traer un producto desde su concepción a través de las diferentes fases de producción, entrega a los consumidores y su descarte después del uso (Kaplinsky y Morris, 2001). El análisis de la cadena de valor de la macadamia permite identificar oportunidades económicas y cuellos de botella en los procesos actuales, contribuyendo a la mejora y crecimiento de la industria de macadamia en Guatemala.

Como resultado, este análisis puede impactar positivamente la estabilidad económica de los agricultores y comerciantes de esta nuez.

Adicional al efecto positivo en la economía de los pequeños y grandes agricultores, la promoción del cultivo de macadamia en Guatemala es importante dado que, en la coyuntura de los precios y rendimientos del café, a través del Programa de Diversificación de Cultivos ANACAFE en el año 2004 se impulsó el cultivo de macadamia como sombra asociada con café, y actualmente se encuentra muy difundido el sistema café arábigo + macadamia y café robusta + macadamia. Estos sistemas de plantación son una buena alternativa para el pequeño productor que permite diversificar su fuente de ingresos y promover una mayor resiliencia para sus medios de vida con un mejor uso equivalente de la tierra (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

La propuesta de un producto innovador para el mercado guatemalteco a partir de la macadamia permite satisfacer la demanda de productos nutritivos, bajos en colesterol y libres de gluten, ya que todas las nueces carecen de esta proteína. El tamaño del mercado mundial de productos sin gluten se estimó en \$6.450 mil millones en 2022 y se espera que crezca a una tasa de crecimiento anual compuesta del 9,8% de 2023 a 2030. En comparación, el tamaño de mercado de personas intolerantes al gluten es de alrededor de 340,000 personas en Guatemala, representando un 2% de la población total (Taracena y González, 2017). Este crecimiento está impulsado por factores como el aumento de los problemas de salud, aumento en diagnósticos intolerancia al gluten, y un número cada vez mayor de personas adoptan dietas sin gluten como elección de estilo de vida.

Los procesos productivos de la macadamia en Guatemala son, en su mayoría, manuales. La estandarización de buenas prácticas en agricultura y una propuesta de mejora en los procesos de plantación, cultivo y cosecha no solo aumentaría los niveles de producción nacionales, sino que impulsaría los ingresos recibidos de los pequeños y grandes agricultores. Al mismo tiempo, daría paso a un estudio detallado para identificar cuellos de botella y mejorar el proceso actual con posibles automatizaciones o reestructuraciones del proceso. Con una evaluación del impacto de estas mejoras, se podría expandir la inversión en el cultivo de esta nuez, ampliando las áreas de cultivo en el territorio nacional y generando más trabajo para agricultores, lo cual puede tener repercusiones positivas en el producto interno bruto (PIB) de la economía guatemalteca.

Con base en lo anterior, el análisis de la cadena de valor de la macadamia en Guatemala es fundamental para identificar oportunidades de mejora en los procesos productivos y en posibles productos que se pueden introducir en el mercado para competir nacional e internacionalmente. Dado que la macadamia es una nuez de alto prestigio, los márgenes de contribución para los productores y vendedores pueden ser elevados y estabilizar la economía de los productores y distribuidores, mejorando así la calidad de vida del sector agrícola en Guatemala, el cual compone una gran parte de la población.

## V. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Generalidades de la macadamia

Hoy en día, la macadamia es producida ampliamente en Guatemala, ya sea como monocultivo o en sistema asociado con café arábico o robusta, para proporcionar sombra y diversificar los ingresos de los productores. Su introducción a Guatemala no se puede determinar con precisión, pero en el año de 1958 se introdujeron semillas de variedades procedentes de Hawái, Estos materiales fueron manejados por el Instituto Agropecuario Nacional, la Escuela de Agricultura y la estación experimental de Chócola en Suchitepéquez. Guatemala inició como productor a escala comercial en 1,972, con el establecimiento de la Finca San José El Carmen, en Santa Barbara Suchitepéquez, con una producción de un millón de libras de concha húmeda anual (455 TM) (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

El árbol de macadamia puede llegar a medir entre 7 y 12 m de altura, alcanzando hasta los 20 m en Australia. Produce un fruto cuya parte exterior no se abre espontáneamente para que puedan salir las semillas. Este fruto es globular, de 2-3 cm de diámetro, con cubierta dura y 1-2 semillas globosas. La madera es de gruesa y dura, pero las ramas son quebradizas y se desenganchan y caen fácilmente (Asociación Nacional del Café, 2004). El sistema radicular del árbol de macadamia se extiende principalmente en sentido lateral, por ello se le conoce como superficial. Es fibrosa y se adapta bien a suelos pobres, ya que pueden aprovechar los nutrientes de las capas superiores del suelo, donde es primordial proveerle de altos contenidos de materia orgánica (Sol Quintas, 2011).

La macadamia es una planta perteneciente a la familia de las proteáceas y es originaria de la zona subtropical de Australia en la región costera, al sur de Queensland y al norte de Nueva Gales del Sur, cuyo clima es caliente y lluvioso. Fue descubierta hace unos 500 años por los aborígenes, los indígenas de Australia. Los colonos europeos la redescubrieron en 1858. El botánico que hizo estudios de identificación de estas plantas fue el naturalista John Macadam en la expedición de Burke y Wills. El nombre de la planta fue dado por el botánico alemán Ferdinand von Mueller, en honor a su descubridor, quien iba con él (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

La nuez de macadamia tiene un color dorado claro y un sutil sabor a mantequilla con una textura cremosa. Por su fino aroma, es considerada como una de las nueces comestibles más nobles (Escamilla Prado et al., 2013). Se estima que existen diez especies de macadamia, de las cuales la *Macadamia integrifolia* es preferida por su mayor porcentaje de almendras sanas y mayor uniformidad en el tamaño del fruto. La nuez de macadamia se compone en un 75% de aceite, son ricas en calorías, fibra, vitaminas y minerales. En la actualidad, estas nueces se venden en presentaciones saladas, sin sal, cubiertas de chocolate, o como ingrediente complementario en galletas, helado o café (Nagao et al., 1992).

Alrededor del mundo, la producción de macadamia se da en climas que se mantienen entre los 0 y 32 grados centígrados. Hoy en día, Hawái es el líder mundial en cultivo de macadamia, con alrededor de 9000 hectáreas de producción. El otro productor principal es Australia, con 6000 hectáreas plantadas. Países con plantaciones más reducidas pero significantes incluyen: Sudáfrica, Zimbabue, Kenia, Guatemala, Costa Rica, Malawi, Brasil e Israel. Los lugares que poseen temperaturas entre los 14 y 17 grados centígrados durante el invierno son óptimos para la producción de nueces de calidad de la especie *Macadamia Integrifolia* (Nagao et al., 1992).

El árbol de macadamia crece lentamente; llegando a alcanzar una altura entre 12 y 15 metros en climas tropicales; su copa es amplia y muy ramificada. Es susceptible a daños por vientos fuertes, ya que sus ramas son quebradizas. Por ello se aconseja el establecimiento de cortavientos. En la Figura 1 se observa que su follaje es de un intenso color verde oscuro. Las flores, en elevado número, se agrupan en largas y estrechas inflorescencias de unos 20 cm de longitud. La polinización mayoritariamente es cruzada mediante abejas, aunque un bajo porcentaje ocurre por el viento. Únicamente cuaja un reducido número de flores, a partir de las cuales se desarrollan los frutos dispuestos en largos racimos.

**Figura 1.** *Árbol de macadamia*



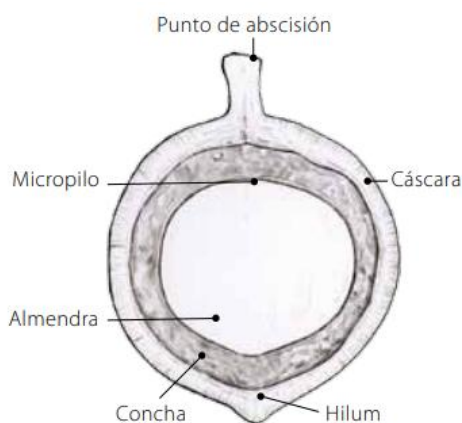
*Nota. Elaboración propia*

La corteza del fruto es dehiscente, abriéndose cuando está seca por una sutura mostrando la cáscara de la nuez de color marrón, leñosa y dura. El fruto de la macadamia se desprende cuando está maduro y cae al suelo, de donde se debe recoger. La maduración es escalonada, lo que dificulta la recolección comercial e incrementa significativamente los costes de producción. No se recomienda cosechar los frutos directamente del árbol, ya que pueden no haber completado su maduración, mermando su calidad al no haberse acumulado la suficiente cantidad de aceites en la semilla.

#### 5.1.1 El fruto del árbol de macadamia

La nuez de macadamia es un fruto esférico que pertenece al grupo de los frutos conocidos como folículos. Está formado por una cáscara exterior verde, botánicamente llamada pericarpio. El pericarpio es la parte del fruto que rodea a la semilla y la protege contra las inclemencias del cielo y de los animales (Sol Quintas, 2011). En su interior se encuentra la semilla de color café llamada “concha”, famosa y respetada por su gran dureza. En la “concha” se puede observar un punto blanquecino, el micrópilo, por donde emergerá la raíz al momento de la germinación y una sutura (el hilum) que permitirá que se abra la semilla. Dentro de la semilla se encuentra el embrión formado por dos cotiledones, que es la parte comestible de la nuez conocida como almendra y de color blanco.

**Figura 2.** Corte longitudinal de la nuez de macadamia



*Nota.* Adaptado de *Manual técnico para productores de nuez de macadamia* (p. 39), por Gabriela Sol Quintas (2011) Asociación Mexicana De Productores, Procesadores Y Exportadores De Nuez De Macadamia.

#### 5.1.2 Especies de macadamia

Sólo existen dos especies de importancia comercial: *M. integrifolia* y *M. tetraphylla*. *M. integrifolia* es la especie principal bajo cultivo, por su cáscara suave y mayor calidad de kernel comparado con *M. tetraphylla*, la que tiene una cáscara más rígida. *M. integrifolia* contiene entre 75% y 79% de aceite y 4.57% de azúcar, mientras que las nueces de *M. tetraphylla* contienen aproximadamente 5% menos aceite y un contenido más alto de azúcares. Las flores del árbol de Macadamia pueden ser color crema (*M. integrifolia*) o rosado (*M. tetraphylla*). Su fruto es un folículo de forma esférica con un recubrimiento carnoso color verde. La floración de la macadamia *M. integrifolia* se da entre junio y marzo (Hamilton y Fukunaga, 1959).

Como se mencionó antes, solamente dos especies tienen interés comercial; ambas son compatibles pudiéndose injertar y obtener híbridos entre sí. *Macadamia integrifolia* es la más apreciada en el mercado, por su mayor calidad. Las principales diferencias entre ambas especies se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Diferencias entre especies de macadamia con importancia comercial

| Aspecto       | <i>Macadamia Integrifolia</i>   | <i>Macadamia Tetraphylla</i>  |
|---------------|---|---|
| <b>Hojas</b>  | Hojas cortas sin o con pocas espinas, con largos peciolo, en grupos de 3. | Hojas largas y espinosas con peciolo muy cortos, dispuestas en grupos de 4. |
| <b>Flores</b> | Color blanco. Florece durante casi todo el año.                           | Color rosado. Florece en primavera.   |
| <b>Nuez</b>   | Lisa y suave.   | Rugosa.   |

Nota. Adaptado de *Cultivo de la nuez de macadamia* (p. 11) por Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales (2008) Universidad Rafael Landívar.

Otras especies, *M. hildebrandii* Steenis, *M. ternifolia* y *M. whelanii*, se consideran no comestibles debido a un glucósido cianogénico que le da un sabor amargo al núcleo. La mayoría de los estudios sobre el cultivo y fisiología se han realizado con *M. integrifolia*. (Nagao et al., 1992).

### 5.1.3 Condiciones de Clima y suelo

Para producir macadamia comercialmente, los factores que determinan el éxito son:

- a. Período de viabilidad del árbol
- b. Rendimiento
- c. Producción Relativa
- d. Calidad de la semilla o del fruto (Nagao et al., 1992).

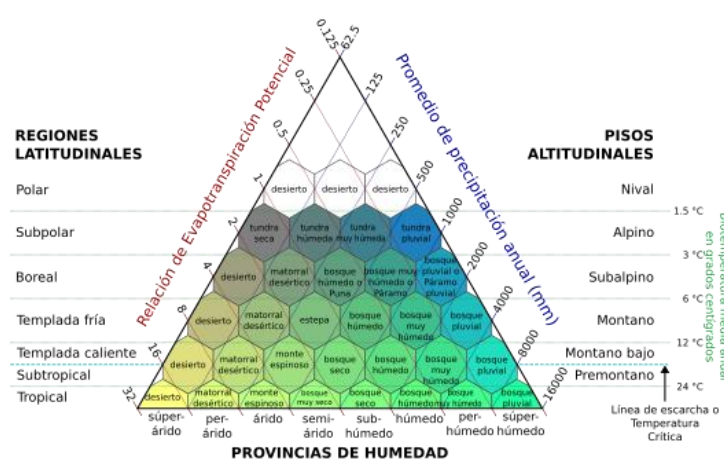
### 5.1.4 Condiciones ecológicas

La macadamia crece en los bosques subtropicales. Requiere de suelos porosos, bajos en fósforo, adaptándose a suelos salinos o calcáreos con un buen contenido de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es del 10-15% y un pH de 5.0 a 5.5. El intercambio catiónico es un proceso fundamental en la química del suelo y la nutrición de las plantas. Se refiere a la capacidad de los suelos para retener y liberar cationes, que son iones con carga positiva, como el calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ). Un suelo con buena capacidad de intercambio catiónico generalmente es más fértil, ya que puede retener y suministrar nutrientes a las plantas de manera más eficaz. Por sus condiciones climáticas y

origen, las áreas de mayor producción son Hawái, Sudáfrica, Australia y, recientemente, China (Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales, 2018).

Como ya fue mencionado, la macadamia es originaria de los bosques lluviosos del litoral de Australia, por consiguiente, se adapta a regiones comprendidas entre las zonas de vida de Holdridge denominadas bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical y bosque muy húmedo premontano. Estas se muestran en la Figura 3.

**Figura 3.** Sistema de zonas de vida Holdridge



*Nota. Adaptado de Clasificación bioclimática de Holdridge, por Alberto Díaz (2019) Biogeografía.*

### 5.1.5 Temperatura

La temperatura es uno de los factores importantes para el crecimiento, floración, producción y calidad de la nuez. Los rangos de temperatura van de 14 a 18 grados centígrados como temperatura mínima y de 24 a 28 grados centígrados como temperatura máxima, con rangos de fluctuaciones que no sean mayores a 10 grados centígrados. Muchas áreas de Guatemala se encuentran dentro de este rango, especialmente en las zonas con altitudes entre 400 y 1,000 msnm (Asociación Nacional del Café, 2018).

### 5.1.6 Altitud y luminosidad

Las plantaciones se establecen entre latitudes de 15 grados sur y 15 grados norte del ecuador; la altitud influye, junto con la temperatura, en lo que es producción y calidad de la nuez. Por debajo de los 7000 msnm (metros sobre el nivel del mar) decrecen los rendimientos y los árboles son muy susceptibles a enfermedades. El efecto de la altura varía de acuerdo con la altitud del lugar. Las regiones propicias para el cultivo de macadamia en Guatemala están

comprendidas entre los 500 y 15,00 msnm, siempre que no existan otras condiciones adversas que impidan su desarrollo, como, por ejemplo: una excesiva nubosidad que favorezca el desarrollo de hongos y líquenes sobre la parte aérea del árbol. La macadamia requiere de 3 a 8 horas de luz solar al día, para desarrollarse de manera adecuada (Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales, 2008).

#### 5.1.7 Precipitación pluvial y humedad

El volumen mínimo anual para una alta producción de macadamia es de 1000mm. Es necesario que haya una buena distribución de las lluvias durante todo el año, o que no representen más de dos meses de sequía. La macadamia se adapta a regiones con un promedio anual de precipitación comprendido entre 1,000 y 1,400 m. En caso de contar con más de dos meses de sequía, se recomienda suministrar el agua a través de un sistema de riego (Escamilla Prado et al., 2013).

#### 5.1.8 Suelos

La macadamia se adapta a un amplio rango de suelos; sin embargo, el requerimiento básico de los árboles de macadamia es un suelo profundo, en promedio de 80 cm y bien drenado. Se adapta a diferentes tipos de suelos, tanto pesados (con alto contenido de arcillas) como ligeros y suelos pobres, siempre y cuando se les dé un manejo adecuado (Escamilla Prado et al., 2013). Para el establecimiento de una huerta es importante evaluar las características del suelo para el crecimiento y producción de los árboles de macadamia.

La textura ideal del suelo para sembrar nuez de macadamia es la denominada “franca”, debe contener entre el 20% y el 30% de arcilla. Un alto contenido de materia orgánica favorece el crecimiento y desarrollo de los árboles, por lo que una vez que la plantación comience a producir, se recomienda utilizar los desechos de materia orgánica que genere la huerta; como son: la cáscara verde pre composteada y la concha triturada, desechos excelentes que ayudan a mejorar la textura del suelo. El pH oscila entre 5.0 - 6.5 siendo el óptimo de 5.0 - 5.5. La macadamia es moderadamente sensible a la salinidad en comparación con otros cultivos (Escamilla Prado et al., 2013).

#### 5.1.9 Vientos

La madera de macadamia es quebradiza y propensa a sufrir daños por vientos. Es preferible evitar su siembra en zonas con vientos fuertes. De cualquier forma, se deben

establecer barreras rompe vientos, especialmente para los árboles jóvenes y también para asegurar el proceso de polinización y proteger a los frutos. Vientos fuertes reducen el crecimiento vegetativo, la floración y la producción. Los vientos tienen dos efectos destructivos en la macadamia: el mecánico y el ambiental. El cambio observado en el ambiente por parte de los vientos es la transpiración fuerte, que se manifiesta en la falta de hidratación de las hojas.

#### 5.1.10 Drenaje

El drenaje es un factor muy importante para el crecimiento de la macadamia y depende del tipo de suelo. En el Cuadro 8, se observa que el color del suelo puede indicar aspectos con relación al drenaje. El suelo no debe presentar ninguna obstrucción como piedras o capas de arcilla que eviten el movimiento del agua en el primer metro de profundidad, ya que las raíces de los árboles mueren en suelos saturados y que no permiten el movimiento adecuado del oxígeno. Un suelo óptimo es aquel con una profundidad mayor a un metro, con un contenido de arcilla del 15 al 40% y que muy probablemente tendrá un color entre rojo y café (Escamilla Prado et al., 2013).

**Tabla 2.** Elementos de un suelo con buen potencial productivo

| Profundidad del suelo (m) |           |              | Contenido de arcilla (%) |                   |              | Color       |                   |                |
|---------------------------|-----------|--------------|--------------------------|-------------------|--------------|-------------|-------------------|----------------|
| Óptimo                    | Aceptable | No Aceptable | Óptimo                   | Aceptable         | No Aceptable | Óptimo      | Aceptable         | No Aceptable   |
| >1.0                      | 0.5 – 1.0 | Menor a 0.5  | 15 – 40 %                | 5 – 15% y 45% Máx | Mayor a 55%  | Rojo o Café | Amarillo y Oscuro | Gris y azulado |

*Nota. Adaptado de Cultivo de la nuez de macadamia (p. 21) por Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales (2008) Universidad Rafael Landívar.*

#### 5.1.11 Pendiente

Las plantaciones se desarrollan bien en pendientes no mayores de 30%. Sin embargo, en Guatemala, a menudo las condiciones en que se desarrolla este cultivo son zonas con pendientes que varían de 5% a más del 30%. En la costa sur de Guatemala las plantaciones se ubican en terrenos con pendientes del 5%, seguido de terrenos ondulados, con pendientes de entre 15% y un 30% y en menor medida en laderas y cañadas abruptas con pendientes mayores al 30% (Escamilla Prado et al., 2013).

### 5.1.12 Filas y espaciamiento de árboles

En cuanto al espaciamiento de los árboles, se debe buscar maximizar el rendimiento de los árboles de macadamia mientras se minimizan los costos de mantenimiento. Los espaciamientos más cortos proporcionan un flujo de efectivo más rápido, pero cuestan más para establecer y requieren una poda lateral desde el comienzo de la vida del huerto. Por otro lado, los espaciamientos amplios son adecuados para todas las variedades y requieren poca o ninguna poda lateral, pero tardan mucho más en proporcionar un flujo de efectivo positivo. A continuación, se muestran algunas opciones óptimas de espaciamiento.

**Tabla 3.** *Espaciamiento entre árboles de macadamia*

| Distancia entre filas | Distancia entre árboles/fila | No. de árboles/ha | Sostenibilidad de variedad | ¿Requiere poda? |
|-----------------------|------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------|
| 7 m                   | 4 m                          | 357               | HAES 344, HAES 741         | Sí              |
| 8 m                   | 4 m                          | 312               | HAES 660                   | Sí              |
| 9 m                   | 4 m                          | 278               | HAES 816, HAES 842         | Sí              |
| 9 m                   | 5 m                          | 222               | Todas las variedades       | Sí              |
| 10 m                  | 5 m                          | 200               | Todas las variedades       | No              |

*Nota. Adaptado de Macadamia grower's handbook, por Paul O'Hare (2014) Queensland Government.*

### 5.1.13 Requerimiento de agua

La macadamia puede cultivarse en áreas con precipitaciones mínimas anuales de 1 000 mm bien distribuidos a lo largo del año. El riego puede suplir las deficiencias de precipitación en algunas zonas. Es muy importante que los árboles tengan humedad en el suelo en temporada de sequía, principalmente en periodos de floración, fructificación, desarrollo de la nuez y formación de aceites (Escamilla Prado et al., 2013). En suelos ligeros (arenosos) las cantidades óptimas de agua en periodo estival son:

- Árboles nuevos: 9.5 L por árbol por día.
- Árboles de 10 años: 19 L por árbol por día.

#### 5.1.14 Variedades de Macadamia

Derivado del proceso de introducción de materiales genéticos de macadamia, se cuenta con más de 20 variedades procedentes de Australia y Estados Unidos. En México se han efectuado selecciones de materiales sobresalientes, por parte de productores de esta especie, se tienen alrededor de diez selecciones, considerando elementos agronómicos importantes, tales como, precocidad en la producción y calidad de frutos (Escamilla Prado et al., 2013).

##### 5.1.14.1 Macadamia *Integrifolia*

Esta especie es originaria de Australia. Es la más cultivada en los trópicos y la preferida comercialmente. Esta produce nueces con conchas suaves durante todo el año, dos tercios de la cosecha se madura entre marzo y agosto en Guatemala (Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales, 2008).

Algunas de las características que la han hecho predominante es la alta producción y su concha suave, facilitando su industrialización. Las variedades más importantes de esta especie que se cultivan en el país se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4.** *Variedades de macadamia Integrifolia*

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| HAES 246 Keauhou | HAES 508 Kakea    |
| HAES 333 Ikaika  | HAES 660 Keaau    |
| HAES 334 Ka'u    | HAES 800 Makai    |
| HAES 294 Purvis  | HAES 695 Beaumont |

*Nota. Tomado de, Macadamia: cultivation and physiology, por Nagao et al., 1992, Hawaiian Agricultural Experiment Station.*

Las principales variedades que se cultivan en Guatemala y el mundo tienen su origen en la selección realizada en la Estación Experimental Universidad de Hawaii (HAES), donde tomaron especial interés en el alto contenido de aceite de las almendras y el mayor tamaño de

estas en relación con la cáscara. Tienen además un nombre de personas destacadas en el cultivo y una numeración internacional, tal como se describe en la Tabla 5.

**Tabla 5.** *Variedades de macadamia y sus características*

| Código          | Nombre comercial | Hojas y copa  | Nueces/Libra |
|-----------------|------------------|---|--------------|
| <b>HAES 246</b> | Keauhou          | Hojas espatuladas con borde ondulado y copa muy densa.                    | 55           |
| <b>HAES 333</b> | Ikaika           | Hojas lisas y anchas, copa redonda, ramas abiertas y muy precoz.          | 60           |
| <b>HAES 508</b> | Kakea            | Copa densa y vertical, hojas lisas y anchas.                              | 60           |
| <b>HAES 344</b> | Ka'u             | Hojas espatuladas, copa compacta y vertical.                              | 55           |
| <b>HAES 660</b> | Keaau            | Copa mediana y vertical, resistente a vientos, pero susceptible a sequía. | 65           |

*Nota. Adaptado de Análisis de la cadena de valor para nuez de macadamia en las comunidades del municipio de Nuevo Progreso, departamento de San Marcos, por Rohr, L. (2019) Programa de Agricultura-CRS Guatemala.*

#### 5.1.14.2 *Macadamia tetraphylla*

Esta especie también se ha propagado en el trópico, las primeras selecciones que se trajeron a América provenían de Australia. El color de la nuez es rojizo con concha dura. La cosecha se adelanta un poco a la otra especie, su corto período de maduración facilita la recolección. Esta especie no necesita ser vigilada. Hibridaciones naturales ocurren y de allí se pueden hacer algunas selecciones, las cuales han traído resistencia a las enfermedades fungosas y mejoras en el sabor y procesado de la nuez.

Esta especie es susceptible a la clorosis y otras deficiencias minerales. Es baja en aceites y tiene alto contenido de azúcar. Las variedades que prometen esta especie son: la californiana Burdick y la australiana Elimbah. También existe un híbrido producto de *tetraphylla* por *integrifolia*, se conoce como Beaumont (HAES 695) (Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales, 2008).

### 5.1.15 Propiedades y valor nutricional de la macadamia

Los frutos secos de macadamia se caracterizan por su alto contenido en grasas saludables, proteínas, fibra dietética, vitaminas y minerales esenciales, lo que los convierte en una opción valiosa para una dieta equilibrada y saludable.

En términos de composición de macronutrientes, las macadamias son ricas en grasas monoinsaturadas, particularmente ácido oleico y ácido palmitoleico, que representan aproximadamente el 75% del contenido total de grasas. Estas grasas saludables son conocidas por su capacidad para reducir los niveles de colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad), aumentando al mismo tiempo el colesterol HDL (lipoproteínas de alta densidad), lo cual es beneficioso para la salud cardiovascular. Diversos estudios han demostrado que una dieta rica en grasas monoinsaturadas puede disminuir el riesgo de enfermedades del corazón y accidentes cerebrovasculares (Fuentes Herman, 2013).

Además de su contenido en grasas saludables, las macadamias son una fuente importante de proteínas de alta calidad. Aunque no contienen todos los aminoácidos esenciales en proporciones óptimas, complementadas con otras fuentes de proteínas vegetales, pueden contribuir significativamente a las necesidades diarias de proteínas. La fibra dietética presente en las macadamias también desempeña un papel crucial en la salud digestiva, ayudando a regular el tránsito intestinal y prevenir el estreñimiento. Asimismo, la fibra puede contribuir a la sensación de saciedad, lo que es beneficioso para el control del peso. En la Tabla 6, se evidencian los valores nutricionales de las nueces de macadamia por cada 30 y 100 gramos. La cantidad de azúcar en las nueces de macadamia es baja, lo que ayuda a prevenir picos de glucosa en sangre y es beneficioso para la salud metabólica.

**Tabla 6.** *Información Nutricional de la nuez de macadamia*

| Nutriente              | Por 100g | Por 30g |
|------------------------|----------|---------|
| <b>Energía (kJ)</b>    |          |         |
| Energía (kJ)           | 3018     | 905     |
| <b>Macronutrientes</b> |          |         |
| Proteína (g)           | 9.2      | 2.76    |
| Grasas Totales (g)     | 74       | 22.2    |
| Grasas saturadas (g)   | 10       | 3       |

| <b>Nutriente</b>           | <b>Por 100g</b> | <b>Por 30g</b> |
|----------------------------|-----------------|----------------|
| Grasas monoinsaturadas (g) | 59.6            | 17.8           |
| Grasas poliinsaturadas (g) | 1.1             | 0.33           |
| Omega 3 ALA                | 200             | 60             |
| Carbohidratos (g)          | 4.5             | 1.35           |
| Azúcares (g)               | 4.5             | 1.35           |
| Fibra dietética (g)        | 6.4             | 1.9            |
| <b>Minerales</b>           |                 |                |
| Calcio (mg)                | 48              | 14.4           |
| Cobre (mg)                 | 0.4             | 0.12           |
| Hierro (mg)                | 1.8             | 0.54           |
| Magnesio (mg)              | 95              | 28.5           |
| Manganeso (mg)             | 5.1             | 1.53           |
| Potasio(mg)                | 410             | 123            |
| Selenio (ug)               | 10              | 3              |
| Sodio (mg)                 | 1               | 0.3            |
| Zinc (mg)                  | 1.2             | 0.36           |
| <b>Vitaminas</b>           |                 |                |
| Tiamina (mg)               | 0.3             | 0.09           |
| Riboflavina (mg)           | 0.1             | 0.03           |
| Niacina (mg)               | 4.1             | 1.23           |
| Folato DFE (ug)            | 11              | 3.3            |
| Vitamina B6 (mg)           | 0.3             | 0.09           |
| Vitamina E (mg)            | 1.4             | 0.42           |
| <b>Otros</b>               |                 |                |
| Arginina (g)               | 1.4             | 0.4            |
| Esteroles(mg)              | 116             | 35             |
| Polifenoles (mg)           | 156             | 47             |

*Nota. Adaptado de Nutrients and minerals of the macadamia nut, por Australian Macadamia Organization (2021).*

En el ámbito de los micronutrientes, las macadamias son una fuente rica de vitaminas y minerales esenciales. Contienen cantidades significativas de vitamina E, un antioxidante potente que protege las células del daño oxidativo. También son ricas en vitaminas del complejo B, como tiamina (B1) y riboflavina (B2), que son fundamentales para el metabolismo

energético. Entre los minerales, destacan el manganeso, el magnesio, el fósforo y el cobre, que desempeñan roles vitales en diversas funciones corporales, desde la formación de huesos y tejidos conectivos hasta la producción de enzimas antioxidantes.

En resumen, las macadamias son un alimento denso en nutrientes que ofrece múltiples beneficios para la salud. Su perfil de grasas saludables, junto con su contenido en proteínas, fibra y micronutrientes esenciales, las convierte en una excelente adición a una dieta equilibrada. Sin embargo, debido a su alta densidad calórica, se recomienda consumirlas con moderación para evitar un exceso calórico que pueda contrarrestar sus beneficios. La inclusión de macadamias en la dieta puede contribuir de manera significativa a la salud cardiovascular, digestiva y general, destacando su importancia en una alimentación saludable y equilibrada.

#### 5.1.16 Cultivo comercial de macadamia

Los productores del hemisferio norte (Estados Unidos, Guatemala, Costa Rica) disponen de altos niveles de producción desde julio hasta diciembre, mientras que en el hemisferio sur (Australia, Sudáfrica, Ecuador), la nuez se produce entre enero y junio. Las ventas a nivel mundial son mayores durante el segundo semestre, y se registran picos de ventas en los últimos tres meses del año (la temporada de Navidad tiene una importante incidencia en las ventas de macadamia).

Guatemala inició como productor a escala comercial en 1972, con el establecimiento de la Finca San José El Carmen, en Santa Bárbara Suchitepéquez, con una producción de un millón de libras de concha húmeda (455 TM). En la actualidad, el 70% del área cultivada (2,112 hectáreas) y un 60% de la producción de macadamia (5,500 TM), se encuentra concentrada en los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos y Suchitepéquez, en la región de la boca costa del país en alturas comprendidas entre los 600 a 1,300 msnm, con lluvias arriba de los 1,000 mm anuales, y temperaturas entre 14 a 32 °C. No obstante, se le encuentra con buen desarrollo en los departamentos de Sacatepéquez y Guatemala (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

Agrícola Patzulín, parte del consorcio de Industria Guatemalteca de Macadamia S.A (Mayan Gold), han sido pioneros y líderes en la innovación tecnológica en validación y promoción de nuevos cultivares y manejo del cultivo.

El volumen total de macadamia que produce actualmente Guatemala se encuentra en alrededor de 10,000 TM de concha húmeda al año, que la ubica en el sexto lugar a nivel mundial (hace algunos años Guatemala ocupaba el 4to puesto), y ha sido desplazada por los incrementos sostenidos de la producción en Kenia, Sudáfrica y actualmente la participación protagónica de China que va aumentando considerablemente su producción. Guatemala participa con un 6% de la producción total (10,000 TM).

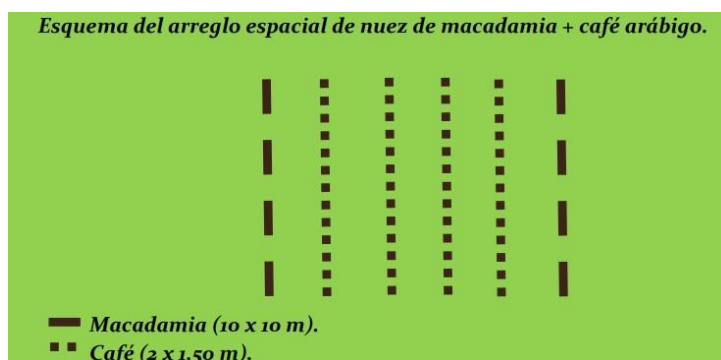
Los productores reportan que el comportamiento del precio a lo largo del año, empiezan bajos al inicio de la cosecha en febrero y marzo (por la época seca la nuez tiene bajo peso y vanea), y los precios mejoran de junio a septiembre; tal como fue en el año 2018, los precios empezaron (febrero/marzo) a Q. 340.00 por quintal y estuvieron entre Q. 600.00 y Q. 700.00 por quintal entre junio y septiembre.

#### 5.1.17 Sistema de cultivo café + macadamia

Debido a que los marcos y distancias de plantación son amplios, se han diseñado arreglos espaciales para poder intercalar la macadamia con otros cultivos principalmente con el café por el requerimiento de sombra y coincidir con las condiciones agroecológicas (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

El café generalmente está sembrado a 2 x 1.50 metros, es decir que entre las hileras de macadamia pueden haber de 3 a 4 surcos de café según los ajustes y preferencias espaciales de cada productor, con las variedades Costa Rica 95, Catimores y Sarchimores que sustituyeron a otras variedades por la epidemia de roya del cafeto. La edad de las plantas de macadamia es de un promedio de 20 años, ya con una producción estabilizada. No obstante, los productores necesitan repoblar y aumentar sus plantas de macadamia, para que pueda constituirse en un medio de vida sostenible para las familias. A continuación, se muestra un esquema del sistema de plantación asociado café + macadamia.

**Figura 4.** Esquema del arreglo espacial de nuez de macadamia y café



*Nota. Adaptado de Análisis de la cadena de valor para nuez de macadamia en las comunidades del municipio de Nuevo Progreso, departamento de San Marcos, por Rohr, L. (2019) Programa de Agricultura-CRS Guatemala.*

En términos de costos y de ingresos netos en el sistema asociado café + macadamia, las operaciones en el manejo del cultivo de café absorben mayor cantidad de costos por concepto de fertilización, control de plagas y enfermedades, control de malezas, cosecha y procesamiento del grano. Esta situación de costos, producción y precios para el sistema asociado, determinan mejores ingresos netos para macadamia, en el orden de Q. 5,000.00 a Q. 8,000.00 por manzana en un escenario de precios bajos y rendimientos medios, en tanto que para el café se encuentran alrededor de Q. 2,400.00 por manzana para rendimientos medios de la región y costos con el nivel tecnológico de los productores de pequeña escala (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

**Figura 5.** Sistema de cultivo de café y macadamia en Finca La Giralda



*Nota. Elaboración propia*

## 5.2 Análisis PESTEL

Según Ihsan Yüksel (2012), se puede determinar que el análisis PESTEL es una metodología estratégica utilizada para evaluar los diferentes factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legislativos que influyen de manera directa o indirecta en la situación de una empresa o en el desarrollo de un proyecto. La globalización ha forzado a las empresas a analizar las diferentes situaciones desde distintas perspectivas, ya que los avances tecnológicos han facilitado las interacciones de los individuos alrededor del mundo. Al establecer un proyecto o empresa en un mundo tan cambiante, es importante evaluar cómo las condiciones macro ambientales pueden afectar el valor de un producto o servicio, y cómo es percibido por los clientes o mercado objetivo. Realizando este análisis se puede tener una idea más clara acerca de las posibles oportunidades y retos que surgen al aprovechar el potencial de un producto, servicio o proyecto.

## 5.3 Análisis de las 5 fuerzas de Porter

El análisis de las 5 fuerzas de Porter es un marco de negocio que analiza y comprende el entorno que rodea a una empresa a través de cinco factores de competencia. Fue propuesto por el académico de administración Michael E. Porter en 1979, y aún es un marco de negocio adoptado por muchas empresas. Este análisis es útil para entender la rentabilidad en la entrada a nuevos mercados o en el desarrollo de nuevos productos. Permite analizar visualmente la estructura de ingresos de los competidores, las barreras de entrada para nuevos participantes, entre otros, siendo útil para definir la dirección de las estrategias de marketing para los productos de la empresa (Michaux y Cadiat, 2016).

### 5.3.1 Amenaza de nuevos competidores

La presencia y fortaleza de los competidores afecta directamente aspectos como la competencia de precios, innovación de productos y adaptación de estrategias de marketing. Un mercado con muchos competidores puede enfrentar una introducción agresiva de productos y una intensa competencia de precios, reduciendo potencialmente los márgenes de beneficio (Michaux y Cadiat, 2016).

### 5.3.2 Amenaza de productos sustitutos

Se refiere a productos o servicios que satisfacen las mismas necesidades que los propios productos o servicios de la empresa. Si existen sustitutos y estos son fácilmente accesibles o

atractivos en comparación con el producto de la empresa, esta puede perder clientes y verse forzada a competir reduciendo precios. Entender la existencia de productos sustitutos es esencial para anticiparse a las tendencias del mercado y desarrollar productos o estrategias de marketing efectivas (Michaux y Cadiat, 2016).

### 5.3.3 Poder de negociación de los clientes

Si los compradores tienen un alto poder de negociación, tienen la capacidad de demandar reducciones de precios, alta calidad o servicios adicionales. Especialmente en mercados donde hay pocos clientes o donde un cliente específico tiene un gran volumen de transacciones, el poder de negociación de ese cliente es significativamente mayor.

Esta dinámica afecta directamente las estrategias de fijación de precios, características del producto y servicios ofrecidos por la empresa. Además, si los clientes pueden cambiar fácilmente a otros proveedores, el poder de negociación de los compradores aumenta aún más (Michaux y Cadiat, 2016).

### 5.3.4 Poder de negociación de los proveedores

El poder de negociación de los proveedores ocurre cuando estos pueden establecer precios más altos o condiciones de negociación más favorables para ellos. Cuando la cantidad de proveedores es limitada, es más probable que apliquen esta ventaja de negociación. Este poder afecta cómo las empresas gestionan los costos de sus productos o servicios y cómo establecen sus precios (Michaux y Cadiat, 2016).

### 5.3.5 Rivalidad entre empresas o competencia en el mercado

La rivalidad entre diferentes empresas demuestra que las empresas existentes enfrentan riesgos como la competencia de precios, pérdida de cuota de mercado y disminución de beneficios. Entender la dinámica de los competidores y responder adecuadamente permite a las empresas mantener una ventaja competitiva y buscar un crecimiento sostenido. A través de este análisis, las empresas pueden definir estrategias adecuadas y establecer su posición en la competencia (Michaux y Cadiat, 2016).

## 5.4 Cadena de valor

Una cadena de valor comprende la amplia variedad de actividades requeridas para que un producto o servicio transite a través de diferentes etapas, desde su concepción hasta su entrega a los consumidores y la disposición final después de su uso (Kaplinsky y Morris, 2002).

A cada una de las etapas –concepción y diseño, producción del bien o servicio, tránsito de la mercancía, consumo y manejo, y reciclaje final- se les denomina eslabones. La cantidad de eslabones de una cadena de valor varía de manera sustancial según el tipo de industria. Las actividades de la cadena a veces se llevan a cabo a veces por una empresa y en otras, por varias.

Las cadenas de valor se clasifican de acuerdo con diversas tipologías. A continuación, se presentan cuatro formas de clasificación que ilustran su diversidad y complejidad.

### 5.4.1 Tipologías de cadena de valor

#### 5.4.1.1 Por el número de actores involucrados

Cada cadena se distingue por el número de actores involucrados. Los actores son aquellas entidades o individuos que participan en las distintas actividades productivas de los diferentes eslabones de la cadena.

##### 5.1.1.1 Por los actores que determinan su gobernanza

Las cadenas de valor pueden estar dominadas por distintos actores, en primer lugar, cabe distinguir entre las cadenas de valor dominadas por el comprador (*buyer-driven*) y las dominadas por el proveedor (*supplier-driven*) (Padilla y Oddone, 2016).

##### 5.1.1.2 Por su alcance geográfico

Se diferencian las cadenas de valor nacionales, donde los productos sólo se comercializan en el país donde se elaboran, de las cadenas regionales y globales de valor, donde el producto es procesado y comercializado en países distintos (Padilla y Oddone, 2016).

##### 5.1.1.3 Por el grado de transformación del producto

Una cadena de valor puede clasificarse según cuántas transformaciones atraviesa un producto. Ciertos productos, como las frutas frescas, precisan pocos pasos de transformación

en las cadenas de valor. En cambio, otros bienes, como el algodón, pueden recorrer muchas etapas de procesamiento (Padilla y Oddone, 2016).

#### 5.4.2 Actores de la cadena de valor

Los actores de una cadena de valor son todas las organizaciones, personas, empresas y organismos públicos que contribuyen de cualquier forma a la cadena de valor. Al realizar un análisis de cadena de valor es importante evaluar la participación de cada uno de ellos y cómo influyen en el desempeño y funcionamiento de la cadena (Stein y Barron, 2017).

#### 5.4.3 Gobernanza

Una consideración importante al momento de realizar un estudio de la cadena de valor de un cultivo es el tipo de gobernanza bajo el cual se rige. Estudiar la gobernanza de las cadenas de valor es un paso necesario para analizar mecanismos, procesos y reglas mediante los que empresas y productores se relacionan económicamente entre sí, y con el Gobierno y otros actores. En este sentido, se busca conocer los factores que determinan la conducta de los agentes de la cadena, sobre la base de los tipos de vínculos y relaciones que se establecen entre ellos, así como las reglas explícitas y tácitas en que se enmarcan sus conductas (Padilla y Oddone, 2016). En los análisis de Gereffi, Humphrey y Sturgeon (2005) se distinguen cinco tipos de gobernanza en las cadenas de valor:

##### 5.4.3.1 De mercados

Donde las empresas y los individuos compran y venden productos con poca interacción, más allá del intercambio de bienes y servicios (Padilla y Oddone, 2016).

##### 5.4.3.2 Cadenas de valor modulares

En que los proveedores fabrican productos o prestan servicios de acuerdo con las especificaciones del cliente (Padilla y Oddone, 2016).

##### 5.4.3.3 Cadenas de valor relacionales

En que un conjunto relativamente pequeño de empresas localizadas interactúa y comparte intensivamente conocimientos con apoyo de los socios de la cadena global de valor (Padilla y Oddone, 2016)

#### 5.4.3.4 Cadenas de valor en “cautiverio”

En donde los pequeños proveedores tienden a ser dependientes de grandes compradores, que a su vez ejercen un alto grado de vigilancia y control (Padilla y Oddone, 2016).

#### 5.4.3.5 Jerárquicas

Que se caracteriza por la integración vertical, esto es, por “transacciones” que tienen lugar dentro de una sola empresa y sus subsidiarias y que cuentan con un tipo de gobernanza dominante (Padilla y Oddone, 2016).

### 5.5 Diagrama de operaciones (DOP)

En el diagrama de proceso de operaciones se exponen todas las operaciones, inspecciones, tolerancias de tiempo y materiales que se van a utilizar en un proceso de fabricación. Muestra, claramente la secuencia de eventos, en orden cronológico, desde la llegada de la materia prima, hasta el empaque del producto terminado. Un diagrama de proceso de operaciones es una representación de los momentos en los que se introducen los materiales al proceso, y de la secuencia de inspecciones y de todas las operaciones, excepto aquellas que tienen que ver con el manejo del material. Comprende la información que se considere necesaria para el análisis, tal como el tiempo requerido y el lugar (López Cristóbal, 2017).

### 5.6 Indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño han adquirido popularidad a partir del surgimiento de los sistemas de gestión de calidad total. Son importantes herramientas de gestión que proveen un valor de referencia a partir del cual se puede establecer una comparación entre las metas planeadas y el desempeño logrado. Son imprescindibles en cualquier evaluación del desempeño que se quiera llevar a cabo. La definición de estos indicadores le permite a cualquier empresa identificar con mayor facilidad la eficiencia de sus operaciones, las fortalezas y los puntos que requieren mayor atención. (Stubbs, 2004).

### 5.7 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es una herramienta visual que permite identificar y analizar las causas potenciales de un problema o efecto. Desarrollado por Kaoru Ishikawa en la década de 1940, este diagrama, también conocido como diagrama de causa-efecto o de espina de pescado,

se estructura de manera similar al esqueleto de un pez. Su funcionalidad principal es organizar y visualizar las diferentes causas que pueden contribuir a un problema específico, facilitando así el análisis y la resolución de problemas. Originalmente creado para mejorar el control de calidad en la industria (Suárez y Rodríguez, 2019).

## 5.8 Teoría de restricciones

La teoría de las restricciones de Goldratt es una forma eficaz de identificar y mejorar los procesos ineficientes ya que ayuda a resolver cualquier problema o cuello de botella. Goldratt define un proceso de cinco pasos que pueden utilizarse para fortalecer el o los eslabones más débiles. Dado que el enfoque es aplicado en las limitaciones, la implementación de TOC (Theory Of Constraints) puede resultar en una mejora sustancial sin movilizar una gran cantidad de recursos, con resultados después de tres meses de esfuerzo. Estos pasos son los siguientes:

- Identificar las restricciones del sistema (no es posible hacer mejoras si no se encuentra la restricción o eslabón más débil).
- Decidir cómo aprovechar las restricciones del sistema, o cómo hacerlas más eficientes.
- Subordinar todo a esa decisión. El resto del sistema debe apoyar las restricciones, aunque los recursos no restringidos reduzcan su eficiencia.
- Elevar las restricciones del sistema. Si la producción es insuficiente, adquirir más recursos para que deje de ser una restricción.
- Volver al paso 1 (Jacobs y Chase, 2014).

Los principales fundamentos generales están centrados en que el objetivo de cualquier empresa es obtener utilidad de forma sostenida hoy y asegurarla a futuro. La cadena es un sistema y es tan fuerte como el eslabón más débil (restricción). Y el proceso de mejora continua debe responder a las preguntas de cambio ¿qué? ¿hacia dónde? y ¿cómo hacerlo?

## 5.9 Encuesta

La encuesta es un instrumento de recopilación de datos estandarizado, que traduce y simplifica determinados problemas que son objeto de investigación. Esta operacionalización se realiza mediante la formulación escrita de una serie de preguntas que, respondidas por sujetos de la encuesta, permiten estudiar el hecho propuesto en la investigación o verificar las hipótesis. La encuesta tiene algunas ventajas en relación con otras técnicas. Una de ellas es que

acumula muchos datos en poco tiempo, es decir que se puede abarcar a un mayor número de personas en una entrevista y extraer un mayor número de información útil (Montes, 2024).

### 5.10 Entrevista

La entrevista es una técnica de gran utilidad en la investigación cualitativa para recabar datos; se define como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico que adopta la forma de un diálogo coloquial. La entrevista es muy ventajosa principalmente en los estudios descriptivos y en las fases de exploración, así como para diseñar instrumentos de recolección de datos. Con frecuencia la entrevista se complementa con otras técnicas de acuerdo con la naturaleza específica de la investigación (Díaz-Bravo et al., 2024).

### 5.11 SIMIO

*SIMIO*, según sus siglas en inglés *Simulation Modeling framework based on Intelligent Objects* es un software de modelización, simulación y animación 3D de flujos de procesos, basado en un enfoque mixto que combina objetos y procedimientos para producir modelos de comportamiento de sistemas logísticos, industriales y de servicios. El software de simulación SIMIO es ideal para representar aspectos importantes del mundo real en industrias, tales como aeropuertos y aerolíneas, industria 4.0, manufactura, cadenas de suministro, transporte, logística y muchas más (SIMIO LLC, 2024).

### 5.12 Balanced Scorecard

Un *Balanced Scorecard* o “cuadro de mando integral” es un conjunto de medidas que brinda a cualquier persona una visión rápida pero completa de un negocio o actividad económica. Este equilibrado cuadro de mando incluye medidas financieras que indican los resultados de acciones ya tomadas, y complementa las medidas financieras con medidas operativas sobre satisfacción del cliente, internas procesos, y la innovación y mejora de la organización. Estas medidas operativas son los impulsores del futuro rendimiento financiero (Kaplan y Norton, 1992).

### 5.13 Innovación

Según Harvard Business Review, la innovación es la combinación o síntesis de conocimientos en el desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios originales, relevantes

y valorados. La innovación puede ser de mantenimiento, de eficiencia o creadora de mercados. La que impacta de mejor manera su entorno es la creadora de mercados y esta se enfoca en desarrollar un producto, proceso o servicio novedoso en su entorno. Por otra parte, la innovación de mantenimiento se refiere a las posibles mejoras continuas que se pueden aplicar a un proceso ya existente. Por último, la innovación de eficiencia se enfoca en la creación de oportunidades empresariales, normalmente mejorando los resultados económicos y optimizando los recursos utilizados para conseguirlos (Harvard Business Publishing, 2003).

### 5.13.1 Metodologías de innovación

#### 5.13.1.1 *Double Diamond framework for innovation*

El esquema de trabajo de doble diamante para innovación brinda una descripción clara, completa y visual del proceso de diseño de nuevos productos o servicios. Incluye los principios clave y los métodos de diseño que los diseñadores y no diseñadores deben adoptar, y la cultura de trabajo ideal necesaria para lograr un cambio positivo significativo y duradero (Jameson y Design Council, 2004).

Este esquema de trabajo transmite claramente un proceso de diseño tanto para diseñadores como para no diseñadores. Los dos diamantes representan un proceso de exploración más amplia de un tema (pensamiento divergente) y luego de tomar medidas específicas (pensamiento convergente). Para aplicar esta metodología a la innovación, se deben seguir los siguientes pasos.

- a) Descubrir: El primer diamante ayuda a las personas a comprender, en lugar de simplemente asumir, cuál es el problema. Implica hablar y pasar tiempo con personas afectadas por los problemas.
- b) Definir: La información obtenida en la fase de descubrimiento puede ayudarle a definir el desafío de una manera diferente.
- c) Desarrollar: El segundo diamante anima a las personas a dar diferentes respuestas al problema claramente definido, buscando inspiración en otros lugares y co-diseñando con una variedad de personas diferentes.

- d) Entregar: La entrega implica probar diferentes soluciones a pequeña escala, rechazar aquellas que no funcionarán y mejorar las que sí funcionarán.

#### 5.1.1.2 Método Design Thinking

Es una metodología que proporciona un enfoque basado en soluciones para la resolución de problemas. Es extremadamente útil cuando se utiliza para abordar problemas complejos que están mal definidos o se desconocen, porque sirve para comprender las necesidades humanas involucradas, replantear el problema de manera centrada en el ser humano, crear numerosas ideas en sesiones de lluvia de ideas y adoptar un enfoque práctico para resolver problemas (Dam, 2016). Para aplicar esta metodología de innovación, se deben completar las siguientes etapas:

- a) Empatizar: esta etapa se centra en la investigación centrada en el usuario. El objetivo de esta etapa es obtener una comprensión empática del problema que está intentando resolver. La empatía es crucial para la resolución de problemas y un proceso de diseño centrado en el ser humano, ya que permite dejar de lado suposiciones sobre el mundo y obtener una visión real de los usuarios y sus necesidades.
- b) Definir: se busca ordenar la información que se recopiló en la fase de empatizar. Es muy importante que la definición del problema se haga siempre con el usuario en mente, para asegurar que la innovación tiene un público objetivo y que este público puede adoptar esta solución. La etapa de definición busca recopilar grandes ideas para establecer características, funciones y otros elementos para resolver el problema en cuestión.
- c) Idear: ya que se ha identificado el problema a resolver, y se han evaluado las perspectivas que tienen los usuarios sobre este, corresponde generar ideas para contribuir a la resolución del problema. Las técnicas de lluvia de ideas se utilizan normalmente al comienzo de la etapa de ideación para estimular el pensamiento libre y ampliar el espacio del problema. Esto le permite generar tantas ideas como sea posible al inicio de la ideación.
- d) Prototipado: el equipo de diseño ahora producirá una serie de versiones reducidas y económicas del producto (o características específicas que se encuentran dentro del

producto) para investigar las soluciones clave generadas en la fase de ideación. Estos prototipos se pueden compartir y probar dentro del propio equipo, en otros departamentos o en un pequeño grupo de personas fuera del equipo de diseño (Dam, 2016).

## VI. METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente trabajo se identificaron 4 fases principales de trabajo, cada una alineada a un objetivo específico. Con el fin de cumplir con el objetivo general de la investigación, se proponen, a continuación, estrategias de innovación en productos y procesos para la identificación de oportunidades y retos mediante la investigación y análisis de la cadena de valor de macadamia en Guatemala.

Es importante mencionar que toda la recopilación de datos que se llevó a cabo en esta investigación ya sea por medio de encuestas, entrevistas o visitas, tuvo el consentimiento informado de cada participante. Se protegió la privacidad de los participantes y se garantizó el anonimato de la información si así fue solicitado. Los posibles conflictos de interés que pudiesen influir en los resultados de la investigación fueron abordados individualmente y se hicieron las modificaciones necesarias, ya sea multiplicación de los datos por un factor aleatorio u otro método para resguardar la privacidad.

El tipo de investigación utilizada en este trabajo de graduación fue de carácter cualitativa y cuantitativa, ya que se recopilaron datos respecto al cultivo, producción y consumo de la macadamia en Guatemala para hacer una estructuración completa de la cadena de valor. Para esto, fue necesario consultar trabajos de graduación previos, investigaciones sobre la macadamia disponibles en internet y libros con relevancia para el entendimiento de todo el ciclo de producción de la macadamia. También se tomó en cuenta información de empresas que aplican procesos de transformación a la macadamia o con productores agrícolas que se dedican actualmente a la plantación, cultivo y cosecha de esta nuez y así poder realizar un análisis financiero. Adicionalmente, la presente investigación tuvo como objetivo identificar los principales eslabones, actividades y actores de la cadena de valor nacional de macadamia, al igual que la propuesta de estrategias de innovación en productos y procesos para la identificación de oportunidades y retos. Para lograr este objetivo se utilizó información y datos de entrevistas con agricultores a raíz de las visitas planificadas a las diferentes fincas productoras en Guatemala con el apoyo del proyecto ASPIRE. También se realizó una revisión de fuentes primarias y secundarias de información relevantes para brindar contexto fundamentado a la investigación sobre macadamia.

De manera general, la primera etapa estuvo conformada por la identificación de los eslabones, actividades y actores de la cadena de valor de macadamia en Guatemala, realizando un mapeo. La segunda etapa consistió en proponer un producto basado en la macadamia para el crecimiento del mercado de macadamia en Guatemala. La tercera fase se dedicó a la simulación del proceso actual de cosecha manual para identificar cuellos de botella, oportunidades de mejora y procesos que aumenten la productividad. Por último, se ha propuesto una mejora en los procesos productivos de la macadamia.

## 6.1 Primera fase

Identificación los eslabones, actividades y actores principales de la cadena de valor y los procesos productivos, investigación inicial.

### a) Investigar procesos productivos de la macadamia.

Durante esta etapa se investigó acerca de los procesos que actualmente se realizan a los kernels de macadamia después de ser cosechados. Para esto se consultaron fuentes como páginas web de exportadores de Guatemala, y literatura disponible en internet y bases de datos disponibles a través de la biblioteca de la Universidad del Valle de Guatemala.

### b) Comparación de precios y productos de macadamia disponibles en el mercado guatemalteco.

Para esta tarea se acudieron a plataformas de e-commerce y ventas a través de redes sociales de diferentes productos derivados de la macadamia. También se visitaron supermercados en la ciudad de Guatemala para verificar la disponibilidad de productos de esta índole.

### c) Recolección de información sobre la plantación y producción de macadamia en Guatemala.

Para esta etapa, se recopiló y analizó información de diferentes fuentes primarias y secundarias que explican qué es la macadamia, el proceso de plantación, poda, cuidado y cultivo de la nuez, así como fuentes para conocer sobre la qué es una cadena de valor y sus características. Para esto se realizaron diferentes visitas a fincas productoras de macadamia en Guatemala. También se recopiló información acerca de la

comercialización de productos hechos con macadamia en Guatemala para reconocer oportunidades de mejora en procesos o productos. En esta etapa también se realizó un análisis PESTEL para identificar oportunidades con la macadamia y el entorno actual en Guatemala.

d) Investigación de la cadena de valor.

Para estructurar la cadena de valor de la macadamia se utilizó el manual de fortalecimiento de cadenas de valor publicado por CEPAL y la ONU en 2016. Esta metodología se utilizó con el fin de recopilar toda la información necesaria y así identificar los principales eslabones, actividades y actores que agregan valor a la macadamia durante todo su ciclo de producción. También se identificó la tipología de la cadena y su gobernanza.

## 6.2 Segunda fase

Proponer un producto basado en la macadamia para el crecimiento del mercado de macadamia en Guatemala.

a) Validación de mercado

Para la identificación de un producto a base de macadamia en el mercado guatemalteco, se procedió a realizar una encuesta para el público objetivo sobre la percepción que tienen acerca de la macadamia y los productos con los que ya están familiarizados. A partir de esta información, se realizó un análisis de 5 fuerzas de Porter. Este análisis permite identificar el potencial de mercado del producto y la factibilidad y pasar a la etapa de desarrollo de producto.

b) Proposición de estrategia de innovación

Ya que existen distintas maneras de introducir innovaciones de eficiencia o generadoras de mercado con respecto a un cultivo, se realizaron distintas propuestas utilizando los métodos de innovación de Doble diamante y de Design Thinking. Utilizar estos dos métodos busca respaldar las estrategias de innovación propuestas con un marco de trabajo lógico y ordenado.

c) Propuesta de valor

Adicionalmente, se realizó un Value Proposition Canvas para documentar la propuesta de valor que ofrece el producto propuesto, el cual es harina de macadamia. Esto con el fin de Asegurar el mercado objetivo y las necesidades que se están cubriendo, incluyendo arquetipo del cliente bien identificado. Junto con esto, se recopiló una serie de datos de precio de venta de productos existentes de la macadamia. Se determinó una descripción del proceso productivo y un Diagrama de Operación (DOP) inicial. Más adelante se plantea generar el primer prototipo del producto y posteriormente realizar iteraciones de los prototipos para mejorar el producto. Cabe resaltar que este análisis se centró en el nuevo producto propuesto.

d) Evaluar impacto y viabilidad de este producto

Para realmente ver el impacto de este producto, se le presentó a una serie de personas como muestra y se les realizó una entrevista sobre su percepción del producto en todos los aspectos. Con los costos de producción también se busca obtener el margen aproximado del producto, junto con un análisis de punto de equilibrio a alcanzar para generar ingresos por ventas.

### 6.3 Tercera fase

Hacer una simulación del proceso actual de cosecha manual para identificar cuellos de botella, oportunidades de mejora y procesos que aumenten la productividad.

a) Grabar o documentar el proceso de cosecha

A raíz de las visitas planificadas a distintas fincas de macadamia con apoyo del proyecto ASPIRE, se documentó ya sea de manera escrita o a través de material multimedia como fotos y videos según lo permita el productor y la finca que se visite. A partir de esta información se realizó un análisis para proponer mejoras en procesos relacionados con el cultivo de macadamia.

b) Realizar la simulación y estudio de tiempos

Con los videos e información disponible, se realizó una simulación de producción de macadamia, a través del Software Simulation Modeling Framework Based on Intelligent Objects (SIMIO). Con esto se identificaron KPIs de rendimiento, tiempo de

ciclo, previsión de la demanda y rotación de inventario de la producción de macadamia. Si es posible, se busca realizar un estudio de tiempos utilizando ProTime e Input Analyzer. Esto será limitado dependiendo si se permite grabar el proceso de cosecha en las fincas visitadas.

c) Identificar cuellos de botella y su causa raíz

A partir de esta simulación e información obtenida, se busca identificar las actividades que limitan la producción de macadamia y su causa y razón. Con esta información se procederá a proponer una mejora en el proceso y evaluar su impacto. Un factor importante para considerar en esta etapa es describir la maquinaria y forma de uso para mejorar el proceso actual.

Con esta fase se busca construir la simulación del proceso y se espera que abarque la parte de producción y de cosecha de macadamia. Para luego, en la última fase de este trabajo de graduación se proceda a proponer mejoras y evaluar el impacto en la productividad de estas.

#### 6.4 Cuarta fase

Propuesta de mejora en proceso y evaluación de impacto.

a) Viabilidad de la mejora

Determinar la viabilidad de las mejoras a procesos seleccionadas mediante el análisis de costos y producción. Adicionalmente, de los estudios existentes realizados de la macadamia, recolectar y sintetizar los datos para comparar los tiempos de cosecha simulados mediante un análisis estadístico.

b) Impacto del proceso mejorado

Para comprobar que el proceso propuesto tenga beneficios sobre el proceso productivo de la macadamia, se evaluarán los ingresos generados y costos en los que se debe incurrir para mejorar el proceso.

c) Aseguramiento de la calidad

Ya que la macadamia se considera un producto gourmet, se realizó un Balance Scorecard alineado a los objetivos de aumentar la competitividad de macadamia sin descuidar de buenas prácticas de cosecha, transformación de materia prima, empaque y venta. Este *balanced scorecard* incluye medidas financieras que indican los resultados de acciones ya tomadas, y complementa las medidas financieras con medidas operativas sobre satisfacción del cliente, internas procesos, y la innovación y mejora de la organización. Para aplicarlo en la propuesta de mejora de un proceso productivo de macadamia, se le dio un enfoque en las siguientes perspectivas:

- Financiera: Establecer metas financieras relacionadas con la producción de macadamia, como reducción de costos, aumento de ingresos o rentabilidad.
- Cliente: Definir indicadores de satisfacción del cliente, como calidad del producto, entrega puntual y servicio al cliente.
- Procesos Internos: Identificar los procesos clave en la producción de macadamia y establecer objetivos para mejorar su eficiencia y calidad.
- Aprendizaje y Crecimiento: Fomentar la capacitación del personal, la innovación y el desarrollo de habilidades.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Mapeo de la cadena de valor nacional de la macadamia

#### 7.1.1 Análisis PESTEL: factores externos que influyen en el sector de macadamia

Como se mencionó anteriormente, el análisis PESTEL es una metodología estratégica utilizada para evaluar los diferentes factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legislativos que influyen de manera directa o indirecta en la situación de una empresa o en el desarrollo de un proyecto. Este se aplicó a el sector de macadamia en Guatemala para evaluar estos aspectos e identificar oportunidades de mejora.

##### 7.1.1.1 Análisis político

Guatemala es un país deficiente en el cumplimiento de normas ambientales. En lo que respecta a Petén, un estudio satelital de la NASA de 2019 mapea las áreas más críticas de degradación forestal, mostrando que cerca de 400 millones de hectáreas de bosque en el mundo han sido afectadas del 2000 al 2017 (Mercadal y Sandoval, 2017). Entre las áreas marcadas en el análisis como críticas a nivel mundial, se encuentra toda la región de Petén. Según el Artículo 1, inciso C de la Ley Forestal emitidos por el INAB, se debe incrementar la productividad de los bosques existentes, sometiéndose a manejo racional y sostenido de acuerdo con su potencial biológico y económico, fomentando el uso de sistemas y equipos industriales que logren el mayor valor agregado a los productos forestales. Esto se puede traducir en promover las plantaciones de macadamia en el país (Instituto Nacional de Bosques, 2018).

Según el plan de gobierno del partido electo Movimiento Semilla, en el período gubernativo 2024 - 2028 se apuntará hacia una economía basada en la producción regenerativa, limpia y circular, consecuente con la necesidad de frenar el cambio climático, que preserva la biodiversidad y la integridad de los paisajes naturales. (Movimiento Semilla, 2023) Esto se puede interpretar como una planificación sostenible de la plantación comercial de macadamia. Por ejemplo, no como un monocultivo sino en un sistema asociado de café + macadamia. El sistema asociado ha resultado ser para el pequeño productor más eficiente en términos del uso de la tierra, ingresos por los dos cultivos, compensación de las pérdidas en el cultivo del café, mayor estabilidad de precios en la macadamia (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

Adicionalmente, según las bases macrofiscales del plan de gobierno del partido electo Movimiento Semilla, en el período gubernativo 2024 - 2028 no incrementarán las tasas de los impuestos actuales. Por ende, no se espera un aumento en los aranceles de exportación debido al cambio de gobierno (Movimiento Semilla, 2023).

#### 7.1.1.2 Análisis económico

Debido a las características necesarias para su cultivo, la nuez de macadamia comparte tierra con uno de los principales productos de consumo y exportación en Guatemala, el café. Muchos productores de café tienen a la macadamia como un producto alternativo o como un ingreso extra para su organización (Asociación Nacional del Café, 2004).

El inicio de la producción comercial de macadamia se da a partir del quinto año de plantado, y estabilización de la producción entre 10 a 12 años (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019). El largo período de cosecha, y la perspectiva de que la macadamia es una nuez gourmet (Nagao et al., 1992), limita su acceso a personas de clase baja.

Ese largo tiempo de producción aumenta el precio de la macadamia, ha causado que en la sociedad guatemalteca se considere un producto premium debido a que es menos accesible para muchas personas, disminuyendo la demanda. Como se puede observar en la **Tabla 7**, el precio comercial de la macadamia ya procesada a la venta en distribuidoras oscila entre Q105.00 a Q140.00, a diferencia de las nueces más comunes, que tienen precios que oscilan entre Q50.00 a Q100.00, teniendo una demanda más alta debido a que son precios que se adaptan mejor a la economía de los guatemaltecos (PriceSmart, 2020).

**Tabla 7.** Precios de nueces en Guatemala, por kilogramo

| Nuez          | Precio (Q/kg) |
|---------------|---------------|
| Macadamia     | Q 230.90      |
| Pistacho      | Q 171.66      |
| Maní          | Q 96.07       |
| Nueces mixtas | Q 120.67      |

| Nuez | Precio (Q/kg) |
|------|---------------|
| Haba | Q 103.27      |

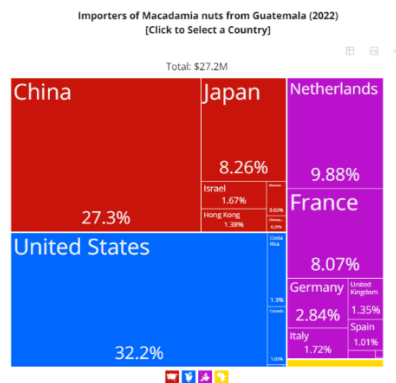
*Nota. Adaptado de Índice de Precios al Consumidor y Datos de Asociación Guatemalteca de Macadamia ASOMAC (2024) por Instituto Nacional de Estadística.*

En Guatemala en el año 2021 se exportó el valor de \$38.2M en nuez de macadamia, según el Observatorio de Complejidad Económica. Esto nos posiciona en 5to lugar a nivel mundial, abriendo mucho campo para crecer y seguir siendo uno de los principales exportadores. Actualmente, la transformación de la materia prima de macadamia en un producto de valor agregado en Guatemala es limitada a mantequillas, leche, postres o las presentaciones cubiertas de chocolate. A continuación, se analizan las presentaciones más comunes en el territorio guatemalteco.

#### 7.1.1.2.1 Exportación guatemalteca de macadamia

Al cierre de 2023, Guatemala exportó un total de 5,203 toneladas de macadamia, como se puede observar en la Figura 6, consolidándose como un líder en la producción de este fruto a nivel mundial, ocupando el quinto lugar global y el primero en la región americana. Los principales destinos de estas exportaciones fueron China, los Países Bajos y Francia. Este crecimiento en la exportación se debe a un enfoque en la producción responsable y sostenible, promovido por la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT) y la Asociación Guatemalteca de Macadamia (ASOMAC). Los principales importadores de macadamia se pueden observar también en las siguientes figuras.

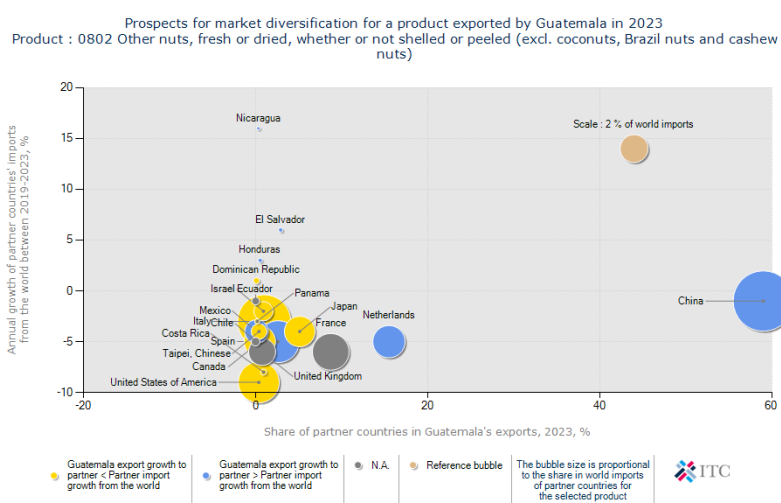
**Figura 6.** *Importadores de macadamia exportada de Guatemala*



*Nota. Adaptado de Categoría 080260 (Sistema Armonizado 2007 para 6 dígitos): Nueces de Macadamia (2022) por Observatorio de Complejidad Económica.*

En la Figura 7, se muestran los posibles países para la diversificación de mercados por el producto de macadamia exportada por Guatemala. Se puede observar que el mayor mercado que se tiene actualmente a exportación es China. Le siguen los Países Bajos, Japón, Francia y el Reino Unido. Se observan otros países que, en potencia, podrían ser un buen objetivo de exportación de macadamia guatemalteca. Por ejemplo, Ecuador, Canadá, México y España.

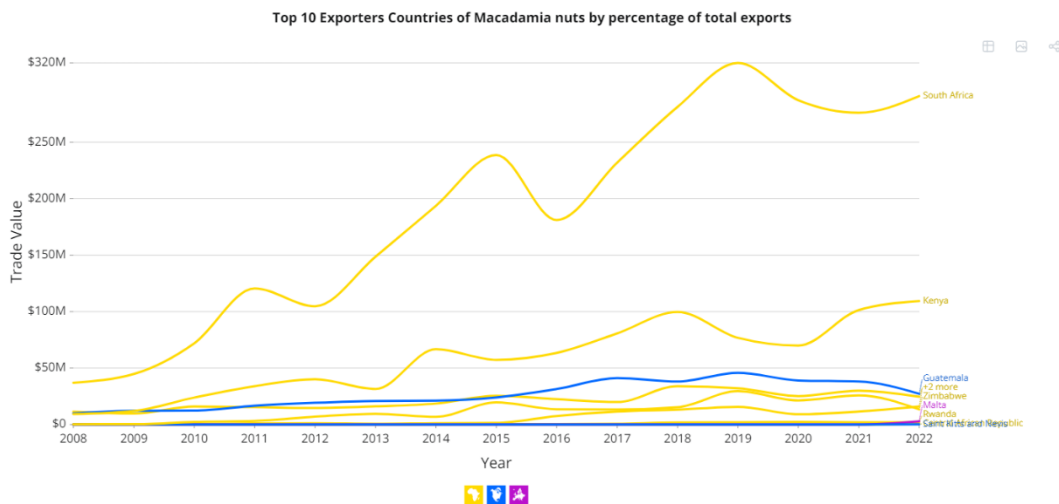
**Figura 7. Países importadores de macadamia producida por Guatemala**



*Nota. Adaptado de Prospects for market diversification exported by Guatemala (2023) por ITC Trade Map.*

Para complementar la perspectiva económica del análisis PESTEL, se presenta en la siguiente gráfica una representación de las exportaciones de nuez de macadamia en millones de dólares, según los primeros 10 países a nivel global.

**Figura 8. Top 10 exportadores de macadamia de 2008 a 2022**



*Nota. Adaptado de Categoría 080260 (Sistema Armonizado 2007 para 6 dígitos): Nueces de Macadamia (2022) por Observatorio de Complejidad Económica.*

Esta visualización muestra los países que tienen una proporción importante de su comercio relacionado con nueces de Macadamia. El primer lugar lo ocupa Sudáfrica, con un valor de exportación de \$239 millones, en el año 2018. Le sigue Kenia, con un valor de exportaciones de \$80.78 millones. Como siguiente país se puede observar a Guatemala, de color azul. Guatemala presenta un valor de exportación de \$41.7 millones al año 2017. Se observa también que ha tenido un decrecimiento en los últimos años.

#### 7.1.1.2.2 La macadamia como atracción turística

La nuez de macadamia, además de representar un gran potencial para el cultivo comercial, presenta características que pueden hacer de una plantación, un lugar de recreación y convivencia. La finca Valhalla es una de las muchas fincas productoras de macadamia en Guatemala. Se encuentra en el municipio de San Miguel Dueñas, en el departamento de Sacatepéquez.

Según publicación del Siglo XXI del 28 de junio de 2005: “Una finca de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez, ha encontrado un cultivo que produce dividendos y genera empleo para 20 familias”. El lugar es frecuentado anualmente por más de 40 mil turistas de todo el mundo, lo cual también permite al país captar divisas. La oferta de la empresa incluye para los visitantes un paseo por la plantación, para que luego los viajeros puedan comprar en el mismo lugar diversos productos fabricados con esa nuez en un 100% natural. De manera similar, Finca

Valhalla posee 5 hectáreas cultivadas con 350 árboles, todos diferentes, aunque son de una misma nuez; a éstos se suman mil árboles más de otra finca ubicada en San Juan Chamelco, Alta Verapaz (Barreda Muralles, 2011).

#### 7.1.1.3 Análisis social

Las nueces de macadamia, es un fruto sumamente considerado en la gastronomía, industrias cosméticas y en la medicina tradicional. Las nueces de macadamia ya eran un fruto muy apreciado por los aborígenes australianos, quienes bautizaron a los árboles como “Kindal Kindal” (Bargues, 2022). Los australianos consideran esta nuez sagrada por los distintos beneficios que presenta tanto nutricionales como medicinales por lo que la incluyeron como parte de su dieta tradicional.

Comercialmente la producción de nuez de macadamia sucedió en Hawái durante la década de 1880. A partir de esta iniciativa distintos países alrededor del mundo empezaron a producir esta nuez, entre estos Sudáfrica, Indonesia, Brasil, Centroamérica, África Oriental entre otras. Entre los países de Centroamérica se encuentra Guatemala, un país eminentemente agrícola. Guatemala tiene distintas actividades agrícolas, algunas están destinadas a consumo interno como maíz y frijol y otras a exportación como caña de azúcar y banano, suman alrededor de 12 % del PIB y contratan a alrededor de 40 % de la mano de obra. (Guate en Datos, 2022).

El crecimiento de la producción de macadamia ha crecido conforme los años, ahora se tienen distintas industrias que se enfocan tanto en su producción como distribución desde su llegada en los años 80. Al igual la expansión de este tipo de plantaciones han generado más fuentes de trabajo para los agricultores guatemaltecos. Entre estas empresas podemos mencionar a Mayan Gold Macadamia, una finca localizada a la largo de la costa del sur de Guatemala, fundada en 1972. Entre las fincas de producción de macadamia, Mayan Gold es de las más importantes. (Mayan Gold,2023)

Guatemala es el 6.49% de los principales productores de nuez de macadamia, en el país se producen dos especies de macadamia: *Macadamia tetraphylla* y *Macadamia integrifolia*. Siendo el país con más productos de esta nuez en Centroamérica y de algunos lugares de Latinoamérica como Brasil que cuenta con el 2.51%. La producción en el país ha aumentado drásticamente, empezando en 1998 con un promedio de rendimiento del 3.0 t/ha. Para el 2002

este promedio había aumentado en un poco más del 30%, alcanzando un promedio de rendimiento del 4.92 t/h (Lisette Salazar Rodríguez, 2006).

**Figura 9.** Exportación de nueces de macadamia hacia EE.UU. 2021



Nota. Adaptado de *Global Food Sourcing and Data Hub* (2023) por *Tridge Global Food Sourcing and Data Hub*.

Esta nuez contiene distintas grasas saludables de origen vegetal principalmente del tipo Omega 3, cuyo consumo es muy beneficioso para cuidar la salud cardiovascular, pues ayudan a reducir los niveles de colesterol malo (LDL) y triglicéridos. Se han hecho estudios en donde se demuestra que una dieta basada en nuez de macadamia es casi tan eficaz como una dieta moderada baja en grasa al reducir el colesterol total en el plasma y el colesterol LDL. Se ha demostrado que al reemplazar el 15% del consumo de energía en la dieta por nuez de macadamia (40-90 g/día) disminuye el colesterol total y el LDL (Fuentes Herman, 2013).

Como se mencionó anteriormente en Guatemala se producen dos especies de macadamia ambas con diferentes contenidos de grasas saludables. La macadamia *tetraphylla* contiene un 80% de aceite y 4% de azúcar, y la especie *integrifolia* contiene de 65%-75% de aceite y 6%-8% de azúcar. Lo cual la hace un producto perfecto para la producción de distintos productos en el mercado gourmet, hidratantes para la piel y medicina. (Lisette Salazar Rodríguez, 2006).

La macadamia es una nuez muy versátil en cuanto a sus componentes por lo que se adapta a distintos estilos de vida. Este producto es consumido en dietas vegetarianas y veganas.

Incluso la nuez de macadamia no contiene gluten por lo que se este fruto seco es apto para personas celíacas o con alergia al gluten (Bargues, 2022). Por otro lado, esta macadamia ayuda a reforzar el sistema inmunitario ya que contiene vitamina C. Por otro lado, ayuda al desarrollo de huesos y dientes por su contenido en calcio y fósforo (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

#### 7.1.1.4 Análisis tecnológico

Una oportunidad de implementación de tecnología en las plantaciones de macadamia es el sistema de riego y suministro de insecticidas y fertilizantes a través de drones. En la actualidad, en Guatemala solamente existe una empresa que emplea esta automatización en sus sistemas de riego y mantenimiento de plantaciones, DISAGRO Guatemala. Esta empresa dedicada a la agricultura recientemente lanzó su tecnología AgritecGeo, la cual es un nuevo modelo de atención soportado en herramientas de diagnóstico de agricultura digital que toma, analiza y comunica información rápidamente (Disagro Guatemala, 2022).

Una de las aplicaciones más valoradas de los drones en agricultura es la eficiencia y precisión en la detección y generación de informes en tiempo real sobre los problemas que defectos en los sistemas de irrigación en las zonas de cultivo se llegan a generar (Cobo, 2021). Otros de los beneficios son: la mejora de la eficiencia en la obtención de datos sobre el estado del cultivo, la reducción de los costos, el aumento de la rentabilidad en la producción de los cultivos y la mejora en las condiciones de seguridad y protección de la salud de los agricultores.

Actualmente, Disagro Guatemala también ofrece asesoría agronómica, en la cual los clientes AgritecGeo serán asesorados y acompañados por personal altamente capacitado de DISAGRO con recomendaciones adecuadas sobre el manejo nutricional y sanitario de su finca. También ofrecen soluciones a la medida del cultivo, Con base a la información de zonas de manejo homogéneo y los resultados de laboratorio AgritecGEO ofrece un portafolio de soluciones basados en productos de nutrición y protección desarrollados con la más alta tecnología y de forma específica para cada cultivo. Esto incluye insecticidas, bactericidas, fertilizantes y nutrientes para la tierra. A continuación, se detallan otras áreas en las que la utilización de drones puede ser de gran beneficio para los agricultores.

#### 7.1.1.4.1 Drones para el crecimiento de plantaciones

En cuanto a la planeación de cultivos, analizar el rendimiento de los cultivos pasados se puede hacer utilizando mapas históricos de temporada, lo que permite a los agricultores identificar qué híbridos de semillas y variedades químicas comprarán para la próxima cosecha. Al mapear las cosechas varias veces al año, los agricultores pueden seguir el progreso del campo y comprender los riesgos potenciales, para ayudar a planificar las próximas temporadas (Luna, 2022).

Del mismo modo, los drones ayudan a predecir la fertilidad y el potencial de ingresos de una empresa agrícola al comparar imágenes históricas de la temporada con el rendimiento del año anterior y los mapas del suelo, lo que garantiza un plan de fertilidad más rentable. Una vez que la siembra comienza, los drones se vuelven especialmente útiles para analizar el recuento y la aparición de plantas, lo que simplifica las operaciones y elimina los errores humanos.

#### 7.1.1.4.2 Drones para el monitoreo de cultivos y seguimiento

Un dron es capaz de proveer herramientas necesarias para una visualización holística de nuestra plantación entera, permitiendo ver mes a mes, semana a semana o incluso día a día cambios que podrían ser imperceptibles al ojo humano, pero que no se escapan del ojo de un programa de procesamiento. Al identificar estos cambios, los profesionales en el campo específico de acción pueden tomar medidas y prevenir inconvenientes (Luna, 2022).

#### 7.1.1.4.3 Sensores inteligentes

Otra aplicación de tecnología reciente en la agricultura son los sensores inteligentes. Conocer las condiciones meteorológicas, la humedad de las plantas, la temperatura del suelo y la fertilidad, las plagas y la ubicación de la maleza es posible con la ayuda de los sensores agrícolas. El uso de esta tecnología agrícola y sus datos ayuda a los agricultores, consultores agrícolas, aseguradoras y demás implicados en el sector agrícola a tomar decisiones con mayor conocimiento de causa, lo que se traduce en un mayor rendimiento de las explotaciones con menores costos (Kateryna Sergieieva, 2023).

##### a. Sensores de humedad

Mediante la adopción de este tipo de sensores es posible estimar el contenido volumétrico de humedad en el suelo cada 10 centímetros hasta una profundidad de 60

centímetros, cada 15 minutos. Reconocer si la lluvia o el agua de riego se está infiltrando en la zona de raíces del cultivo y de esta forma decidir el momento más oportuno para la aplicación de fertilizantes edáficos.

b. Sensores de conductividad o salinidad

Estos sensores permiten estimar el contenido total de sales en la solución del suelo en rangos de 10 centímetros hasta una profundidad máxima de 60 centímetros cada 15 minutos. El conocimiento de la concentración de sales solubles permite conocer si los fertilizantes aplicados se han solubilizado y están disponibles para ser absorbidos por el cultivo. Reconocer perfiles de agotamiento o de acumulación de sales, presumiendo problemas relacionados con la física de suelos como son: baja porosidad, limitada conductividad hídrica y capas compactadas.

c. Sensores de clorofila

El contenido de clorofila en las plantas está correlacionado positivamente con el índice de verdor del cultivo y el contenido de nitrógeno de las plantas y en consecuencia su actividad fotosintética. A través de la utilización de sensores, se puede monitorear la actividad fotosintética del árbol de macadamia, y suministrar los fertilizantes o pesticidas correspondientes si los niveles no se encuentran dentro del rango adecuado (Díaz et al., 2014).

#### 7.1.1.4.4 Horticultura

La producción hortícola de diferentes cultivos ha tenido un gran desarrollo en los últimos años y tiene una gran oportunidad de aplicarse al cultivo de macadamia previo a su trasplante al suelo para el crecimiento del árbol.

Estos tipos de alternativas se engloban generalmente bajo el nombre de vertical farming o cultivo vertical y permiten reducir el consumo de fertilizantes y recursos hídricos en porcentajes superiores al 90% respecto a otros métodos, además de aminorar el gasto energético. Un ejemplo de esta nueva tendencia es el proyecto Hidroleaf, cuyo objetivo es desarrollar y validar un sistema integral para la producción sostenible de plantas hortícolas en contenedores marítimos mediante el uso de luz artificial, aplicando las nuevas tecnologías para optimizar las condiciones de cultivo (Leandro Martín Olmos, 2021).

#### 7.1.1.4.5 Tecnología en la extracción de aceite

La extracción de aceites prensados en frío se sigue realizando hoy en día en forma simple y artesanal. La semilla se despoja de su cáscara parcialmente y se limpia mediante ventilación y zarandeo para eliminar impurezas. La semilla limpia se lleva a la prensa: un extrusor de tornillo sin fin. Aquí se vigila especialmente que la temperatura generada por la presión no supere los 45°C para asegurar la estabilidad molecular de los ácidos grasos poliinsaturados. Se evita así también la disolución de ceras y otras sustancias (Barreda Muralles, 2011).

Durante varios días el aceite bruto se decanta en tanques de acero inoxidable. Luego se bombea por un filtro de algodón descartable y se envasa en botellas de vidrio oscuro o envases de hojalata para evitar la oxidación del aceite por acción de la luz ultravioleta. El refinado se hace innecesario, y el aceite conserva el suave sabor propio de la semilla de la cual proviene. Aquí se encuentra una oportunidad de automatización en el proceso de extracción de aceite, ya que actualmente en la mayoría de las fincas productoras de macadamia se hace de manera artesanal, como se describió anteriormente (Barreda Muralles, 2011).

#### 7.1.1.5 Análisis ecológico y ambiental

Para un crecimiento óptimo de la macadamia en plantaciones comerciales, las precipitaciones deben distribuirse uniformemente a lo largo del año. Lo ideal es que el periodo seco no supere los dos meses. En zonas donde los períodos sin precipitaciones son más largos, la plantación es posible si se dispone de sistemas de riego eficaces, como el riego por gravedad. La precipitación media anual para un crecimiento sano de la macadamia oscila entre 1,500 y 3,000 mm. Se puede sembrar en zonas ubicadas hasta 1,200 msnm si la nubosidad no es muy densa, ya que el cultivo requiere una luminosidad mínima de tres horas (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

Las macadamias son muy tolerantes a las fluctuaciones de temperatura y crecen bien a temperaturas de entre 18 y 29 grados centígrados. Sin embargo, es importante bajar la temperatura a 18 grados Celsius de vez en cuando y mantenerla constante para estimular la floración y garantizar una producción continua durante la mayor parte del año. La altitud ideal para plantar es entre 400 y 1.000 metros sobre el nivel del mar, pero se puede plantar a 1,200 metros siempre que haya pocas nubes y al menos tres horas de sol directo al día.

Es importante tener en cuenta el viento constante a la hora de elegir dónde plantar las macadamias. Es aconsejable elegir lugares protegidos por barreras naturales o crear cortavientos a diferentes alturas con especies autóctonas para proteger el cultivo. Esto es necesario para minimizar el riesgo de daños por caída de árboles, rotura de ramas, falta de floración o recolección prematura.

En cuanto al suelo, las macadamias se pueden plantar en suelo fértil con una profundidad mínima de 75 cm, sin encharcamientos, con buen drenaje y un pH entre 5.5 y 6.5. El suelo no debe ser duro y debe estar bien drenado. El suelo no debe ser duro y debe tener un buen drenaje. Deben evitarse las pendientes excesivas que no superen el 30%. En zonas con fuerte pendiente, es aconsejable modificar los bancales y construir sistemas de drenaje adecuados para evitar la erosión del suelo y la consiguiente pérdida de nueces (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

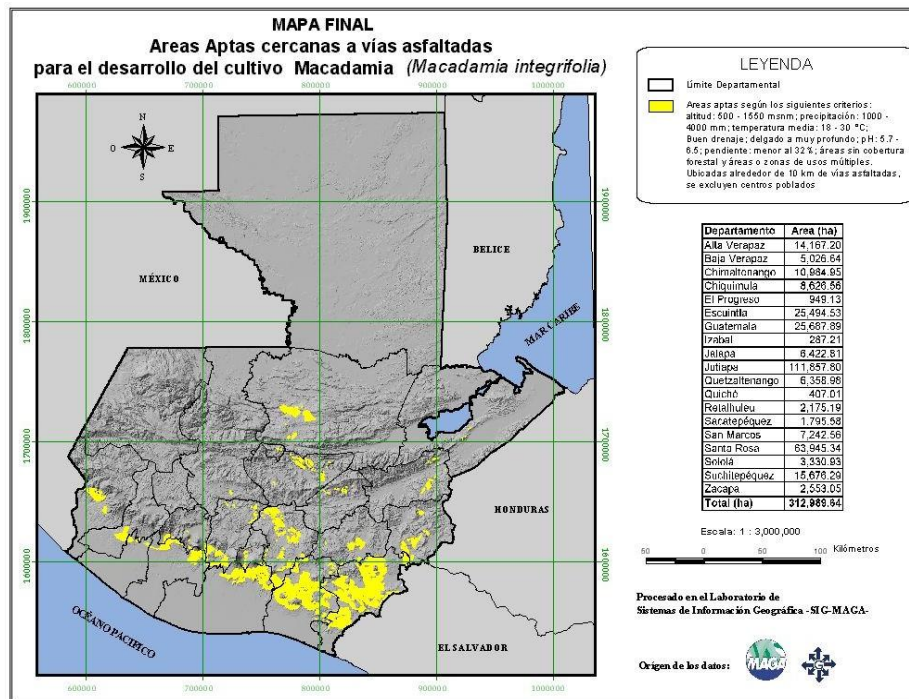
La plantación de macadamia se encuentra concentrada en los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos y Suchitepéquez, en la región de la boca costa del país en alturas comprendidas entre los 600 a 1,300 msnm, con lluvias arriba de los 1,000 mm anuales, y temperaturas entre 14 a 32 °C). La macadamia también se adapta a regiones con bosque húmedo tropical y bosque húmedo premontano, Guatemala tiene estos tres ecosistemas en su territorio (Asociación Nacional del Café, 2018).

#### 7.1.1.5.1 Áreas potenciales para cultivo de macadamia

Según la Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos, Acuerdo Gubernativo 63-2007, se debe impulsar la generación de productos de una manera sustentable, a partir de la utilización de materias primas renovables, no peligrosas y de una manera energéticamente eficiente, conservando a la vez la biodiversidad (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2007). Con base en lo anterior, en la Figura 10 se muestran los territorios en Guatemala que son aptos para ser utilizados como cultivares de macadamia. Se puede observar que toda la franja sur occidental y oriental del país posee climas y suelos aptos para su plantación, así como vías asfaltadas para asegurar la comercialización y distribución. Cabe resaltar que, el departamento con mayor área disponible y apta para la cosecha de macadamia es Alta Verapaz, con un total de 14,267.20 hectáreas. Esto por su clima húmedo a lo largo del año y suelos ricos en nutrientes y con poco rocoso, ya que Alta Verapaz es uno de

los departamentos con más porcentaje cubierto por bosques (Asociación Nacional del Café, 2004).

**Figura 10.** Mapa de áreas aptas para el desarrollo del cultivo de macadamia



*Nota.* Adaptado de *Áreas aptas cercanas a vías asfaltadas para el desarrollo del cultivo Macadamia* (2004) por Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Ministerio de Agricultura y Ganadería.

#### 7.1.1.5.2 Preparación de la semilla

La germinación de semillas puede ser un proceso complejo y a menudo irregular, lo que hace recomendable seguir ciertas pautas para conseguir un vivero uniforme con un sistema radicular bien desarrollado (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991). Es preferible usar semillas frescas, con no más de ocho días desde su recolección, y optar por aquellas de cáscara fina, como las del clon HAES 660.

Las semillas se cuecen exponiéndose al sol hasta que se abre la cáscara y queda visible la pulpa interior. A continuación, las semillas se ponen en remojo en agua durante ocho horas, tras lo cual se retiran las semillas flotantes y se almacenan las semillas remojadas. Las semillas se sumergen durante 20 minutos en una solución fungicida que contiene benomilo (Benlate 2 g/litro) o carboxina (Vita Fax 6 g/litro).

Tras el tratamiento, las semillas se siembran en macetas preparadas con tierra suelta y enterradas a tres cuartas partes de profundidad, dejando libres las cabezas de las semillas. Si la tierra es demasiado compacta, se recomienda añadir grava o serrín a una profundidad de 5 cm para mejorar la estructura del suelo. Las semillas deben colocarse con la costura hacia arriba y la aguja pequeña (pequeño punto blanco) hacia abajo en un ángulo de 45 grados (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

Para proteger las semillas de posibles plagas como las hormigas negras, es beneficioso aplicar un insecticida en polvo sobre las camas de siembra.

Cuando la radícula comienza a emerger, lo que suele ocurrir alrededor del día treinta, las semillas deben ser cuidadosamente trasladadas desde la tierra a bolsas de polietileno negro, que se colocarán en el vivero. Durante este proceso, se debe manejar con especial atención para evitar dañar la delicada radícula emergente (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

#### 7.1.1.5.3 Vivero

Durante la fase de crecimiento, es importante plantar las plántulas con cuidado y precisión. Para ello, se utilizan bolsas negras de polietileno con un diámetro de 20 cm, una longitud de 60 cm y un grosor de tres milésimas de milímetro. Las bolsas se rellenan con tierra rica en nutrientes, limosa o ligeramente arenosa. Al plantar, es importante que el sistema radicular de las plántulas esté recto y libre de enredos, para que las raíces no se desarrollen incorrectamente más adelante. Para favorecer el crecimiento óptimo del tallo, debe colocarse una plántula en cada bolsa. Así se garantiza que cada planta tenga espacio suficiente para crecer adecuadamente.

Dos meses después de la plantación, es el momento de iniciar el programa de fertilización. Empiece con 2 g de abono equilibrado por saco, como 10-30-10 u 8-32-6, y repita el proceso un mes después. En las fases siguientes, aumente la cantidad de abono a 3 g por saco con una fórmula más compleja, como 20-7-12-3-2, aplicada cada dos meses hasta la última plantación. El alimento rico en micronutrientes también debe complementarse con abono foliar para garantizar la plena absorción de todos los nutrientes esenciales (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

#### 7.1.1.5.4 Injerto

Los árboles de macadamia se injertan unos ocho meses después de plantar las plántulas en la bolsa de semillas, cuando alcanzan una altura de 40 cm y un diámetro de tronco de 0,5-1 cm. El método de injerto de brotes laterales, incluida la versión modificada, se utiliza a menudo para propagar distintas variedades de macadamia (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991)

Es importante seleccionar esquejes sanos con al menos tres yemas, de al menos 10 cm de longitud y con un grosor de portainjerto de al menos tres yemas. Para aumentar el contenido de carbohidratos y activar las yemas laterales, las ramas a partir de las cuales se desarrollarán las yemas deben injertarse entre seis y ocho semanas antes. El lugar del injerto debe protegerse con un kit especial, sobre todo para evitar la infección por Botrydiplodia.

Inmediatamente después de la recolección, los corazones de primavera deben cubrirse con una mezcla de 95% de parafina y 5% de cera de abeja para evitar que se sequen y deterioren. Para una conservación óptima, pueden almacenarse hasta una semana antes de la inoculación a una temperatura baja de 5 °C en una bolsa de plástico con una toalla de papel húmeda.

Cuando se inoculan, la cruz se sujeta con cinta de plástico y se utiliza un color diferente para facilitar la identificación de cada rama. Además, la parte inferior del injerto se protege con la solución de parafina mencionada anteriormente. Tres meses después de haber realizado el injerto con éxito, los clones se trasplantan al lugar de destino y se producen brotes fuertes de 30-35 cm (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

#### 7.1.1.5.5 Siembra

El comienzo de la estación lluviosa es el mejor momento para plantar nueces de macadamia a fin de minimizar el riesgo de pérdida de ejemplares. Antes de plantar, es importante eliminar los obstáculos que pueda haber en la zona donde se plantarán las nueces de macadamia.

En zonas con fuerte pendiente, es importante proteger el suelo para evitar la erosión y, por tanto, la pérdida de nueces cuando los árboles den fruto. En estas zonas, se recomienda

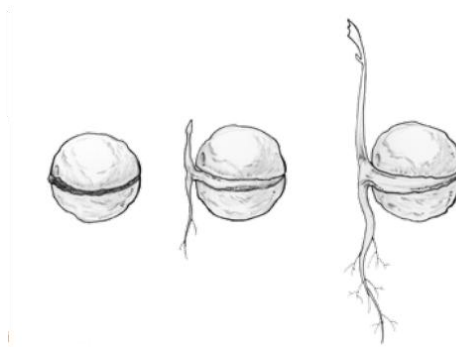
plantar en el suelo, utilizando el método del trípode, y crear terrazas separadas, perpendiculares al suelo, para facilitar el abonado, el riego y el control de las malas hierbas. Dependiendo de la pendiente del terreno, también puede ser necesario prever canales de drenaje, alcantarillas, presas vivas y cultivos de cobertura. En las zonas llanas, es importante evitar que el agua se estanque, por ejemplo, construyendo un sistema de drenaje eficaz. En estos casos, la plantación puede ser escalonada, rectangular o cuadrada (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991)

Para optimizar la polinización cruzada y garantizar una distribución equilibrada de las plantas, es aconsejable combinar diferentes especies de macadamia. Se recomienda plantar los árboles erguidos (crecimiento perpendicular, por ejemplo, los clones 344 y 660) y los árboles extendidos (crecimiento perpendicular, por ejemplo, los clones 508 y 246) en filas de 7 x 8 m, 7 x 7 m y 7 x 6 m cuando se plantan individualmente, y en filas de 9 x 7 m y 8 x 6 m cuando se plantan con otras plantas.

La calidad de las plantas es crucial para el éxito de la plantación. Las plantas deben medir al menos 25 cm, tener un sistema radicular fuerte, no amarillear y proceder de un vivero reconocido. Los hoyos de plantación deben tener 40 cm de ancho y 60 cm de profundidad y no deben contener piedras grandes ni capas compactadas que puedan deformar las raíces. Deben rellenarse con tierra fértil, con 80 g de abono 10-30-10 en el fondo y 80 g de abono en el centro.

Al plantar, es importante cortar las raíces que sobresalen de los agujeros de drenaje, ya que tienden a crecer en ángulo y deben eliminarse. Las semillas se deben plantar en suelo poroso con un excelente drenaje, aproximadamente a 2 cm de profundidad y 8 cm de separación entre cada semilla. Esta cama de semillas debe estar ligeramente sombreada y debe regarse frecuentemente. Dependiendo de la temperatura, las semillas germinarán en un período de 1 a 3 meses.

**Figura 11.** Estados de germinación de la macadamia



*Nota. Adaptado de Manual técnico para productores de nuez de macadamia (p. 39), por Gabriela Sol Quintas (2011) Asociación Mexicana De Productores, Procesadores Y Exportadores De Nuez De Macadamia.*

Tras la plantación, es importante retirar la cinta de injertar para no estrangular el árbol a medida que crece el tronco, pero la cinta debe dejarse libre en el árbol para que el jardinero pueda identificarlo (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

#### 7.1.1.5.6 Manejo de la plantación

La nutrición adecuada de las plantas de macadamia es esencial para su desarrollo y producción, y debe basarse en una interpretación precisa de los análisis del suelo y de la flora foliar. Para realizar un análisis foliar efectivo, se deben seleccionar hojas que no estén en una fase activa de crecimiento; esto es especialmente cierto para el segundo brote, que se encuentra debajo del ápice de crecimiento. Una muestra representativa de cien hojas de diferentes árboles será separada por variedad.

Se recomienda una dosis de fertilizante con la fórmula 10-30-10, aplicando 160 gramos por árbol al momento de la plantación. Se debe aplicar la misma cantidad con Nutrán un mes después de la plantación y al final de la temporada de lluvias. En el segundo año, se aplica una fórmula completa de fertilizante al comienzo de la temporada de lluvias. Un mes después, se aplica nitrógeno y otra al final de la temporada de lluvias. Es recomendable realizar dos aplicaciones anuales con una fórmula completa y una adicional de nitrógeno después de las lluvias después del cuarto año.

La provisión adecuada de oligoelementos como hierro, zinc, boro y magnesio debe complementar la fertilización del suelo, preferiblemente mediante fertilización foliar, es decir,

administrar el fertilizante a través de las hojas del árbol de macadamia (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

#### 7.1.1.5.7 Poda

La poda debe realizarse para garantizar que los árboles trasplantados tengan solo un brote central. Si tienen más de un brote, deben eliminarlo entre 30 y 45 días después del trasplante. Es esencial que el brote del injerto crezca sin competencia hasta alcanzar una altura de 90 a 120 cm, cuando no se deben permitir los brotes laterales. Por lo tanto, durante esta etapa, se deben eliminar los brotes pequeños. Los brotes laterales pueden formar la copa del árbol cuando el brote principal alcanza los 90-120 cm. Si no hay ramificación suficiente a los 120 cm, se debe cortar el meristema apical para estimular el crecimiento de los brotes laterales. Solo tres brotes laterales por piso, distribuidos uniformemente alrededor del tronco, se deben dejar. El segundo piso del árbol se forma al repetir este proceso. Después de terminar el segundo piso, el árbol puede crecer libremente después de que se eliminen las ramas secas o dañadas (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

#### 7.1.1.5.8 Combate de malezas

Otro aspecto importante es la lucha contra las malas hierbas, manteniendo limpio un radio de aproximadamente 2 metros alrededor del tronco, y cuando comienza la cosecha, se debe extender 1 metro más allá del goteo del árbol. En los primeros años del cultivo, se pueden sembrar otros cultivos cercanos que no compitan con la macadamia. Cuando este espacio no se utiliza para otros cultivos, la maleza debe mantenerse controlada mediante herbicidas o desbroces manual o mecánico. Los herbicidas que han demostrado ser efectivos en la macadamia incluyen el paraquat (0.3 kg ia/ha) y el glifosato (1 kg ia/ha), así como las combinaciones del fertilizante paraquat (0.3 kg ia/ha) con gardoprim (1.25 kg ia/ha) (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991).

#### 7.1.1.5.9 Enfermedades y plagas de la macadamia

La abeja Trigona (Apidae) puede matar las plantas comiendo sus hojas y brotes jóvenes. Aunque los químicos no son muy efectivos, se recomienda atraer a las abejas con paravientos de gandul, que destruirán sus nidos cercanos. Las hormigas Atta (Formicidae) dañan las plantas cortando hojas y brotes, y se combaten esparciendo productos anti-hormigas en sus hormigueros.

El perforador de nueces, *Ecdyolopha torticornis*, es una plaga emergente que perfora las nueces, permitiendo la entrada de hongos. Las nueces afectadas se pueden identificar fácilmente por los restos de larva en las aberturas, pero su manejo es difícil y requiere el uso de insecticidas biológicos. Los áfidos, que no son una plaga grave, enrollan las hojas al alimentarse. Los ácaros *Brevipalpus* sp. dañan principalmente la apariencia de las nueces y solo se combaten si causan deformaciones significativas. Los rodenticidas comerciales se pueden usar para controlar la caída de roedores, especialmente ardillas y ratas, que son perjudiciales al alimentarse de nueces.

Las enfermedades de la raíz como *Armillaria mellea* y *Maya Rosellinia bunodes* se presentan en suelos húmedos y ricos en materia orgánica. Se pueden controlar plantando en terrenos no adecuados y eliminando los árboles afectados. En suelos con retención de agua, la pudrición negra de la raíz, *Ceratocystis fimbriata*, es un problema que se puede prevenir mediante un buen drenaje y cuidados en la base del árbol.

El tronco es el principal afectado por el agrietamiento de la corteza causado por *Botryodiplodia theobromae* y el chancro del tallo causado por *Phytophthora cinnamomi*, que deben ser controlados mediante la poda y protección adecuadas de los cortes (Ministerio de Agricultura y Ganadería y Lizano, 1991). En comparación con otros árboles frutales, la macadamia tiene pocas enfermedades graves. Los virus no son significativos y las bacterias tienen importancia menor. La elección del lugar es decisiva para prevenir el ataque por hongos (Augstburger et al., 2012).

**Tabla 8.** *Enfermedades comunes del árbol de macadamia*

| Hongo   | Medidas de prevención y control   |
|---|---|
| <i>Phytophthora cinamoni</i> ,<br><i>Trunk Canker</i> | También en aguacate (palta) y piña. Problemático especialmente en viveros y árboles jóvenes. Plantar solo árboles sanos. Evitar compactación y anegamiento del suelo. Evitar heridas en el tronco y salpicaduras de barro. Retirar el tejido afectado y aplicar caldo bordelés. |
| <i>Armillaria mellea</i> ,<br><i>Root-rot</i>         | Surge con frecuencia en suelos recién desboscados. Su propagación se da por raíces dejadas en el terreno. Tala  |

| Hongo   | Medidas de prevención y control   |
|---|---|
|   | oportuna de árboles infectados y tratamiento del suelo contra mayor propagación, usando cal apagada como desinfectante.   |
| <i>Pseudocercospora sp.</i><br><i>Macadamia Husk Spot</i> | Solo en Australia. Causa gran caída de nueces. Concluir la cosecha antes de la floración. Cosechadora tipo” Finger-weel” dispersa menos esporas. Usar variedades resistentes. |
| <i>Ceratocystis fimbriata</i>                             | En aguas estancadas con temperaturas bajas o tejidos heridos.   |
| <i>Rosellinia bunodos</i>                                 | Aplicación de cal en forma preventiva, talar árboles afectados.   |
| <i>Botrydiploia theobromae</i>                            | Medidas de higiene al injertar.   |
| <i>Phytophthora palmivora</i>                             | Distancia a plantaciones de cacao y goma (hevea). Humedad relativa muy alta.  |

*Nota. Adaptado de Agricultura orgánica en el trópico y subtropico (2012) por Augstburger, F., Berger, J., y Censkowsky, U. Agencia Alemana Para La Cooperación Técnica; Ministerio Federal De Cooperación Económica Y Desarrollo De La República Federal De Alemania.*

Adicional a estas, existe la enfermedad de muerte súbita en los árboles de macadamia. Esta es ocasionada por los hongos *Rhizoctonia Sp.* y *Rosellinia Sp.* Los síntomas son: amarillamiento general del árbol, defoliación de ramas, el follaje se observa de color café de arriba hacia abajo, las ramas empiezan a necrosarse de la base hacia la punta, el sistema radicular se torna necrótico y sin sabia y se observa en las raíces un micelio de color negro y gris algodonoso. Por último, la muerte total del árbol ocurre a los 5 u 8 días después del primer síntoma. Para controlarla, es necesario eliminar por completo árboles muertos, arrancar raíces y quemarlas o sacarlas de la plantación. Aplicar fungicidas sistémicos específicos para el control de los hongos mencionados. Aplicación de abonos orgánicos como la cáscara de la nuez (Asociación Nacional del Café, 2018).

Manejar correctamente las enfermedades del árbol de macadamia es fundamental para garantizar la productividad, calidad y sostenibilidad del cultivo. Esto no solo beneficia a los productores en términos económicos, sino que también contribuye a la salud del ecosistema agrícola en general. En cuanto a vulnerabilidades presentadas por el árbol de macadamia frente a insectos, a continuación, se presenta una lista de insectos que pueden convertirse en plagas para el árbol de macadamia y sus particularidades.

**Tabla 9.** *Insectos dañinos al árbol de macadamia*

| Insecto  | Particularidades   |
|--|--|
| <i>Flower caterpillar</i><br><i>Homoeosoma vagella</i>         | Se presenta más en regiones cálidas. Recolectar a tiempo. Hay diversos parásitos, por ejemplo, <i>Trichogramma</i> , evitar sustancias de efecto amplio como el Neem. En casos de emergencia <i>Bacillus thuringiensis</i> . |
| Fruit spotting bug<br><i>Amblypelta nitida</i>                 | Plantas huéspedes: aguacate (palta), mango, cayú, papaya, guayaba, cítricos. Huevecillos de parásitos y feromonas están a prueba en Australia.   |
| <i>Macadamia nut borer</i><br><i>Cryptophlebia ombrodelta</i>  | Larva que come la pulpa. Plantas huéspedes: Lichas, nuez pecana, maracuyá y plantas ornamentales. <i>Trichogramma cryptophlebia</i> se usa con éxito en África del Sur. Uso de <i>Elachertus sp.</i> en China.               |
| <i>Macadamia felted coccid</i><br><i>Eriococcus ironsidei</i>  | Cuidado en viveros: Infección por transporte de púas y envío a nuevas y sanas plantaciones tiene que evitarse.   |
| <i>Macadamia twiggirdler</i><br><i>Neodrepta luteotactella</i> | Existen 20 parásitos predadores, por eso no se debe usar productos de amplio espectro, sino parásitos.   |
| <i>Macadamia leafminer</i><br><i>Acrocercops chionosema</i>    | Sobre todo, en hojas nuevas (viveros). Poda ligera evita brotación. <i>Elachertus sp.</i> se usa con éxito.  |
| <i>Green vegetable bug</i><br><i>Nezara viridula</i>           | También en la nuez pecan. Pruebas con moscas predatorias aún no han sido concluidas.   |

*Nota. Adaptado de Agricultura orgánica en el trópico y subtropico (2012) por Augstburger, F., Berger, J., y Censkowsky, U. Agencia Alemana Para La Cooperación Técnica; Ministerio Federal De Cooperación Económica Y Desarrollo De La República Federal De Alemania.*

#### 7.1.1.6 Análisis legal

Dentro del contexto legal de un país, es importante resaltar y analizar las leyes, decretos o acuerdos gubernativos que apliquen al cultivo de la macadamia. Entre algunas de estas leyes e iniciativas que se deben tomar en consideración durante el cultivo, distribución, comercialización y exportación de la macadamia en Guatemala, se pueden listar:

#### 7.1.1.6.1 Decreto 101-96

El decreto número 101-96 del Congreso de la República de Guatemala, establece que se busca incrementar la productividad de los bosques existentes, además del aprovechamiento sostenible del mismo (Instituto Nacional de Bosques, 2018).

#### 7.1.1.6.2 Ley Forestal, Capítulo II: Protección de los Bosques y de los Suelos de Vocación Forestal

Según el artículo 37 de la Ley Forestal de la Constitución Política de Guatemala, las personas que tengan cualquier título ya sean propietarias, sean arrendatarios o sean ocupantes de fincas rurales en Guatemala, tienen la obligación de dar paso y acceso, tránsito y/o permanencia dentro de la propiedad a personal que esté encargado de trabajo por combatir incendios forestales, y se debe de colaborar activamente. (Instituto Nacional de Bosques, Ley Forestal - Artículo 37, 2018).

Este artículo beneficia a cualquier acontecimiento peligroso que atente contra la seguridad de la propiedad, y está obligado a que cualquier trabajador municipal, media vez sí haya una situación grave y peligrosa, pueda atender el incidente de manera inmediata.

Según el artículo 41 de la Ley Forestal de la Constitución Política de Guatemala “Plan Sanitario”, se debe colaborar con las indicaciones del INAB, y si los propietarios, arrendatarios u ocupantes no colaboran con dichas indicaciones y no brindan ningún tipo de seguridad a adoptar con medidas sanitarias asignadas propias para combatir plagas, el INAB abordará la situación por medio de la elaboración de un plan de acción sanitario la cual será una asignación de ejecución obligada, que tendrá un plazo de 30 días para su cumplimiento. (Instituto Nacional de Bosques, Ley Forestal - Artículo 41, 2018).

#### 7.1.1.6.3 Obligaciones del Estado, Artículo 119

En la Constitución Política de Guatemala, Artículo 119 “Obligaciones del Estado”, dictamina las siguientes obligaciones: a) Promover el desarrollo económico de la Nación, estimulando la iniciativa en actividades agrícolas, pecuarias, industriales, turísticas y de otra naturaleza; b) Promover en forma sistemática la descentralización económica administrativa, para lograr un adecuado desarrollo regional del país; c) Adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente; d) Velar por la elevación del nivel de vida de todos los habitantes del país,

procurando el bienestar de la familia; e) Fomentar y proteger la creación y funcionamiento de cooperativas proporcionándoles la ayuda técnica y financiera necesaria; f) Otorgar incentivos, de conformidad con la ley, a las empresas industriales que se establezcan en el interior de la República y contribuyan a la descentralización. (Constitución Política de Guatemala, 2024).

La producción de macadamia promueve el desarrollo del país y la iniciativa de actividades agrícolas y genera nuevos empleos, cumpliendo con la obligación que el artículo dictamina. Esto abre las posibilidades de promover el desarrollo económico y a la diversificación de productos nacionales producidos, con el incentivo de poder buscar el bien común y programas de desarrollo activo rural.

#### 7.1.1.6.4 Reforestación, Artículo 126

Según el Artículo 126: Se declara de urgencia nacional y de interés social, la reforestación del país y la conservación de los bosques. La ley determinará la forma y requisitos para la explotación racional de los recursos forestales y su renovación, incluyendo las resinas, gomas, productos vegetales silvestres no cultivados y demás productos similares, y fomentará su industrialización. La explotación de todos estos recursos corresponderá exclusivamente a personas guatemaltecas, individuales o jurídicas. Los bosques y la vegetación en las riberas de los ríos y lagos, y en las cercanías de las fuentes de aguas, gozarán de especial protección. (Constitución Política de Guatemala, 2023, Artículo 126).

Según la Constitución de Guatemala, se debe de tener claro que se debe de cuidar los recursos forestales, para tomar en cuenta el área en donde se puede comenzar la siembra para la producción. En casos especiales, existen puntos y requisitos clave para la renovación del uso al que se le den las tierras y así mantener los recursos, además de poder realizarse siembras nuevamente y evitar las malas condiciones de las tierras o cualquier recurso natural que se utilice.

#### 7.1.1.6.5 Creación de la Asociación de Macadamia de Guatemala (ASOMAC)

El 7 de mayo de 2024, se llevó a cabo la presentación de la Asociación Guatemalteca de Macadamia (ASOMAC). En este evento de lanzamiento, productoras y productores se han unido con el objetivo de impulsar la producción y exportación de este fruto seco. La Asociación Guatemalteca de Exportadores AGEXPORT, con el lanzamiento de ASOMAC, organización que representa a productores y exportadores de nuez de macadamia en Guatemala, reiteraron su compromiso con la promoción de una producción de la nuez de macadamia responsable,

sostenible y de alta calidad, en búsqueda de potenciar el desarrollo económico y social del país (Padilla, 2024).

ASOMAC, asegura su presidente, se rige por una serie de objetivos generales y específicos que buscan incentivar la producción de macadamia de calidad para la exportación y promover el desarrollo sostenible del Sector. Entre ellos, se encuentran fomentar una comunicación eficaz entre productores y exportadores, promover el cultivo de la nuez de macadamia a nivel nacional para diversificar los mercados, colaborar en políticas gubernamentales para preservar los recursos hídricos, velar por las buenas prácticas agrícolas, entre otros. La misión de la Asociación Guatemalteca de Macadamia, según su presidente Carlos Hernán, es la siguiente: “velar por los intereses del Sector, promoviendo una producción competitiva y de calidad, mientras apoyamos políticas gubernamentales que fomenten la mejora del medio ambiente. En cuanto a nuestra visión, aspiramos a guiar a los productores y exportadores a la excelencia en calidad y competitividad, llevando el producto guatemalteco a los mercados internacionales”.

Con la formación de esta asociación, su secretaria de junta directiva, Flor de María Gámez Soto, asegura que buscarán tener una comunicación más directa con los pequeños, medianos y grandes productores de macadamia en el país. Esta nueva entidad seguramente será de mucho beneficio para el sector de macadamia en Guatemala (Padilla, 2024).

#### 7.1.1.6.6 Retención de contenedores de Macadamia en China

En el mes de mayo de 2024, La Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT) notificó que clientes y brókeres (corredores de negocios) en China Continental han informaron a productores y exportadores de café y macadamia, que los envíos procedentes de Guatemala serían retenidos en los puertos del país asiático (Melara, 2024). Se estima que al menos siete contenedores de macadamia y otros más de café fueron retenidos. Unos en el puerto de Ningbo, China; otros en tránsito y algunos que fueron regresados a las plantas de procesamiento.

La retención de las importaciones se notificó luego de la gira de trabajo a Taiwán que programó el ministro de Relaciones Exteriores, Carlos Ramiro Martínez, donde participó en la toma de posesión del nuevo presidente, Lai Ching-te, el pasado 20 de mayo, consignó el periódico Prensa Libre. Actualmente, Guatemala es, junto con Belice, el único país

centroamericano que mantiene relaciones diplomáticas con Taiwán y no con Pekín (Melara, 2024).

A pesar de la falta de comunicación clara por parte de China, las autoridades guatemaltecas están trabajando para resolver la situación. El Ministerio de Relaciones Exteriores de Guatemala ha indicado que está realizando gestiones para encontrar una solución y ha lamentado el impacto que este bloqueo tiene en los productores y exportadores guatemaltecos, quienes dependen en gran medida del mercado chino para sus exportaciones de macadamia, que representan entre el 50% y el 60% de la producción total (Santizo y Diario de Centro América, 2024).

Del análisis PESTEL se deduce que Guatemala es un país donde el sector agrícola desempeña un papel crucial en la economía, contribuyendo significativamente al PIB y a la generación de empleo. Sin embargo, enfrenta numerosos desafíos para su desarrollo debido a la falta de políticas y legislaciones efectivas, como se vivió en el mes de mayo debido a los bloqueos realizados en puertos chinos por tensiones diplomáticas. Esto impide garantizar condiciones laborales adecuadas para todos los trabajadores y el desarrollo de prácticas amigables con el medio ambiente. En consecuencia, el crecimiento y evolución del cultivo de macadamia es altamente vulnerable a políticas internacionales ambiciosas, presiones inflacionarias, fluctuaciones en la demanda, desigualdad en las condiciones laborales (como nivel de ingresos, acceso a formación técnica, tecnología y financiamiento), y los efectos del cambio climático, entre otros factores. La creación de la Asociación Guatemalteca de Macadamia es uno de los primeros pasos hacia una producción de macadamia responsable y un mejor posicionamiento de este cultivo con tanto potencial en el país.

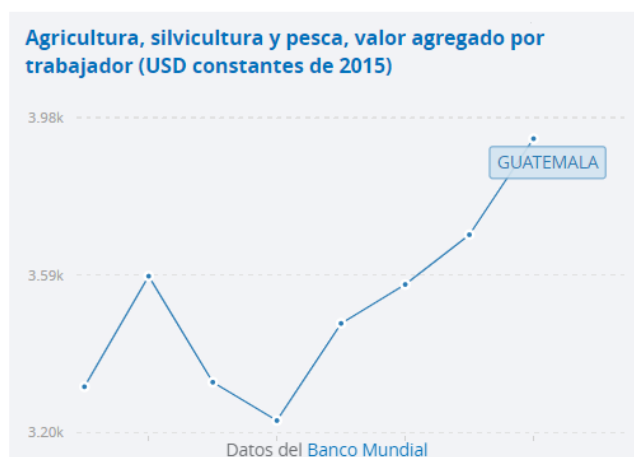
### 7.1.2 Análisis de las 5 fuerzas de Porter: Entorno competitivo del sector de macadamia

El modelo de las 5 fuerzas de Porter permite visualizar y entender el entorno competitivo de la industria de la macadamia en Guatemala, facilitando la identificación de ventajas y propuesta de estrategias de innovación de diferentes tipos.

#### 7.1.2.1 Poder de negociación de los proveedores

En Guatemala, al igual que en muchos de los países latinoamericanos, la agricultura es un pilar para la subsistencia económica. El sector agrícola de Guatemala contribuye aproximadamente con un 14% del PIB nacional. Este porcentaje ha sido consistente en los últimos años, reflejando la importancia del sector en la economía del país. Como se puede observar en la figura 9, la agricultura generó un valor agregado por trabajador de alrededor de \$3,925 en 2022. Además, se destaca que la agricultura es fundamental para el empleo, generando más del 60% de las exportaciones y siendo un motor clave para diversas actividades económicas en Guatemala. La producción de macadamia en Guatemala está compuesta por 8 grandes productores, 63 medianos productores y alrededor de 400 pequeños productores (Asociación de Macadamia Guatemalteca, 2024).

**Figura 12.** PIB por trabajador en el sector de agricultura



*Nota.* Adaptado de Datos de cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de datos de Cuentas Nacionales de la OCDE (2015) por Base de datos ILOSTAT de la Organización Internacional del Trabajo.

Según la Asociación de Macadamia Guatemalteca (ASOMAC), un 90% de la producción se exporta, existen más de 13,000 hectáreas sembradas y aproximadamente 3

millones de árboles en producción. Actualmente, existen 3 grandes exportadores de Macadamia en Guatemala. Swiss Gourmet es una empresa suiza con sede en Hong Kong. Esta empresa se dedica al segmento de exportación en NIS y su principal destino es China. Inguamasa es el pionero de la macadamia en Guatemala. Iniciaron como productores y exportan desde los años 70. Tienen muchísima experiencia en la comercialización de Macadamia, buscan innovación en sus plantas de quebrado, y en sus áreas de producción agrícola. Tienen ventas a China y otros destinos como EE. UU. y Europa. Alimentos Selectos es también empresa guatemalteca que inició con la producción, exportación y llevaron al producto termina denominado Hawiian Crunch. Donde tiene diversidad de sabores y surten mucha empresa local de repostería. A pequeña escala, existen productores de Macadamia que exportan en picos de cosecha 1 o 2 contenedores asociados con otros productores para aumentar la rentabilidad de su producto. Esta información fue brindada directamente por Flor de María Gámez, presidenta de la Asociación Guatemalteca de Macadamia (ASOMAC).

Los proveedores de insumos agroquímicos, maquinaria agrícola y herramientas para el cultivo de esta nuez poseen un poder de negociación moderado en la cadena de valor de la nuez de macadamia. En Guatemala, algunas de las empresas que se desempeñan como proveedores de insumos se puede mencionar a Disagro, Técnica Universal S.A., Rainbow, Basf, Inagro S.A. Muchas de estas empresas están asociadas a la Gremial de Proveedores de Insumos Agrícolas de la Cámara de Industria de Guatemala GREMIAGRO. Esta gremial agrupa a empresas formuladoras y comercializadoras de productos agroquímicos, promoviendo prácticas seguras y sostenibles en la agricultura. Sus miembros son referentes en la formulación y comercialización de agroquímicos en el país (GREMIAGRO, 2022). La mayoría de empresas comercializadores de maquinaria agrícola importan la maquinaria de países con mayor volumen de producción. Los precios que estas empresas suelen ofrecer a las asociaciones de agricultores son competitivos debido a la posibilidad de que sus clientes puedan conseguir una mejor oferta con otro distribuidor nacional o internacional.

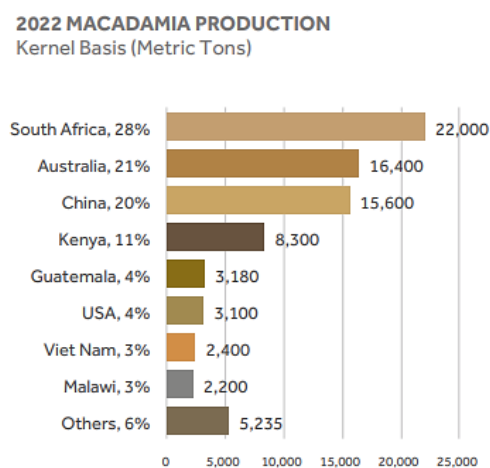
En lo que se refiere a la obtención de árboles de macadamia para su plantación mediante injerto o semilla, la mayoría de las empresas tienen un vivero propio. La información limitada sugiere que las principales empresas productoras de macadamia en Guatemala cuentan con sus propias fincas y posiblemente con viveros para abastecer sus plantaciones. Empresas como Royal Select, Mayan Gold y Alimentos Selectos trabajan con una red de fincas proveedoras de

macadamia a lo largo del país. Esto sugiere que estas empresas cuentan con sus propios viveros o proveedores de plántones para abastecer a sus fincas (Royal Select Macadamias, 2024).

La producción de macadamia exportada en 2022 alcanzó las 15,200 toneladas. Mientras que, en el 2023, esta cifra disminuyó a alrededor de las 13,000 toneladas de macadamia desconchada para exportación. Esta fluctuación se atribuye a los efectos del cambio climático. Los meses de principal producción son mayo, junio y julio, pero se produce en menores volúmenes todo el año (Asociación de Macadamia Guatemalteca, 2024). Es importante señalar que las nueces de macadamia, como cualquier otro producto natural, han cobrado impulso en la demanda de los consumidores debido a la popularidad de los ingredientes naturales y orgánicos.

En el marco global de la producción de macadamia, esta ha aumentado de manera constante durante la última década. La cosecha de 2022 se estimó en 78,415 toneladas métricas (semillas), un 19 % más que la temporada anterior y un 114 % más desde 2011 (International Nut and Dried Fruit Council, 2023). En 2022, Guatemala ocupó el puesto x, representando un 4% de la producción global. Este crecimiento en la producción macadamia asegura la cobertura de la demanda a nivel global, además de poner a Guatemala en el mapa de grandes productores de esta nuez.

**Figura 13.** Producción de macadamia global en 2022



*Nota. Adaptado de Nuts y Dried Fruits Statistical Yearbook (2023) por International Nut and Dried Fruit Council.*

La gente se ha vuelto muy consciente de su dieta, lo que ha provocado un mayor interés por las frutas, las verduras y los frutos secos. La industria de los frutos secos está experimentando del aumento de la demanda debido a esto. Como se espera que esta nueva mentalidad consciente se mantenga durante los próximos años, la industria se está preparando para aumentar la producción y el suministro de nueces de macadamia (Cardassilaris, 2021).

#### 7.1.2.2 Poder de negociación de los clientes

La nuez de macadamia es muy demandada, debido a que su consumo es alto. Proyecciones de Mordor Intelligence contemplan que el mercado internacional alcance los US\$2,690M en 2029. Con un CAGR (tasa de crecimiento anual compuesto) aproximado de 9,5%. Ya sea gastronómico, medicinal, en industria de cosméticos o confitería. Los principales consumidores de esta nuez se muestran en la siguiente tabla.

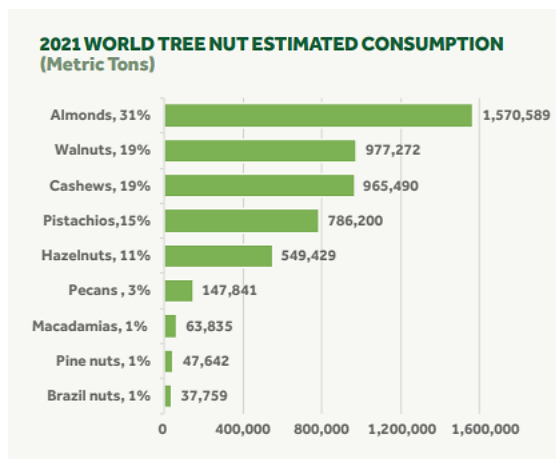
**Tabla 10.** *Participación del mercado de macadamia por país*

| País                  | Participación de Mercado |
|-----------------------|--------------------------|
| <b>Estados Unidos</b> | 52%                      |
| <b>Europa</b>         | 15%                      |
| <b>Japón</b>          | 16%                      |
| <b>Australia</b>      | 10%                      |
| <b>Otros</b>          | 7%                       |

*Nota. Adaptado de Colección Trópico Húmedo. La producción de nuez de macadamia en el trópico húmedo de México: avances y retos en la gestión de la innovación (2013) por Escamilla Prado et al.*

El aumento en el consumo de la nuez de macadamia en Estados Unidos y a nivel mundial es significativo. Esto ha generado una gran cantidad de consumidores actuales y potenciales. Es crucial resaltar que la calidad de la nuez de macadamia es un factor clave en esta tendencia; un producto de alta calidad es altamente apreciado por los consumidores finales. Según el anuario estadístico 2023 publicado por el Concejo internacional de nueces y frutos secos (INC), en 2021 el consumo de nueces de macadamia alrededor del mundo ascendió a las 63,835 toneladas métricas, representando el 1% del consumo de nueces de árbol mundial (International Nut and Dried Fruit Council, 2023).

**Figura 14.** Consumo global estimado de nueces en 2021



*Nota. Adaptado de Nuts y Dried Fruits Statistical Yearbook (2023) por International Nut and Dried Fruit Council.*

El poder de negociación puede considerarse elevado, ya que estos países tienen la opción de adquirir nueces de macadamia de otras regiones donde las normas de calidad son más estrictas. Basándose en la UNECE STANDARD DDP-23 (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa), que es un estándar de calidad para las distintas variedades de macadamia, los procesos se han estandarizado, lo que intensifica la capacidad de negociación (Osiris, 2021).

El tamaño del mercado de macadamia se estima en 1.61 mil millones de dólares en 2024 y se espera que alcance los 2.69 mil millones de dólares en 2029, creciendo a una tasa compuesta anual del 10.88% durante el período previsto entre 2024 y 2029.

El mercado está creciendo más rápidamente debido a la importancia de los hábitos alimentarios saludables y la mayor demanda de alimentos proteicos de origen vegetal. Según el Gobierno de Canadá, se espera que la demanda de proteínas alcance los 953,5 millones de toneladas métricas para 2025, lo que incluye un aumento anual del 14% en proteínas de origen vegetal. Este aumento de la dependencia se está convirtiendo en un factor impulsor del mercado. La pandemia lo impulsó aún más. Los consumidores eligen cada vez más los frutos secos como opción de refrigerio saludable y los incorporan a sus dietas diarias, lo que da como resultado un crecimiento saludable del mercado a largo plazo (Mordor Intelligence Analytics,

2022). Con los crecimientos previstos para el mercado de la macadamia, se espera que haya más minoristas para satisfacer la demanda de los consumidores. Los clientes podrán ejercer un mayor poder de negociación a medida que el número de productores y canales de distribución incrementen. Esto significa que, podrán optar por productos y servicios de mayor calidad a menores precios.

Según el anuario estadístico 2023 publicado por el Concejo internacional de nueces y frutos secos (INC), las tasas de crecimiento anual más altas en los últimos diez años se observaron en las nueces y las macadamias (9%), seguidas de los anacardos (7%). Los cultivos de pistachos y nueces pecanas crecieron a una tasa promedio anual del 5%, mientras que las almendras y las avellanas crecieron a una tasa anual del 3%.

Acompañado de este crecimiento, se estima que el consumo de nueces de macadamia per cápita en Guatemala se encuentra entre las 0.007 y 0.240 toneladas métricas. Estos valores son superiores a los hábitos de consumo de nueces de macadamia en países como Italia y Rusia, demostrando que la macadamia tiene un alto índice de consumo en Guatemala (International Nut and Dried Fruit Council, 2023). A continuación, se muestra un cuadro del consumo estimado de nueces de macadamia en diferentes países.

**Figura 15. Consumo estimado de macadamia**




| COUNTRY      | 2017             |                            |   | 2018             |                            |   | 2019             |                            |   | 2020             |                            |   | 2021             |                            |   |
|--------------|------------------|----------------------------|---|------------------|----------------------------|---|------------------|----------------------------|---|------------------|----------------------------|---|------------------|----------------------------|---|
|              | Consumption (MT) | Cons. per capita (kg/year) | Estimated Cons. per capita (kg/year) <sup>2</sup> | Consumption (MT) | Cons. per capita (kg/year) | Estimated Cons. per capita (kg/year) <sup>2</sup> | Consumption (MT) | Cons. per capita (kg/year) | Estimated Cons. per capita (kg/year) <sup>2</sup> | Consumption (MT) | Cons. per capita (kg/year) | Estimated Cons. per capita (kg/year) <sup>2</sup> | Consumption (MT) | Cons. per capita (kg/year) | Estimated Cons. per capita (kg/year) <sup>2</sup> |
| China        | 9,941            | 0.007                      | 0.069   | 13,367           | 0.009                      | 0.092   | 17,821           | 0.012                      | 0.122   | 20,845           | 0.014                      | 0.142   | 21,154           | 0.015                      | 0.145   |
| USA          | 9,147            | 0.028                      | 0.113   | 12,990           | 0.040                      | 0.159   | 14,324           | 0.044                      | 0.174   | 12,181           | 0.037                      | 0.147   | 12,794           | 0.038                      | 0.152   |
| Australia    | 3,204            | 0.131                      | 0.262   | 3,999            | 0.161                      | 0.321   | 3,448            | 0.137                      | 0.274   | 3,284            | 0.129                      | 0.258   | 3,438            | 0.133                      | 0.265   |
| Germany      | 1,288            | 0.016                      | 0.078   | 4,264            | 0.051                      | 0.256   | 2,772            | 0.033                      | 0.166   | 2,370            | 0.028                      | 0.141   | 3,383            | 0.041                      | 0.203   |
| Japan        | 3,222            | 0.025                      | 0.077   | 2,791            | 0.022                      | 0.066   | 3,225            | 0.025                      | 0.077   | 3,056            | 0.024                      | 0.073   | 2,736            | 0.022                      | 0.067   |
| Korea, South | 681              | 0.013                      | 0.134   | 920              | 0.018                      | 0.180   | 627              | 0.012                      | 0.122   | 744              | 0.015                      | 0.145   | 1,027            | 0.020                      | 0.198   |
| Spain        | 522              | 0.011                      | 0.038   | 783              | 0.017                      | 0.056   | 698              | 0.015                      | 0.050   | 578              | 0.012                      | 0.041   | 971              | 0.020                      | 0.068   |
| Netherlands  | 543              | 0.032                      | 0.097   | 1,041            | 0.061                      | 0.185   | 478              | 0.028                      | 0.085   | 762              | 0.044                      | 0.135   | 755              | 0.043                      | 0.131   |
| Guatemala    | 398              | 0.023                      | 0.156   | 478              | 0.028                      | 0.185   | 127              | 0.007                      | 0.048   | 730              | 0.041                      | 0.272   | 634              | 0.036                      | 0.240   |
| Brazil       | 801              | 0.004                      | 0.038   | 746              | 0.004                      | 0.036   | 1,015            | 0.005                      | 0.048   | 397              | 0.002                      | 0.019   | 608              | 0.003                      | 0.028   |
| Canada       | 1,250            | 0.034                      | 0.068   | 973              | 0.026                      | 0.053   | 1,798            | 0.048                      | 0.096   | 570              | 0.015                      | 0.030   | 591              | 0.015                      | 0.031   |
| Italy        | 294              | 0.005                      | 0.020   | 339              | 0.006                      | 0.022   | 343              | 0.006                      | 0.023   | 269              | 0.004                      | 0.018   | 337              | 0.006                      | 0.023   |
| France       | 300              | 0.005                      | 0.018   | 520              | 0.008                      | 0.032   | 356              | 0.005                      | 0.022   | 418              | 0.006                      | 0.026   | 337              | 0.005                      | 0.021   |
| UK           | 532              | 0.008                      | 0.040   | 477              | 0.007                      | 0.035   | 473              | 0.007                      | 0.035   | 361              | 0.005                      | 0.027   | 333              | 0.005                      | 0.025   |
| Malaysia     | 272              | 0.009                      | 0.034   | 482              | 0.015                      | 0.061   | 276              | 0.009                      | 0.035   | 249              | 0.008                      | 0.031   | 324              | 0.010                      | 0.039   |
| Israel       | 74               | 0.009                      | 0.059   | 264              | 0.032                      | 0.210   | 193              | 0.023                      | 0.151   | 215              | 0.025                      | 0.166   | 308              | 0.035                      | 0.231   |
| Russian Fed. | 27               | 0.000                      | 0.001   | 55               | 0.000                      | 0.002   | 83               | 0.001                      | 0.003   | 190              | 0.001                      | 0.006   | 286              | 0.002                      | 0.010   |
| Colombia     | 231              | 0.005                      | 0.031   | 342              | 0.007                      | 0.046   | 259              | 0.005                      | 0.034   | 270              | 0.005                      | 0.035   | 251              | 0.005                      | 0.032   |
| Switzerland  | 241              | 0.029                      | 0.038   | 1,480            | 0.174                      | 0.231   | 320              | 0.037                      | 0.050   | 256              | 0.030                      | 0.039   | 232              | 0.027                      | 0.036   |
| Singapore    | 107              | 0.019                      | 0.075   | 142              | 0.025                      | 0.099   | 61               | 0.011                      | 0.042   | 178              | 0.030                      | 0.121   | 216              | 0.036                      | 0.146   |
| WORLD TOTAL  | 49,914           | 0.009                      |   | 57,504           | 0.011                      |   | 60,627           | 0.011                      |   | 63,025           | 0.011                      |   | 63,835           | 0.010                      |   |

Nota. Adaptado de Nuts y Dried Fruits Statistical Yearbook (2023) por International Nut and Dried Fruit Council.

Para la cadena de valor de la macadamia en Guatemala y considerando que, en los siguientes años, la producción de macadamia se verá incrementada debido a la inserción de China al mercado (International Nut and Dried Fruit Council, 2023), se deben tomar en cuenta los productos que actualmente tienen comercialización el mercado de esta nuez.

Para establecer claramente la competencia en cuanto a precios, presentaciones, formas de ventas, ventajas que ofrece y las ubicaciones de venta, se realizó una investigación tomando en cuenta las diferentes formas y presentaciones de venta de la macadamia. Ya que en Guatemala está muy limitada la transformación de esta nuez, se incluyeron productos disponibles en norte, centro y Suramérica. Algunas de las marcas, precios ventajas y ubicación se muestran en la tabla a continuación para facilitar la visualización.

**Tabla 11.** Comparación de productos basados en macadamia

| Marca          | Presentación  | Precio                        | Forma de venta                                     | Ventajas   | Ubicación                       |
|----------------|---|-------------------------------|--|--|---------------------------------|
| Karay          |  | Q85.00                        | 200 gramos<br>7.05 onzas                           | Alternativa a otras harinas. Sin procesos químicos, sin preservantes, sin gluten ni azúcares.            | Tiendas gourmet en línea.       |
| Caring Candies |  | Q79.18                        | 1000 gramos  | Con certificación Kosher y Halaal, esta harina es naturalmente libre de azúcar, gluten, trigo y lácteos. | Tienda Online                   |
| Terrae         |  | Q 48.00<br>Q 48.00<br>Q 50.00 | 300 gramos<br>300 gramos, con arroz*<br>500 gramos | Harina 100% natural, baja en carbohidratos, proteína moderada, libre de gluten y sin azúcar.             | Tienda online y redes sociales. |

| Marca         | Presentación  | Precio                           | Forma de venta                           | Ventajas   | Ubicación  |
|---------------|---|----------------------------------|--|--|--|
| Gold Medal    |    | Q 18.45<br>Q 40.40<br>Q 37.75    | 908 gramos<br>2.2 kilogramos<br>5 libras | Alto nivel de proteína y largo tiempo de vida. Textura balanceada y alta resistencia a procesos artesanales.             | Supermercado La Torre, Paiz, Walmart y tiendas variadas. |
| Presto Sales  |    | Q 202.99<br>Q 312.32<br>Q 491.95 | 1 libra<br>2 libras<br>5 libras          | Producto vegano, bajo en carbohidratos con un sabor rico y dulce y grasas monoinsaturadas saludables.                    | Amazon, compras en línea.                                |
| Jireh Gourmet |  | Q 185.20<br>Q 1,797.27           | 1 kilogramo<br>10 kilogramos             | Producto nutritivo con grasas monoinsaturadas, aumentando los niveles de antioxidantes y reduciendo la presión arterial. | Tiendas gourmet en línea.                                |
| Valhalla      |  | Q55.00                           | 227 gramos                               | Sin gluten, sin procesamientos químicos y nutrientes que benefician a la salud.  | Finca Valhalla, San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.         |

*Nota. Elaboración propia*

Analizar y evaluar claramente los productos sustitutos es crucial, especialmente para productos a base de macadamia. Los sustitutos pueden influir significativamente en la demanda y la competitividad del mercado. Conocer los precios, presentaciones, formas de venta, ventajas y ubicaciones de estos productos permite a las empresas de macadamia anticipar cambios en las preferencias del consumidor y ajustar sus estrategias de marketing y producción en consecuencia

Existen distintos productos sustitutos de la macadamia desde productos para la piel como productos que están hechos a base de otros ingredientes y que ofrecen los mismos beneficios que la macadamia.

#### 7.1.2.3 Amenaza de productos sustitutos





Como se mencionó anteriormente, las nueces de macadamia han tenido un crecimiento en los últimos años, debido al crecimiento en la popularidad de productos e insumos vegetales. Existen diversas nueces y frutos secos que pueden servir como sustitutos de la macadamia, tales como la nuez pecana, las almendras, la nuez de Brasil, la nuez de marañón y el maní tradicional. Estas alternativas pueden ofrecer perfiles de sabor y textura similares, lo que puede atraer a consumidores que buscan opciones más económicas o con diferentes características nutricionales. La mantequilla de maní y otras mantequillas de nueces (como la de almendra) son populares y pueden ser vistas como sustitutos de la mantequilla de macadamia. Estas opciones son a menudo más accesibles, ya que su procesamiento tiene un menor costo, y tienen un mercado bien establecido. Adicionalmente, los snacks y productos alimenticios que contienen nueces o frutos secos como ingredientes pueden competir con la macadamia. Por ejemplo, mezclas de frutos secos o barras de proteínas que incluyen nueces más comunes pueden ser más atractivas para los consumidores (Cardassilaris, 2021).






Es fundamental resaltar que la nuez de macadamia es un producto versátil, lo que implica una gran posibilidad de hallar productos alternativos en las diversas industrias donde se utiliza actualmente, como la industria alimentaria, la cosmética y en la producción de derivados a partir de sus residuos. A continuación, se describen los productos sustitutos en el mercado, junto con sus precios y medio de adquisición.

##### 7.1.2.3.1 Mantequilla de macadamia

Productos como la mantequilla de almendra, son un producto altamente demandado ya que la almendra tiene distintos beneficios a la salud. De igual manera, es un producto destinado a personas con estilos de vida saludables o intolerancias al gluten. La mantequilla de macadamia es un producto altamente solicitado en el mercado ya que su presentación hace fácil su utilización. Se pueden preparar desde comidas y meriendas sencillas a platillos elaborados. Existen distintas marcas de mantequilla de macadamia, como las que se muestran a continuación en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Mantequillas de macadamia disponibles en el mercado.

| Marca               | Precio   | Presentación  | Forma de venta       | Ventajas  | Ubicación   |
|---------------------|----------|---|----------------------|---|---|
| Karay               | Q 44.38  |    | Presentación de 128g | Producto elaborado por macadamia de calidad beneficiosas para personas celiacas, y se usa almendra tostada.                   | Tiendas gourmet en línea.                                   |
| Bite                | Q 82.00  |   | Presentación de 227g | Está llena de proteínas, fibras y grasas saludables. Es segura para personas con sensibilidad al gluten o enfermedad celíaca. | Tienda Oficial Bite, supermercados, GNC y tiendas en línea. |
| Barney Butter       | Q 102.96 |  | Presentación de 454g | Producto totalmente natural hecha con almendras de calidad de California y es beneficiosa para la salud.                      | Amazon  |
| Mother Nature Foods | Q 60.00  |  | Presentación de 216g | Producto 100% natural libre de químicos y preservantes. Son altas en proteína, vitaminas,                                     | Tienda oficial Mother Nature Foods.                         |


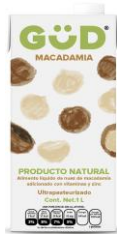

| Marca    | Precio  | Presentación  | Forma de venta          | Ventajas  | Ubicación                         |
|----------|---------|---|-------------------------|---|-----------------------------------|
|          |         |   |                         | minerales y antioxidantes   |                                   |
| Kirkland | Q 69.12 |    | Presentación de 765g    | Mantequilla cremosa elaborado con almendra tostada, con aportes de proteínas y vitaminas para el cuerpo humano. | Pricesmart                        |
| Tosh     | Q 57.00 |   | Presentación de 280g    | No contiene azúcar añadida y tiene distintas fuentes de proteína beneficiosas para la salud.                    | Supermercados                     |
| UAC      | Q 67.00 |  | Presentación de 170g    | Producto 100% natural y artesanal.  | Tiendas kemic y tiendas en línea. |
| Aljana   | Q 72.00 |  | Presentación de 430g    | Producto 100% natural elaborado de manera artesanal.  | Localito GT                       |
| Mayakat  | Q 85.00 |  | Presentación de 283.49g | Producto vegano, libre de gluten, azúcar y sin aceites.   | Tienda en línea mayakat.          |

*Nota. Elaboración propia*

### 7.1.2.3.2 Leche de macadamia

La leche de macadamia es una presentación muy solicitada ya que como es líquido se puede preparar licuados o incluso cocinar con ella brindarnos no sólo nutrientes, sino que un toque de sabor a las comidas. En el mercado ya existen distintas marcas de leche de macadamia como las siguientes:

**Tabla 13.** Leche de macadamia disponible en el mercado

| Marca      | Precio  | Presentación  | Forma de venta         | Ventajas   | Ubicación  |
|------------|---------|---|------------------------|--|--|
| Milkadamia | Q 49.00 |   | Presentación de 946 ml | Tiene 50% más calcio que la leche, contiene vitamina D y Vitamina B12. Puede ser consumida por personas veganas, intolerantes al gluten y lactosa. | Ebay (tienda en línea) y Tiendas Saúl en Guatemala |
| Güd        | Q 55.00 |  | Presentación de 1L     | Es un producto libre de lactosa y OGM. Al igual que es un producto beneficioso para las personas veganas.  | Verde Venus (tienda en línea)                      |
| Del Alba   | Q 58.00 |  | Presentación de 946 ml | Buena fuente de vitamina D y de calcio. Está elaborado con el 100% de la nueza.  | Del Alba (tienda en línea).                        |

*Nota. Elaboración propia*




La leche a base de macadamia y otras nueces es más costosa que la leche tradicional por varias razones. Primero, el costo de las nueces, como las macadamias, es significativamente más alto debido a su cultivo y cosecha, que requieren más tiempo y recursos. Además, el proceso de producción de leche de nuez implica pasos adicionales, como la molienda y el

filtrado, que aumentan los costos de fabricación. También, la demanda de estos productos suele ser menor en comparación con la leche de vaca, lo que puede resultar en economías de escala menos favorables. Finalmente, muchos productos de leche de nuez se comercializan como opciones premium, lo que también contribuye a su precio más elevado.

#### 7.1.2.3.3 Harina de nueces

Aunque no es un producto muy conocido, con el paso del tiempo su popularidad ha aumentado ya que es una harina muy versátil para cocinar. En el mercado internacional y guatemalteco se encuentran las siguientes marcas:

**Tabla 14.** Harinas alternativas disponibles en el mercado

| Marca          | Precio   | Presentación  | Forma de venta         | Ventajas   | Ubicación                             |
|----------------|----------|---|------------------------|--|---------------------------------------|
| Terrae         | Q 50.00  |   | Presentación de 100 g. | Es harina ideal para realizar pasteles, galletas, panqueques entre otros platillos. Al igual no tiene ningún preservante y está libre de gluten. | Nutrimarket gt                        |
| Bob's Red Mill | Q 134.90 |  | Presentación de 453 g. | Es una harina ideal para personas celíacas o intolerantes al gluten. Se puede elaborar una gran variedad de productos con esta harina.           | Supermercado La Torre, Paiz, Walmart. |
| Karay          | Q 67.00  |  | Presentación de 200 g. | Es una harina alternativa, no pasa por ningún proceso químico de blanqueamiento o refinamiento. Es vegano y keto friendly.                       | Tiendas Karay en Guatemala            |

*Nota. Elaboración propia*

#### 7.1.2.3.4 Harina de cacay

La harina de cacay no es un producto muy conocido en Centroamérica. Sin embargo, en América del Sur ha tenido un crecimiento en los últimos años. Colombia es de los países en los cuales más se produce esta nuez y se produce harina. La harina de cacay se obtiene durante el proceso de prensado en frío de la nuez de cacay (*Caryodendron Orinocense* Karsten). Este producto es conocido por su alto contenido de proteína de origen vegetal, lo que la hace apta para veganos. Además, es rica en fibra, calcio, fósforo, potasio y omegas. La harina de cacay es un suplemento alimenticio de alto valor nutricional, que contiene todos los aminoácidos esenciales y es más digestible que la harina de soya (Celis-Carmona et al., 2024).

**Tabla 15.** Harina de Cacay disponible en el mercado

| Marca              | Precio  | Presentación  | Forma de venta         | Ventajas  | Ubicación                                      |
|--------------------|---------|---|------------------------|---|--|
| Tacay natural oils | Q89.15  |  | Presentación de 100 g. | Es de origen vegetal, es versátil para cocinar. Se consume mucho en las dietas Keto o en personas que consumen low carbs.                         | Tienda en línea de Tacay Natural Oils Colombia |
| El molino Verde    | Q 77.15 |  | Presentación de 250 g. | Es rica en proteínas de origen vegetal, fibra, omega, calcio, potasio y fósforo. Tiene el doble contenido de proteínas que la harina de almendra. | Tiendas en línea de El Molino Verde Colombia.  |

*Nota. Elaboración Propia*

#### 7.1.2.3.5 Amenaza de nuevos competidores

El principal competidor en el mercado de la nuez de macadamia es Australia. Es el mayor productor de nuez de macadamia, con una producción que supera las 45,000 toneladas anuales. El país se beneficia de condiciones climáticas ideales y una larga tradición en el cultivo

de esta nuez, que se remonta a los años 1800. El segundo mayor productor de esta nuez es Sudáfrica. Con una producción aproximada de 30,000 toneladas, Sudáfrica ha incrementado su cultivo en los últimos años, convirtiéndose en un competidor significativo en el mercado global. El tercer puesto lo ocupa Estados Unidos, principalmente el estado de Hawái, en el cual la producción de macadamia ronda las 20,000 toneladas anuales. La industria en Hawái se ha desarrollado durante décadas, enfocándose en la calidad del producto. Aunque su producción es menor, Israel ha comenzado a cultivar macadamia y se estima que produce alrededor de 2,000 toneladas anuales. El enfoque está en la innovación y el uso de tecnologías avanzadas en la agricultura.

Algunos países que están entrando en el mercado a nivel internacional en producción de macadamia son Ecuador y Guatemala. En Ecuador existen alrededor de 700 hectáreas cultivadas en zonas como Puerto Quito, La Unión, Santo Domingo, la vía a Esmeraldas, La Concordia y en la región Amazónica. Los principales agricultores son extranjeros, aunque en los últimos años se han sumado un número importante de ecuatorianos (Urquiza et al., 2010).

Por su parte, Guatemala exporta aproximadamente el 90% de su producción, siendo Estados Unidos y China sus principales países de destino. (U.S. Department of Agriculture, 2019). Adicionalmente, según el Servicio de Agricultura del Exterior de Estados Unidos, para el año 2015, Guatemala contaba con un aproximado de 3,760 hectáreas de cultivo de nuez de macadamia de las cuales 1,610 son cultivadas dando un rendimiento de 9,360 toneladas. Se estimó que para el año siguiente dicha producción se incrementaría a 9800 toneladas métricas, así como su área de plantación aumentaría a 3875 hectáreas de las cuales serían cultivadas 1690 hectáreas (U.S. Department of Agriculture, 2019).

En informe emitido en el año 2013 se presenta un aumento en la producción de un 25% con una tendencia estimada para los siguientes años similar debido al incremento en plantaciones nuevas y por lo tanto el inicio de recolección de frutos de nuevos árboles (U.S. Department of Agriculture, 2019). Si bien es cierto que Guatemala cuenta con un buen incremento en sus plantaciones, la calidad de la nuez es muy variable debido a su dependencia total de las lluvias al no ser la mayor parte de sus plantaciones con regadío. El estándar de la calidad del fruto guatemalteco está por debajo del australiano, hawaiano y costarricense (U.S. International Trade Commission, 2010).

A continuación, se establecen las barreras de entrada y salida que presenta el mercado para nuevos competidores en la producción de nuez de macadamia.

**Tabla 16.** *Barreras de entrada y salida en el mercado de macadamia*

| <b>Barreras de entrada</b>           |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Economías de escala</b>           | Los países ya establecidos en la producción de macadamia, como Australia y Sudáfrica, pueden beneficiarse de economías de escala, lo que les permite reducir costos y ofrecer precios más competitivos.                       |
| <b>Inversión</b>                     | La inversión inicial para establecer plantaciones de macadamia puede ser alta, ya que los árboles tardan entre 6 y 7 años en producir nueces comercialmente, lo que representa un riesgo significativo para nuevos entrantes. |
| <b>Calidad del producto</b>          | La reputación de calidad de los productos de macadamia de países como Australia y Estados Unidos puede dificultar que nuevos competidores logren posicionarse en el mercado.  |
| <b>Distribución</b>                  | La distribución en las ubicaciones altamente expuestas debe de cumplir con todos los requerimientos propuestos por las empresas y normas establecidas.  |
| <b>Lealtad de cliente a la marca</b> | El ser una marca nueva, posiciona al producto en un nivel no reconocido, ya que los clientes presentan fidelidad a otras marcas, sean competencia o sustituto, debido a que aún no conocen nuestros beneficios y calidad.     |
| <b>Carácter legal</b>                | Para entrar al mercado como una marca de prestigio, se debe invertir en permisos y ciertas certificaciones necesarias para tener un producto reconocido de valor.   |
| <b>Barreras de salida</b>            |   |
| <b>Impacto en la comunidad</b>       | El retirarse del mercado significa retirar un producto preferido por clientes, reducir los trabajos en las comunidades donde se tenga la producción, y reducción de beneficios apoyando al                                    |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
|                             | aumento del PIB del país.   |
| <b>Ciclos de producción</b> | Los ciclos de producción pueden interferir debido a que el ciclo de la macadamia es bastante largo, lo que indica que no cualquier momento es oportuno para dar de baja del mercado, y a pesar de que se sufran pérdidas en el proceso de producción y venta, se debe acoplar al ciclo de producción. |

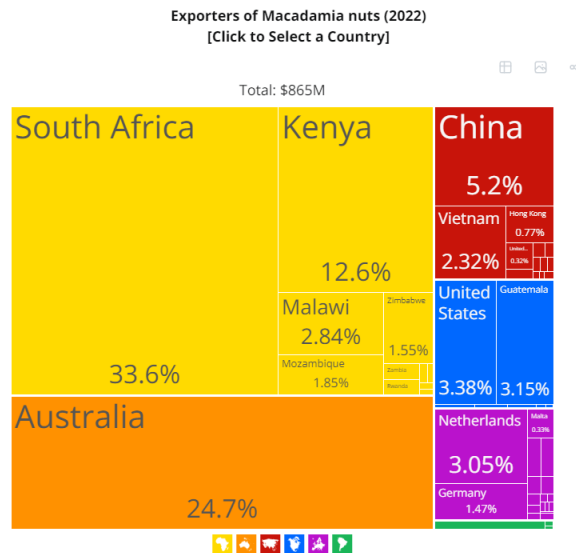
*Nota. Elaboración propia*

A nivel nacional, la competencia entre los actores de la cadena de valor de la nuez de macadamia no se considera de alta intensidad. Dado que el mercado de la nuez de macadamia permite el suministro por parte de múltiples productores, la rivalidad es limitada. Además, debido al constante aumento de la demanda, los agricultores se enfocan principalmente en vender su producción, buscando siempre obtener el mayor margen posible. En cambio, entre los exportadores, la competencia es algo más elevada, ya que luchan entre sí por aumentar su volumen de exportación. Esto se debe a que suelen estar organizados en programas, asociaciones o comités con mercados de importación ya establecidos.

#### 7.1.2.3.6 Intensidad de la rivalidad

Existe una amenaza considerable por parte de múltiples competidores internacionales que desean aumentar su participación en las exportaciones de macadamia. Los exportadores con más participación en el mercado se muestran en la siguiente figura, con su respectivo porcentaje de participación en el mercado según el país. En 2022, los principales exportadores de nueces de macadamia fueron Sudáfrica (\$291 millones), Australia (\$214 millones), Kenia (\$109 millones), China (\$45 millones) y Estados Unidos (\$29,3 millones) (Observatorio de Complejidad Económica, 2022).

**Figura 16. Exportadores de macadamia en el año 2022**



*Nota. Adaptado de Porcentaje de Exportadores de macadamia (2022) por Observatorio de Complejidad Económica*

Referente a la Figura 16 y de acuerdo con la Asociación de macadamia de Australia (AMS), en dicho país existen alrededor de 700 productores de nuez de macadamia de los cuales aproximadamente el 90% de los mismos pertenecen a la AMS y producen el 96% de la producción anual del país. Dicha fundación tiene como objetivo “promover y coordinar todos los aspectos de la industria, para fomentar el libre intercambio de ideas e información y fomentar la buena voluntad entre los miembros” (Australian Macadamia Society, 2022) (Osiris, 2021).

Sudáfrica exporta el 95% de su producción, siendo Europa su principal destino, seguido por Estados Unidos. El incremento en las áreas de cultivo de nuez de macadamia de Sudáfrica ha permitido poner a este país entre los principales productores de esta nuez. Para el año 1996 se contaba con 1.1 millones de árboles y 3,533 hectáreas de cultivo, estas cifras aumentaron significativamente para el año 1998 en 1.5 millones de árboles y 5,000 hectáreas aproximadamente. La mitad de estos árboles son ya productivos hoy en día (Australian Macadamia Society, 2022).

Sudáfrica se ha convertido en una competencia importante para los productores de nuez de macadamia de Estados Unidos y Australia debido a su acelerado crecimiento al contar con

un gran número de árboles jóvenes que pronto rendirán sus frutos. Se considera que la nuez proveniente de este país aún tiene algunos problemas que superar relacionados a la calidad. Las técnicas de procesamiento, así como los árboles sudafricanos producen frutos de menor calidad que no son bien vistos por los compradores internacionales (U.S. International Trade Commission, 2010).

El mercado de exportación de macadamia es bastante competitivo, se puede observar en la figura anterior que Sudáfrica es el proveedor del 33.6% del mercado mundial. Este porcentaje da espacio para que otros países puedan entrar en esta competencia. En el año 2022, las exportaciones de Guatemala suplieron un 3.15% del mercado global de macadamia (Observatorio de Complejidad Económica, 2022).

A nivel macroeconómico, la intensidad de la rivalidad de los competidores en el mercado de macadamia es alta. Los principales proveedores mundiales cuentan con un mercado bien posicionado en los países consumidores, mayor difusión del cultivo, automatización del proceso, y mano de obra calificada. Haciendo que el producto sea de mayor calidad que la que existe en Guatemala. La imposición u obtención de diferentes certificaciones de calidad también afecta el posicionamiento competitivo de Guatemala, ya que la nuez producida por este país se ve afectada por la irregularidad climática y falta de control de calidad.

Guatemala destaca en la producción de nuez de macadamia; sin embargo, enfrenta una alta competencia en la cadena de valor debido a la rivalidad en el mercado internacional. Todos los países productores, incluido Guatemala, están trabajando en la promoción de su marca nacional de nuez de macadamia. Para fortalecer el sector nacional, es necesario no solo invertir en empresas o productores individuales, sino también coordinar esfuerzos para que toda la producción guatemalteca sea más competitiva globalmente. La percepción de los productores guatemaltecos influye en la valoración y el precio de la nuez en los mercados internacionales. Para alcanzar este objetivo, es crucial la colaboración entre los distintos actores de la cadena de valor, además de la integración de tres componentes clave: el gobierno, el sector privado y las instituciones financieras. De este modo, se puede impulsar estratégicamente el crecimiento del sector de la nuez de macadamia en Guatemala (Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales, 2008).

En general, el análisis de las 5 fuerzas de Porter indica que el mercado de la macadamia en Guatemala enfrenta desafíos significativos debido a la alta competencia y la presión de productos sustitutos. Las diferentes barreras de entrada y el poder de negociación de los proveedores ofrecen oportunidades para que los productores locales se establezcan y crezcan en el mercado. Para tener éxito, será crucial que los productores de macadamia en Guatemala se enfoquen en la calidad del producto, la innovación y la construcción de una marca sólida que pueda competir con los actores establecidos a nivel global.

### 7.1.3 Cadena de valor nacional de la nuez de macadamia

La cadena de valor de la nuez de macadamia en Guatemala representa una oportunidad estratégica para el desarrollo económico y agrícola del país. Este cultivo ha sido elegido debido a sus numerosas ventajas tanto ecológicas como económicas. Guatemala cuenta con condiciones climáticas ideales, como suelos fértiles y un clima tropical adecuado, que favorecen el crecimiento óptimo de la macadamia. Además, la nuez de macadamia tiene una alta demanda en los mercados internacionales debido a sus propiedades nutricionales y aplicaciones en diversas industrias, desde la alimentaria hasta la cosmética. La siembra de macadamia también contribuye a la diversificación agrícola, permitiendo a los productores locales reducir riesgos económicos asociados a la dependencia de cultivos tradicionales. En conjunto, estas características justifican la inversión en la cadena de valor de la macadamia, promoviendo el desarrollo sostenible y la competitividad internacional de Guatemala.

El mercado global de la macadamia está creciendo más rápidamente debido a la importancia de los hábitos alimentarios saludables y la mayor demanda de alimentos proteicos de origen vegetal. De acuerdo con el Gobierno de Canadá, se espera que la demanda de proteínas alcance los 953.5 millones de toneladas métricas para 2025, lo que incluye un aumento anual del 14% en proteínas de origen vegetal. Este aumento de la dependencia se está convirtiendo en un factor impulsor del mercado. La pandemia lo impulsó aún más. Los consumidores eligen cada vez más los frutos secos como opción de refrigerio saludable y los incorporan a sus dietas diarias, lo que da como resultado un crecimiento saludable del mercado a largo plazo (Mordor Intelligence Analytics, 2022).

En Guatemala, una gran parte de la siembra de macadamia empezó en asocio con el cultivo de café. Los agricultores recurrieron a la plantación de esta nuez para diversificar sus

ingresos y aprovechar el recurso de sombra que ofrece este árbol para el café. Su cultivo ha sido una práctica establecida desde alrededor de 1970, pero en los últimos 10 ha cobrado especial relevancia debido a la popularidad y aporte nutricional de esa nuez, factores que impulsan un constante crecimiento de su demanda (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019). En esta sección del trabajo se procede a identificar y describir los distintos actores y actividades que conforman la cadena de valor de la macadamia en Guatemala. Esto, con el objetivo de documentar y analizar de manera sistemática todas las etapas que atraviesa el producto hasta llegar al consumidor, junto con los procesos que añaden valor al mismo. A partir de la documentación de la cadena de valor, se podrán visualizar las ventajas competitivas y oportunidades de mejora para el sector de macadamia. Con el mapeo de la cadena de valor, los productores guatemaltecos pueden desarrollar estrategias para diferenciarse en el mercado, mejorar su posicionamiento y responder de manera efectiva a las tendencias del mercado global.

Partiendo de la premisa anterior, la estructuración de la cadena de valor a continuación se divide en dos partes. La primera se realizó a través de la metodología propuesta por Michael Porter. En la segunda, se describe la cadena de valor actual y los actores que la conforman en cinco eslabones. Estos cinco eslabones son: proveedores de insumos, producción primaria, transformación, distribución y comercialización y, por último, el consumidor final. La segunda parte tiene como objetivo describir la cadena de valor de manera resumida, haciendo énfasis en los distintos eslabones que la conforman. A partir de los hallazgos obtenidos al realizar el análisis con el modelo de Michael Porter y, ya que se trata de una cadena de valor puramente agrícola, se adaptará lo más posible a este modelo, aunque su naturaleza no sea en su totalidad la de una empresa. A pesar de que este último modelo facilita el entendimiento de todas las partes involucradas en la cadena de valor nacional, es más conveniente presentar la cadena de valor en cinco eslabones.

#### 7.1.3.1 Componentes de las actividades de la cadena de valor de la macadamia según el modelo Michael Porter

En esta primera parte, se describen los aspectos generales de la cadena de valor de la macadamia en Guatemala. Para plasmar esta información, se utilizó la metodología de Michael Porter para las cadenas de valor. Esta metodología representa una base para el diseño de la cadena de valor nacional de la macadamia, además de que facilita la comparación con otras cadenas de valor en diferentes industrias y países. Adicionalmente, este modelo permite un

análisis integral de los procesos productivos involucrados con la macadamia. Como resultado, el seguimiento de esta estructura contribuye a una mejor comprensión de la cadena de valor de la macadamia.

#### 7.1.3.1.1 Actividades primarias

##### 7.1.3.1.1.1 Logística de entrada

La logística de entrada en la cadena de valor inicia con la recepción de insumos. Esta etapa también incluye la recepción, almacenamiento y distribución de materias primas necesarias para la producción. En esta etapa, también se contempla la adquisición de materiales, equipo agrícola y agro insumos para el funcionamiento y mantenimiento de una finca productora, empresa empacadora y planta de procesamiento del producto. Entre estos insumos se pueden mencionar la adquisición de injertos o plántulas de macadamia. Las plántulas son la base del cultivo. Es crucial obtener variedades de alta calidad que sean resistentes a enfermedades y que se adapten bien a las condiciones climáticas locales. El uso de agroquímicos, como fungicidas e insecticidas, es necesario para proteger los cultivos de plagas y enfermedades que pueden afectar la producción. Se requieren diversas herramientas y maquinaria para el cultivo, como tractores, sistemas de riego, herramientas de poda y equipos de cosecha. La mano de obra calificada es crucial para manejar las operaciones de cultivo, desde la siembra hasta la cosecha y el procesamiento. La capacitación del personal en técnicas de cultivo y manejo también es fundamental para asegurar una producción exitosa.

Algunas empresas agrícolas, como Royal Select, Alimentos Selectos y Swiss Gourmet que operan en el país poseen sus propios programas de producción de plántulas o colaborar con viveros para asegurar un suministro constante de plantas de calidad. Por otra parte, los viveros de la región obtienen semillas de mercados cantonales, tales como la terminal o la Central de Mayoreo CENMA. La calidad de las semillas y plántulas es fundamental para el establecimiento exitoso de las fincas de macadamia, ya que influye en el rendimiento y la salud de los árboles a largo plazo. Por lo tanto, los productores deben asegurarse de adquirir plántulas de fuentes confiables y reconocidas en el sector.

#### 7.1.3.1.1.2 Operaciones

##### 7.1.3.1.1.2.1 Producción

La producción de macadamia en Guatemala se ha enfrentado adversidades en los últimos años. No solo por el impacto de la pandemia del virus COVID-19, dificultando todas las actividades de distribución y producción, pero además se han unido al mercado potencias de producción mundiales como China, haciendo la competencia por suplir la demanda mucho más complicada. Guatemala tiene climas tropicales que favorecen el crecimiento y buen desarrollo del árbol de macadamia. Esto representa una ventaja para suplir la demanda de mercados internacionales, incluyendo países como China, Japón, Estados Unidos y Francia (International Trade Centre ITC, 2023).

La macadamia presenta un ciclo vegetativo que se caracteriza por su crecimiento continuo a lo largo del año, aunque con variaciones estacionales. Los árboles de macadamia muestran un crecimiento vegetativo durante todo el año, con tasas más altas en mayo, junio y julio en el caso de Guatemala. La floración de la macadamia generalmente ocurre entre junio y agosto. Este período puede variar ligeramente dependiendo de las condiciones climáticas específicas de la región y del manejo agronómico. La recolección de las nueces de macadamia se lleva a cabo durante todo el año, pero hay una temporada alta de cosecha que se extiende desde septiembre hasta febrero. Durante estos meses, los productores pueden esperar un mayor volumen de producción, lo que facilita la planificación de las actividades de cosecha y comercialización (Donis, 2016).

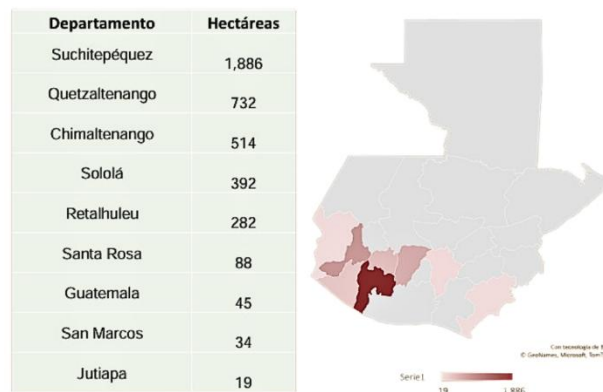
Según el informe de Determinación de la Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra a escala 1: 50,000 de la República de Guatemala, Año 2,020, los cultivos permanentes arbóreos (palma de aceite, hule, mango, cítricos, frutales deciduos y otros) se ubican en una extensión territorial de 363,106 hectáreas, las cuales en términos relativos cubren el 3.33 % de la superficie nacional. Está integrada por los cultivos siguientes: palma de aceite, hule, mango, cítricos, frutales deciduos, pejobaye, coco, cacao, aguacate, macadamia, rambután, jocote y otros.

Otros cultivos permanentes arbóreos de esta categoría son: macadamia, aguacate, cacao, coco, pejobaye, jocote, mangostán y rambután, con una superficie de 15,843.11 hectáreas, equivalentes al 0.15 % del territorio nacional. En cuanto a los Sistemas agroforestales (café con

cardamomo, café con banano, café con macadamia), esta categoría está constituida por cultivos permanentes en sistemas mixtos, como la combinación de café y cardamomo, café con banano y café con macadamia, ocupa una extensión de 127,390 hectáreas, ubicados en el 1.17 % de la superficie territorial del país. Se distribuye en los departamentos de Alta Verapaz 74,264.80 ha, Huehuetenango 14,590.63 ha, Baja Verapaz 7,455.61 ha, Quiché 4,899.47 ha y Santa Rosa 208.71 ha, entre otros (Dirección de información geográfica, estratégica y gestión de riesgos y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2021).

Según la Asociación de Macadamia de Guatemala, actualmente se tienen más de 13,00 hectáreas sembradas y aproximadamente 3 millones de árboles en producción. La producción exportada en 2022 fueron 15,200 toneladas, en el 2023 alrededor de 13,000 toneladas y este año es menor debido al impacto del cambio climático sobre lo cultivos. Los meses de principal producción son mayo, junio y julio, pero se produce en menores volúmenes todo el año.

**Figura 17.** Hectáreas destinadas al cultivo de macadamia (2020)



*Nota.* Adaptado de Información brindada por el sector de Inteligencia de negocios de AGEXPORT (2020) por Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

Según los registros del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) del año 2020, la producción nacional de macadamia tiene una mayor concentración en el departamento de Suchitepéquez, con alrededor de 1,886 hectáreas plantadas. En segundo lugar, se encuentra el departamento de Quetzaltenango, con alrededor de 732 hectáreas sembradas, menos de la mitad que en Suchitepéquez. El resto de las hectáreas de árboles de macadamia se dividen en los departamentos de Chimaltenango, Sololá, Retalhuleu, Santa Rosa, Guatemala, San Marcos y Jutiapa, representando menos volumen de producción, pero demostrando que la macadamia es un cultivo que puede ser cosechado en numerosos territorios del país.

#### 7.1.3.1.1.2.2 Rendimientos

Los rendimientos promedio en los principales países productores en sistema de monocultivo, y con un nivel tecnificado, se encuentra en el orden de los 4,000 a 5,000 kilogramos de nuez en concha por hectárea, es decir, de 4 a 5 TM/ha, aunque la literatura menciona la obtención de rendimientos más altos. El comportamiento de la producción de acuerdo con la edad de los árboles estaría alrededor de los siguientes valores, con el inicio de la producción comercial a partir del quinto año de plantado, y estabilización de la producción entre 10 a 12 año (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

**Tabla 17.** Rendimientos de producción de la macadamia

| Año | Libras/Árbol | Libras/Hectárea | Kh/Hectárea |
|-----|--------------|-----------------|-------------|
| 5   | 3            | 600             | 273         |
| 6   | 6            | 1,200           | 545         |
| 7   | 15           | 3000            | 1,364       |
| 8   | 25           | 5000            | 2,273       |
| 9   | 40           | 8,000           | 3.636       |
| 10  | 55           | 11,000          | 5,000       |
| 11  | 65           | 13,000          | 5,900       |
| 12  | 75           | 15,000          | 6,800       |

*Nota. Adaptado de Análisis de la cadena de valor para nuez de macadamia en las comunidades del municipio de Nuevo Progreso, departamento de San Marcos, por Rohr, L. (2019) Programa de Agricultura-CRS Guatemala.*

#### 7.1.3.1.1.2.3 Procesamiento de la nuez de macadamia

Actualmente, el 90% de la producción de macadamia en Guatemala es exportada, principalmente a China, Estados Unidos, Japón, Francia y Holanda. Por esta razón, existen muy pocas actividades de transformación para la nuez. Solo existen alrededor de tres empresas mayores que se dedican a dar un valor agregado a la macadamia, como lo son Swiss Gourmet, Alimentos Selectos e Inguamasa.

Otra forma de agregar valor para el consumidor es a través de la obtención de certificaciones que respaldan la calidad y procesos aplicados a la nuez. Entre algunas de estas certificaciones se encuentra la Certificación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Norma ISO 22000; la cual establece los requisitos para un sistema de gestión de la inocuidad alimentaria y el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control HACCP (Alli, 2003).

Por otra parte, existen muchos términos usados en el lenguaje de la industria de la macadamia y es muy importante que todos los participantes en la producción de macadamia entiendan exactamente qué significa cada término y cuándo es correcto utilizarlo. A continuación, se definen algunos de los términos y abreviaciones utilizados con mayor frecuencia (Sol Quintas, 2011).

- Kernel o Almendra: Se refiere únicamente a la parte comestible de la nuez de macadamia.

**Figura 18.** *Kernel de la nuez de macadamia*



*Nota. Adaptado de Kernel Assessment Manual (2024) por Australian Macadamia Society.*

- Cáscara: Se refiere a la cubierta externa blanda y verde que envuelve al fruto, conocida también como pericarpio.
- Concha: Cubierta excesivamente dura de color café que se quebrará de manera natural al germinar la semilla. En esta cubierta, la almendra es almacenada y protegida de manera natural.
- Nuez: Se utiliza indistintamente para mencionar a la macadamia, independientemente del proceso en el que se encuentra este fruto, ya sea con cáscara, en concha o en almendra.
- Rancidez: En el manejo de la nuez de macadamia, la rancidez hace referencia al grado de oxidación que presentan los aceites de la nuez. El grado de oxidación influye en el olor y el sabor de la nuez. Puede ser monitoreado con una prueba de laboratorio.

- NIH Nuez con cáscara NIH (Nut in Husk) Se refiere a la nuez fresca, recién cosechada, con pericarpio. La humedad de la nuez recién cosechada varía de 12 a 25%, dependiendo de las condiciones ambientales y del tiempo que lleva almacenada.

**Figura 19.** *Nuez con cáscara (NIH)*



*Nota. Adaptado de Kernel Assessment Manual (2024) por Australian Macadamia Society.*

- NIS Nuez en concha NIS (Nut in Shell) Se aplica para describir la nuez de macadamia en cualquier momento a partir de que ha sido descascarada hasta antes de ser quebrada.

**Figura 20.** *Nuez en concha (NIS)*



*Nota. Adaptado de Kernel Assessment Manual (2024) por Australian Macadamia Society.*

- WIS Nuez húmeda en concha WIS (Wet in Shell) Se utiliza para describir cualquier nuez en concha después de descascarada hasta el momento de entrega al procesador, es decir, nuez en concha de la cual se desconoce aún su contenido de humedad.

Con el fin de dar a conocer las transformaciones que se le da a la nuez de macadamia después de la siembra, a continuación, se detallan los procesos tradicionales aplicados a la nuez.

#### 7.1.3.1.1.2.4 Cosecha

La macadamia tiene la particularidad de que los frutos, al estar maduros, caen por sí solos al suelo, sin necesidad de cosecharlos del árbol, esto facilita el trabajo; pero se debe tener cuidado para que la recolección sea oportuna para no deteriorar la calidad del fruto. Las nueces pueden ser perjudicadas por el ataque de roedores y por la humedad del suelo si no son recogidas oportunamente.

Los cuidados para tener en cuenta durante la cosecha son fundamentales para la obtención de productos de alta calidad, teniendo como resultado una almendra óptima para el mercado. Cada paso debe ser atendido para poder aumentar la Recuperación Total del Kernel. El Concepto de recuperación Total del Kernel (almendra o parte comestible de la macadamia): es el peso total de la almendra vendible con relación a 1 kilo de NIS (Nut in Shell) o nuez con cascara o concha seca al 3% de humedad. Cuando la macadamia cae del árbol tiene aproximadamente un 22 a 25% de humedad, por lo que es muy importante la recolección a tiempo como se ha mencionado para que la calidad de la fruta no sea afectada (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

La cosecha óptima debe realizarse como mínimo cada tres días, la organización de cada finca dependerá de la cantidad de árboles que posea el productor y de la edad de estos. Los árboles jóvenes poseen menos cantidad de fruta, por lo que la cosecha es rápida. En días lluviosos la frecuencia de recolección debe aumentar, ya que las humedades altas son perjudiciales para la calidad de la macadamia, debiéndose cosechar los frutos caídos en el día. Se debe evitar una prolongada exposición directa al sol ya que puede aumentar la rancidez y rotura de las cáscaras, lo cual aumenta el riesgo de contaminación. La cosecha se debe realizar con arpillas (costales de malla) o recipientes ventilados (Sol Quintas, 2011).

#### 7.1.3.1.1.2.5 Descascarado

La nuez húmeda en cáscara recolectada debe ser descascarada el mismo día de la cosecha. Esta actividad se puede realizar con una descascaradora o manualmente. Esto se debe a que, si se almacena la nuez en cáscara por más de 12 horas, esto propiciará el crecimiento de

hongos; otra consecuencia es que puede ayudar a incrementar la temperatura al interior de la nuez y promover su germinación, lo cual acelerará el proceso de ranciedad en la nuez.

No se deben mezclar nueces de más de 3 días de diferencia en la cosecha. Esto implica que las nueces cosechadas en el día 1,2 y 3 pueden ser manejadas en un mismo grupo, las del día 4 ya deben ser manejadas en otro grupo. Esto se debe a que la humedad de la fruta recién cosecha afecta el proceso de secado de las nueces que fueron cosechadas anteriormente (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

Según las visitas realizadas a las fincas La giralda y Valhalla, ubicadas en Chimaltenango y Sacatepéquez, respectivamente, una gran mayoría de los productores de macadamia guatemaltecos realizan el proceso de descascarado con una máquina compuesta por un neumático de hule y un motor eléctrico. Las nueces recién cosechadas se dejan caer por un tipo de embudo, para luego pasar por una cámara que contiene el neumático de hule girando. La presión entre las paredes de la estructura y el neumático hace que la cáscara se desprenda de la concha. De este modo, el proceso de descascarado se facilita para los productores.

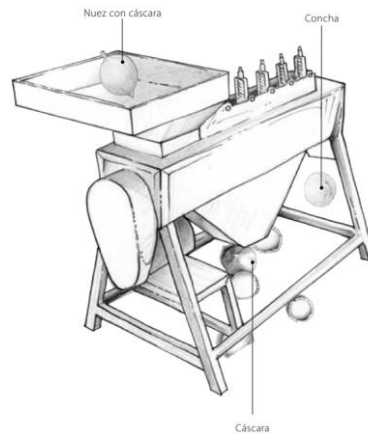
**Figura 21.** *Máquina descascaradora de macadamia utilizada en finca Valhalla*



*Nota. Elaboración propia.*

También existen otros tipos de máquinas descascaradoras más industrializadas. Como la que se muestra a continuación. Si se utiliza una descascaradora mecánica, es importante calibrarla adecuadamente para minimizar la presión sobre las nueces con concha húmeda. Esta presión debe tocar sólo la cáscara verde y no golpear la concha.

**Figura 22. Máquina descascaradora industrial**



*Nota. Adaptado de Manual técnico para productores de nuez de macadamia (p. 39), por Gabriela Sol Quintas (2011) Asociación Mexicana De Productores, Procesadores Y Exportadores De Nuez De Macadamia.*

Después de descascarar la nuez, cuando ésta queda en su concha, es conveniente eliminar cualquier pedazo de cáscara, así como nueces dañadas por insectos, con moho, germinadas, con decoloración o nueces de la cosecha anterior y todas las nueces menores a 18 mm de diámetro, las cuales son nueces principalmente inmaduras (Sol Quintas, 2011).

#### 7.1.3.1.1.2.6 Flotación

El proceso de flotación es una práctica recomendada para eliminar las frutas vanas, inmaduras o con ataque de hongos y/o insectos. Para que la misma cumpla en forma efectiva su función, debe ser realizada lo antes posible. Ya que es en este momento en que el fruto con alto contenido de aceite por ser más pesado va al fondo, mientras que los frutos con algún tipo de problema flotan y deben ser eliminados. Si ya ha transcurrido mucho tiempo desde el momento de la cosecha (más de 1 semana) esta práctica no es recomendada, debido a que la fruta ya ha sufrido un pequeño proceso de secado y esto puede aumentar el número de frutos buenos que flotan. En este proceso se eliminan también las partículas extrañas y se lava el producto. El método es efectivo para las nueces recién cosechadas cuando el contenido de humedad en base húmeda esta entre 20-25%, pero por debajo del 17% el método muestra ser deficiente ya que la nuez probablemente flotará a pesar de estar sana (Quintas, 2011).

**Figura 23.** Selección de la nuez por flotación



*Nota. Adaptado de Manual técnico para productores de nuez de macadamia (p. 39), por Gabriela Sol Quintas (2011) Asociación Mexicana De Productores, Procesadores Y Exportadores De Nuez De Macadamia.*

#### 7.1.3.1.1.2.7 Secado

El secado de los frutos consiste en la eliminación de agua hasta un nivel que prevenga el crecimiento de hongos y bacterias, de manera que conserve el aspecto y la calidad nutritiva del grano como alimento o su viabilidad como semilla (Dalpasquale et al., 1991). Una vez que las conchas vanas fueron separadas, las nueces en buen estado deben disminuir su humedad a 10% o menos, esto puede realizarse en un área de almacenaje con ventiladores, al sol o utilizando hornos de convección, gas o eléctricos de tipo industrial (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019). Cuando la nuez cae del árbol, tiene un 22-25% de contenido de humedad de la almendra, por lo que es recomendable secar inmediatamente después de ser cosechada y descascarada. Sin embargo, si la nuez no va a ser procesada inmediatamente, reducir su humedad por debajo del 5% puede ser perjudicial para su calidad (Sol Quintas, 2011).

Las nueces pueden ser almacenadas hasta un mes al 10% de humedad, siempre que se mantenga un flujo de aire. En caso de que el flujo de aire pare, las macadamias deben pasar al siguiente proceso de secado porque fácilmente aumentarán de humedad y existe posibilidad de que se rancien.

La mayoría de los productores hacen uso de sistemas naturales y creativos de secado y almacenaje. En las visitas de campo realizadas a las fincas La Giralda en Chimaltenango y Valhalla en San Miguel Dueñas, Sacatepéquez, se utilizan los métodos de secado por luz natural y a través de horno industrial de tipo silo. Cualquiera que sea el sistema utilizado, es

importante asegurar que sea con la mayor ventilación posible, mediante el uso de ventiladores caseros, extractores de aire, ventanas estratégicas, etc.

**Figura 24.** *Secado de macadamia con luz solar en finca Valhalla*

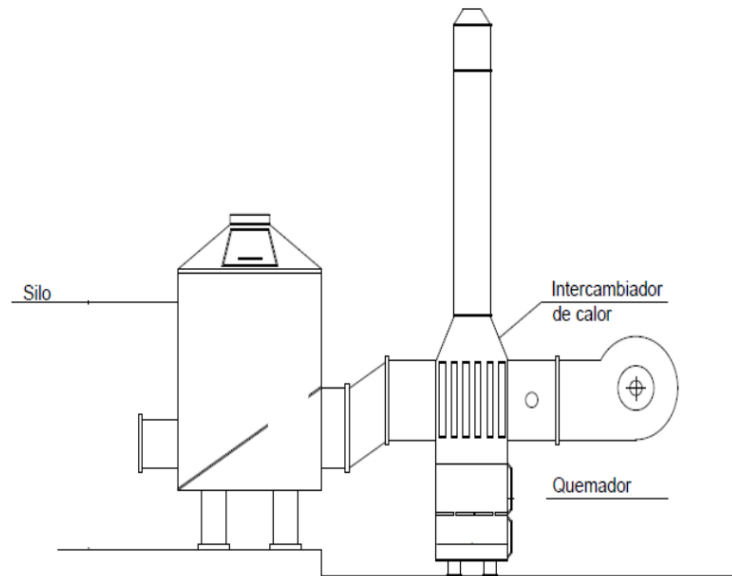


Fuente: Elaboración propia

El secado en finca Valhalla es realizado de esta manera para mantener la inocuidad de la nuez, y para respetar las normas de producción orgánicas por las que se rigen. Las nueces de macadamia se colocan sobre bandejas y se exponen al sol por al menos una semana. Si las condiciones climáticas son adversas, las macadamias se cubren con nylon para protegerlas.

De manera diferente, en la finca La Giralda se tiene un horno de secado tipo silo, con capacidad de 20 quintales de macadamia en concha (NIS). A este horno se le suministra un caudal de aire a través de una turbina y un inversor de corriente. Está compuesto por una caldera piro tubular, de 32 tubos contra 2 espejos. Los secadores de silo están diseñados para secar el material almacenado en el silo. En este tipo de secador, las nueces están sostenidas sobre una malla metálica, de modo que el aire precalentado circule en forma transversal a través del lecho. Las ventajas de este tipo de secadero son que se pueden secar cantidades considerables de material por cada carga y que las necesidades de mano de obra no son tantas, comparado con un secador de bandejas (Martínez et al., 2020).

**Figura 25.** Esquema de horno tipo silo



*Nota. Adaptado de Guía de secado y envasado de nueces de Macadamia (2020) por Martínez, J. C., Velázquez, María Edelira, y Patricia, K.*

El silo está constituido por un cuerpo cilíndrico de fondo plano que la parte superior tiene forma de cono. Una malla metálica inclinada, que sirve de soporte a las nueces, se encuentra en la parte inferior del cilindro. El aire caliente ingresa a través de un conducto por debajo de dicha malla y se distribuye a través del silo hacia arriba, saliendo por la parte superior. La velocidad del aire en el interior del silo es de 1 m/s aproximadamente. En la parte superior, en la sección cónica, se dispone de una abertura que permite introducir las nueces frescas.

La carga de las nueces se realiza manualmente. Una vez terminado el secado, las nueces son extraídas del silo a través de un conducto cilíndrico, ubicado en la parte más baja del silo. En el conducto de entrada del secadero se encuentra instalado un termómetro.

**Figura 26.** Caldera de horno tipo silo para el secado de macadamia



*Nota. Elaboración propia.*

En esta caldera, se utiliza la misma cáscara de la macadamia como combustible, después de secarla al sol. Para secar la macadamia, se tienen 3 etapas, descritas en la tabla a continuación.

**Tabla 18.** Requerimientos de secado de macadamia

| <b>Etapa de secado</b> | <b>Humedad</b> | <b>Temperatura del aire</b> | <b>Tiempo de secado</b> |
|------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|
| <b>Primer día</b>      | 25% hasta 8%   | 38 a 40 °C                  | 14 horas                |
| <b>Segundo día</b>     | 8% a 3%        | 50 a 55 °C                  | 21 horas                |
| <b>Tercer día</b>      | 3% hasta 1.5%  | 65 a 70 °C                  | 15 horas                |

*Nota. Adaptado de Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de Finca La Giralda, bajo estándares de prácticas internacionales (2024) por Finca La Giralda.*

A la hora de utilizar un horno, Se recomienda que la temperatura no exceda los 40°C cuando las nueces tienen un contenido de humedad superior al 8%, posteriormente se puede aumentar la temperatura hasta 70°C. La razón de este aumento gradual de temperatura para secar la nuez es prevenir que la almendra sufra cambios de color en el centro, que ocurren debido a que la cáscara tiene mayor contenido de humedad que la almendra, se satura y no tiene espacio para liberar más humedad; entonces, la parte central de la almendra se mancha y cambia su consistencia y este daño no se puede revertir (Quintas, 2011). Un indicador de la humedad de la nuez es que ésta suene al agitarla, es decir, si está libre en el interior de la concha significa que tiene por debajo del 10% de humedad.

#### 7.1.3.1.1.2.8 Clasificación por tamaño

Luego de realizar el secado hasta el 3% de humedad, los frutos deben ser clasificados por tamaño. El mercado internacional acepta nueces en cáscara a partir de 17 mm, las que son menores deben ser apartadas para ser utilizadas con otro destino.

En el caso que las macadamias vayan a ser desconchadas para venderlas en kernel, las mismas no necesitan ser clasificadas en tamaños debido a que hay mercado para cada tamaño y estilo (enteras, mitades, partidas, harina, etc.) (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

En la mayoría de las fincas productoras de macadamia en Guatemala, el clasificado se realiza a través de un clasificador de rodillos. Las nueces de macadamia se dejan caer y según su diámetro, caen en la bandeja de tamaño correspondiente. Las clasificaciones dependen del diámetro de la concha, como se describe a continuación en la Tabla 19.

**Tabla 19.** *Clasificación de nueces de macadamia por tamaño*

| Tamaño  | Diámetro de concha (mm) |
|---------|-------------------------|
| Jumbo   | 28 o más                |
| Grande  | 23 a 28                 |
| Mediana | 18 a 22                 |
| Piwi    | 18 o menos              |

*Nota. Elaboración Propia.*

Cabe resaltar que las nueces Piwi pueden ser utilizadas para hacer productos derivados de la macadamia, como aceite, harina, cosméticos y otros, ya que no son aptas para la exportación. En base a esta desventaja por su tamaño, presenta una buena oportunidad de innovación en productos derivados de esta nuez. Más adelante se incorporará a la propuesta determinada.

#### 7.1.3.1.1.2.9 Quebrado

En la etapa de quebrado, se remueve mecánicamente, la segunda cáscara o concha, que es de color café y dura. La maquinaria utilizada está diseñada para proteger la nuez dentro del casco. Se utilizan sistemas de cuchillas fijas y móviles, o rollos que comprimen la nuez sobre un plato base.

La humedad para el quebrado ideal se presenta cuando la relación entre el contenido de humedad de la concha y el contenido de humedad de la nuez es de 3 a 1. El quebrado a 4% de humedad produce obviamente menor daño que al 1.5%. Las chispas y trozos pequeños aumentan con bajos contenidos de humedad y es posible que hasta aumente el porcentaje de polvo. Este polvo y partículas pequeñas son liberados a lo largo del proceso, incluyendo el tostado y el empaclado y le dan una mala apariencia a la nuez. Es por esto por lo que en varias industrias la nuez es secada al 4% de humedad, quebrada, seleccionada y posteriormente secada al 1.5% (Martínez et al., 2020).

Es importante medir y monitorear regularmente el funcionamiento de la quebradora. Deben registrarse las proporciones de enteras, mitades, trozos, pedacería, polvo y nuez quebrada y no quebrada. Estas se deben mantener óptimas y constantes. Una quebradora en buen funcionamiento deberá darnos un mínimo de 80% de nueces quebradas, un máximo de 15% de no quebradas y un máximo de 5% parcialmente quebradas.

En la finca La Giralda, el quebrado de la nuez de macadamia se realiza a través de una quebradora industrial, de tipo tornillo. Esta quebradora tiene una forma cónica, por la abertura superior se dejan caer las nueces con concha. Las paredes interiores están hechas de lámina corrugada. A través de abrasión, la presión entre el tornillo y las paredes corrugadas quiebran la concha, y los surcos de la lámina permiten que la nuez no sea comprimida. El cono está montado sobre un eje móvil. Al ajustar la conicidad, se puede graduar de acuerdo con el tamaño de la concha. El diámetro se va reduciendo para quebrar las macadamias más pequeñas (Martínez et al., 2020).

**Figura 27.** *Quebradora industrial*



*Nota. Elaboración Propia.*

La utilización de esta máquina facilita el proceso de quebrado, a diferencia de hacerlo con una quebradora manual, en la que una persona debe ejercer presión con el aparato descrito en la figura a continuación.

**Figura 28.** *Quebradora manual*



*Nota. Adaptado de Guía de secado y envasado de nueces de Macadamia (2020) por Martínez, J. C., Velázquez, María Edelira, y Patricia, K.*

Existen otras alternativas para el proceso de quebrado de la macadamia. La quebradora de rodillos es una opción que también se utiliza en otros países de Latinoamérica, como México (Sol Quintas, 2011). De acuerdo con el nivel o escala de operación, así existen diversos tipos, capacidades y rendimientos de maquinaria apropiada para este proceso.

#### 7.1.3.1.1.2.10 Separado y limpieza

Después de quebrar la macadamia, la mayoría de las veces quedan nueces parcialmente quebradas. Es necesario realizar un proceso de separado completo, para asegurarse de que solo se tienen las almendras, ya que este es el producto de interés. En el mismo proceso se deben también separar las almendras con defectos que presentan problemas de color, inmadurez o ataque de insectos y/o hongos.

Separar la cáscara de la almendra es muy laborioso para los pequeños procesadores que lo realizan de forma manual, sobre todo para poder aprovechar hasta las más pequeñas partículas de macadamia o el polvo (los cuales son además los estilos de menor precio en el mercado) (Sol Quintas, 2011).

En la visita a Finca La Giralda, se observó que el proceso de separado se realiza de forma manual. Aunque este procedimiento impulsa el empleo local, es un cuello de botella para la operación cuando se quiere escalar a niveles industriales.

**Figura 29.** *Separado manual de la nuez de macadamia*





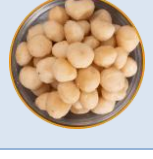





*Fuente: Elaboración propia*


Las grandes industrias procesadoras de macadamia separan la cáscara de la almendra en baños de inmersión con agua previamente desinfectada y con diferentes concentraciones de sal, lo que les ayuda además a clasificar los grados de la nuez, dependiendo su contenido total de aceites. Otro método industrializado de separación se basa en la diferencia de peso entre la almendra y la concha, y utiliza al viento como separador. La fuerza del aire aplicado depende de las características de la variedad de nuez que esté presente (Sol Quintas, 2011). Con la almendra que tiene defectos y es de calidad inferior se puede obtener aceite de gran valor nutricional y cosmético.

#### 7.1.3.1.1.2.11 Clasificación para comercialización

En esta etapa del proceso, las almendras o kernel son separadas por tamaño, para este proceso existe una clasificación internacional que divide a las nueces/almendras en estilos, tal como se describe a continuación.

**Tabla 20. Estilos de macadamia para comercialización**

| Estilo | Presentación                | Descripción  | Imagen  |
|--------|-----------------------------|--|---|
| 0      | Kernel entera jumbo         | Kernel entero, al 98% con un diámetro mayor a 18.25 mm.  |    |
| 1      | Kernel entera grande        | Kernel entero, al 98% entre 17 y 18.25 mm de diámetro.   |    |
| 2      | Kernel entera mediana       | Kernel entero, al 98% entre 14.28 y 17 mm  |    |
| 3      | Mezcla de enteras y mitades | Kernel entera entre 14.28mm y 18.25mm (hasta el 52%) y mitades (piezas grandes) por encima de los 12.10mm. |   |
| 4      | Mitades                     | Por lo menos el 95% de mitades de kernel a partir de 12.50mm.  |  |
| 5      | Piezas grandes              | Piezas de kernel grandes 95% entre 9.52mm y 12.10mm.   |  |
| 6      | Piezas medianas             | Piezas de kernel medianas 95% entre 6.35mm y 9.52mm.   |  |
| 7      | Piezas pequeñas             | Piezas pequeñas de kernel 95% entre 3.17mm y 6.35mm.   |  |

| Estilo | Presentación | Descripción                                      | Imagen  |
|--------|--------------|--|---|
| 8      | Polvo        | Polvo de macadamia, piezas por debajo de 3.17mm. |  |

*Nota. Adaptado de Análisis de la cadena de valor para nuez de macadamia en las comunidades del municipio de Nuevo Progreso, departamento de San Marcos, por Rohr, L. (2019) Programa de Agricultura-CRS Guatemala.*

Los estilos corresponden a los términos usados para describir los diferentes productos de la macadamia en cuanto al tamaño y porcentaje de enteras, mitades, pedazos o polvo. Esto determinará el uso que le podemos dar a nuestro producto para asignarle un valor agregado. Por ejemplo, los estilos 0 y 1 (nueces enteras) en confitería son ideales para cubrir de chocolate blanco, chocolate oscuro o para decorar pasteles; los estilos 2, 3 y 4 (con mitades) tienen un excelente tamaño como botana, enchiladas, saladas, tostadas, garapiñadas, etc; los estilos 5, 6 y el polvo son convenientes para elaborar helados, pasteles o salsas (Sol Quintas, 2011).

#### 7.1.3.1.1.2.12 Envasado

La nuez de macadamia procesada debe ser almacenada en una habitación seca, bien ventilada y fresca, de 15 a 25°C., bajo esas condiciones y con un empaque al vacío la nuez podrá mantener su calidad de 16 a 18 meses sin presentar ningún daño significativo en su calidad. Una vez abierto el empaque, la macadamia absorbe la humedad del ambiente muy rápidamente, por lo que para mantenerla fresca y crujiente hay que almacenarla en un recipiente cerrado dentro del refrigerador, de lo contrario el deterioro será mucho más rápido y los malos olores y sabores serán detectados en 2 o 3 semanas (Sol Quintas, 2011).

En el proceso de envasado se debe tener en cuenta la exigencia del mercado a vender. La Unión Europea exige bolsas multilaminadas y envasadas al vacío. En Estados Unidos las exigencias varían según el comprador final. La Asociación Australiana de Macadamia recomienda envasar al vacío con atmósfera modificada, lo que permitiría que el producto tenga una duración de 12 meses en buen estado. La nuez empacada dentro de fundas especiales tiene una duración de un año bajo temperatura de 20°C y Atmósfera seca. La vida del producto se prolonga hasta por cuatro años, bajo temperaturas de 4°C (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019). A continuación, se mencionan algunos de los procedimientos tradicionales de envasado para la nuez de macadamia.

- Envasado con atmósfera de anhídrido carbónico ( $CO_2$ )

El dióxido de carbono ejerce un efecto inhibitor sobre el crecimiento bacteriano y fungicida. La absorción de  $CO_2$  depende de la humedad y la grasa de los productos, por lo tanto, la mayoría de los alimentos absorben este gas. Además, unas concentraciones elevadas de  $CO_2$  pueden provocar la decoloración y desarrollo de sabores ácidos punzantes. Registra una elevada difusión a través de materiales plásticos (Martínez et al., 2020).

- Envasado con atmósfera de nitrógeno ( $N_2$ )

El nitrógeno, un gas inerte con baja solubilidad en el agua y en grasas, se utiliza fundamentalmente en atmósfera modificada para desplazar y eliminar la máxima cantidad de oxígeno, evita oxidaciones de vitaminas, aromas, color y grasas, inhibiendo bacterias aeróbicas (Martínez et al., 2020).

- Envasado con mezcla de gases

Para aprovechar los beneficios de los diferentes gases, el envasado en atmósfera protectora requiere usualmente una mezcla de al menos dos gases, variándose las proporciones óptimas de un producto a otro. En este caso la proporción de gas será 50% de  $N_2$  y 50% de  $CO_2$  (Martínez et al., 2020).

- Envasado al vacío

La aplicación de este tipo de envasado consiste en la extracción total del aire que circunda al producto así el material de envasado se pliega en torno al alimento como resultado del descenso de la presión interna frente a la atmosférica. Dicho material debe presentar una permeabilidad muy baja a los gases, incluido el vapor de agua (Martínez et al., 2020).

**Tabla 21.** Características de la macadamia envasada con diferentes atmósferas

| Tipo de envasado                      | Características de la nuez  |
|---------------------------------------|---|
| <b>Envasado convencional con aire</b> | Sabor ligeramente dulce, moderadamente característico a fruto seco, ligeramente |

| Tipo de envasado  | Características de la nuez  |
|---|---|
|   | húmedo y ácido, fuertemente crocante y duro, moderadamente amargo.  |
| <b>Envasado al vacío</b>  | Sabor ligeramente dulce, ligeramente característico a fruto seco, ligeramente húmedo, acidez imperceptible, fuertemente crocante y duro, ligeramente amargo.          |
| <b>Envasado con atmósfera de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>)</b> | Sabor ligeramente dulce, fuertemente característico a fruto seco, ligeramente húmedo, acidez imperceptible, y de textura ligeramente crocante.                        |
| <b>Envasado con atmósfera de nitrógeno (N<sub>2</sub>)</b>            | Sabor ligeramente dulce, fuertemente característico a fruto seco, ligeramente húmedo, acidez imperceptible, y de textura ligeramente crocante, amargor imperceptible. |

*Nota. Adaptado de Guía de secado y envasado de nueces de Macadamia (2020) por Martínez, J. C., Velázquez, María Edelira, y Patricia, K.*

#### 7.1.3.1.1.3 Logística de salida

Dentro de las actividades de logística de salida, se pueden agrupar todas aquellas relacionadas al almacenamiento de productos, subproductos o residuos de la producción de macadamia. Los dos principales subproductos de los procesos de transformación de macadamia son la cáscara y la concha. La cáscara puede ser utilizada como compost para las mismas plantaciones, mientras que la concha puede ser utilizada como biocombustible para el proceso de secado. La logística de salida abarca todos los sistemas de distribución, seguimiento y entrega de los productos, así como las metodologías diseñadas para garantizar que estos lleguen en óptimas condiciones a su destino (Stein y Barron, 2017).

La logística de salida incluye la recepción y procesamiento de pedidos de clientes, lo que implica coordinar la cantidad de nueces a enviar y la programación de las entregas. Esto es esencial para mantener un flujo de trabajo eficiente y satisfacer las expectativas de los clientes. El transporte es una parte crítica de la logística de salida. Esto implica seleccionar los

métodos de transporte adecuados (camiones, contenedores, etc.) y programar las rutas para garantizar que las nueces lleguen a su destino de manera oportuna. La logística de distribución también incluye la coordinación con los transportistas y la gestión de los costos asociados. El transporte de la macadamia es facilitado por los mismos compradores pequeños y medianos, y en algunos casos puede haber entrega de macadamia a las cabeceras municipales. El acopio se realiza en las mismas comunidades, y regularmente se realiza en forma semanal, previo acuerdo con el comprador quien llega a la comunidad a traer el producto (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

Los compradores de macadamia para el mercado nacional son pequeños grupos de mercado informal, que con la baja de los precios han dejado de comprar en su mayoría, Cuando un cliente necesita comprar macadamia quebrada, deberá acudir a las 2 empresas principales que quiebran la macadamia, ellos comercializan a empresas de repostería y hay pequeños emprendimientos de venta al consumidor, pero en un porcentaje bajo (Asociación Guatemalteca de Macadamia, 2024). De tal manera que este producto llega al consumidor final a través de dos canales:

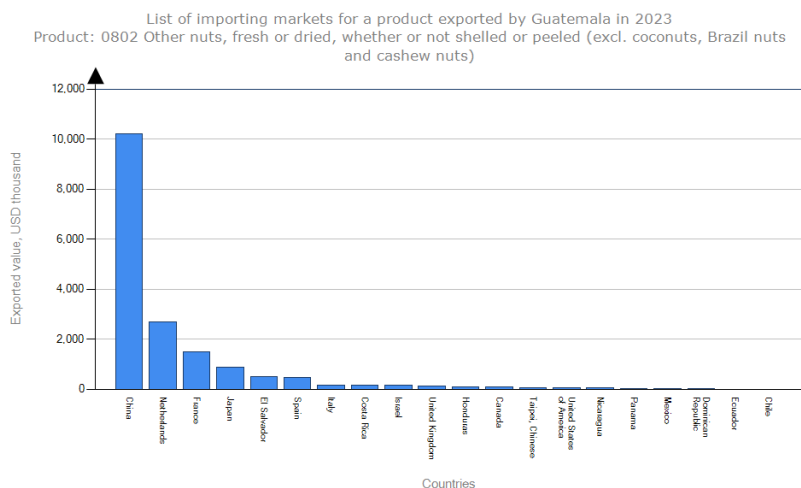
- A. A través de productores, acopiadores, procesadoras de alimentos, confiterías y pastelerías.
- B. Industria del cosmético, ventas al por mayor y al detalle.

Estas actividades son fundamentales para garantizar que las nueces de macadamia se distribuyan de manera eficiente y en condiciones óptimas, lo que contribuye a la satisfacción del cliente y al éxito del mercado de macadamia en el país (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

#### 7.1.3.1.1.4 Datos de exportación de macadamia

Las exportaciones de la nuez, en este caso, forman parte de la logística de salida de la cadena de valor de la nuez de macadamia. A continuación, se desarrolla más a detalle un análisis cuantitativo de las exportaciones de macadamia. La siguiente gráfica muestra los primeros 20 países en cuanto a valor de exportación de la nuez de macadamia.

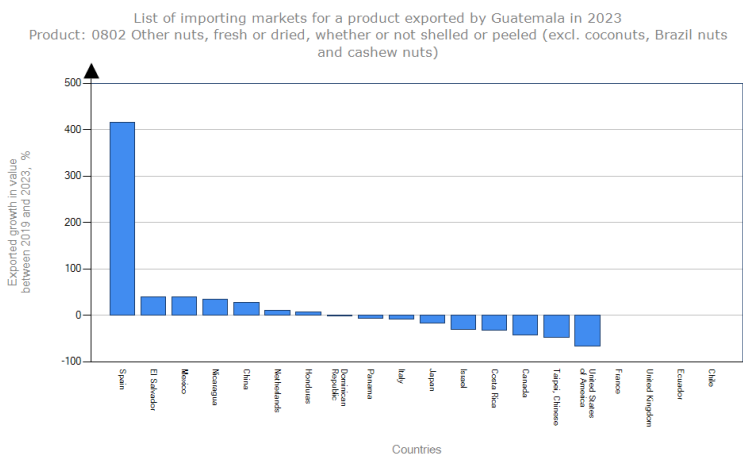
**Figura 30. Países importadores de nuez de macadamia proveniente de Guatemala**



*Nota. Adaptado de List of importing markets for a product exported by Guatemala. Product: 0802 (2023) por International Trade statistics for international business development.*

A partir de esta gráfica, se observa que China es el principal país al que se exporta la nuez de macadamia producida en Guatemala. El valor de exportación sobrepasa los \$10,000. Le siguen los Países bajos, Francia, Japón y El Salvador. Todos ellos, con valores de exportación mucho menores, de alrededor de \$2,000. Para visualizar de mejor manera el crecimiento que ha tenido la exportación a cada país, a continuación, se muestra una gráfica de barras con el porcentaje de incremento o decremento.

**Figura 31. Porcentaje de crecimiento de valor exportado de macadamia**



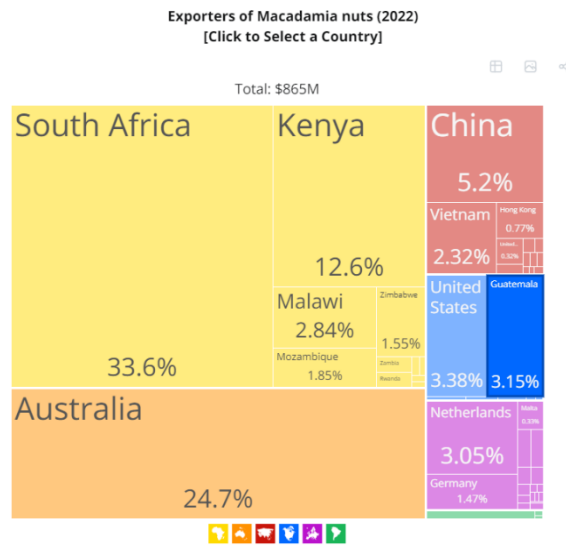
*Nota. Adaptado de List of importing markets for a product exported by Guatemala. Product: 0802 (2023) por International Trade statistics for international business development.*

Entre los años 2019 y 2023, el crecimiento de valor exportado de nuez de macadamia sobrepasó el 400%, siendo el mayor destino de la nuez proveniente de Guatemala. Le siguen El Salvador, México y Nicaragua, con porcentajes de crecimiento de alrededor del 20%. En cambio, países como Panamá, Costa Rica y Japón tuvieron una disminución en la importación de macadamia guatemalteca de alrededor del 10%. El país con mayor disminución en importaciones de macadamia proveniente de macadamia en 2023 fue Estados Unidos, con un 70% desfavorable para Guatemala.

En contraste, para el mercado de exportación de macadamia en Guatemala, se puede observar en las figuras a continuación que, en el año 2022, Guatemala representó el 3.15% de las exportaciones a nivel mundial, equivalente a \$27.2 millones en valor neto. Esto representa una disminución en el volumen de exportación, por factores como las restricciones de distribución a causa de la pandemia de COVID – 19 o el impacto del cambio climático sobre el cultivo.

El cambio climático afectó mucho al sector de macadamia. Actualmente, las fincas con producción baja no alcanzaron la cantidad necesaria (40 horas) de horas frío (menor a 18 grados). Esto contribuye a que la floración no se presente o sea escasa, con lo que se tiene una merma en producción de las fincas con baja producción del 50% y en las fincas más altas un 20% (Asociación de Macadamia Guatemalteca, 2024).

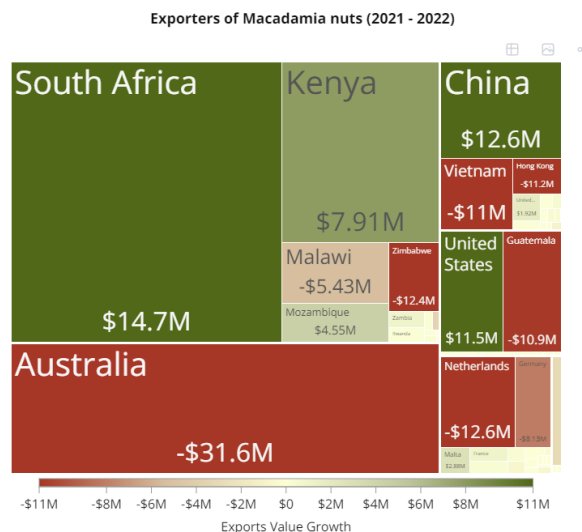
**Figura 32. Exportadores de macadamia (2022)**



Nota. Adaptado de Exportadores de la Categoría 080260 (Sistema Armonizado 2007 para 6 dígitos): Nueces de Macadamia (2022) por Observatorio de Complejidad Económica.

Con el fin de realizar una comparativa, se observaron los datos del crecimiento en las exportaciones e importaciones de la nuez de macadamia. Entre 2021 y 2022, las exportaciones de nueces de macadamia crecieron más rápido en Sudáfrica (\$14,7 millones), China (\$12,6 millones), Estados Unidos (\$11,5 millones), Kenia (\$7,91 millones) y Mozambique (\$4,55 millones) (Observatorio de Complejidad Económica, 2022).

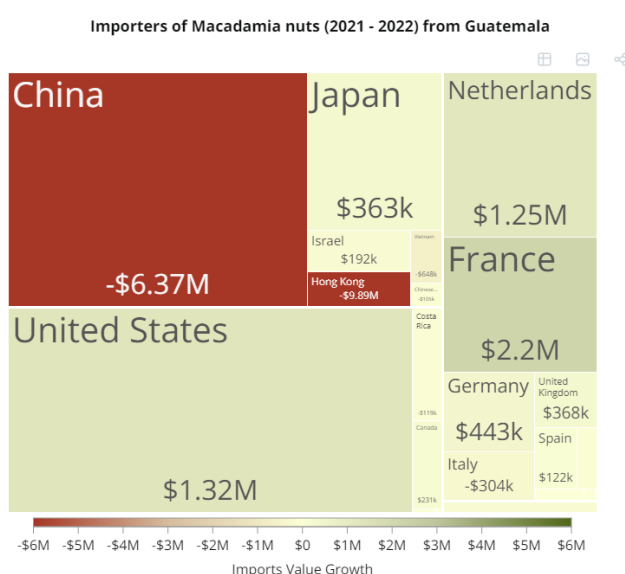
**Figura 33. Fluctuación de exportaciones de macadamia entre 2021 y 2022**



Nota. Adaptado de Exportadores de la Categoría 080260 (Sistema Armonizado 2007 para 6 dígitos): Nueces de Macadamia (2022) por Observatorio de Complejidad Económica.

En la Figura 33, se puede observar que Guatemala tuvo una disminución considerable en el valor de exportación de macadamia, representando un total de pérdida de \$10.9 millones entre el año 2021 y 2022. En un contexto porcentual, esta disminución representa una caída del 28.5% con respecto al año 2020. Como ya fue mencionado, esta disminución se debe a el impacto transversal en la cadena de valor de esta nuez causado de la pandemia y factores adversos provocados por el cambio climático.

**Figura 34.** Fluctuaciones en importación de macadamia de 2021 a 2022



*Nota. Adaptado de Exportadores de la Categoría 080260 (Sistema Armonizado 2007 para 6 dígitos): Nueces de Macadamia (2022) por Observatorio de Complejidad Económica.*

En lo que se refiere a el cambio en la concentración de países importadores de macadamia proveniente de Guatemala, la anterior figura demuestra que China disminuyó en \$6.37 millones su importación de la nuez. Esto, debido a las ya mencionadas tensiones políticas que han surgido con China continental en los últimos años, ya que Guatemala es uno de los 13 países que mantiene relaciones diplomáticas con Taiwán. Adicionalmente, China ha incursionado en el mercado de macadamia, aumentando su plantación de árboles en los últimos 10 años y, por ende, incentivando la producción local. En cuanto a la exportación de nuez de macadamia hacia Estados Unidos, la gráfica muestra un aumento significativo de un 17.8%, equivalente a \$1.32 millones. Este aumento va de la mano con los factores de demanda mencionados: el cambio en los hábitos alimenticios y estilo de vida saludable adoptado por

miles de personas alrededor del mundo. En general para los países europeos, presentaron un aumento en las importaciones de macadamia producida en Guatemala. Con esto en mente, se puede resaltar que Guatemala es uno de los países con mayor potencial de producción, a pesar de que los rendimientos han sido mermados por las condiciones adversas asociadas al cambio climático en los últimos años.

#### 7.1.3.1.1.5 Marketing y Ventas

Las actividades de marketing y ventas en el sector de macadamia en Guatemala son fundamentales para crear valor y asegurar la competitividad en el mercado de la macadamia. Entre los principales actores involucrados en la cadena de valor de la macadamia antes de llegar a los distintos mercados de destino se puede mencionar a: los productores, transportistas, mayoristas, exportadores, supermercados, mercados públicos, mercados mayoristas, detallistas y finalmente, el consumidor. A continuación, se analizan las presentaciones más comunes en el territorio guatemalteco.

#### 7.1.3.1.1.6 Presentaciones de venta de macadamia en Guatemala

Debido a que el cultivo en masa de la nuez de macadamia se da en territorio guatemalteco, algunas empresas han aprovechado el potencial para lanzar productos en base a macadamia en Guatemala. Darle un valor agregado a la nuez incentiva la demanda y los consumidores se exponen a esta alternativa nutritiva. Un claro ejemplo son las tiendas orgánicas en línea.

La tienda en línea Mother Nature Foods ofrece dos opciones a base de macadamia, mantequilla y chocospread. La mantequilla tiene un precio de Q60.00 y el chocospread de Q115. Esta tienda cuenta con un costo adicional por envío dentro de la ciudad de Guatemala.

**Figura 35.** Mantequilla de macadamia comercializada en Guatemala



*Nota. Adaptado de tienda en línea Mother Nature (2024).*

Además, ofrecen nuez de macadamia en presentación de nuez cruda, de 8 oz y 16 oz. En el caso de las fincas productoras en Guatemala, su producción se centra en esta presentación de macadamia.

**Figura 36.** Nuez de macadamia lista para consumir



*Nota. Adaptado de tienda en línea Mother Nature (2024).*

En los supermercados de mayoreo, en específico Walmart, se venden diferentes tipos de nueces en presentaciones de 170g. En el caso de la macadamia, tiene un precio de Q 32.15. Este precio varía según la oferta de los proveedores de macadamia en Guatemala. Este precio es el publicado para el mes de Julio de 2024.

**Figura 37.** *Nuez de macadamia a la venta en supermercados*

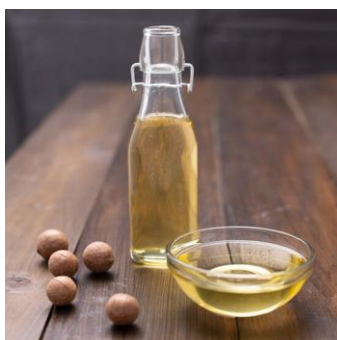


*Nota. Adaptado de Tienda en línea Walmart Centroamérica (2024).*

La producción mundial de nueces de macadamia ha experimentado un aumento significativo, lo que ha resultado en la acumulación de grandes cantidades de cáscaras de nueces desechadas. Las cáscaras de nuez de macadamia poseen las propiedades de notable dureza y tenacidad, comparables a las del aluminio. Proponer las cáscaras de nueces de macadamia como componentes naturales de biomateriales a base de fibra se vuelve una oportunidad para aprovechar este residuo (Khan et al., 2023). La Industria Guatemalteca de Macadamia Mayan Gold S.A. Actualmente comercializa los siguientes productos a partir de su producción de macadamia a nivel nacional.

#### 7.1.3.1.1.7 Aceite de macadamia

**Figura 38.** *Aceite de macadamia producido por Mayan Gold*



*Nota. Adaptado de Inguamasa (2024).*

En el año 2006, Mayan Gold produjo por primera vez aceite de macadamia, desde entonces ha expandido capacidad a más de 250 Tm de aceite extraído en frío por año, el cual es producido en sus instalaciones especializadas en procesamiento de aceite de alta calidad. El aceite es extraído a presión y luego drenado, para obtener el aceite puro extraído en frío. Para

su almacenamiento utilizamos barriles de acero de 198 kg (peso neto) así también en flexitanks para embarques a granel de 15-20 Tm. Su precio oscila entre los Q 75 y Q 120 a nivel nacional.

Según un estudio realizado por la Universidad de San Carlos, el aceite de nuez de macadamia presenta características muy semejantes a las del aceite de oliva virgen, lo que representa una ventaja para su explotación a nivel comercial (Barreda Muralles, 2011). Por su alto contenido de ácido palmitoleico, la cosmetología se interesa en el aceite de macadamia para la elaboración de productos como cremas hidratantes para la piel, jabones y aceites para masaje. (Escamilla, Robledo, y García, 2013)

Adicionalmente, la Industria Guatemalteca de Macadamia Mayan Gold comercializa la nuez de macadamia en presentación de Kernel Entera. Para obtener el kernel de macadamia, primero se cosechan las nueces y se les retira la cáscara exterior. Luego, las nueces se secan ligeramente para reducir su contenido de humedad. Una vez secas, se utilizan máquinas especiales para romper la dura cáscara interior sin dañar el kernel.

**Figura 39.** *Nuez de macadamia en presentación Kernel entera*



*Fuente: Inguamasa, productor de macadamia guatemalteco*

La figura anterior muestra la presentación de Kernel entera, por lo menos el 98% es mayor a 18.25mm. El precio varía entre los Q30 y Q60 (Industria Guatemalteca de Macadamia, 2015). La variedad de presentaciones que existen en Guatemala respalda su potencial productivo.

En el proceso de comercialización, existen varios coyotes pequeños en las mismas comunidades o en las cabeceras municipales, y se ha identificado que varios de los compradores pequeños de café, también compran nuez de macadamia, y la entrega hacia otros intermediarios medianos (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019). A nivel

comunitario, es la calidad de la nuez, la cual tienen que entregarla en concha húmeda recién descascarada. A nivel de procesamiento en planta, aplican todos los estándares de inocuidad y trazabilidad, demandados por el mercado.

Como se ha mencionado antes, el 90% de la producción de macadamia en Guatemala tiene como destino el comercio exterior, a través de las exportaciones. Los exportadores de macadamia deben cumplir con estándares internacionales para que su producto sea aceptado. En el caso de las grandes empresas, cuentan con certificaciones de calidad que respaldan sus operaciones. A continuación, se presenta una tabla con los principales mercados de exportación de macadamia guatemalteca y el valor exportado.

**Tabla 22.** *Valor exportado por países importadores de macadamia (2019 – 2023)*

| Países importadores  | Valor exportado en 2019 | Valor exportado en 2020 | Valor exportado en 2021 | Valor exportado en 2022 | Valor exportado en 2023 |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| China                | 3257                    | 6535                    | 13664                   | 7245                    | 10221                   |
| Países Bajos         | 2634                    | 1150                    | 1525                    | 2927                    | 2684                    |
| Francia              | 0                       | 0                       |                         | 1472                    | 1512                    |
| Japón                | 2306                    | 2217                    | 1735                    | 2317                    | 887                     |
| El Salvador          | 148                     | 148                     | 350                     | 382                     | 504                     |
| España               | 2                       | 0                       | 152                     | 358                     | 455                     |
| Italia               | 241                     | 370                     | 560                     | 331                     | 172                     |
| Costa Rica           | 923                     | 538                     | 530                     | 375                     | 161                     |
| Israel               | 1271                    | 177                     | 263                     | 300                     | 157                     |
| Reino Unido          | 0                       | 0                       |                         |                         | 131                     |
| Honduras             | 91                      | 64                      | 139                     | 124                     | 93                      |
| Canadá               | 1652                    | 228                     |                         | 288                     | 85                      |
| Taipei, China        | 479                     | 724                     | 203                     | 59                      | 68                      |
| Estados Unidos       | 13492                   | 9716                    | 7376                    | 9004                    | 64                      |
| Nicaragua            | 12                      | 38                      | 29                      | 35                      | 54                      |
| Panamá               | 34                      | 41                      | 38                      | 24                      | 32                      |
| México               | 14                      | 5                       | 60                      | 69                      | 19                      |
| República Dominicana | 20                      | 16                      | 23                      | 18                      | 17                      |
| Belice               | 0                       | 2                       | 3                       |                         |                         |
| Alemania             | 2823                    | 306                     | 330                     | 816                     |                         |
| Grecia               | 0                       | 0                       | 130                     |                         |                         |
| Hong Kong, China     | 12684                   | 11242                   | 10170                   | 313                     |                         |
| Vietnam              | 3822                    | 5250                    | 817                     | 176                     |                         |
| <b>Total</b>         | <b>46020</b>            | <b>38767</b>            | <b>38097</b>            | <b>26829</b>            | <b>17316</b>            |

Nota. Adaptado de List of importing markets for a product exported by Guatemala. Product: 080260 Macadamia nuts, fresh or dried, whether shelled or peeled (2023) por International Trade Centre Tools.

Como se puede observar, el principal destino para la producción de macadamia es China. Seguido por países europeos como Países Bajos y Francia. Actualmente, no se tiene información sobre qué porcentaje de la producción corresponde a una determinada variedad de macadamia. Sin embargo, la especie de más importancia comercial en Guatemala es la macadamia *Integrifolia*.

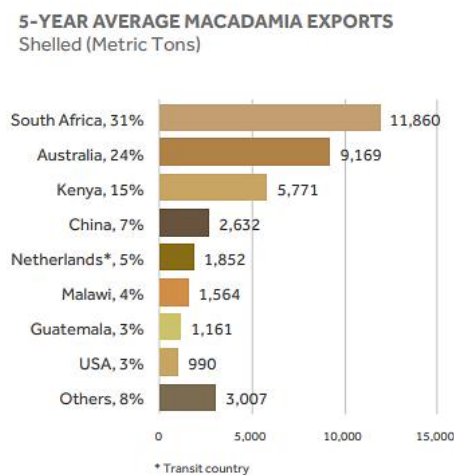
En cuanto a campañas publicitarias, los países productores siempre están en busca de alternativas para fomentar la demanda de nuez de macadamia. Actualmente, la organización

mundial de macadamia (World Macadamia Organization) ha lanzado un sitio web para la sensibilización de los consumidores.

La WMO se ha comprometido a crear una mayor conciencia y valoración de las nueces de macadamia. La campaña Love Macadamia se centra en fomentar el uso entre los consumidores. Esta iniciativa incluye recetarios, mapa de beneficios y usos de las nueces y guía nutricional para las nueces de macadamia. Todas estas estrategias de mercadeo son beneficiosas para el sector de macadamia en todos los países productores. Junto con ellas, es necesario seleccionar los canales de venta correspondientes, establecer las políticas de precios competitivos y tener en cuenta los trámites de exportación y aprobación de entrada a nuevos mercados.

Según el anuario estadístico 2023 publicado por el Concejo Internacional de Nueces y Frutos Secos (INC), Guatemala ha mantenido una exportación que representa el 3% de exportación global de la nuez en los últimos 5 años. Este porcentaje asciende a un promedio de 1,161 toneladas métricas, y respalda el hecho de que la demanda por esta nuez sigue vigente hoy en día. La gráfica con el promedio exportado por diferentes países se muestra a continuación.

**Figura 40.** Promedio de exportación de macadamia global en los últimos 5 años



*Nota. Adaptado de Nuts y Dried Fruits Statistical Yearbook (2023) por International Nut and Dried Fruit Council.*

#### 7.1.3.1.1.8 Servicios postventa

Los servicios postventa en la cadena de valor de la macadamia en Guatemala son limitados, ya que el enfoque se centra en la producción de la nuez y su venta. Algunos de estos servicios incluyen garantías y devoluciones, atención al cliente, programas de fidelización, gestión de reclamos y capacitación a distribuidores. Estos servicios generan valor agregado, fortalecen la relación con los clientes y mejoran la competitividad del sector, al asegurar la satisfacción de los consumidores con un producto de calidad y un servicio excepcional.

Por ahora, los servicios postventa están limitados al alcance de los productores agrícolas y sus operaciones. En un futuro, estos productores podrían expandirse a páginas web para recolectar datos sobre la satisfacción de sus clientes, establecer servicios de reciclaje, reutilización y aprovechamiento de insumos y un mejor manejo de reclamos y devoluciones.

#### 7.1.3.1.2 Actividades de soporte

##### 7.1.3.1.2.1 Aprovisionamientos

Las actividades de soporte conformadas por las compras en la cadena de valor de la macadamia incluyen la selección de proveedores, negociación de contratos, gestión de inventarios, logística de compras, evaluación de calidad y mantenimiento de relaciones sólidas con los proveedores. Estas actividades son fundamentales para asegurar el suministro eficiente de insumos necesarios para el cultivo y procesamiento, garantizando así la calidad y rentabilidad de la producción de macadamia en Guatemala.

Adicionalmente, los aprovisionamientos abarcan actividades como la selección del terreno de plantación, el manejo de recursos naturales y la compra de maquinaria agrícola. Las aplicaciones de abonos foliares y fertilizaciones también ocupan una inversión importante, así como la recolección del producto. Según la Asociación Guatemalteca de macadamia, el costo de la recolección del producto varía dependiendo del lugar y cantidad de personas que se contraten. Este pago se realiza a destajo, es decir, por tarea y la remuneración se encuentra entre Q30-45 por quintal recolectado. Luego se tiene la poda selectiva de los árboles y elaboración de almácigos para contrarrestar los que se pierden por muerte súbita o se caen con las tormentas. En la mayoría de las fincas productoras se paga por día con el costo del salario mínimo agrícola Q107.11.

#### 7.1.3.1.2.2 Desarrollo de tecnología

Las actividades de desarrollo tecnológico en la cadena de valor incluyen la implementación de tecnologías avanzadas para el cultivo y cosecha para optimizar la productividad y reducir costos. También abarca el desarrollo de técnicas de procesamiento innovadoras para aumentar la calidad y el valor añadido de los productos derivados de la macadamia. La integración de soluciones de automatización y digitalización en todas las etapas de cadena de valor también se encuentran dentro de este rubro, aunque no existan actividades de este carácter para el sector nacional. El objetivo del desarrollo tecnológico en las plantaciones de macadamia es mejorar la eficiencia operativa y aumentar la trazabilidad.

Actualmente, el sector de macadamia no tiene avances tecnológicos al nivel de otros países. Muy pocos de los productores cuentan con un laboratorio para verificar la calidad de las nueces. Esto en parte se debe al bajo porcentaje de inversión que se destina para el desarrollo de investigaciones, tecnología e innovación.

Adicionalmente, numerosos servicios como la realización de estudios de suelo y análisis nutricionales son llevados a cabo por laboratorios especializados y compañías dedicadas a este tipo de operaciones. Sin embargo, solo los agricultores de mediana y gran escala tienen la capacidad económica para contratar estos servicios. La mayoría de los productores a pequeña escala no cuentan con el poder adquisitivo necesario para invertir de manera constante en estudios, servicios, tecnología y actividades de soporte de este tipo. Como consecuencia, la eficiencia de su proceso productivo y la calidad de sus cultivos se ven mermadas.

#### 7.1.3.1.2.3 Recursos humanos

Entre las actividades de soporte de recursos humanos, se pueden destacar procesos como el reclutamiento, la contratación, la compensación, la capacitación y la gestión del personal en las plantaciones o empresas de los diferentes eslabones de la cadena de valor. La relevancia de la dirección de recursos humanos en cualquier empresa radica en su impacto directo e indirecto en el desarrollo de los empleados y en la generación de iniciativas que fortalezcan el posicionamiento estratégico de la nuez de macadamia en el mercado.

En el sector de la macadamia de Guatemala, algunas empresas contribuyen al desarrollo de sus trabajadores por medio de programas, cooperativas o proyectos que les facilitan el acceso a ciertos recursos. Existen programas de financiamiento por USAID que impulsan la

tecnificación de producción de nuez de macadamia. En 2023, esta entidad asistió a los agricultores de macadamia en las comunidades del Altiplano Occidental, fortaleciendo las cadenas de valor agrícolas rurales con mejores prácticas agronómicas y facilitando el empoderamiento económico de las comunidades (United States Agency for International Development, 2023). Entre otras de las entidades que apoyan al desarrollo de los trabajadores en el sector de macadamia se encuentra la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ) y la recientemente conformada Asociación Guatemalteca de Macadamia (ASOMAC).

#### 7.1.3.1.2.4 Infraestructura institucional

La infraestructura se refiere a las actividades que permiten a la empresa mantener su funcionamiento diario y que generan valor de manera indirecta para el producto. Estas actividades contemplan la planificación de la producción, financiamiento, sistemas de gestión de calidad, tecnologías de la información, actividades administrativas, recursos legales y dirección de la empresa. son fundamentales para el correcto funcionamiento de la empresa y para apoyar a las actividades primarias de la cadena de valor. Una infraestructura sólida y eficiente contribuye a la generación de valor y a la ventaja competitiva de la organización en su conjunto.

#### 7.1.3.1.3 Margen

Es importante resaltar que no se cuenta con una base de datos pertinente con un registro detallado de los costos, ingresos, precios y márgenes de ganancia manejados a lo largo de la cadena de valor de la macadamia a nivel nacional. Sin embargo, gracias al apoyo de la Asociación Guatemalteca de Macadamia, se puede dar a conocer un panorama general de los costos e ingresos en los que se incurre en una operación de producción de macadamia. De manera general, se puede decir que en la cadena de valor actual el mayor margen se encuentra en el eslabón de comercialización, particularmente en la exportación de este. Sin embargo, el precio de compra depende de la calidad y rendimiento de la nuez, proporcionados por la falta o excelencia de buenas prácticas agrícolas.

Con relación a los precios establecidos para los productores, la Asociación Guatemalteca de Macadamia ASOMAC ha proporcionado algunos datos sobre el precio en el mercado local a la fecha 1 de junio 2024. Se está pagando, dependiendo del volumen y calidad desde Q. 250.00 a 350.00 por quintal de NIS con humedad menor a 25% puesto en fincas. El costo aproximado de producción de 1 quintal de macadamia en fincas, manteniendo costos

conservadores es de Q.225.00 por quintal. Estos costos de producción reflejan el poco margen que ha estado presentando la producción de macadamia, debido a factores climáticos y una competitividad aumentada por la entrada de China al mercado.

Los trabajos culturales que se llevan a cabo en la producción de macadamia incluyen la limpia de los suelos. Debido a que la nuez cae cuando está madura, si la maleza es alta en el área circundante al árbol, dificulta la recolección. En promedio, se realizan 3 limpiezas al año. El costo aproximado es de Q1,035.00 por hectárea/año. Las aplicaciones de abonos foliares y fertilizaciones también ocupan una inversión importante, así como la recolección del producto. El costo de la recolección del producto varía dependiendo del lugar cantidad de personas que se contraten. Este pago se realiza a destajo, es decir por tarea, y está entre Q30-45 por quintal recolectado. Luego se tiene la poda selectiva de los árboles, elaboración de almácigos para contrarrestar los que se pierden por muerte súbita o se caen con las tormentas. Aquí se paga por día con el costo del salario mínimo agrícola Q107.11. El beneficiado de la nuez en fincas también ocupa un rubro importante en la inversión que podría manejarse con 5 personas dependiendo de la cantidad de ingreso de producto, siempre con salario mínimo en este caso si mantienen trabajo todo el año (Asociación Guatemalteca de Macadamia, 2024).

En Guatemala, el precio de la nuez de macadamia varía dependiendo de la presentación y el punto de venta. Según los datos disponibles, el precio minorista oscila entre Q80.00 y Q115.00 por kilogramo, lo que se traduce en un rango de Q40.00 a Q60.00 por libra. Además, algunas fuentes indican que el precio de la macadamia orgánica puede ser de Q75.00 por libra (aproximadamente US\$9.60). Estos precios reflejan la calidad y la demanda del producto en el mercado local e internacional (Selina Wamucii Corporation, 2024).

El creciente problema con el que se han enfrentado los productores de macadamia son los bajos márgenes al momento de vender su producto a exportadores. Con todos los gastos en los que tienen que incurrir para mantener la plantación de macadamia, es muy complicado mantener operaciones sin financiamiento extra. Los precios a los cuales se comercializa el aguacate tanto en el mercado nacional como internacional dependen de la oferta y demanda. Este cambio en los precios internacionales ha provocado que una gran parte de los productores especulen en contra de las empresas exportadoras, lo que daña la cadena de valor en general y crea una resistencia al cambio que puede afectar las operaciones de pequeños, medianos y grandes productores.

**Figura 41.** Diagrama de la cadena de valor de la macadamia según el modelo de Porter



*Nota. Elaboración propia*

### 7.1.3.2 Eslabones y actores de la cadena de valor nacional de la macadamia

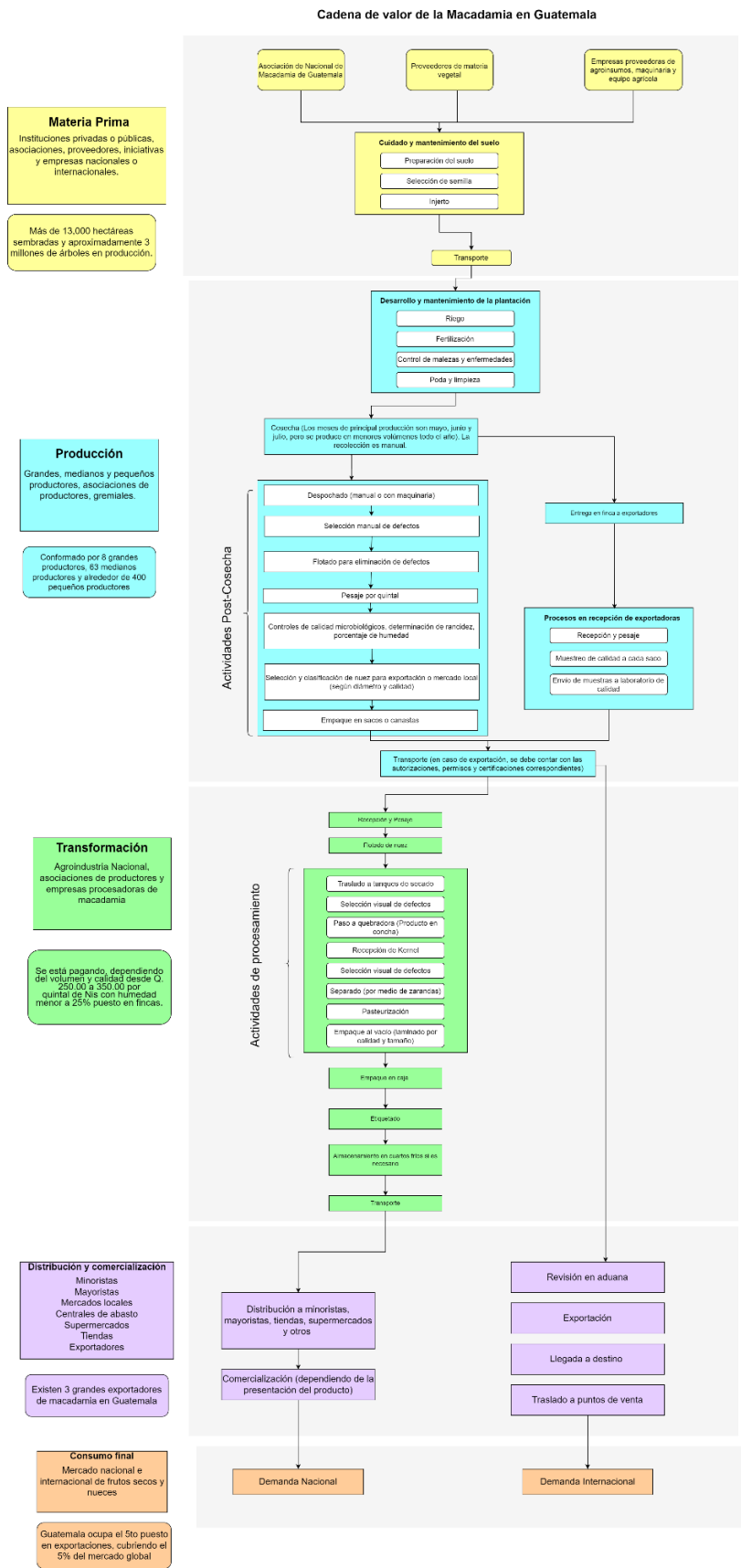
Los eslabones de la cadena de valor comprenden el conjunto de actividades desde la concepción o creación de un producto, en este caso el aguacate, hasta su consumo y reciclaje o disposición final. La importancia de distinguir los eslabones de una cadena de valor recae en que esta es una manera de clasificar las distintas etapas de la industria por las cuales pasa el fruto, facilitando así el estudio de estas (Padilla y Oddone, 2016).

En la cadena de valor nacional de la macadamia, se pueden identificar cinco eslabones principales. La primera etapa abarca todas las actividades relacionadas con la adquisición de insumos, equipos y servicios que respaldan el desarrollo de las actividades productivas. La segunda se refiere a la producción primaria, es decir, todas las operaciones vinculadas al cultivo. La tercera etapa corresponde a la transformación, que en Guatemala aún es algo limitada, ya que hay alrededor de 3 empresas que realizan procesos de transformación a la nuez de macadamia, con el fin de comercializar sus productos diferenciados. Después de la transformación, sigue la fase de distribución y comercialización, en la cual la exportación tiene un gran peso, ya que el 90% de la producción se destina a suplir la demanda internacional. Por último, se encuentran los consumidores finales, que incluyen a todos los compradores

individuales, restaurantes, servicios de alimentos y empresas que demandan macadamia, tanto a nivel nacional como internacional.

A continuación, en la Figura 42, se presenta el diagrama de la cadena de valor nacional de la macadamia.

**Figura 42. Diagrama general de la cadena de valor de macadamia nacional**



*Nota. Elaboración propia.*

#### 7.1.3.2.1 Proveedores de materia prima

En este eslabón de la cadena de valor, se consideran todas aquellas actividades ligadas al abastecimiento de insumos agrícolas necesarios para llevar a cabo la operación de cultivo de macadamia en las respectivas fincas productoras. Este está conformado por empresas multinacionales, pequeñas y medianas empresas (PYMES) e instituciones públicas. En el proceso productivo de la nuez, estas entidades son las responsables de abastecer la operación con la maquinaria, fertilizantes, pesticidas, químicos y demás herramientas. Es posible dividirlos en tres grupos; las empresas de insumos agropecuarios, los prestadores de servicios y las asociaciones de productores. (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

El primer grupo está compuesto por entidades, principalmente empresas privadas, que se dedican a la comercialización de insumos o servicios agropecuarios a nivel local. El segundo grupo abarca tanto a las instituciones gubernamentales como a las no gubernamentales, que ofrecen apoyo en áreas como asistencia técnica, capacitación, infraestructura, gestión de proyectos, investigación y desarrollo a lo largo de la cadena. Entre estos entes se encuentra el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), el Instituto Nacional de Comercialización (INDECA) y la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ). Finalmente, en el tercer grupo se encuentran las agrupaciones y asociaciones formadas por los mismos actores de diferentes eslabones de la cadena, cuyo objetivo es impulsar el crecimiento del sector a través de actividades de apoyo que benefician la cadena de valor del producto en su conjunto. Un ejemplo de estas últimas entidades es la recientemente conformada Asociación Guatemalteca de Macadamia, ASOMAC.

Este eslabón de la cadena de valor también incluye empresas que suministran fertilizantes, pesticidas y herbicidas necesarios para el cultivo de macadamia. Estos insumos son esenciales para garantizar un crecimiento saludable de las plantas. En la mayoría de las fincas productoras, el proceso de injerto o plantación por semilla se realiza con árboles de macadamia previamente en existencia. No se tiene un número certero de viveros de macadamia registrados en el territorio nacional. Los proveedores de insumos también se ven involucrados en la adquisición de las cajas plásticas o de cartón para el empaque, el almacenamiento y transporte de la nuez, maquinaria y herramientas agrícolas, servicios básicos como agua y electricidad y, nuevas tecnologías para el desarrollo de otras operaciones en la cadena.

#### 7.1.3.2.2 Producción

Este eslabón de la cadena de valor comprende las actividades necesarias para el cultivo y mantenimiento de los árboles de macadamia en las fincas productoras. Abarca también el proceso de cosecha, poscosecha, almacenamiento y transporte a la siguiente etapa. El destino de la producción de la nuez de macadamia es, en su mayoría, a empresas exportadoras. Es por esto por lo que es necesario cumplir con los estándares de calidad y tamaño de la nuez para satisfacer el mercado internacional. Debido a esto, cierto porcentaje de la producción que es rechazada, como lo son las nueces tamaño piwi, son utilizadas para otros fines, como confitería, pastelería o producción de aceite.

Como se mencionó anteriormente, Guatemala ha mantenido una producción de alrededor de 1,161 toneladas métricas de macadamia en los últimos cinco años. Por factores ambientales, los rendimientos de las plantaciones se han visto afectados, junto con la llegada de la pandemia Covid-19, la cual dificultó las operaciones de distribución en los años 2020 y 2021. Los rendimientos de macadamia se encuentran alrededor de los 4 a 5 toneladas métricas por hectárea (Rohr y Programa de Agricultura-CRS Guatemala, 2019).

Dentro de esta etapa de la cadena de valor, se consideran todas las plantaciones que se dedican a la producción de macadamia para su posterior comercialización a nivel nacional o internacional. Estos actores se pueden clasificar en 3 categorías: pequeños, medianos y grandes productores. Dicha clasificación depende de la cantidad de hectáreas o árboles de macadamia que se tengan en producción. Es importante recordar que la categoría con más participantes es la de pequeños productores, ya que la macadamia es un cultivo que se popularizó como sistema de plantación en asocio con café, para diversificar los ingresos de los agricultores. En la actualidad, existen 8 grandes productores, 63 medianos productores y alrededor de 400 pequeños productores en Guatemala (Asociación Guatemalteca de Macadamia, 2024).

Los pequeños productores son aquellos que siguen las prácticas de cultivo tradicionales y que utilizan los ingresos resultantes de sus actividades de cultivo para subsistir. Los agricultores de mediano y grande alcance buscan incrementar su área de cultivo para entregar un mayor volumen de producción, además de estar en busca de nuevas tecnologías para implementar en su operación.

#### 7.1.3.2.3 Transformación

La naturaleza del fruto de la nuez de macadamia hace que algunos procesos de transformación sean aplicados antes de distribuirse. Los procesos realizados por las fincas previo a su distribución son: la recolección manual, descascarado, selección manual de defectos, flotado, pesaje y entrega a exportadoras. Es por ello que, durante esta fase, muy poco porcentaje de la producción se destina a empresas procesadoras que lo transforman a otros productos como aceite, nuez cubierta de chocolate, mantequillas y otros. Este eslabón de la cadena de valor requiere de una gran inversión en maquinaria y equipo para la fabricación de otros bienes de mayor valor agregado en la industria. También se hace un gran uso de mano de obra, específicamente en la selección de defectos, ya que la maquinaria tecnificada para realizar este proceso tiene un costo muy elevado.

En cuanto a los actores involucrados en este eslabón, se consideran a todas las empresas que aplican actividades de transformación a la nuez de macadamia, las cuales agregan valor al producto para su comercialización. Entre las actividades que realizan estas entidades se encuentran: recepción y pesaje, muestreo de calidad a cada saco, envío de muestras a laboratorio de calidad, flotado de nuez recibida, traslado a tanques de secado, selección visual de defectos, paso a quebradoras, recepción de kernel (nuez sin concha), selección visual de defectos, separación por medio de zarandas de diferentes tamaños y nueces enteras, en algunos casos pasteurización, empacado al vacío en triple laminado por calidad y tamaño y el embalaje en cajas para su conservación en frío (Asociación Guatemalteca de Macadamia, 2024).

#### 7.1.3.2.4 Distribución y Comercialización

Este eslabón corresponde al transporte y distribución del producto a puntos de venta. Esta fase también incluye las funciones de acopio y almacenamiento de la nuez, en las cuales intervienen varios actores de la cadena. Cabe mencionar que dentro de esta etapa en la cadena de valor también se consideran las exportaciones de aguacate y productos derivados que se realicen en el país. Al igual que las actividades necesarias para la promoción y mercadeo del producto y los servicios posventa (Padilla y Oddone, 2016).

Ya que gran parte de la producción de macadamia en Guatemala es exportada, existen tres grandes exportadoras de esta nuez en Guatemala; Swiss Gourmet, Inguamasa y Alimentos Selectos (Asociación Guatemalteca de Macadamia, 2024). Dentro de este grupo también se

encuentran empresas exportadoras, navieras, acopiadores, intermediarios, distribuidores, mayoristas, minoristas y las tiendas al detalle. Por ejemplo: todas las grandes cadenas de supermercados como Walmart, La Torre, Despensa Familiar, Paiz y PriceSmart, mercados cantonales, mercados mayoristas como el CENMA y el mercado La Terminal.

En cuanto al tiempo de comercialización, vez procesadas, las nueces de macadamia pueden ser comercializadas en diferentes presentaciones, como nueces enteras, trozos, aceites, snacks, entre otros. Con el empaque apropiado y en condiciones frescas y secas, las nueces de macadamia pueden conservarse por hasta 6 meses.

#### 7.1.3.2.5 Consumo final

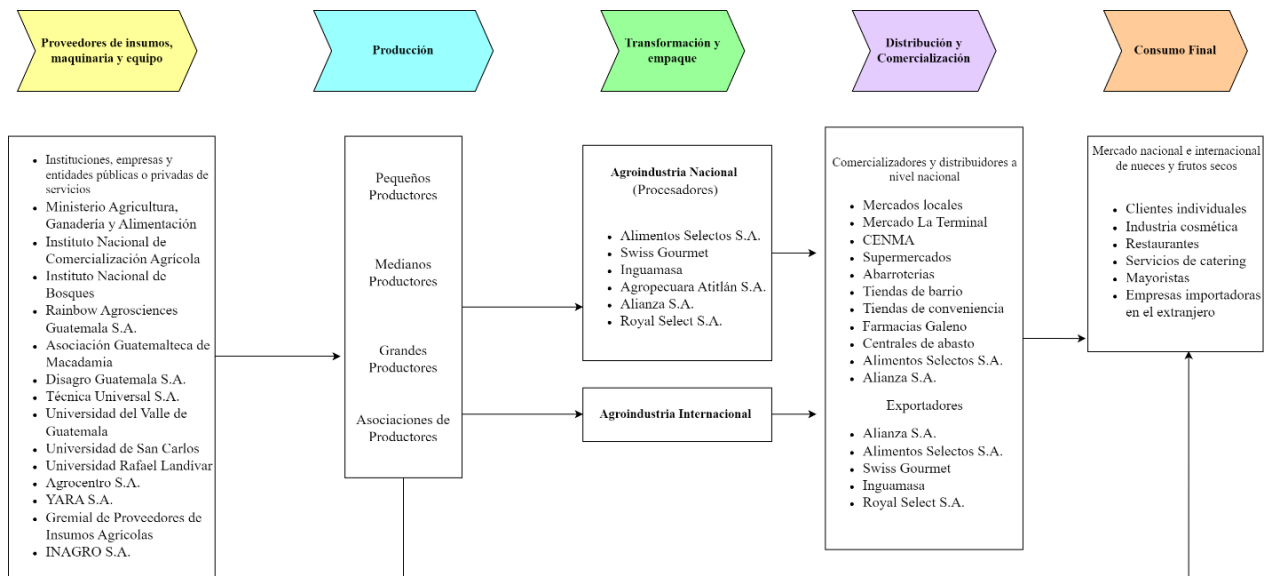
En este eslabón se consideran todos los consumidores de nueces de macadamia, tanto nacional como internacionalmente. También se incluyen todos los compradores que demandan nuez de macadamia, ya sea fresca o procesada. Se toman como cliente final, las empresas que importan macadamia desde Guatemala, siendo uno de los principales países, China. La macadamia no ha sido ampliamente comercializada a nivel local, lo que ha llevado a que la mayoría de la población guatemalteca no esté familiarizada con este producto. Esto limita el consumo interno y su conocimiento en el mercado local (Chacón, 2015).

Se estima que el mercado internacional de macadamia alcanzará los US\$2,690 millones para 2029, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) de aproximadamente 9.5%. Esto sugiere que hay un potencial significativo para aumentar tanto la producción como el consumo de macadamia, tanto a nivel local como internacional (Chacón, 2015).

#### 7.1.4 Actores de la cadena de valor nacional de la macadamia

A continuación, se muestra un diagrama con los actores principales de la cadena de valor de la macadamia en Guatemala.

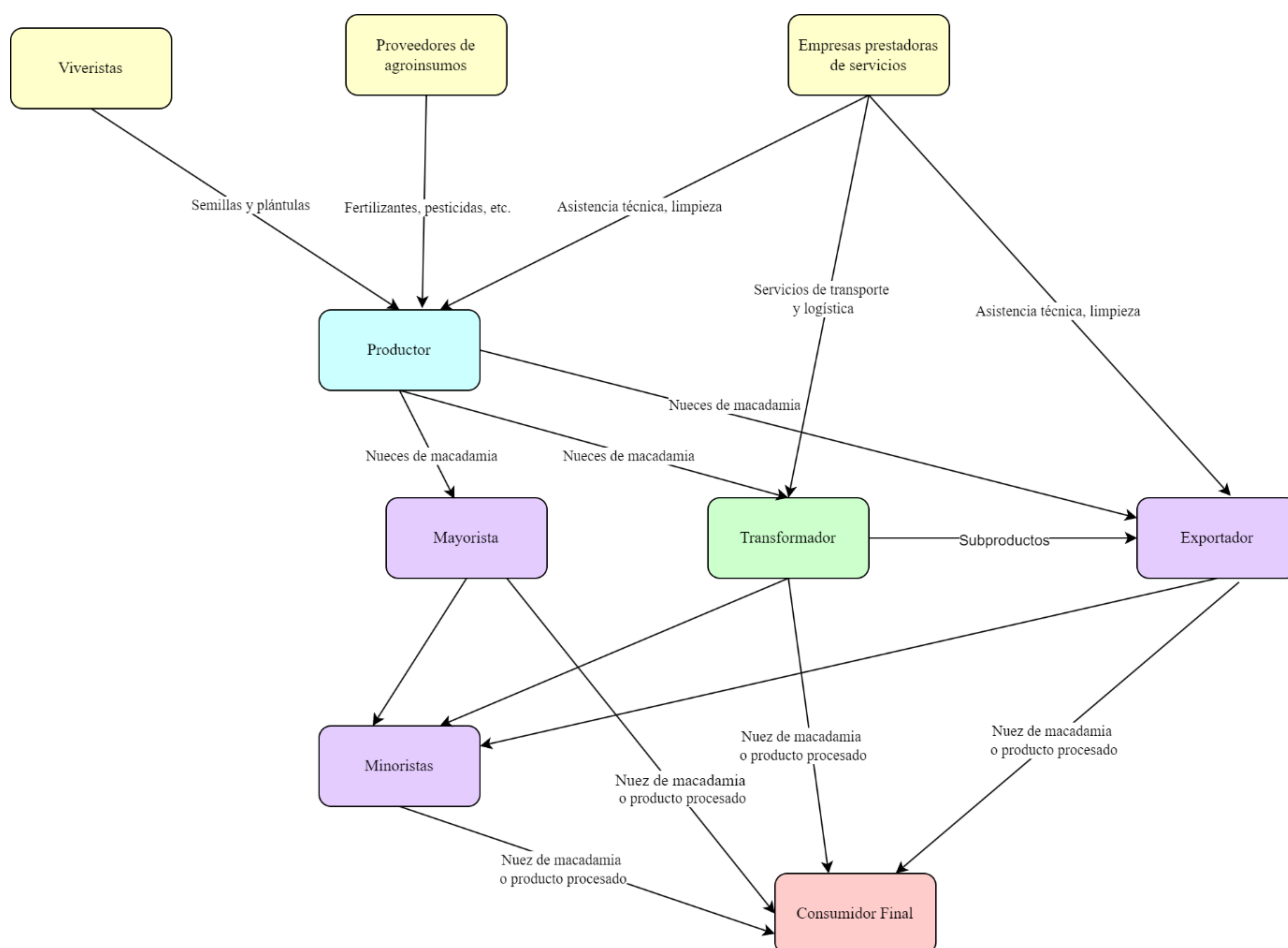
**Figura 43. Actores principales de la cadena de valor de la macadamia**



*Nota. Elaboración propia*

En la Figura 44 se puede observar la relación entre los actores de la cadena de valor de macadamia en Guatemala. Una de las interacciones clave en este ecosistema es el de los productores y los transformadores. Así como en el caso de la empresa Alimentos S.A., se mantiene una relación estrecha con los agricultores de diferentes sectores del país, para que puedan vender la macadamia con cáscara (NIS) para que sea posteriormente procesada. Después de este proceso de transformación, los productos finales están listos para exportación, la cual constituye el mayor ingreso para el sector de macadamia guatemalteco.

**Figura 44.** Relación entre actores de la cadena de valor de macadamia



*Nota. Elaboración propia.*

Por consiguiente, en la Tabla 23 se tiene la descripción de algunos actores de la cadena de valor de macadamia en Guatemala, así como sus roles y posiciones dentro del mercado de esta nuez.

**Tabla 23.** Descripción de algunos actores de la cadena de valor de macadamia nacional

| Nombre                                | Descripción   |
|---------------------------------------|---|
| Ministerio de Agricultura y Ganadería | El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA) Somos una Institución del Estado, que fomenta el desarrollo rural integral a través de la transformación y modernización del sector agropecuario, forestal e hidrobiológico, desarrollando capacidades productivas, organizativas y comerciales para lograr la seguridad y soberanía alimentaria y competitividad con normas y regulaciones claras para el manejo de productos en el mercado nacional e internacional, garantizando la sostenibilidad de los recursos naturales (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, 2022). |

| Nombre                                 | Descripción   |
|--|---|
| Instituto de Comercialización Agrícola | El Instituto Nacional de Comercialización Agrícola (Indeca) tiene dentro de sus funciones principales, aplicar políticas de mercadeo, estabilización de precios y abastecimiento de productos agrícolas. Adicionalmente, le corresponde almacenar los alimentos donados por el Programa Mundial de Alimentos (PMA), de acuerdo a estándares internacionales, para luego despacharlos a las entidades que los distribuyen a las comunidades beneficiarias. (INDECA, 2021)  |
| ASOMAC                                 | ASOMAC tiene por visión velar por los intereses del Sector de macadamia en Guatemala. Promoviendo una producción competitiva y de calidad, mientras apoyamos políticas gubernamentales que fomenten la mejora del medio ambiente. En cuanto a su visión, aspiran a guiar a los productores y exportadores a la excelencia en calidad y competitividad. Llevando la macadamia guatemalteca a los mercados internacionales (ASOMAC, 2024).  |
| Universidades                          | Las universidades forman a profesionales con conocimientos técnicos que podrán aplicar en el desarrollo del sector agropecuario. Estos egresados también pueden desempeñarse en industrias que contribuyen, ya sea de forma directa o indirecta, a este sector. Además, estas instituciones llevan a cabo investigaciones que generan información valiosa para optimizar las actividades dentro de la cadena de valor de diversos productos. Entre las universidades que destacan por su contribución al sector en el país se encuentran la Universidad de San Carlos de Guatemala, la Universidad Rafael Landívar y la Universidad del Valle de Guatemala. |
| Inguamasa                              | Se trata de una empresa familiar fundada en 1972, en el transcurso de los años fueron creciendo, siempre posicionados como una empresa líder en la industria, al día de hoy son uno de los proveedores de macadamia de alta calidad más grandes y más confiables del mundo (Industria Guatemalteca de macadamia S.A.).  |
| Alimentos Selectos                     | Alimentos Selectos es una empresa guatemalteca caracterizada por comercializar productos de alta calidad. Su giro de negocio es el procesamiento y comercialización de productos alimenticios por medio de diferentes marcas (Alimentos Selectos S.A., 2022)  |
| Alianza S.A.                           | La Exportadora Agrícola e Industrial – Alianza S.A, se constituyó el 29 de julio de 2005. Es una empresa fundada por productores de pequeña escala de café, macadamia y otros productos con enfoque de producción orgánica. Actualmente se dedica a la comercialización local e internacional de macadamia, certificada orgánica. Dentro de su visión general, se encuentra ser la mayor acopiadora de macadamia para transformación a macadamia kernel y cubrir mercados de  |

| Nombre        | Descripción  |
|---------------|--|
|               | América del Norte y Europa, entre otros. Actualmente incorpora dentro de su cadena de valor a productores de pequeña escala ubicados en Quetzaltenango (Feed The Future, 2021).  |
| Swiss Gourmet | Desde la fundación de SWISS GOURMET en 2001, se hemos convertido rápidamente en un reconocido proveedor de frutos secos y frutas deshidratadas de calidad. Con 7 plantas de procesamiento y 5 oficinas de compras y ventas en todo el mundo, están presentes en los mercados de producción y consumo más importantes. Gracias a su fuerte integración vertical, ofrecen productos "del árbol a la mesa" a lo largo de toda la cadena de valor (Swiss Gourmet S.A., 2023) |

*Nota. Elaboración propia.*

A continuación, en la Tabla 24 se detalla una clasificación de actores según el eslabón. Es importante notar que algunos de los actores, tales como Inguamasa, Alimentos Selectos y Swiss Gourmet toman una posición transversal a través de los eslabones de producción, transformación, comercialización y exportación. Es por ello que estas empresas son las más fuertemente establecidas del sector de macadamia, y lideran el mercado actualmente.

**Tabla 24.** Clasificación de actores según su eslabón

| Entidad                                | Proveedor de insumos o servicios | Productor | Transformador | Comercializador | Exportador |
|--|----------------------------------|-----------|---------------|-----------------|------------|
| Ministerio de Agricultura y Ganadería  | x                                |           |               |                 |            |
| Instituto de Comercialización Agrícola | x                                |           |               |                 |            |
| ASOMAC                                 | x                                |           |               |                 |            |
| Royal Select                           |                                  |           |               | x               | x          |
| Inguamasa                              |                                  | x         | x             | x               | x          |
| Alimentos Selectos                     |                                  | x         | x             | x               | x          |
| Alianza S.A.                           |                                  |           | x             | x               | x          |
| Swiss Gourmet                          |                                  | x         | x             | x               | x          |
| Universidades                          | x                                |           |               |                 |            |

| <b>Entidad</b>                            | <b>Proveedor de insumos o servicios</b> | <b>Productor</b> | <b>Transformador</b> | <b>Comercializador</b> | <b>Exportador</b> |
|---|---|------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| Productores (pequeños, medianos, grandes) |   | X                |                      |                        |                   |
| Grupo HAME                                | X                                       | X                |                      | X                      | X                 |

*Fuente. Elaboración propia.*

### 7.1.5 Gobernanza y tipología de la cadena de valor

Según el modelo de gobernanza de cadenas de valor globales de Gereffi, Humphrey y Sturgeon, la cadena de valor de la macadamia en Guatemala presenta características de una cadena manejada por compradores (buyer-driven), correspondiente la gobernanza de tipo de mercados, en donde las empresas y los individuos compran y venden productos con poca interacción, más allá del intercambio de bienes y servicios (Gereffi et al., 2005). A continuación, se explican las principales razones. La primera de ellas es el papel de los grandes compradores. Las grandes empresas compradoras, como los minoristas y comercializadores de marca, ejercen un control significativo sobre la producción y distribución de la macadamia guatemalteca. La segunda es el énfasis en la comercialización y ventas. Al igual que en las cadenas de valor impulsadas por compradores, como la industria de la confección, el enfoque principal está en el marketing y las ventas de la macadamia, más que en el control de la tecnología. Adicionalmente, los grandes compradores imponen estrictos requisitos de calidad y entrega a los productores y exportadores de macadamia, lo que requiere una coordinación estrecha a lo largo de la cadena de valor (Seric y Siong Tong, 2019).

Partiendo de esta premisa, aunque la cadena de valor de la macadamia está impulsada por los compradores, existe potencial para que los productores y exportadores guatemaltecos mejoren sus capacidades y accedan a mercados más sofisticados a través de la innovación y el cumplimiento de estándares internacionales.

## 7.2 Propuesta de producto de macadamia

La presente etapa del trabajo de graduación consiste en proponer un producto basado en la nuez de macadamia para su crecimiento en el mercado en Guatemala. Como punto principal, y parte del proceso de diseño “Design Thinking” se realizó una lluvia de ideas, tomando en cuenta los aspectos recolectados del análisis PESTEL y el análisis de cinco fuerzas de Porter realizados previamente.

A raíz de las visitas de campo realizadas a la finca La Giralda, ubicada en Chimaltenango, y a la finca Valhalla en San Miguel Dueñas, se observó que las formas más comunes de venta de la macadamia son cubiertas de chocolate o como aceite para uso cosmético o alimentario. Cabe mencionar que estas visitas se realizaron con el apoyo y financiamiento del proyecto ASPIRE como parte de la iniciativa académica Ingeniería de Plantas.

Tras estas visitas y entrevistas realizadas al personal de ambas fincas, se identificó el problema más crítico: la falta de transformación de la nuez para aumentar su valor agregado. Aplicando la metodología de Design Thinking, se realizó una lluvia de ideas, como parte de la primera fase: idear. Esta se centra en identificar las necesidades y los problemas de los usuarios. La información recopilada durante las visitas se sintetizó en esta etapa. Se analizaron todas las observaciones para definir el problema central. Se tomaron en cuenta los productos que ya se venden en Guatemala, y se realizó una investigación para hallar los productos que se fabrican y venden en otros países.

Según la metodología del doble diamante para la innovación, el primer paso a seguir es la fase de definición. En la fase de definición, el objetivo es sumergirse completamente en el problema a través de la investigación. Se busca intentar comprender, en lugar de suponer, el contexto del problema. Definir es la fase en la que se realizará una investigación exploratoria sobre el problema o desafío presentado (Jameson y Design Council, 2004). El desafío identificado para esta propuesta fue el de la falta de procesos de transformación de la nuez en el país y el poco consumo local, ligado a la alta exportación de la producción. El primer paso que se siguió para la propuesta de producto fue una lluvia de ideas.

**Tabla 25.** Resumen de lluvia de ideas

| Problema  | Ideas de posibles soluciones   |
|---|--|
| <p>Actualmente, el 90% de la producción de macadamia se destina a la exportación, lo que deja a los agricultores vulnerables ante los precios fluctuantes del mercado internacional. Esta situación no solo afecta su rentabilidad, sino que también limita el potencial de desarrollo de la industria local. Es crucial abordar este desafío mediante la implementación de procesos productivos que transformen la macadamia, aumentando su valor y fomentando al mismo tiempo el consumo local.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer una planta de producción y transformación de la nuez de macadamia para agregar valor.</li> <li>• Proporcionar formación a los agricultores y emprendedores locales sobre técnicas de procesamiento y producción.</li> <li>• Desarrollar campañas que resalten los beneficios de consumir productos locales de macadamia, enfatizando su frescura, calidad y el impacto positivo en la economía local.</li> <li>• Proponer incentivos económicos para los agricultores que opten por transformar su producción en lugar de exportarla directamente</li> <li>• Fomentar la formación de cooperativas de productores de macadamia que puedan trabajar juntos para procesar, comercializar y distribuir sus productos de manera más eficiente.</li> <li>• Establecer redes de distribución que conecten a los productores con los consumidores locales, facilitando el acceso a productos frescos y procesados.</li> </ul> |




*Nota. Elaboración propia*


De las anteriores ideas propuestas, se priorizaron según su impacto en el mercado guatemalteco. Tomando en cuenta la metodología del trabajo de graduación, se seleccionó la idea de establecer una planta de producción y transformación de la nuez de la macadamia, para agregar valor. El diseño, requerimientos de maquinaria, servicios auxiliares y demás aspectos

serán desarrollados en los siguientes capítulos. Para seleccionar qué tipo de producto se fabricará en esta planta, se realizó una comparativa con productos que ya existen en el mercado.

**Tabla 26.** Comparación de productos de macadamia en el mercado

| Producto  | Ventajas   | Desventajas  |
|---|--|--|
| <p><b>Leche de macadamia</b></p>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No se produce en Guatemala aún.</li> <li>• Amplio mercado de leches vegetales</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos altos</li> <li>• Bastante uso de agua</li> <li>• Hay muchísimos sustitutos (soya, almendra)</li> </ul>   |
| <p><b>Aderezos de macadamia</b></p>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Complemento de cocina gourmet o tradicional</li> <li>• Flexibilidad en uso</li> <li>• Fácil preparación</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabor exótico, tal vez no les guste a todos</li> <li>• Debería incluir algún tipo de recetario</li> <li>• Introducir a las personas a un nuevo sabor</li> </ul>             |
| <p><b>Suplementos a base de macadamia</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de proteína</li> <li>• Se le puede añadir saborizantes</li> <li>• Presentación en batido</li> <li>• Fácil de preparar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio elevado</li> <li>• Investigación profunda de qué ingredientes lleva</li> <li>• Aditivos, preservantes</li> <li>• Seleccionar muy bien el mercado objetivo</li> </ul> |
| <p><b>Harina</b></p>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin gluten</li> <li>• Proceso de fabricación simple</li> <li>• No se hace en Guatemala aún a nivel industrial</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesamiento de nuez oleaginosa requiere prensa hidráulica o de tornillo</li> <li>• Se tiene que buscar un uso para el aceite</li> <li>• Selección de aditivos</li> </ul>  |

| Producto  | Ventajas  | Desventajas   |
|---|---|---|
| <p><b>Shampoo</b></p>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Derivado del aceite de macadamia</li> <li>• Para cabello seco y frágil</li> <li>• Promueve la buena nutrición del cabello</li> <li>• Provee gran suavidad por su afinidad con el cabello, protector e hidratante.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Personas no usan este producto porque deja el pelo “grasoso”</li> <li>• Investigación profunda de qué químicos se agregan</li> <li>• Empaque</li> </ul>  |
| <p><b>Nuez de macadamia snack</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil empaque</li> <li>• Se aprovechan todos los nutrientes de la macadamia</li> <li>• Se puede vender tostada o cruda</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ya hay bastantes productores que venden en esta presentación la macadamia</li> <li>• Tiempo de vida corto, se ponen rancias si no se hornean</li> <li>• Mucha competencia</li> <li>• Debe ser nuez en muy buen estado</li> </ul> |
| <p><b>Barras energéticas</b></p>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente sabor</li> <li>• Se le puede añadir chocolate</li> <li>• Se pueden presentar diferentes sabores o combinaciones</li> <li>• No se producen en Guatemala</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación de aditivos e ingredientes</li> <li>• ¿Por qué elegirían barras de macadamia?</li> <li>• Debe haber un diferenciador</li> <li>• Ya existen barras de otras nueces</li> </ul>                                       |
| <p><b>Helado de macadamia</b></p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por ahora no hay producción industrializada</li> <li>• ¿Seguiría siendo libre de gluten?</li> <li>• ¿qué tipo de leche se usaría?</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se necesita más maquinaria</li> <li>• Premezcla de helado</li> <li>• Verificación de ingredientes</li> </ul>   |

| Producto  | Ventajas  | Desventajas   |
|---|---|---|
| <p><b>Mantequilla</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil proceso de producción</li> <li>• Se pueden utilizar nueces de todos los tamaños</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ya existen muchas marcas de mantequilla de macadamia</li> <li>• Muchos competidores</li> </ul> |

*Nota. Elaboración propia.*

### 7.2.1 Criterio de selección del producto

Para seleccionar un producto a partir de las opciones basadas en macadamia, se realizó un análisis de ventajas y desventajas de cada uno, mostrados en la Tabla 26. Comparación de productos de macadamia en el mercado. En términos de viabilidad y potencial de mercado, se consideraron factores como los costos de producción, la facilidad de fabricación, la demanda actual, y las barreras de entrada.

La elección de la harina de macadamia como producto final se basa en tres razones estratégicas. Comparada con otros productos, la harina de macadamia destaca por su proceso de fabricación simple y por ser una opción sin gluten, lo que le permite acceder al mercado de productos saludables y sin gluten, aún sin competencia a nivel industrial en Guatemala. Estas características la hacen más viable en términos de costos y facilidad de producción, además de tener aplicaciones versátiles en la industria alimentaria, lo cual puede atraer a consumidores interesados en alternativas saludables.

### 7.2.2 Propuesta: Harina de macadamia

Tras realizar esta comparativa entre los productos que actualmente se comercializan utilizando la nuez de macadamia, se determinó la opción de harina de macadamia como la mejor. Empezando con el creciente mercado de productos sin gluten y el proceso de fabricación simple que conlleva este producto, la harina de macadamia es una opción llamativa para fomentar el consumo en el país. Adicionalmente, la versatilidad de uso de la harina permite que sea implementada en postres y comidas saladas. Para respaldar la viabilidad del producto, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.

- Clientes:

La macadamia es un alimento rico en fibra, libre de gluten y lleno de nutrientes y calorías que aportan a una dieta balanceada. Además, se ha demostrado a través de estudios que al reemplazar el 15% del consumo de energía en la dieta por la nuez de macadamia (40-90 gramos/día) reduce los niveles de colesterol total en el plasma y el colesterol LDL (Fuentes Herman, 2013). A partir de esta premisa, los clientes potenciales para este producto son:

- Personas con intolerancias al gluten.
- Personas con enfermedades cardiovasculares.
- Personas veganas.
- Personas con dietas saludables.
- Industria alimentaria gourmet.
- Industrias de productos orgánicos.

- Uso:

La propuesta de una harina a base de macadamia tiene el objetivo de usarse como una alternativa a la harina multiuso convencional, la cual tiene altos contenidos de gluten y carbohidratos. Está dirigido a personas que buscan sostener una dieta más saludable para disminuir sus niveles de colesterol o personas que buscan una harina de origen vegetal con alto contenido calórico, altos niveles de proteína y nutrientes para integrar a su dieta.

- Características de uso:

- Es un sustituto competente a las demás harinas normales y procesadas dentro de la industria, debido a su origen natural y aporte nutricional.
- Puede utilizarse en todo tipo de postres, agregando un toque único debido a su sabor especial de nuez.
- Sus características de sabor permiten que sea integrada en varias comidas, como lo son empanizados, postres, elaboración de pan o pasteles.

- Ventajas competitivas:

- La harina de macadamia presenta un perfil nutricional muy beneficioso para el consumidor, aportando grasas monoinsaturadas saludables, bajo en carbohidratos y proteína moderada.
- De origen 100% vegetal y sin gluten.
- Versatilidad de uso, aplicable a comidas saladas y dulces.

- Puntos de venta:
  - La ubicación estratégica que se busca con la marca de harina de macadamia, son los supermercados de consumo masivo, como lo son Walmart, Paiz y la Torre, debido al alto flujo de clientes que día a día consumen en los supermercados. Además, no hay productos competencia actualmente en Guatemala que se encuentren dentro de los supermercados, lo que se proyecta como un área de oportunidad.
  - Online: Plataformas de comercio electrónico para alcanzar a un público más amplio, incluyendo áreas donde estos productos no están fácilmente disponibles en tiendas físicas.

Partiendo de esta premisa, es necesario establecer el giro del negocio de la empresa y el producto a fabricar: harina de macadamia.

#### 7.2.2.1 *Business Model Canvas*

Es una herramienta estratégica para desarrollar y documentar el diseño de un modelo de negocio. Es un cuadro visual que describe todos los elementos de un modelo de negocio, desde los productos, la infraestructura, el mercado objetivo y las finanzas de la empresa. Se ha utilizado en para describir los diferentes giros de negocio de muchas empresas exitosas y resulta muy útil para organizar todos los aspectos en un solo lugar, de forma clara y concisa (Strategyzer Enterprises, 2018). Para describir a fondo el giro de negocio de la harina de macadamia a partir del cultivo en Guatemala, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.

- *Key Partnerships* (Alianzas Clave):

Las alianzas estratégicas son fundamentales para cualquier negocio, en este caso, para tener éxito en la producción de harina de macadamia, se consideraron las siguientes.

- Productores de macadamia: mantener una estrecha comunicación con los diferentes finqueros y proveedores de macadamia en el país. Para lograr esto, se realizarán visitas a diferentes fincas en el territorio nacional.
- Distribuidores: colaboración con empresas de logística y transporte para distribuir la harina a nivel nacional y más adelante a nivel internacional.
- Entidades de certificación: Trabajar con organizaciones para certificar la harina como gluten-free o non-GMO.

- *Key Activities* (Actividades Clave):

Son las actividades fundamentales del giro de negocio, sin estas, la producción y venta del producto o servicio no se puede llevar a cabo. Para la producción de harina de macadamia, se tomaron en cuenta las siguientes.

- Abastecimiento y Producción: Adquirir las nueces de macadamia y procesarlas para convertirlas en harina bajo una gestión de calidad total.
- Marketing y Ventas: Desarrollar e implementar una estrategia para alcanzar el mercado objetivo y generar ingresos por ventas.

- *Key Resources* (Recursos Clave):

Son los recursos necesarios para transformar la materia prima, en este caso macadamia, en el producto final, harina de macadamia. Se tomaron en cuenta las siguientes:

- Cadena de abastecimiento de macadamia: establecer fuertes vínculos con los productores de macadamia guatemaltecos para asegurar la materia prima de calidad.
- Planta de Producción: diseñar una planta equipada para el secado, molido y empaque de la harina de macadamia.
- Plataforma de e-commerce online para vender el producto.
- Servicio de distribución a los puntos de venta, ya sea tercerizado o propio.

- *Cost Structure* (Estructura de Costos):

Se refiere a todos los costos en los que debe incurrir la empresa para llevar a cabo las operaciones y vender el producto:

- Costos de producción: costos involucrados en la transformación de las nueces de macadamia en harina, incluyendo equipo maquinaria, mano de obra y servicios de luz, agua etc.
- Costos de abastecimiento: costos relacionados a comprar las nueces de macadamia de los finqueros.
- Marketing y ventas: costos relacionados a la publicidad, material de promoción y plataformas de ventas online.
- Costos de operación: salarios de los operarios y todo el equipo administrativo, y alquileres.

- *Value Proposition* (Propuesta de valor):

La propuesta de valor describe qué es lo que ofrece nuestro producto, qué necesidades cubre o qué oportunidad busca explotar. Esta también se describe en el Value Proposition Canvas, para la harina de macadamia se consideró lo siguiente:

- Ofrecer una harina alternativa a base de macadamia de alta calidad, para personas intolerantes al gluten o en busca de mejorar su dieta.
- Brindar un producto proveniente de plantaciones en Guatemala, apoyando el desarrollo del país.
- Ser una alternativa a las harinas comerciales sin sacrificar sabor de las comidas.
- Ampliar la accesibilidad a harinas de origen vegetal en Guatemala.

La propuesta de valor se presenta también de manera condensada a continuación:

**Figura 45.** *Propuesta de valor*

Nuestra Harina de Macadamia ayuda a jóvenes y adultos con intolerancia al gluten, o en busca de alimentación balanceada que quieren tener un estilo de vida saludable, encontrar alternativas sin gluten y mejorar su salud cardiovascular de una forma versátil para aplicar en recetas, de fácil acceso y apoyando a la producción local de la nuez

*Nota. Elaboración Propia*

- *Customer Relationships* (Interacción con el Cliente):

Describe las acciones que se toman para asegurar la satisfacción del cliente en cuanto al producto o servicio.

- Feedback de clientes: poner a disponibilidad de los clientes un customer center al que puedan contactar y dar su feedback sobre el producto.
- Recetario: brindar recetas o métodos de preparación para la harina, preferiblemente en el empaque del producto.

- *Channels* (Canales de distribución):

Describe las maneras en las que se le hace llegar al cliente el producto o servicio.

- Ventas online, de inicio a través de redes sociales y más adelante a través de una página web.
- Ventas Retail a través de supermercados y tiendas de conveniencia para una distribución más amplia. Facilitando el acceso con puntos de compra estratégicos dentro de las tiendas.

- Ventas B2B a restaurantes y panaderías.

- *Customer Segments* (Segmentos de clientes):

Muestra a los grupos de personas que se tienen establecidos como el mercado objetivo. Al igual que la propuesta de valor, se incluyen también en el value proposition canvas. El mercado objetivo de la harina de macadamia se compone de los siguientes segmentos.

- Jóvenes y adultos entre 20 - 60 años en busca de alimentos sin gluten.
- Personas celíacas o con problemas de colesterol y cardiovasculares.
- Chefs y reposteros quienes buscan alternativas saludables para diferenciar sus productos.
- Mercados de exportación fuera de Guatemala que estén interesados en un producto de alta calidad con producción local de Guatemala.
- Supermercados que quieran ofrecer una variedad más amplia de productos sin gluten.

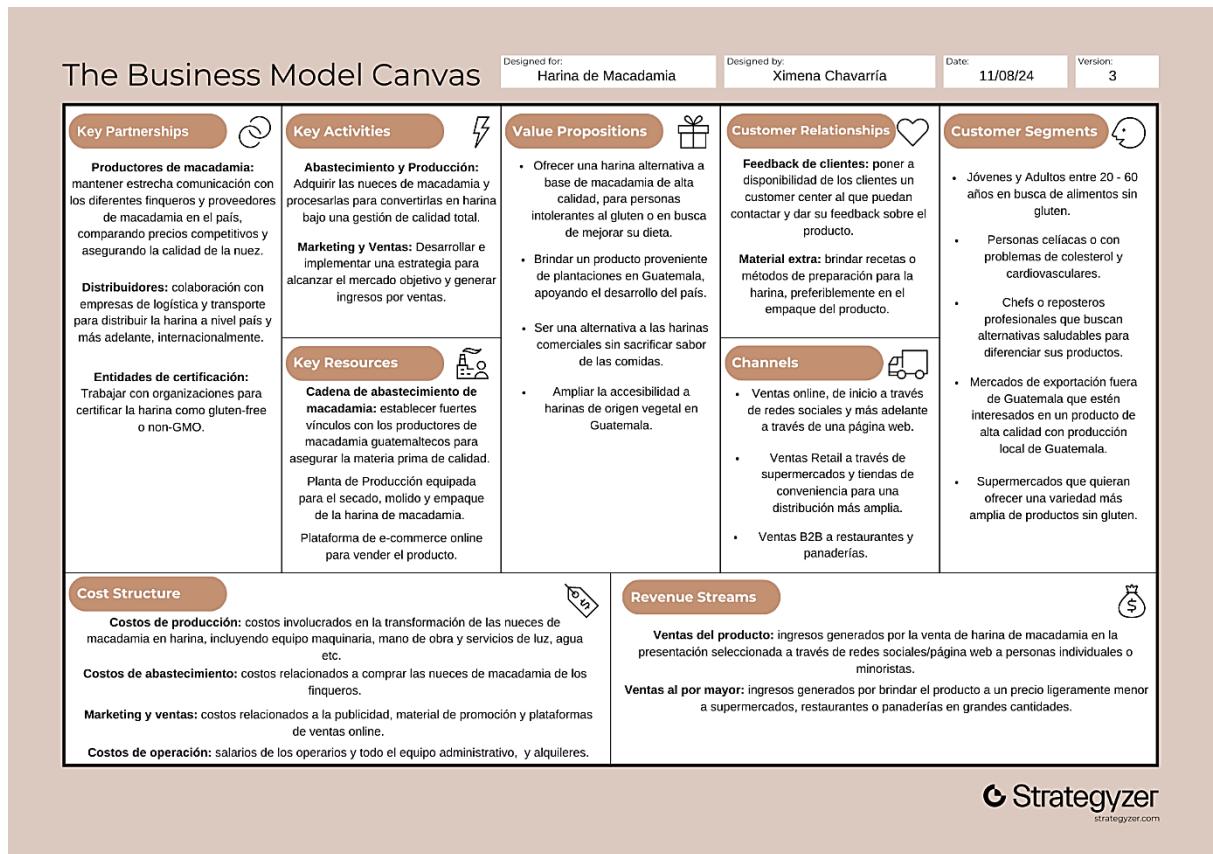
- *Revenue Streams* (Fuentes de ingresos):

Son los medios por los cuales la empresa generará ingresos por ventas para mantener las operaciones funcionando y generar un margen de ganancia por cada producto vendido. Para la harina de macadamia, son las siguientes.

- Ventas del producto: ingresos generados por la venta de harina de macadamia en la presentación seleccionada a través de redes sociales/página web a personas individuales o minoristas.
- Ventas al por mayor: ingresos generados por brindar el producto a un precio ligeramente menor a supermercados, restaurantes o panaderías en grandes cantidades.

Para representar de mejor manera toda esta información, se mapeó dentro de la estructura debida para un modelo de negocio en la siguiente figura.

**Figura 46. Business Model Canvas de Harina de Macadamia**



*Nota. Elaboración propia*

### 7.2.2.2 Value Proposition Canvas

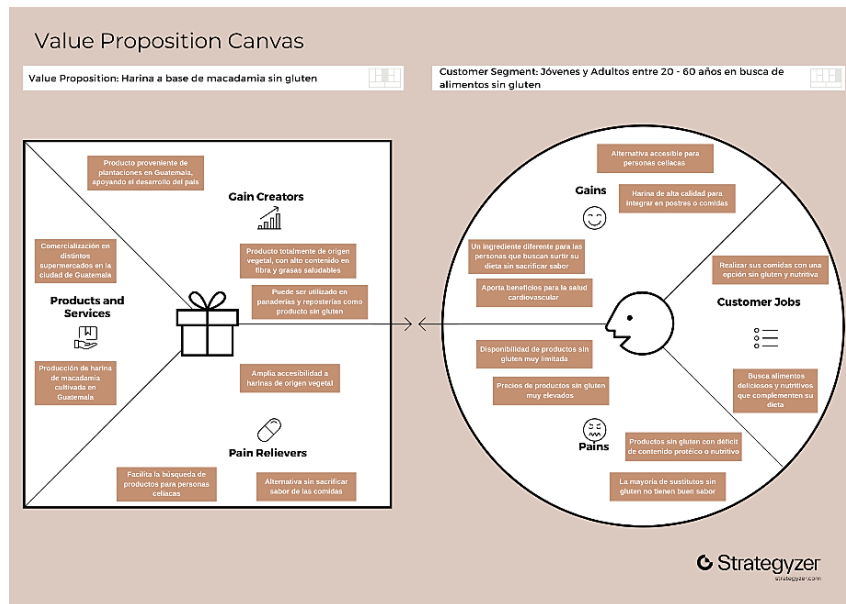
Es una herramienta que acompaña al *business model canvas* y describe a fondo qué es el producto, a quién va dirigido y cuáles son las oportunidades o soluciones que cubre. El value proposition canvas se divide en dos secciones, la perspectiva del cliente a la derecha y la propuesta de valor del producto a la izquierda. El objetivo es hacer un “fit” entre las necesidades del cliente y los beneficios de nuestro producto.

- **Gain Creators:** distingue cuáles son los beneficios y resultados de ofrecer este producto al mercado guatemalteco. Para la harina de macadamia, se consideró lo siguiente.
  - Producto proveniente de plantaciones en Guatemala, apoyando el desarrollo del país.
  - Producto totalmente de origen vegetal, con alto contenido en fibra y grasas saludables.
  - Puede ser utilizado en panaderías y reposterías como producto sin gluten.
  - Versatilidad de uso en postres y comidas saladas.
- **Products And Services:** describe los productos y/o servicios que brinda la empresa.

- Producción de harina de macadamia cultivada en Guatemala.
- Comercialización en distintos supermercados en la ciudad de Guatemala.
- Pain Relievers: describe los aliviantes de dolor que ofrece nuestro producto en cuanto a los puntos de dolor de los clientes al buscar un producto similar.
  - Amplia accesibilidad a harinas de origen vegetal, a través de puntos de venta en todo el país.
  - Alternativa sin sacrificar sabor de las comidas.
  - Facilita la búsqueda de productos para personas celíacas.
- Gains: incluye los beneficios que obtiene el cliente al adquirir nuestro producto.
  - Alternativa accesible para personas celíacas.
  - Harina de alta calidad para integrar en postres o comidas.
  - Aporta beneficios para la salud cardiovascular.
  - Un ingrediente diferente para las personas que buscan surtir su dieta sin sacrificar sabor.
- Customer Jobs: son las acciones que debe realizar el cliente para utilizar el producto, estas pueden ser funcionales o sociales.
  - Realizar sus comidas con una opción sin gluten y nutritiva.
  - Busca alimentos deliciosos y nutritivos que complementen su dieta.
  - Búsqueda de un producto sustituto saludable.
  - Acudir a diferentes puntos de venta.
- Pains: son los puntos de dolor que encuentra el cliente al tratar de encontrar este producto en el mercado, de aquí puede nacer la oportunidad o necesidad que se cubre.
  - Disponibilidad de productos sin gluten muy limitada.
  - Precios de productos sin gluten muy elevados.
  - Productos sin gluten con déficit de contenido proteico y nutritivo.
  - La mayoría de los sustitutos sin gluten no tienen buen sabor.

Para representar de mejor manera toda esta información, se mapeó dentro de la estructura debida para un canvas de propuesta de valor en la siguiente figura.

**Figura 47. Value Proposition Canvas**



*Nota. Elaboración propia*

### 7.2.2.3 Desarrollo del cliente

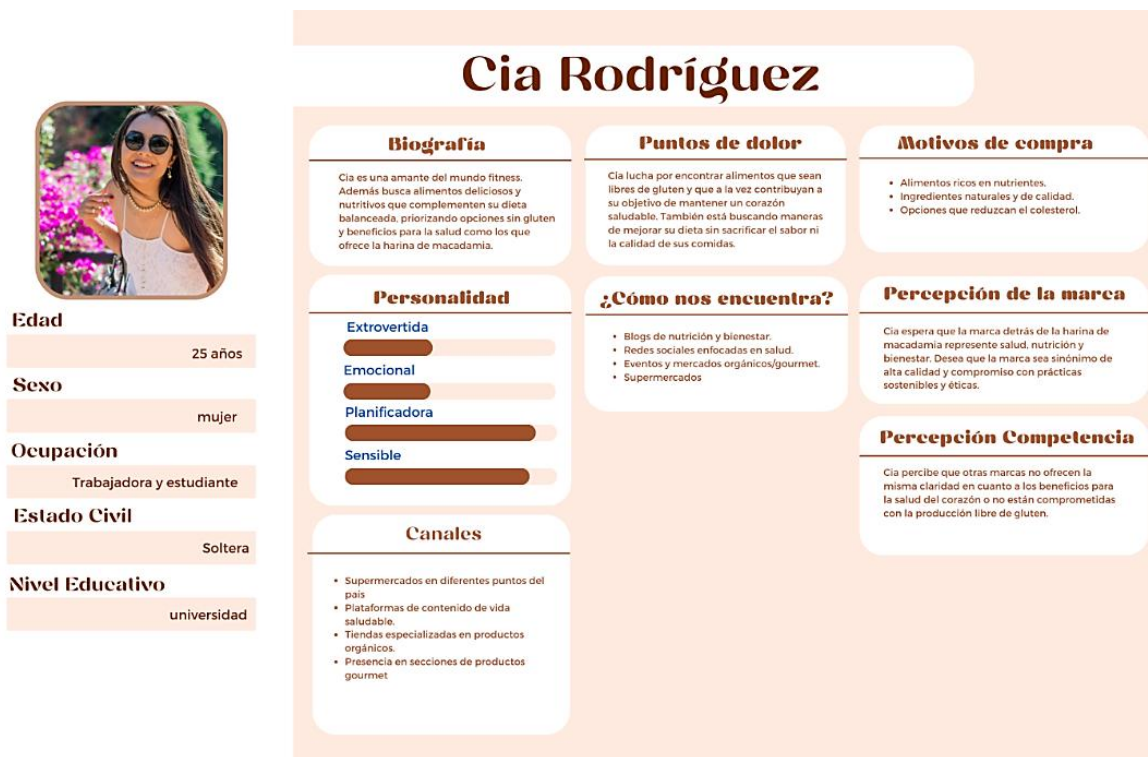
Para esta etapa de la propuesta del producto, se siguió el marco de trabajo de Proceso de Desarrollo del Cliente, propuesto por Steve Blank en el libro *Value Proposition Design*. El desarrollo de clientes es un proceso de cuatro pasos inventado por Steve Blank, un emprendedor serial convertido en autor y educador. La premisa básica es que no hay hechos dados por sentado, por lo que es necesario probar las ideas con los clientes y las partes interesadas (por ejemplo, socios de canal u otros socios clave) antes de implementarlas. Se utilizó el proceso de desarrollo de clientes para probar las suposiciones no tan evidentes con respecto a la propuesta de valor y el modelo de negocios.

**Descubrimiento de clientes:** es necesario realizar trabajo de campo para conocerlos trabajos, los problemas y las ganancias de sus clientes. En el value proposition canvas, se investigó qué aspectos se pueden ofrecer a través del producto para eliminar los problemas y generar ganancias. Esto se realizó a través de una encuesta, en donde el punto principal era reconocer la percepción de las personas en cuanto a la nuez de macadamia.

**Validación del cliente:** A través de una serie de preguntas en entrevistas, se realizaron experimentos para comprobar si los clientes valoran la forma en que sus productos y servicios pretenden aliviar los problemas y generar ganancias.

**Creación del cliente:** A partir de la información recolectada, se creó el perfil del cliente ideal. A continuación, se muestra en la figura las características y puntos clave.

**Figura 48.** Perfil del cliente

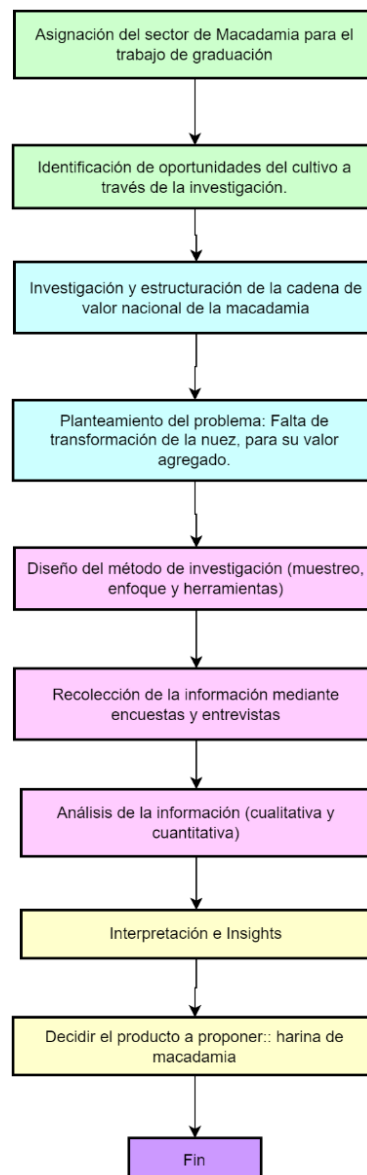


*Nota. Elaboración propia.*

### 7.2.3 Estudio de Mercado

Para realizar una propuesta de un producto basado en macadamia, se decidió aplicar un estudio de mercado. La investigación de mercados es una herramienta que utiliza medios científicos y prácticos para la recopilación de datos, los cuales, tras ser analizados e interpretados, se suministran a una empresa para que, con su aplicación, mejore el proceso de toma de decisiones. En el siguiente diagrama de flujo, se muestran los pasos que se siguieron en dicho estudio.

**Figura 49.** Flujo de trabajo del estudio de mercado



*Nota. Elaboración propia.*

La recolección de información para respaldar la propuesta del producto se realizó a través de encuestas y entrevistas. Con la muestra significativa calculada, se compartió la

encuesta con el mercado objetivo para que contestaran una serie de preguntas. En la visita a la empresa Alimentos Selectos, se tuvo la oportunidad de conversar con el gerente José Ricardo Martínez. En la entrevista, se expusieron los principales problemas y retos a los que se enfrenta la comercialización de macadamia actualmente. Esta información sirvió de base para proponer otras alternativas de productos a base de macadamia.

### 7.2.3.1 Filtros de demanda

Para definir la población objetivo, se utilizaron diferentes filtros, utilizando estadísticas y datos proporcionados por fuentes confiables, ya sea el Instituto Nacional de Estadística u otros estudios científicos. A continuación, se muestra la siguiente tabla con los filtros de demanda aplicados.

**Tabla 27.** *Filtros de demanda aplicados*

| Filtros   | Embudo objetivo | Resultados | Observación o justificación o fuente  |
|---|-----------------|------------|---|
| Universo Poblacional                            | 17,357,886      | 17,357,886 | Población Guatemalteca (The World Bank Group, 2022)   |
| Filtro 1: Personas entre 20 y 65 años           | 44.85%          | 7,785,260  | Proyecciones nacionales de población (Instituto Nacional de Estadística, 2015)                                  |
| Filtro 2: Nivel socioeconómico C3 y superior    | 35.40%          | 2,755,982  | Nivel Socioeconómico con ingresos promedio de Q11,900 - Q25,600 o más (Instituto Nacional de Estadística, 2022) |
| Filtro 3: Personas con estilo de vida saludable | 23.50%          | 647,655    | Eugenia Bonilla-Chacin, M., y Marcano Vásquez, L. (2012). PROMOTING HEALTHY LIVING IN CENTRAL AMERICA.          |
| Filtro 3: Willingness to buy                    | 10.90%          | 70,594     | Según encuesta por elaboración propia   |
| Frecuencia de uso                               | 1               | 70,594     | Compras mensuales de libras de harinas en supermercados guatemaltecos (Statista, 2019)                          |
| Ventas Iniciales (unidades)                     | 15%             | 10,589     | Objetivo de cubrir el 15% del mercado actual  |

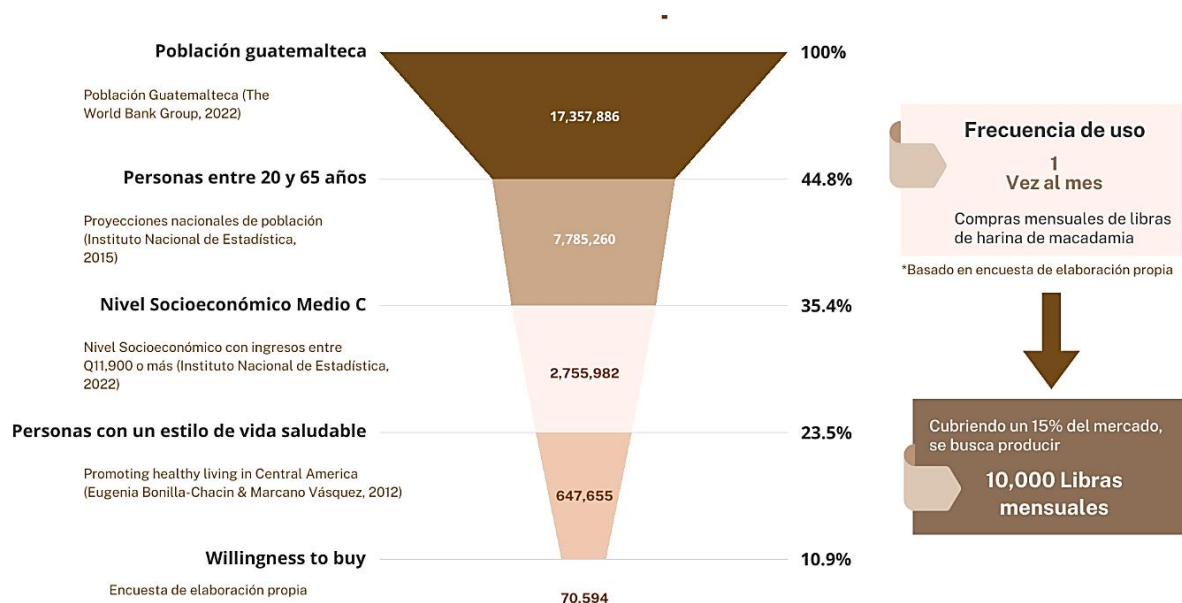
*Nota. Elaboración propia.*

Se partió de la población guatemalteca, actualmente estimada en alrededor de 17 millones de personas. Luego, se aplicó la proyección nacional publicada por el Instituto Nacional de Estadística, la cual establece que las personas entre 20 y 65 años establecen un

44.85% de la población guatemalteca. El siguiente filtro aplicado fue acerca de los niveles socioeconómicos según el Instituto Nacional de Estadística. Se tomó en cuenta al nivel socioeconómico C3 y arriba, compuesto por personas que tienen un salario mayor o igual a Q11,900. Esta justificación se hizo porque este es un producto para personas con un enfoque de estilo de vida saludable y el poder adquisitivo para comprar un producto diferenciado de macadamia.

Posteriormente, se aplicó el filtro de demanda de personas en busca de un estilo de vida saludable, obtenido de un estudio realizado en Centroamérica, sobre la percepción alimenticia de las personas. Seguidamente, se realizó una encuesta para saber qué tan dispuestas están las personas a comprar una harina alternativa de macadamia, y se aplicó para este filtro. Por último, se aplicó el número de veces que una persona consume harina mensualmente, obtenido de datos de supermercados guatemaltecos. Para resumir de manera visual los filtros aplicados, se muestra la figura a continuación.

**Figura 50. Visualización de filtros de demanda aplicados**



*Nota. Elaboración propia.*

De esta manera, se determinó que se debe tener una producción de alrededor de 10,590 libras de macadamia para cubrir la demanda local. Sobre este cálculo, se trabajó la producción

anual de macadamia, la compra de materiales, los costos de producción, capacidad de la planta y maquinaria necesaria para operar.

### 7.2.3.2 Método de muestreo

Se definió una muestra representativa utilizando las características del cliente como criterios de inclusión. El método de muestreo fue probabilístico aleatorio simple. Tomando en cuenta esto, se aplicó la fórmula para una población finita para calcular el tamaño de la muestra, partiendo de los cálculos hechos en los filtros de demanda.

$$n = \frac{S^2}{\frac{E^2}{Z^2} + \frac{S^2}{N}}$$

En donde:

n = tamaño de muestra buscado

N = Tamaño de población o universo

Z = Nivel de confianza

E = error de estimación

S = desviación estándar

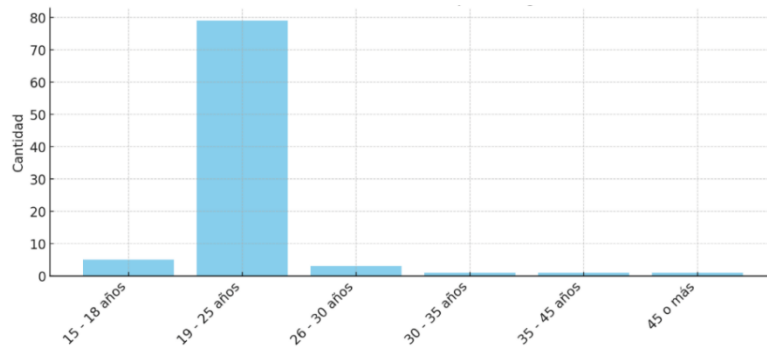
Se utilizó un nivel de confianza del 90%, aplicando un estadístico z de 1.645. El porcentaje de error se asumió como 5%. Realizando los cálculos, se obtuvo que, para tener una muestra representativa de la población, se debían encuestar 90 personas. De esta manera, se procedió a diseñar la encuesta para recolectar la información más importante.

### 7.2.3.3 Interpretación de la información

Con la información recolectada en las encuestas, se analizaron los resultados para tomar en cuenta y validar la propuesta de harina de macadamia.

La distribución de encuestados por rango de edad muestra una tendencia entre 19-25 años. Esto nos podría indicar que nuestro mercado objetivo se podría decantar en consumidores jóvenes en su mayoría, los cuales pueden llegar a preferir productos saludables e innovadores.

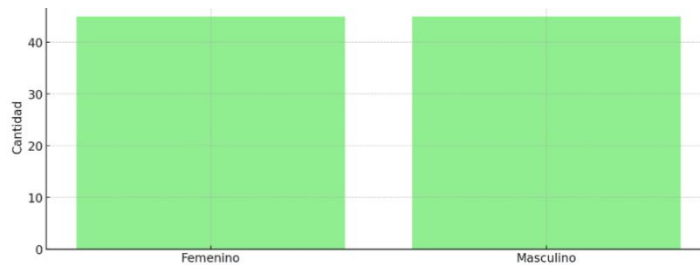
**Figura 51.** Encuestados por rango de edad



*Nota. Elaboración propia.*

A través de la encuesta, los resultados arrojaron una cantidad de 45 hombres y mujeres encuestados. Lo que sugiere que la nuez de macadamia tiene un mercado potencial tanto para hombres como para mujeres. Sin embargo, la estrategia de marketing puede adaptarse a las preferencias de ambos sexos.

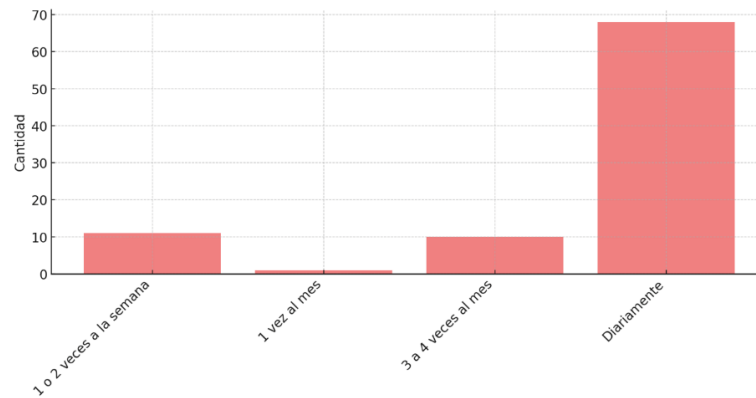
**Figura 52.** Encuestados según su género



*Nota. Elaboración propia.*

En cuanto a la frecuencia de Consumo de Productos de Origen Vegetal, Según los resultados de los encuestados, estos sí tienen una predisposición al consumo de productos de origen vegetal con frecuencia (diariamente o 1 o 2 veces a la semana). Este dato es crucial, ya que indica una predisposición positiva hacia productos saludables como lo puede ser la harina de macadamia. Por lo tanto, el mercado objetivo puede incluir específicamente a personas que ya tienen hábitos de consumo de productos vegetales.

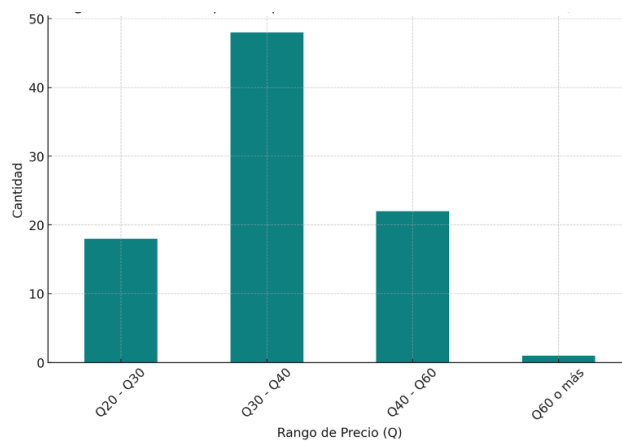
**Figura 53.** Frecuencia de consumo de productos de origen vegetal



*Nota. Elaboración propia*

En cuanto a los precios para la harina de Macadamia en presentación de 1 libra, los participantes tienen diferentes preferencias de precios, lo que sugiere que una estrategia de precios flexible o el uso de diferentes precios iniciales es importante para satisfacer las diferentes expectativas de los consumidores.

**Figura 54.** Rango de precios de compra



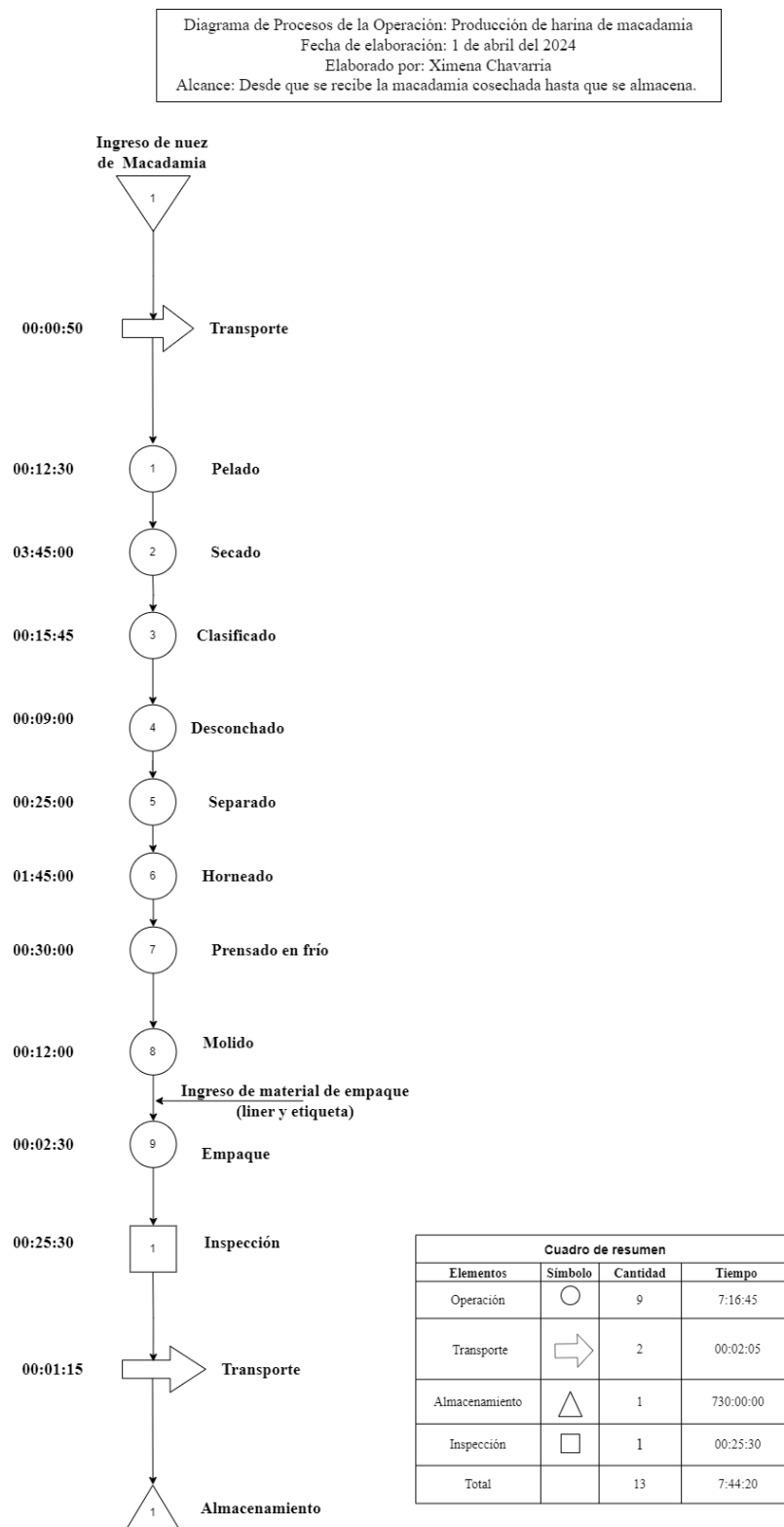
*Nota. Elaboración propia*

Con la información recopilada, se concluyó que las personas están dispuestas a pagar desde Q20 hasta Q60 por una presentación de 1 libra de harina macadamia. Adicionalmente, que los hábitos de consumo de alimentos de origen vegetal son prevaletentes en la muestra de encuestados. Para el desarrollo del producto, se tuvo en cuenta toda esta información, para asegurar que se estuvo cumpliendo con las expectativas del cliente.

## 7.2.4 Proceso de producción

Junto con la propuesta de un producto, se realizó un diagrama de operaciones (DOP) del proceso propuesto para fabricar harina de macadamia.

**Figura 55.** Diagrama de operación de harina de macadamia



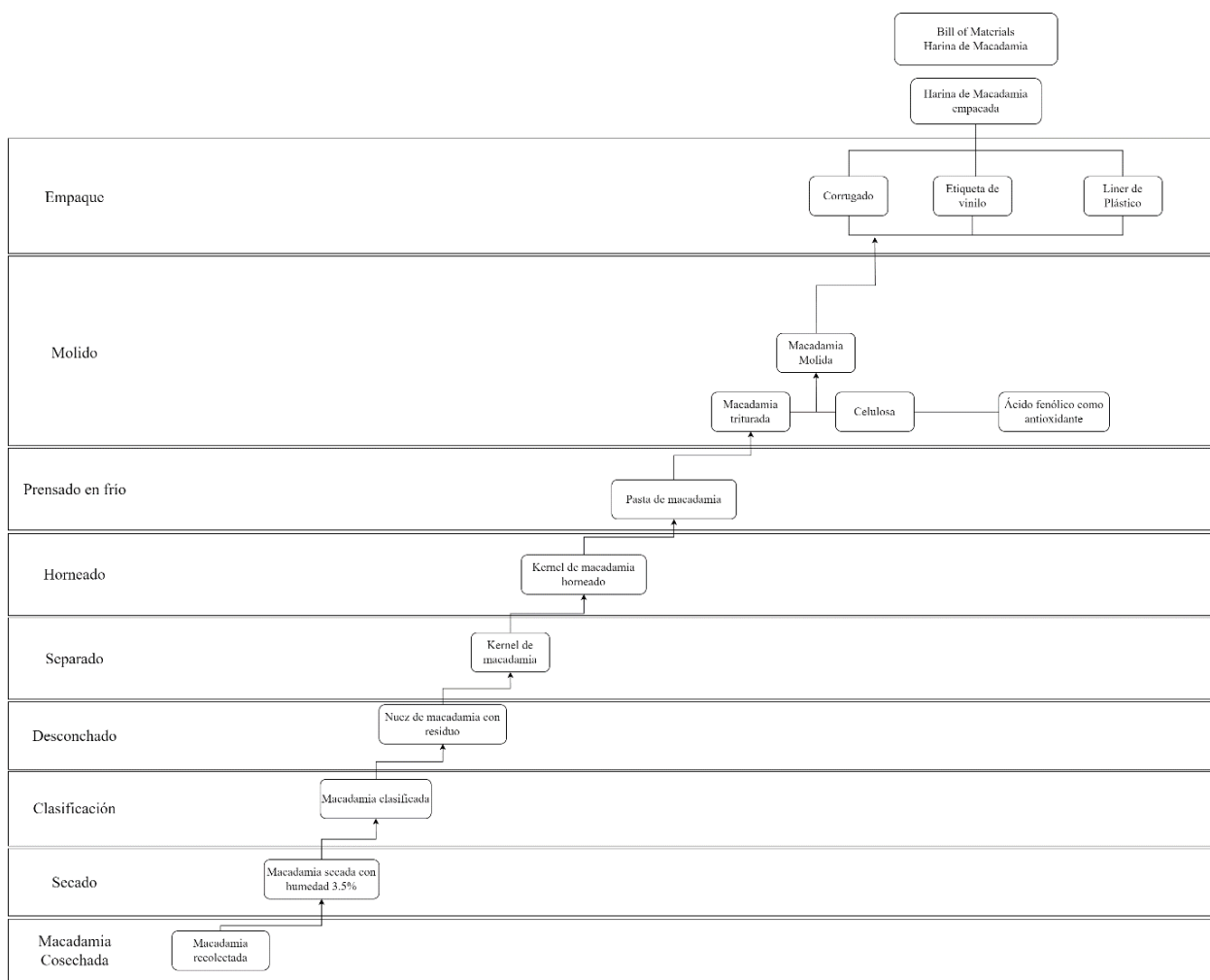
Nota. Elaboración propia

Para complementar el diagrama de operaciones, se describen brevemente las etapas que integran el proceso productivo y las transformaciones que se realizan en cada una. Se tomó como base de proceso productivo el observado en Finca La Giralda, ya que, en esta finca, la producción es semi-industrializada, contando con los procesos clave que debe atravesar la nuez para ser comercializada.

- **Pelado:** Se quita la cáscara exterior (color verde) para revelar la concha interior, color café y con una consistencia muy rígida. Esto se realiza a través de una máquina peladora de nueces.
- **Secado:** Colocación de las macadamias peladas en bandejas que después se pondrán en un horno, para reducir su humedad a un 3.5%.
- **Clasificado:** Por medio de rodillos clasificadores, se colocan las macadamias secas se dejan caer. Se clasifican según sus diámetros.
- **Desconchado:** La descascarilladora realiza el desconchado, separando la concha dura del fruto de macadamia. Hay 2mm entre la concha y la nuez, por lo que esta máquina debe ser calibrada con precisión.
- **Separado:** La clasificadora óptica examina cada fruto y descarta aquellos que están en mal estado o que no son comestibles.
- **Horneado:** Luego de escoger los frutos que están sanos se pasa a la etapa de horneado. Para esto se ponen los frutos en bandejas y se trasladan al horno en donde se hornea por 25 minutos, para reducir su porcentaje de humedad al 1.5%.
- **Prensado en frío:** En esta operación se comprime la macadamia en una prensa hidráulica para extraer el aceite y este se vuelve un subproducto. Este proceso se hace en frío para conservar las propiedades de las macadamias.
- **Molido:** Se introduce la pasta de macadamia que resulta de la operación de prensado a una trituradora. De esta manera se podrá obtener un polvo fino y seco. En esta etapa también se agregan los aditivos para alargar su vida de anaquel. El ácido fenólico como antioxidante y la celulosa para absorción de humedad y formación de grumos.
- **Empaque:** En esta operación el polvo que se obtiene en la etapa del molido se embala a liner de plástico que se sella y luego se empaca en un corrugado con las indicaciones y etiquetas necesarias.
- **Almacenamiento:** En esta última etapa se almacena el producto terminado en las bodegas designadas para conservar el alimento.

Los tiempos de procesamiento se detallan en la Figura 53. A continuación, se incluyen los detalles y especificaciones de ensamble y producción de la harina de macadamia.

**Figura 56. Bill of Materials de Harina de macadamia**



*Nota. Elaboración propia*

El *Bill of Materials* permite visualizar todos los componentes que forman parte de la producción de la harina de macadamia. Cada nivel está caracterizado por un proceso de transformación diferente. Se muestran todas las etapas para obtener el producto final.

### 7.2.5 Presentación final del producto

Para brindar una idea de cómo se vería el producto una vez terminado, a continuación, se presenta un “Mock-up” del empaque. Esta visualización permite tener un punto de partida para los prototipos y sus iteraciones.

**Figura 57.** Mockup del producto "Macarina"



*Nota. Elaboración propia*

Es importante para tomar en cuenta que, para la versión final de este empaque, se siguió una serie de pruebas. Es muy importante transmitir el mensaje de manera clara en el empaque del producto. En este caso, se le dio prioridad a la nuez de macadamia, la cual es el elemento más importante de este producto. Se utilizó una tipografía adecuada para acompañarle, con color azul para denotar confianza y seguridad en el producto. En la siguiente figura, se muestra el razonamiento y aspectos tomados en cuenta en el diseño del empaque.

**Figura 58.** Descripción de logo de harina de macadamia



*Nota. Elaboración propia*

Por último, se escogió el nombre “macarina” para el producto a raíz de la combinación de las palabras “macadamia” y “harina”. Se eligió este nombre ya que es corto, llamativo y de fácil comprensión para el público general.

#### 7.2.6 Prototipado de producción de harina de macadamia

Luego de proponer el proceso de producción de harina de macadamia, se procedió a diseñar y fabricar un prototipo inicial. Esto, con el objetivo de construir modelos de estudio rápidos, económicos y aproximados para aprender sobre la conveniencia, factibilidad y viabilidad de propuestas de valor de la harina de macadamia y su modelo de negocio.

##### 7.2.6.1 Integración de principios “Lean Startup”

Eric Ries lanzó el movimiento Lean Startup basado en el proceso de desarrollo de clientes de Steve Blank. La idea es eliminar la inactividad y la incertidumbre en el desarrollo de productos mediante la construcción, las pruebas y el aprendizaje continuos en un proceso iterativo. Aquí se aplican los tres pasos en combinación con los canvas y el desarrollo de clientes para probar ideas, suposiciones y los llamados productos mínimos viables (MVP) (Osterwalder et al., 2014). Con base en esta estructura, se siguieron los siguientes 4 pasos para prototipar la fabricación de harina de macadamia. Estos siguen la estructura de las Tarjetas de Prueba y Tarjetas de Aprendizaje utilizadas en el libro Value Proposition Design.

###### 7.2.6.1.1 Generación de la hipótesis

Partiendo de la propuesta de valor y el *business model canvas*, se definió una hipótesis crítica que sustentan las ideas generadas con el fin de diseñar los experimentos adecuados. La hipótesis formulada fue la siguiente: “La fabricación de harina de macadamia es viable y factible para aprovechar su potencial de cultivo en Guatemala”.

###### 7.2.6.1.2 Diseñar

Se tomó el proceso de fabricación planteado anteriormente para probar la hipótesis, obtener información y aprender. El Diagrama de Operaciones fue la guía para llevar a cabo este proceso. Para verificar este proceso, se realizó un prototipo con procesos de producción propuestos y la maquinaria necesaria. Para prototipar el proceso de fabricación, se utilizaron las instalaciones del laboratorio de ingeniería de alimentos, ubicado en la Universidad del Valle de Guatemala. Con el fin de aplicar la harina de macadamia a un producto comestible, se

realizaron galletas hechas a partir de la harina fabricada. Se describe en la **Figura 59** los ingredientes, receta y pasos seguidos.

**Figura 59. Receta para galletas de macadamia**

Tiempo de preparación: 1 hora

Técnicas especiales: cremado

Las galletas simples son una de las galletas más comunes en la repostería. Su fórmula contiene un alto porcentaje de azúcar y grasa y se caracteriza por utilizar polvo de hornear como leudante químico para obtener una textura más ligera y porosa. También contribuye a la textura porosa la cantidad de aire que se incluye en el proceso llamado cremado.

**INGREDIENTES PARA LA MASA**

- Margarina 115g (1 1/2 barra) o mantequilla 115g (1 barra)
- Azúcar 150g (3/4 taza)
- Esencia de vainilla 4g (1 cucharadita)
- Huevo 1 unidad
- Harina de macadamia 169g (1 taza + 4 cucharaditas)
- Polvo de hornear 4g (1 cucharadita)
- Sal fina 1g (1/4 cucharadita)

**Importante:** preferiblemente no usar medida de peso con la sal y polvo de hornear, pues las balanzas de casa no son sensibles a pequeñas cantidades. Puede usar mantequilla en lugar de margarina, sólo verifique el peso de la barra para usar la cantidad correcta)

**EQUIPO**

- Tazas y cucharas medidoras / balanza
- Recipiente hondo grande
- Paleta de hule o de madera
- Batidora (opcional)
- Colador de malla fina
- 2 bandejas para hornear de 9\*13 pulgadas
- 2 hojas para hornear

PROCEDIMIENTO

1. **MISE EN PLACE:** Mida en recipientes separados todos los ingredientes
2. **CREMADO:** Con la ayuda de la batidora o con la paleta, mezclar la margarina o mantequilla con el azúcar. Luego añada el huevo y vainilla y bata vigorosamente para obtener una mezcla pálida y suave.
3. **MEZCLA DE INGREDIENTES SECOS:** En otro recipiente mezcle harina, polvo de hornear y sal. Puede colar para evitar grumos
4. **INCORPORACIÓN DE INGREDIENTES SECOS:** Agregue la mezcla de polvos a la mezcla húmeda. Mezcle hasta obtener una masa homogénea.
5. **INCORPORACIÓN DE INCLUSIONES:** Agregue el chocolate, fruta o avena.
6. **PORCIONADO Y FORMADO:** Con la ayuda de la cuchara tome porciones de masa del tamaño deseado y coloque sobre la bandeja con papel para hornear. Debe haber una separación de al menos 10 centímetros para que no se unan al hornear.
7. **HORNEADO:**  
Para obtener galletas suaves: precalentar el horno a 350°F y hornear por aproximadamente 12 a 15 minutos, hasta que la orilla esté dorada pero el centro esté suave.  
Para obtener galletas crujientes: precalentar el horno a 325°F y hornear por 20 a 25 minutos, hasta que la galleta esté firme del centro.
8. **ENFRIADO:** Traslade a una rejilla para enfriar antes de empacar.

Tip: para consumir galletas como recién horneadas, recalentar en microondas por 10 segundos.

*Nota. Adaptado de la receta para “galletas de chocochip” del curso de Repostería (2024) por Departamento de Ingeniería en Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala.*

A partir de esta receta anteriormente descrita, la formulación para las galletas fue la siguiente:

**Tabla 28. Formulación de galletas de macadamia**



| Formulación de galleta de macadamia | Base   |        |
|-------------------------------------|--------|--------|
|                                     | Gramos | %      |
| Mantequilla                         | 115    | 23.28% |
| Azúcar Morena                       | 150    | 30.36% |
| Esencia de Vainilla                 | 4      | 0.81%  |
| Huevo                               | 50     | 10.12% |


| Formulación de galleta de macadamia | Base       |                |
|-------------------------------------|------------|----------------|
|                                     | Gramos     | %              |
| Harina de macadamia                 | 170        | 34.41%         |
| Polvo de Hornear                    | 4          | 0.81%          |
| Sal fina                            | 1          | 0.20%          |
| <b>Total</b>                        | <b>494</b> | <b>100.00%</b> |

*Nota. Elaboración propia*

Para llegar a el resultado final de este primer proceso de prototipado, fue necesaria la utilización de las siguientes maquinarias y áreas de trabajo en el laboratorio de ingeniería en alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala.

**Tabla 29.** *Maquinaria utilizada en el prototipado*

| Maquinaria/Área de trabajo  | Utilización   | Resultado   |
|---|---|---|
|  <p>Molino de cuchillas industrial</p> | <p>Se utilizó el molino de cuchillas para triturar la macadamia. Se colocó una bolsa con capacidad de 5 galones para almacenar el producto.</p> | <p>5 libras de macadamia molida para utilizar en las galletas</p>   |
|  <p>Horno de convección</p>            | <p>Se utilizó el horno para secar la macadamia y reducir su humedad al 3.5%. También se utilizó para hornear las galletas.</p>                  | <p>Se obtuvieron 12 galletas horneadas de macadamia. Estas se utilizaron para realizar la primera validación.</p> |

| Maquinaria/Área de trabajo  | Utilización  | Resultado   |
|---|--|---|
|  <p data-bbox="256 636 533 674">Área de panificación</p> | <p data-bbox="639 450 959 640">Se utilizó esta área de trabajo para elaborar la mezcla de las galletas de macadamia.</p> | <p data-bbox="1015 416 1382 674">Se obtuvo la mezcla adecuada para hornear las galletas de macadamia y hacer pruebas de percepción con ellas.</p> |

*Nota. Elaboración propia*

Como primera fase de experimentación, se verificó el funcionamiento de un molino adecuado para procesar la nuez de macadamia. Este aspecto también respalda el prototipo de fabricación, la cual se pudo llevar a cabo sin inconvenientes. El proceso de molido de la macadamia tomó alrededor de 10 minutos, un tiempo bastante cercano al propuesto en el Diagrama de Operaciones, siendo este de 12 minutos. Cabe resaltar que, en el proceso de prototipado, no se realizó el prensado en frío, ya que no se contaba con la maquinaria adecuada para procesar semillas oleaginosas en este laboratorio. Sin embargo, a nivel industrial y para aprovechar este subproducto, se recomienda mantener este proceso para diversificar los ingresos de esta transformación.

**Figura 60. Macadamia molida**



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 61.** Galletas de harina de macadamia

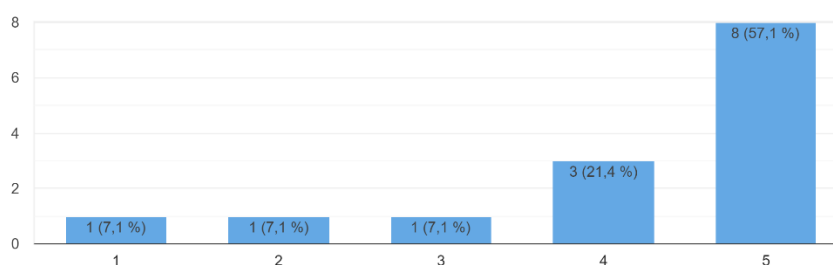


Fuente: Elaboración propia

#### 7.2.6.1.3 Medición

Con estas 12 galletas realizadas con la harina de macadamia, se realizó un panel sensorial con estudiantes de la Universidad del Valle, para medir su desempeño y percepción en cuanto a la galleta. La galleta se utilizó como un vehículo o un modo de aplicación de la harina de macadamia, al mismo tiempo que se demuestra su versatilidad de uso en múltiples recetas. Con estas galletas, se buscó medir el sabor, consistencia, tiempo de producción, formulación y presentación. A continuación, se describen los resultados y perspectivas obtenidas en esta primera validación.

**Figura 62.** Calificación del olor de la galleta

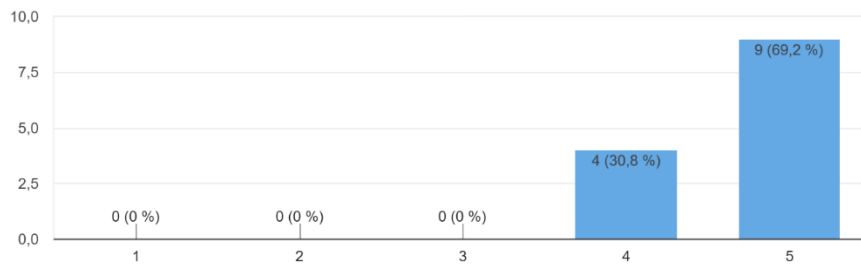


*Nota. Elaboración propia*

A cada uno de los participantes se les compartió la encuesta después de entregarles la muestra de las galletas. La encuesta arrojó perspectivas positivas acerca del olor de la galleta, en su mayoría. La mayoría de los encuestados encontró el olor de la galleta muy agradable, con un total del 78.5% de las respuestas entre las calificaciones 4 y 5. Esto sugiere que el olor es

un aspecto positivo del producto para la mayoría de las personas encuestadas, aunque hay una pequeña proporción que no estuvo tan satisfecha con el aroma.

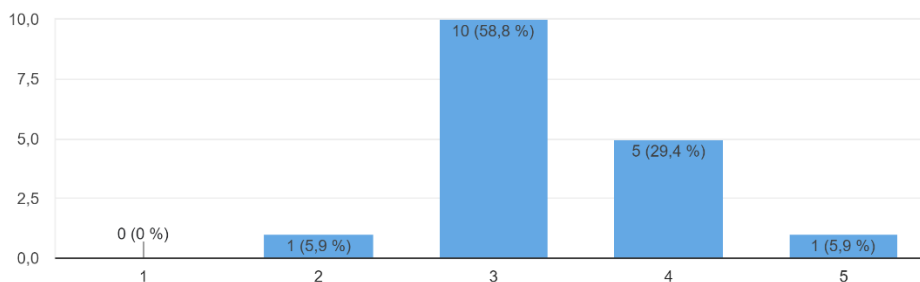
**Figura 63.** Calificación del color de la galleta



*Nota. Elaboración propia*

En cuanto al color y apariencia de la galleta, los encuestados expresaron su satisfacción. Un 69.2% respondió que le gustó bastante el color de la galleta, mientras que un 30.48% respondió que le gustó, en un grado menor. Para las siguientes iteraciones, se buscará mantener este color de las galletas.

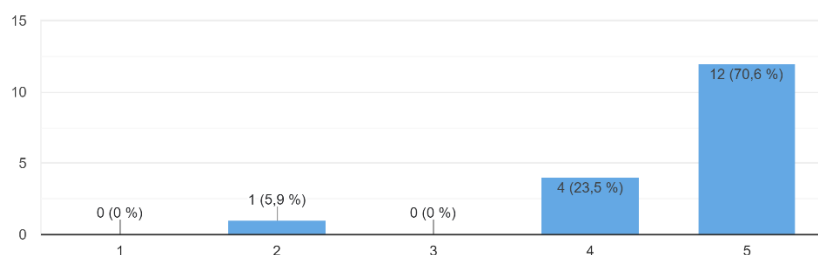
**Figura 64.** Nivel de azúcar de la galleta



*Nota. Elaboración propia*

El nivel de azúcar fue calificado como neutral por un 58.8% de los encuestados. Adicionalmente, 4 encuestados expresaron de manera verbal que la dulzura de la galleta es una característica muy buena. Esto, debido a que las galletas se realizaron con el objetivo de mantenerlas dentro de la línea saludable, sin agregar más de 200 gramos de azúcar en total.

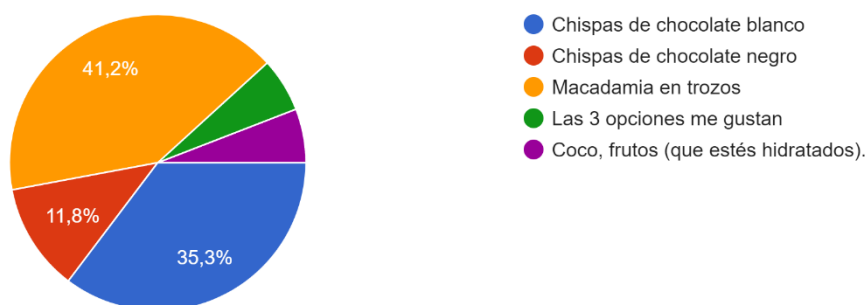
**Figura 65.** Nivel de cremosidad de la galleta



*Nota. Elaboración propia*

El nivel de cremosidad o sensación de mantequilla en la galleta es el área de mejora más evidente. Desde la primera mordida, en la galleta se podía detectar la alta densidad y sequedad. La escala de calificación de esta pregunta iba desde 1 siendo “nada cremosa” y 5 “muy cremosa”. Un 70.6% de los encuestados respondió que tuvo una consistencia demasiado cremosa. Al punto de que era necesario tomar agua inmediata a su consumo.

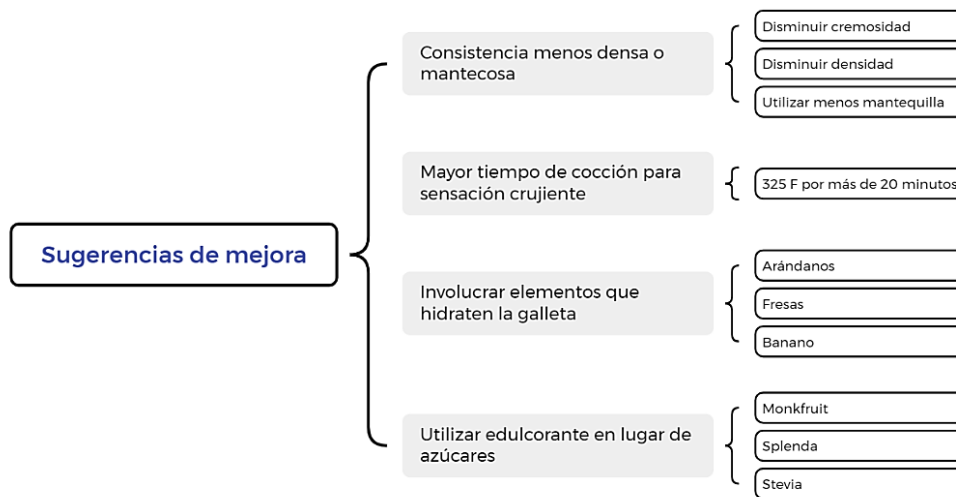
**Figura 66.** Ingredientes complementarios



*Nota. Elaboración propia*

En la encuesta también se incluyó una pregunta para sugerir ingredientes complementarios para mejorar el sabor o consistencia de la galleta. Un 41.2% de los encuestados expresó que agregar macadamia en trozos haría la experiencia más placentera. Por otro lado, un 35.3% prefirió chispas de chocolate blanco en la galleta, como actualmente se comercializan las galletas de la cadena de comida rápida Subway. Además, se sugirieron otras opciones como coco y frutos deshidratados. Para la siguiente iteración del producto, se tomaron en cuenta estos aspectos.

**Figura 67.** *Sugerencias de mejora para el primer prototipo*



*Nota. Elaboración propia*

En el diagrama anterior, se segmentaron las sugerencias de mejora expresadas por los encuestados. Se dividieron en 4 categorías: consistencia, tiempo de cocción, hidratación y dulzura. En cada una, se especificó qué mejora se aplicaría para solventar esta disconformidad en el prototipo. Para la siguiente iteración del producto, se tomaron en cuenta estos aspectos. Se utilizó la herramienta de Tarjetas de Aprendizaje para recolectar toda esta retroalimentación y asegurar que se modifique en la siguiente iteración de prototipado. Siguiendo esta estructura, se destacan los siguientes resultados:

- En este primer proceso de prototipado, se comprobó el buen funcionamiento del proceso productivo propuesto en el Diagrama de Operaciones. Esto representó la producción de 5 libras de harina molida, para luego agregar los aditivos respectivos y tener el ingrediente principal para las galletas de macadamia.
- Se hornearon 12 galletas utilizando la harina de macadamia como sustituto para la harina de todo uso tradicional.
- Tras una validación a través de un panel sensorial y entrevistas, se determinó que el sabor de la galleta fue de mucho agrado para el público objetivo. En contraste, la consistencia de la galleta presenta una fuerte área de mejora. La segunda iteración de estas galletas se realizó tomando todos estos aprendizajes en cuenta. En la figura anterior se detallan los aspectos que se tomaron en cuenta.

#### 7.2.6.1.4 Prototipado: segunda iteración

Posterior a recolectar los aprendizajes y mediciones de la primera iteración, se siguió el esquema de trabajo de doble diamante y *lean startup* para realizar un segundo prototipo de la harina de macadamia y su vehículo de presentación: galletas de macadamia.

Para mejorar la consistencia de la galleta, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

**Tabla 30.** Correcciones a primer prototipo

| Área de mejora                                    | Método de corrección  |
|---|---|
| Consistencia con excesiva sensación de cremosidad | En lugar de utilizar 115 gramos de mantequilla, se utilizaron 90.   |
| Falta de cocción en la galleta                    | Se redujo la temperatura de horneado, de 350 F a 325 F. Se aumentó el tiempo de horneado, a 20 minutos.                           |
| Poca hidratación en la galleta                    | Se incorporó una serie de frutas a las galletas: arándanos, banano y manzana. También se incorporó un ingrediente seco adicional. |

*Nota. Elaboración propia*

En cuanto al área de utilizar un endulzante natural, después de un proceso de priorización, se determinó que se utilizaría la misma cantidad de azúcar morena, ya que este ingrediente le proporciona el sabor agradable percibido por la mayoría de los clientes. En iteraciones posteriores, se podría implementar un sustituto para el azúcar tradicional. A continuación, se detallan los pasos tomados para mejorar las galletas a base de macadamia.

**Tabla 31.** Elección de ingredientes para segundo prototipo



*Nota. Elaboración propia*

Como primer paso, se incorporaron frutas a la mezcla de las galletas. La mezcla fue segmentada en tres partes, una destinada a combinar con banano, la siguiente con arándanos y, por último, manzana. Adicionalmente, la mezcla se complementó con maizena. Este ingrediente es libre de gluten y se utilizó como un ingrediente seco para balancear la textura de la galleta. A continuación, se detalla la formulación.

**Tabla 32.** *Segunda formulación de galletas de macadamia*

| <b>Formulación de galleta de macadamia</b> | <b>Base</b>   |          |
|--|---------------|----------|
|  | <b>Gramos</b> | <b>%</b> |
| Mantequilla                                | 90            | 17.51%   |
| Azúcar Morena                              | 150           | 29.18%   |
| Esencia de Vainilla                        | 4             | 0.78%    |
| Huevo                                      | 50            | 9.73%    |
| Harina de macadamia                        | 100           | 19.46%   |
| Polvo de Hornear                           | 4             | 0.78%    |
| Sal fina                                   | 1             | 0.19%    |
| Maizena                                    | 70            | 13.62%   |
| Arándanos                                  | 15            | 2.92%    |
| Banano                                     | 15            | 2.92%    |
| Manzana                                    | 15            | 2.92%    |
| Total                                      | 514           | 100.00%  |

*Nota. Elaboración propia*

Con esta nueva formulación, se obtuvieron 19 galletas hechas a base de la harina de macadamia. Segmentadas en tres grupos, según la fruta que se incorporó en la mezcla. Se realizaron 5 galletas de arándanos, 6 de manzana y 8 de banano.

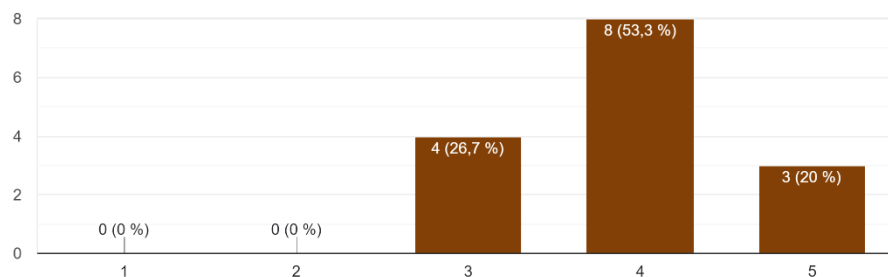
**Tabla 33.** Segunda iteración de galletas de harina de macadamia



Como método de validación para el segundo prototipo, se realizó una entrevista uno a uno con las personas a las que se les proporcionó la galleta. Se entrevistaron a 15 de las 17 personas que anteriormente habían probado la primera versión de las galletas, para asegurar que hubiese mejorías considerables. En los aspectos de dulzura, apariencia y olor, las respuestas recibidas fueron muy similares a las del primer prototipo. En cambio, para el nivel de cremosidad de la galleta, se obtuvieron los siguientes resultados.

**Figura 68.** Nivel de cremosidad de segundo prototipo

Asigna una puntuación a la cremosidad de la galleta, siendo 1 nada cremosa y 5 muy cremosa.  
15 respuestas



*Nota. Elaboración propia*

En la figura anterior, se puede percibir un cambio positivo en la percepción hacia la cremosidad de la galleta. Anteriormente, un 70.6% de los encuestados respondió que la

cremosidad de la galleta era muy elevada. En contraste, para este segundo prototipo, un solamente un 20% asignó la misma puntuación. La mayoría de los votos se concentró en la calificación 4 y 3, con un 53.3% y 26.7% respectivamente. lo que denota que la densidad de la galleta sí fue disminuida.

A este resultado también se le atribuye la adición de más ingredientes secos en la mezcla. A partir de este resultado, se destacan los siguientes resultados de la segunda iteración.

- La consistencia de las galletas de macadamia mejoró considerablemente al agregar ingredientes secos y diferentes frutas.
- El tiempo de cocción aumentado junto con una disminución en la temperatura también contribuyó a una galleta horneada de manera más uniforme.
- Se hornearon 19 galletas en total, Segmentadas en tres grupos, según la fruta que se incorporó en la mezcla. Se realizaron 5 galletas de arándanos, 6 de manzana y 8 de banano

#### 7.2.6.1.5 Prototipado: tercera iteración

A partir del anterior resultado y, en el marco del proyecto Alianzas Sostenibles para la Innovación, Investigación y Emprendimiento (ASPIRE) el tercer prototipo de este producto fue presentado en la primera Feria Regional de Innovación, llevada a cabo el 7 de agosto en el campus Altiplano de la Universidad del Valle de Guatemala. En este evento, más de 250 emprendedores guatemaltecos aceptaron la invitación a este espacio, diseñado para que conectar con socios comerciales y cadenas productivas, descubrir oportunidades de negocio y expandir su red de contactos. El presente proyecto de harina de macadamia fue presentado sin fines de lucro, sino con la finalidad de proporcionar muestras de las galletas de harina de macadamia y recibir retroalimentación.

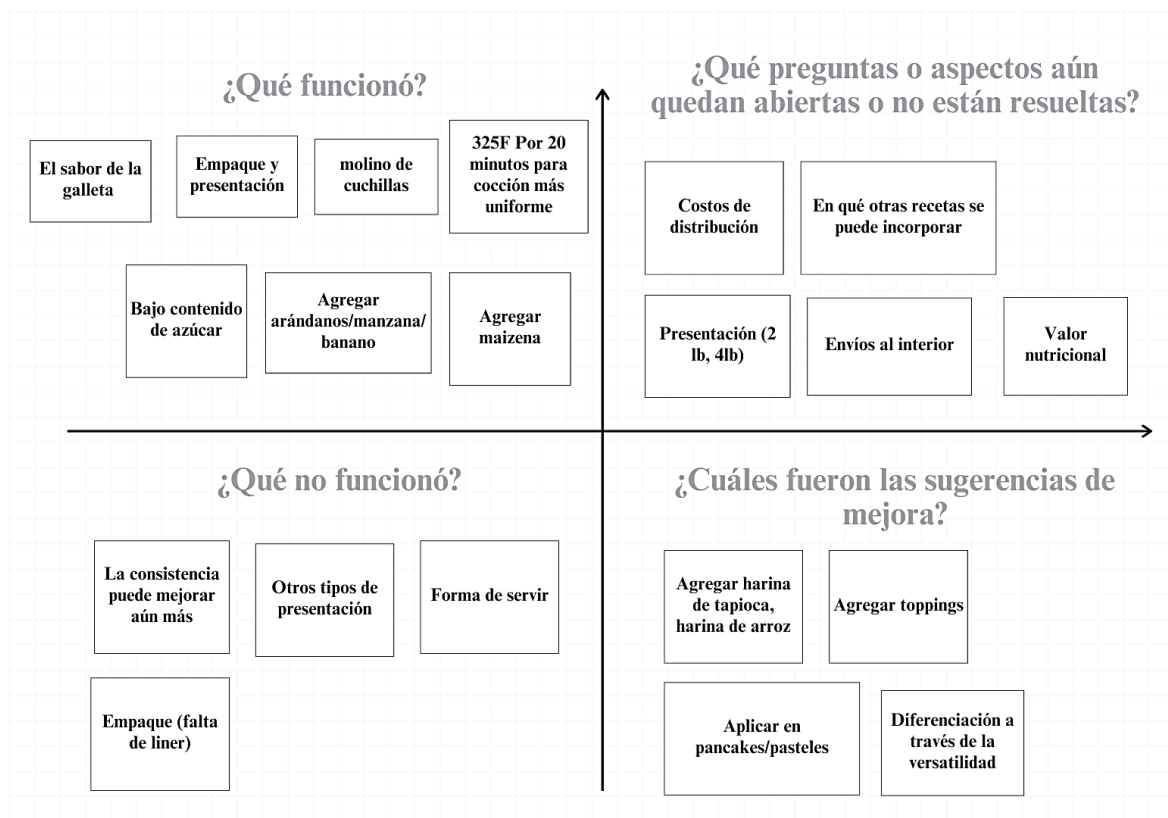
**Figura 69.** *Presentación de tercer prototipo en Feria Regional de Innovación*



*Nota. Elaboración propia*

Para asegurar una cantidad prudente de muestras de galletas de macadamia, el tercer prototipo se realizó utilizando la misma formulación que el anterior, con la única modificación de duplicar los ingredientes para tener más unidades y poder llegar a más personas. A continuación, se explican los resultados más destacados. Se utilizó el formato de matriz de retroalimentación para presentar de manera simplificada los hallazgos.

**Figura 70.** Retroalimentación del tercer prototipo en Feria Regional de Innovación



*Nota. Elaboración propia*

A través de la recolección de esta información, se pudieron traer a colación preguntas sin resolver y sugerencias de mejora. En general, la consistencia de las galletas fue aceptada por los entrevistados. Sin embargo, algunas personas destacaron que esta puede ser mejorada a través de la adición de otras harinas alternativas. Esto involucra utilizar un porcentaje de otras harinas junto con la harina de macadamia. Estas otras harinas pueden ser harinas de arroz, tapioca o almendra, las cuales también son libres de gluten. Agregar diferentes toppings para las galletas, así como las chispas de chocolate, fue otra de las sugerencias de mejora. Varios de los encuestados también expresaron que la harina debería de ser aplicada en más presentaciones, como lo son los pasteles, muffins o panqueques. Con respecto al empaque, se presentó solamente una versión preliminar. Se tomará en cuenta la presentación final de empaque para las siguientes versiones. De este modo, esta tercera iteración del prototipo de harina de macadamia arrojó los siguientes resultados.

- La consistencia de la galleta fue mejorada considerablemente. Sin embargo, se deben tomar acciones para mejorarla aún más, manteniendo el buen sabor y bajo contenido de azúcar.
- Es recomendable aplicar en otros tipos de postres, como los panqueques, pasteles y muffins, para diversificar las formas de presentación. Este aspecto se tomó en cuenta a la hora de realizar un recetario que se incluye en el empaque de la harina.
- Es importante dejar claro el valor nutricional de esta nuez, el cual es un atributo fuerte para su exitosa comercialización.

## 7.2.7 Complemento para la propuesta de producto: Requerimientos de planta productora de harina de macadamia

### 7.2.7.1 Selección de ubicación de planta

#### 7.2.7.1.1 Método de ponderación de factores

Para la selección de la localización de la planta de producción de harina de macadamia, se utilizaron dos métodos diferentes: el de ponderación de factores y el método del centroide. Los lugares que se tomaron en cuenta son los siguientes:

1. Antigua Guatemala
2. El Tejar, Chimaltenango
3. San Marcos
4. Quetzaltenango
5. Río Hondo, Zacapa
6. Mazatenango, Suchitepéquez
7. Huehuetenango

**Tabla 34.** Método de ponderación de factores

| Posibles Ubicaciones | Altura    | Temperatura | Costos de transporte | Acceso a carretera | Terreno  | Electricidad | Disponibilidad hidrica | Acceso a agua de tubería | Permisos | Total |
|----------------------|-----------|-------------|----------------------|--------------------|----------|--------------|------------------------|--------------------------|----------|-------|
| <b>Ponderación</b>   | <b>10</b> | <b>10</b>   | <b>9</b>             | <b>8</b>           | <b>9</b> | <b>7</b>     | <b>7</b>               | <b>7</b>                 | <b>9</b> |       |
| Antigua Guatemala    | 10        | 10          | 10                   | 10                 | 3        | 9            | 3                      | 9                        | 10       | 634   |
| Chimaltenango        | 8         | 8           | 9                    | 10                 | 4        | 9            | 5                      | 7                        | 8        | 576   |
| San Marcos           | 5         | 10          | 2                    | 6                  | 8        | 5            | 6                      | 4                        | 7        | 456   |

| Posibles Ubicaciones       | Altura | Temperatura | Costos de transporte | Acceso a carretera | Terreno | Electricidad | Disponibilidad hídrica | Acceso a agua de tubería | Permisos | Total |
|----------------------------|--------|-------------|----------------------|--------------------|---------|--------------|------------------------|--------------------------|----------|-------|
| Quetzaltenango             | 6      | 6           | 4                    | 9                  | 8       | 8            | 5                      | 8                        | 9        | 528   |
| Rio Hondo, Zacapa          | 4      | 10          | 5                    | 9                  | 2       | 8            | 10                     | 8                        | 8        | 529   |
| Mazatenango, Suchitepéquez | 8      | 8           | 7                    | 9                  | 10      | 4            | 7                      | 8                        | 9        | 599   |
| Huehuetenango              | 7      | 7           | 4                    | 5                  | 9       | 2            | 8                      | 3                        | 7        | 451   |

*Nota. Elaboración propia*

En la Tabla 34 se puede observar la elección de ubicación a través del método de ponderación de factores. Todos los aspectos fueron ponderados según una escala del 1 al 10, siendo el 1 un acceso al recurso bajo y un 10 un fácil acceso. Al realizar un promedio ponderado de los puntos de cada factor, obtenemos que Antigua Guatemala es el lugar ideal para el establecimiento de la planta de producción de harina de macadamia.

Es muy importante poder destacar el clima, en donde se presentan temperaturas favorables para el trabajo, en donde el clima es templado, por lo que no surge mucho riesgo de que la harina de macadamia esté expuesta a temperaturas muy calientes que generen problema con su almacenamiento. Además, los proveedores que se tienen previstos para poder cumplir con el recibimiento de la materia prima quedan cercanos a la Antigua Guatemala, por lo que los costos de envío no aumentan demasiado en comparación a que se transporten de lugares mucho más lejanos, como lo son otros departamentos.

#### 7.2.7.1.2 Método del centroide

**Tabla 35. Método del centroide**

| Ubicación                | Coordenadas X | Coordenadas Y | Cantidades requeridas por mes | Cxi*Ventas | Cyi*Ventas |
|--------------------------|---------------|---------------|-------------------------------|------------|------------|
| Antigua Guatemala        | 14.5575       | -90.7333      | 300                           | 4367.25    | -27220     |
| Chimaltenango Department | 14.6611       | -90.8194      | 120                           | 1759.332   | -10898.328 |
| San Marcos, Guatemala    | 14.9653       | -91.7958      | 50                            | 748.26     | -4589.79   |
| Quetzaltenango           | 14.8333       | -91.5167      | 100                           | 1483.33    | -9151.67   |

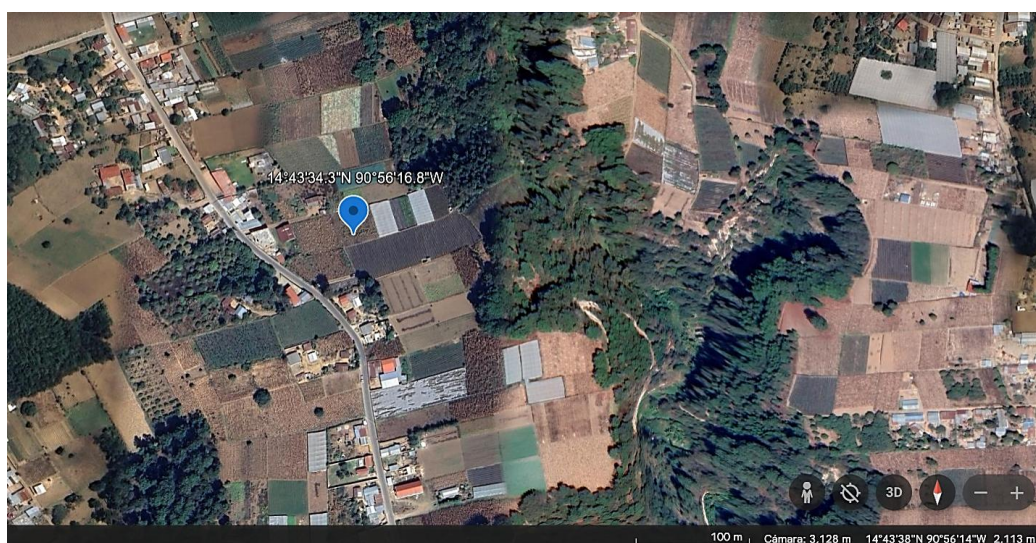
| Ubicación                  | Coordenadas X | Coordenadas Y | Cantidades requeridas por mes | Cxi*Ventas         | Cyi*Ventas       |
|----------------------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------------------|------------------|
| Río Hondo, Zacapa          | 15.0464       | -89.5847      | 80                            | 1203.71            | -7166.78         |
| Mazatenango, Suchitepéquez | 14.5333       | -91.5000      | 100                           | 1453.33            | -9150            |
| Huehuetenango              | 15.3147       | -91.4761      | 50                            | 765.74             | -4573.81         |
|                            |               | <b>Total</b>  | <b>800</b>                    | <b>11780.95978</b> | <b>-72750.37</b> |

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Cx                 | 14.7262                  |
| Cy                 | -90.9380                 |
| <b>Coordenadas</b> | <b>14.7262, -90.9380</b> |

*Nota. Elaboración propia*

Al realizar la búsqueda de la localización ideal de la planta de producción de macadamia a través del método del centroide, obtenemos que es en las coordenadas 14.7262, -90.9380. Estas coordenadas corresponden a un terreno ubicado en la aldea San José Chirijuyú, en el municipio de Tecpán, departamento de Chimaltenango.

**Figura 71.** Vista satelital de las coordenadas por el método de centroide



Nota. Adaptado de Google Earth (2024).

Al visualizar el posible lugar de establecimiento de la planta, se puede observar que sí hay acceso a la carretera y viviendas alrededor. La evaluación de si se debiese establecer la planta en este lugar requiere un análisis posterior para determinar si es viable y conveniente o no. El método de centroide utiliza las cantidades de libras de harina de macadamia requeridas por mes en cada departamento, calculadas en base a la proyección de ventas en cada uno. Esta proyección se muestra a continuación.

**Tabla 36.** *Proyección de ventas según departamento*

| <b>Proyección de ventas</b> |     |
|-----------------------------|-----|
| Antigua Guatemala           | 30% |
| Chimaltenango               | 12% |
| San Marcos                  | 5%  |
| Quetzaltenango              | 10% |
| Río Hondo, Zacapa           | 8%  |
| Mazatanengo, Suchitepéquez  | 10% |
| Huehuetenango               | 5%  |
| Total                       | 80% |

*Nota. Adaptado de Análisis comparativo de precios regionales, por Instituto para la Competitividad Económica., 2022, Icegate.org.gt.*

#### 7.2.7.2 Permisos y requerimientos legales

Las leyes y reglamentos a continuación descritos son necesarios para el diseño y establecimiento de la planta de producción de harina de macadamia. En el presente análisis, se tomaron en cuenta a la hora de diseñar el Layout general de la planta y las áreas correspondientes de trabajo y número de trabajadores. En la siguiente tabla, se definen los reglamentos, permisos y requerimientos legales que se deben tomar en cuenta a la hora de diseñar una planta de producción de macadamia.

**Tabla 37. Permisos y requerimientos legales**

| Aspecto legal a incluir en el diseño | Reglamento o normativa   |
|--------------------------------------|--|
| Medio Ambiente                       | Reglamento de la ley forestal Resolución 01.43.2005  |
|                                      | Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006   |
|                                      | Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes ACUERDO GUBERNATIVO 164-2021  |
|                                      | Reglamento de manejo de desechos sólidos COM-028-2002  |
|                                      | Listado Taxativo ACUERDO GUBERNATIVO 264-2019  |
|                                      | Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental. ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016  |
| Seguridad                            | Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional ACUERDO GUBERNATIVO 229-2014   |
| Construcción                         | Estudio de suelos del terreno de construcción aprobado por el MARN   |
|                                      | NRD1-Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala  |
|                                      | NRD2-Normas mínimas de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público   |
|                                      | NRD3-Especificaciones técnicas para materiales de construcción   |
|                                      | Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio correspondiente   |
|                                      | Normas Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (Acometidas)   |
| Procesamiento de alimentos           | Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.01.33:06 Industria de Alimentos y Bebidas Procesados. Buenas prácticas de manufactura                                       |
| Contabilidad y Aranceles             | Reglamento Del Libro I De La Ley De Actualización Tributaria, Decreto Número 10-2012 Del Congreso De La República De Guatemala, Que Establece El Impuesto Sobre La Renta |
|                                      | Arancel Centroamericano de Importación Acuerdos Comerciales 2020   |
|                                      | Ley del Impuesto de Solidaridad Decreto Número 73-2008   |
|                                      | Ley de actualización tributaria Decreto Número 10-2012   |
| Sistemas de tuberías                 | Planta de tratamiento de aguas residuales. DRPSA-001-2021  |
|                                      | Sistemas de alcantarillado sanitario. DRPSA-001-2021   |
|                                      | Sistemas de alcantarillado Pluviales. DRPSA-015-2021   |






*Nota. Elaboración propia, a partir de los reglamentos correspondientes*






### 7.2.7.3 Plan de Necesidades

#### 7.2.7.3.1 Requerimientos de maquinaria

Para cumplir con todos los procesos descritos en el diagrama de operaciones, es necesario adquirir la maquinaria correspondiente. Según el diagrama de operaciones mostrado en la Figura 55, a continuación, se listan las máquinas necesarias para llevar a cabo el proceso de fabricación de harina de macadamia.

**Tabla 38.** *Requerimientos de maquinaria*

| Etapa del proceso    | Nombre del equipo                      | Capacidad máxima de producción | Costo de inversión inicial en Quetzales. (CIF+DAI, sin IVA) | Foto de referencia  | Proveedor                                      |
|----------------------|--|--------------------------------|---|---|--|
| Ingreso de macadamia | Cinta transportadora                   | 1,000 kg/h                     | Q 8,784.00  |   | Guangdong Jiabao Conveying Machinery Co., Ltd. |
| Pelado               | Peladora de nueces o descascarilladora | 1000 kg/h                      | Q 9,030.00  |  | Zhengzhou Taizy Trading Co., Ltd.              |
| Secado               | Secador de bandejas                    | 500 kg/h                       | Q 15,576.00   |  | Zhengzhou Great Machinery Equipment Co.        |
| Clasificado          | Rodillos clasificadores                | 500 kg/h                       | Q 7,788.00  |  | Xinxiang Zhongnuo Mechanical Equipment         |
| Desconchado          | Descascarilladora                      | 300kg/h                        | Q 84,625.00   |  | Henan Penghui Machinery                        |

| Etapa del proceso | Nombre del equipo                  | Capacidad máxima de producción | Costo de inversión inicial en Quetzales. (CIF+DAI, sin IVA) | Foto de referencia  | Proveedor                               |
|-------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|---|---|
|                   |                                    |                                |   |   | and Equipment                           |
| Separado          | Clasificadora óptica Sortex Buhler | 2500 kg/h                      | Q 16,800.00   |    | Buhler                                  |
| Horneado          | Horno                              | 100kg/h-500kg/h                | Q 27,250.00   |    | Weifang Sun Food Machinery Co., Ltd.    |
| Prensado en frío  | Prensa de aceite                   | 200 kg/h                       | Q 41,024.00   |   | Nanyang City Qifeng Machinery Co., Ltd. |
| Molido            | Máquina trituradora                | 100-200Kg/h                    | Q 31,375.00   |  | Zhengzhou Longer Machinery Co., Ltd     |
| Empaque           | Empaquetadora de harina en polvo   | 10-50kg/h                      | Q 15,570.00   |  | Shanghai Dingjiang Packaging Machinery  |

*Nota. Elaboración propia con información de proveedores*

En la Tabla 38, se tomaron en consideración los equipos y maquinaria óptimos para cumplir con el proceso de producción anteriormente descrito. El precio de cada maquinaria se consultó a través de sitios de internet especializados en venta y comercio de maquinaria industrial para el sector alimenticio o directamente con cotizaciones realizadas vía llamada telefónica.

### 7.2.7.3.2 Requerimiento de servicios auxiliares

Para un buen funcionamiento de una planta de procesamiento, se necesitan de servicios auxiliares, como lo son el suministro de energía y agua. A continuación, se describen de manera resumida en la tabla los requerimientos de estos servicios.

**Tabla 39.** *Requerimiento de Servicios Auxiliares*

| <b>Servicio Auxiliar</b>                                    | <b>Maquinaria a utilizar</b>        | <b>Descripción de funcionamiento</b>   | <b>Maquinaria que utiliza el servicio (proceso principal)</b> |
|---|-------------------------------------|--|---|
| Sistema de distribución de agua potable por ósmosis inversa | Filtro de sedimentos                | Retira las partículas como piedras, tierra, arena, maderas, partículas que generalmente se quedan en la cernedera de las griferías, es decir partículas de 5 micras o más. | Limpieza de equipo  |
|   | Filtro de carbón granulado activado | Absorbe y elimina el cloro y otros contaminantes químicos como pesticidas, aceites, gases, también elimina el mal olor y sabor del agua.                                   | Limpieza de equipo  |
|   | Filtro de carbón de bloque          | Reduce del agua los compuestos inorgánicos y oxidantes, el plomo soluble, las bacterias patógenas.   | Limpieza de equipo  |
|   | Membrana de ósmosis inversa         | Retira el arsénico, mercurio, asbestos, nitritos, nitratos. Esta Membrana es muy efectiva ya que retira partículas del tamaño de 0.001 micras.                             | Limpieza de equipo  |
|   | Tanque de Reserva 10L               | A medida que se va utilizando el agua, la Membrana de Osmosis Inversa la repone inmediatamente.  | Limpieza de equipo  |
|   | Bomba hidroneumática                | Funcionan mediante la rotación de un impulsor que genera una fuerza centrífuga para mover el agua.   | Limpieza de equipo  |
| Sistema de suministro eléctrico                             | Transformador                       | Ajustan los niveles de voltaje para adaptarse a las necesidades específicas de la planta.  | Todas   |

| Servicio Auxiliar | Maquinaria a utilizar            | Descripción de funcionamiento   | Maquinaria que utiliza el servicio (proceso principal) |
|-------------------|----------------------------------|---|--|
|                   | Interruptores                    | Distribuyen la energía eléctrica a diferentes áreas de la planta.                                       | Todas  |
|                   | Generador de emergencia          | En caso de cortes de energía, los generadores de emergencia aseguran un suministro continuo.            | Todas  |
|                   | Sistema de distribución (cables) | Cables, conductos y canalizaciones para llevar la electricidad desde la fuente hasta los puntos de uso. | Todas  |
| Aire comprimido   | Compresor de aire                | Compresor de tornillo para suministro de aire comprimido  | Clasificadora óptica                                   |

*Nota. Elaboración propia*

Adicionalmente, se calcularon los costos asociados a la adquisición de estos servicios auxiliares, los cuales se muestran a continuación en la **Tabla 40**. Los servicios auxiliares son parte clave del funcionamiento óptimo de cualquier planta industrial. Cabe resaltar que los costos calculados son para el área seleccionada previamente a través de la ponderación de factores.

**Tabla 40.** Costeo de servicios auxiliares

| Maquinaria a utilizar               | Costo de operación | Costo de 1 mantenimiento | Frecuencia de mantenimiento | Inversión inicial |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Filtro de sedimentos                | Q 4,694.12         | Q 340.15                 | 12 meses                    | Q 4,081.84        |
| Filtro de carbón granulado activado | Q 1,156.39         | Q 167.59                 | 2 a 6 meses                 | Q 1,005.56        |
| Filtro de carbón de bloque          | Q 315.04           | Q 45.66                  | 2 a 6 meses                 | Q 273.95          |
| Membrana de ósmosis inversa         | Q 1,852.72         | Q 140.36                 | 12 meses                    | Q 1,684.29        |
| Tanque de Reserva 10L               | Q 10,183.19        | Q 1,475.83               | 6 meses                     | Q 8,854.95        |
| Bomba hidroneumática                | Q 13,043.30        | Q 1,890.33               | 6 meses                     | Q 11,342.00       |
| Transformador                       | Q 18,780.65        | Q 2,721.83               | 1 año                       | Q 16,331.00       |
| Interruptores                       | Q 953.98           | Q 138.26                 | 3 meses                     | Q 829.55          |

| <b>Maquinaria a utilizar</b>     | <b>Costo de operación</b> | <b>Costo de 1 mantenimiento</b> | <b>Frecuencia de mantenimiento</b> | <b>Inversión inicial</b> |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Generador de emergencia          | Q 35,568.35               | Q 5,154.83                      | 12 meses                           | Q30,929.00               |
| Sistema de distribución (cables) | Q 7,245.00                | Q 525.00                        | 12 meses                           | Q 6,300.00               |
| Compresor de aire                | Q 18,055.00               | Q 1,308.33                      | 6 meses                            | Q15,700.00               |

*Nota. Elaboración propia*

### 7.2.7.3.3 Requerimiento de almacenamiento

Asimismo, la planta de producción de harina de macadamia requiere de almacenamiento para las materias primas, material de empaque, producto terminado, e insumos para su óptimo funcionamiento. Estos requerimientos se describen a continuación, en la **Tabla 41**.

**Tabla 41. Requerimientos de almacenamiento**

| Clasificación      | Insumo                               | Tipo de almacenaje                 | Presentación individual  | Espacio Individual que ocupa                  | Cantidad a almacenar máxima | Espacio total       |
|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|---|-----------------------------|---------------------|
| Materia Prima      | Macadamia con cáscara                | Costales de 1 quintal (100 libras) | Nuez de macadamia de forma esférica, con un diámetro de aproximadamente 5 centímetros. | 100 cm (alto) x 70 cm (largo) x 25 cm (ancho) | 500 costales                | 87.5m <sup>3</sup>  |
| Empaque            | Liners de plástico                   | Cajas de 100 unidades              | Bolsas laminadas tipo almohadilla, de barreras mediana a alta.                         | 16 cm (alto) x 10 cm (largo) 5 cm (ancho)     | 1500 cajas                  | 1.2m <sup>3</sup>   |
|                    | Etiquetas de vinilo                  | Cajas de 50 unidades               | Etiquetas de información nutricional, contenido y logo de la marca.                    | 10 cm (alto) 8cm (largo)                      | 700 cajas                   | 5.3m <sup>2</sup>   |
| Producto terminado | Bolsas de 1lb de harina de macadamia | Cajas de 50 unidades               | Bolsas de harina de macadamia para la venta  | 16 cm (alto) x 10 cm (largo) 5 cm (ancho)     | 1500 cajas                  | 1.2m <sup>3</sup>   |
| Insumos            | Ácido Fenólico como antioxidante     | Caja de 50 unidades                | Sobres con dosis de fortificación de 400 mg  | 45 cm (alto) x 50 cm (largo) x 25 cm (ancho)  | 120 cajas                   | 6.75 m <sup>3</sup> |
|                    | Celulosa (para preservación)         | Sacos de 25 Kilos                  | Sacos de 25 Kilos  | 90 cm (alto) x 45 cm (largo) x 15 cm (ancho)  | 25 sacos                    | 1.52m <sup>3</sup>  |

7.2.7.3.4 Requerimiento de carga y descarga

**Tabla 42. Requerimientos de carga y descarga**

| Carga o Descarga | Vehículo           | Cantidad | Largo    | Ancho   | Altura    | peso máximo (toneladas) | Medidas de carga y descarga |
|------------------|--------------------|----------|----------|---------|-----------|-------------------------|-----------------------------|
| Descarga         | Camión             | 2        | 650 cm   | 250 cm  | 640 cm    | 6.5                     | No se requiere              |
|                  | Patín Hidráulico   | 2        | 68.58 cm | 88.9 cm | 121.92 cm | 2.5                     | MIN: 7.8 cm<br>MAX: 19.5 cm |
|                  | Montacargas manual | 6        | 200 cm   | 200 cm  | 208.5 cm  | 2                       | MIN: 7.8 cm<br>MAX: 19.5 cm |

| Carga o Descarga | Vehículo           | Cantidad | Largo    | Ancho   | Altura    | peso máximo (toneladas) | Medidas de carga y descarga |
|------------------|--------------------|----------|----------|---------|-----------|-------------------------|-----------------------------|
| Carga            | Camión             | 2        | 650 cm   | 250 cm  | 240 cm    | 4.5                     | No se requiere              |
|                  | Patín Hidráulico   | 2        | 68.58 cm | 88.9 cm | 121.92 cm | 2.5                     | MIN: 7.8 cm<br>MAX: 19.5 cm |
|                  | Montacargas manual | 6        | 200 cm   | 200 cm  | 208.5 cm  | 2                       | MIN: 7.8 cm<br>MAX: 19.5 cm |

*Nota. Elaboración propia*

### 7.2.7.3.5 Requerimiento de personal

**Tabla 43.** *Requerimientos generales de personal*

| Área               | Puesto          | Descripción  |
|--------------------|-----------------|--|
| Área Financiera    | Jefe Financiero | Gestionar de manera eficiente los recursos económicos de la empresa, asegurando la rentabilidad del negocio y su sostenibilidad.   |
| Área de Logística  | Analista        | Gestión eficiente de los flujos de productos, materias prima y suministros, manteniendo el inventario correcto, distribución adecuada y almacenamiento eficaz, minimizando costos.   |
| Área de Calidad    | Inspector       | Asegurar y garantizar la calidad de los productos, siguiendo las normativas establecidas, cantidades necesarias y certificaciones importantes como ISO-9000. Debe asegurar la satisfacción de los clientes con los requerimientos cumplidos. |
| Área de Producción | Gerente         | Planificación, organización y control de procesos productivos necesarios para el cumplimiento óptimo de la demanda y la competitividad, optimizando los procesos necesarios. .   |
| Recursos Humanos   | Gerente         | Gestión de talento humano, manteniendo un ambiente positivo y de motivación, incentivando al desempeño positivo y a la mejora profesional y personal constante.  |

|                 |         |    |    |
|-----------------|---------|----|----|
| <b>Planta</b>   | Hombres | 10 | 15 |
|                 | Mujeres | 5  |    |
| <b>Oficinas</b> | Hombres | 9  | 15 |
|                 | Mujeres | 6  |    |

*Nota. Elaboración propia*

Los puestos de trabajo se identifican para poder determinar las funcionalidades a desarrollar, según las necesidades de la posición para brindar y garantizar el crecimiento positivo de la empresa. Cada área y puesto cumple con un rol crucial para el buen desempeño de la empresa y el aumento de ventas, manteniendo la sostenibilidad y rentabilidad de la misma. Dentro de la empresa, no existen roles específicos, ya que se centra en la capacidad de desempeño como individuo y lo que se puede llegar a lograr.

#### 7.2.7.3.6 Análisis de subproductos y desechos

En la Tabla 44 se detalla la clasificación de los desechos y cuantificación de cantidad a almacenar por mes. A partir de esta descripción, se desarrollará el tratamiento por brindarles.

**Tabla 44.** Análisis de subproductos y desechos

| Categoría                     | Descripción  | Forma de almacenaje  | Volumen total requerido (cm <sup>2</sup> ) | Tiempo de almacenaje |
|-------------------------------|--|--|--|----------------------|
| Subproducto - Aceite          | Aceite residual de la macadamia procesada en la plancha hidráulica.                                | Contenedores de líquido  | 240  | Mensual              |
| Desecho - Semillas rechazadas | Semillas que no cumplen con la calidad especificada, por descomposición o cualquier otro problema. | Costales   | 920  | Semanal              |
| Subproducto - Cáscara verde   | Cáscara natural luego de procesar la nuez, utilizada para abono.                                   | Costales   | 920  | Semanal              |
| Subproducto - Concha          | La concha se quema para utilizarla como energía por medio de fuego en el horno de tostado.         | Costales   | 920  | Semanal              |
| Desecho - Aguas residuales    | Aguas residuales provenientes del uso de sanitarios y cafetería                                    | Se almacenan en tanques reactores para luego pasar a la tamizadora de residuos sólidos | 5,500,000                                  | Diario               |

*Nota. Elaboración propia*

Con este análisis de desechos, se puede tener un panorama general de los requerimientos extra que representan estos subproductos. Es necesario incluirlos en el plan de necesidades para diseñar la planta acorde a estos requerimientos.

#### 7.2.7.4 Costos de producción

Como se mostró en el *Business Model Canvas*, la estructura de costos para la producción de harina de macadamia se divide en costos de almacenamiento, compra de materia prima, producción, marketing y operaciones. A continuación, se encuentra el desglose de todos los costos. Todos los costos de materia prima se consultaron con proveedores, y en caso de la macadamia, se trabajó con el precio más alto al que se han adquirido los costales de macadamia, para mantener costos conservadores. Estos datos fueron proporcionados de primera mano por los agricultores que visitamos en las fincas, en conjunto con ASOMAC. Para los componentes adicionales, como lo son el ácido fenólico y la celulosa, se consultó con proveedores de la industria de químicos en Guatemala.

**Tabla 45.** Costos de producción de harina de macadamia

| <b>Harina de Macadamia (454 g)</b> |                      |                   |                        |                          |
|------------------------------------|----------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>Ingrediente</b>                 | <b>Peso Neto (g)</b> | <b>Proporción</b> | <b>Costo por libra</b> | <b>Costo por quintal</b> |
| Macadamia                          | 425                  | 0.936             | Q 5.50                 | Q 550.00                 |
| Ácido Fenólico                     | 10                   | 0.022             | Q 12.20                | Q 12,200.00              |
| Celulosa                           | 19                   | 0.042             | Q 9.00                 | Q 9,000.00               |
| <b>Total</b>                       | <b>454</b>           | <b>1</b>          | <b>Q 26.70</b>         | <b>Q 21,750.00</b>       |

| <b>Empaque de harina (1 Lb)</b> |      |
|---------------------------------|------|
| Largo (m)                       | 0.2  |
| Ancho (m)                       | 0.14 |
| Bobina de Liner de plástico (m) | 500  |

| <b>Concepto</b>     | <b>Medida (m)</b> |
|---------------------|-------------------|
| Bobina de Liner     | 500               |
| Largo de Liner      | 0.2               |
| #liners/bobina      | 2500              |
| Unidades necesarias | 10000             |

| Concepto                 | Medida (m) |          |
|--------------------------|------------|----------|
| Bobinas/mes              | 4          |          |
| Precio de bobina         | Q          | 375.00   |
| Precio mensual de bobina | Q          | 1,500.00 |

| Corrugados                  |        |
|-----------------------------|--------|
| Unidades necesarias         | 10000  |
| Precio unitario             | Q 3.00 |
| Costo unitario por etiqueta | Q 0.50 |

| Costos Fijos          |                    |                       |                |
|-----------------------|--------------------|-----------------------|----------------|
|                       | Costo total al mes | Unidades              | Costo unitario |
| Seguridad             | Q 5,000.00         | 10,000.00             | Q 0.50         |
| Limpieza              | Q 5,000.00         | 10,000.00             | Q 0.50         |
| Agua                  | Q 1,000.00         | 10,000.00             | Q 0.10         |
| Extracción de basura  | Q 200.00           | 10,000.00             | Q 0.02         |
| Internet corporativo  | Q 2,000.00         | 10,000.00             | Q 0.20         |
| Sistemas informáticos | Q 5,000.00         | 10,000.00             | Q 0.50         |
| Publicidad            | Q 1,500.00         | 10,000.00             | Q 0.15         |
| Energía Eléctrica     | Q 2,007.59         | 10,000.00             | Q 0.20         |
| Salarios Operativos   | Q 48,500.00        | 10,000.00             | Q 4.85         |
|                       |                    | <b>Costo Unitario</b> | <b>Q 7.02</b>  |

|                               |          |              |
|-------------------------------|----------|--------------|
| Costo variable por unidad     | Q        | 27.35        |
| Costo fijo por unidad         | Q        | 7.02         |
| <b>Costo total por unidad</b> | <b>Q</b> | <b>34.37</b> |

Con la anterior información de costeo, se calculó toda la información de inversión y finanzas de operación para la planta de producción de harina de macadamia.

#### 7.2.7.5 Carta de Ensamble

Para un mejor entendimiento del proceso de fabricación de la harina de macadamia, se aplicó la utilización de una carta de ensamble. A continuación, se muestra de manera gráfica el proceso de ensamble de la harina de macadamia. Para facilitar la diagramación, se asignó un código a cada parte del ensamble.

|           |                                 |                    |                  |
|-----------|---------------------------------|--------------------|------------------|
| Formato:  | Carta de Ensamble               | Elaborado Por:     | Ximena Chavarría |
| Proceso:  | Embalado de Harina de Macadamia | Fecha:             | 14/03/2024       |
| Producto: | Harina de Macadamia Empacada    | Revisión:          | 1                |
| Código:   | MACA - E - 001                  | Fecha de Revisión: | 16/08/2024       |

**Figura 72.** Codificación de partes de empaquetado de harina de macadamia



*Nota. Elaboración propia*

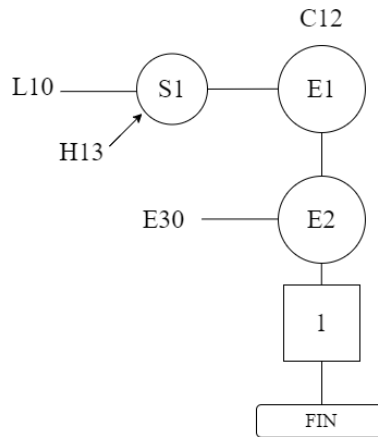
**Tabla 46.** Codificación de carta de ensamble

| Cantidad | Descripción                     | Código |
|----------|---------------------------------|--------|
| 1        | Liner para harina de macadamia. | L10    |
| 1        | Corrugado                       | C12    |
| 1        | Etiqueta para corrugado         | E30    |
| 454g     | Harina de macadamia             | H13    |

*Nota. Elaboración propia*

**Figura 73. Carta de ensamble**

Nombre de empaque: Harina de Macadamia  
 Fecha de elaboración: 12/08/2024  
 Responsable: Ximena Chavarria



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.2.7.6 Plan agregado de producción

Junto con los costos de producción de la macadamia, se realizó un plan agregado de producción basado en los cálculos de demanda obtenidos anteriormente. Los siguientes cuadros muestran de manera resumida las libras de harina de macadamia a producir durante el primer año, y por los siguientes 5 años de operación. Se propuso un crecimiento esperado promedio del 0.5% anual, de acuerdo con los pronósticos publicados en el anuario estadístico 2023 publicado por el Concejo Internacional de Nueces y Frutos Secos (INC).

**Tabla 47. Plan agregado de producción**

| Plan Agregado de producción     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                                 | Ene   | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun   | Jul   | Ago   | Sept  | Oct   | Nov   | Dic   | Total  |
| <b>Pronóstico de la demanda</b> | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 120000 |
| <b>Número de días hábiles</b>   | 27    | 25    | 28    | 26    | 24    | 25    | 27    | 27    | 24    | 27    | 26    | 24    | 310    |

| Harina de Macadamia     | Año    |        |        |         |        | Crecimiento esperado Promedio |
|-------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|-------------------------------|
|                         | 1      | 2      | 3      | 4       | 5      |                               |
| <b>Libras anuales</b>   | 120000 | 126000 | 138600 | 159390  | 191268 | + 0.5% anual                  |
| <b>Libras mensuales</b> | 10000  | 10500  | 11550  | 13282.5 | 15939  |                               |

#### 7.2.7.7 Evaluación financiera

Con el objetivo de evaluar la viabilidad y factibilidad de la producción de harina de macadamia, se procedió a calcular todos los aspectos financieros para sustentar la instalación de dicha planta. Para facilitar la comprensión, se utilizaron tablas con los diferentes rubros a tomar en cuenta.

**Tabla 48. Salarios de personal**

| Cantidad | Personal                         | Sueldo mensual | Total mensual |
|----------|----------------------------------|----------------|---------------|
| 1        | Director General                 | Q 30,000.00    | Q 30,000.00   |
| 1        | Gerente de operaciones           | Q 18,000.00    | Q 18,000.00   |
| 1        | Gerente financiero               | Q 18,000.00    | Q 18,000.00   |
| 1        | Gerente comercial                | Q 18,000.00    | Q 18,000.00   |
| 1        | Contador general                 | Q 7,000.00     | Q 7,000.00    |
| 1        | Secretaria                       | Q 5,000.00     | Q 5,000.00    |
| 1        | Jefe Recursos Humanos            | Q 8,000.00     | Q 8,000.00    |
| 4        | Personal de cafetería            | Q 3,800.00     | Q 15,200.00   |
| 4        | Personal de limpieza             | Q 3,800.00     | Q 15,200.00   |
| 1        | Jefe de producción               | Q 8,000.00     | Q 8,000.00    |
| 9        | Operarios de estación de trabajo | Q 4,500.00     | Q 40,500.00   |
| 1        | Jefe de ventas                   | Q 5,000.00     | Q 5,000.00    |
| 1        | Jefe de Marketing                | Q 6,000.00     | Q 6,000.00    |
| 1        | Operario de mantenimiento        | Q 5,000.00     | Q 5,000.00    |
| 1        | Guardia de seguridad             | Q 3,800.00     | Q 3,800.00    |
| 1        | Jefe de Logística                | Q 8,000.00     | Q 8,000.00    |

| Cantidad | Personal | Sueldo mensual | Total mensual |
|----------|----------|----------------|---------------|
| 30       | Totales  |                | Q 210,700.00  |

| Prestaciones  | Porcentaje |
|---------------|------------|
| Bono 14       | 8.33%      |
| Aguinaldo     | 8.33%      |
| Indemnización | 9.72%      |
| Vacaciones    | 4.17%      |
| IGSS          | 10.67%     |
| IRTRA         | 1.00%      |
| INTECAP       | 1.00%      |
| TOTAL         | 43.22%     |

|                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| Total de Sueldos mensuales      | Q 210,700.00        |
| Total Prestaciones              | Q 91,064.54         |
| <b>Total Salarios mensuales</b> | <b>Q 301,764.54</b> |

A continuación, se muestran de manera resumida los costos de adquisición de maquinaria.

**Tabla 49. Costo de maquinaria**

| Nombre del equipo                      | Costo de inversión inicial en Quetzales. (CIF+DAI, sin IVA) | Vida útil (años)                | Valor Dep. Anual  |
|--|---|---------------------------------|-------------------|
| Cinta transportadora                   | Q 8,784.73  | 10                              | Q 878.47          |
| Peladora de nueces o descascarilladora | Q 9,030.28  | 10                              | Q 75.25           |
| Secador de bandejas                    | Q 14,576.81   | 10                              | Q 121.47          |
| Rodillos clasificadores                | Q 7,788.41  | 10                              | Q 64.90           |
| Descascarilladora                      | Q 32,260.00   | 10                              | Q 268.83          |
| Clasificadora óptica Sortex Buhler     | Q 16,800.00   | 10                              | Q 140.00          |
| Horno                                  | Q 23,400.00   | 10                              | Q 195.00          |
| Prensa de aceite                       | Q 41,024.32   | 10                              | Q 341.87          |
| Máquina trituradora                    | Q 16,340.00   | 10                              | Q 136.17          |
| Empaquetadora de harina en polvo       | Q 15,571.96   | 10                              | Q 129.77          |
| Total                                  | Q 185,576.51  | <b>Depreciación Total Anual</b> | <b>Q 2,351.74</b> |

*Nota. Elaboración propia*

A continuación, se muestran de manera resumida los costos de adquisición de equipo administrativo y mobiliario.

**Tabla 50. Costos de equipo**

| Nombre del equipo   | Costo de inversión inicial en Quetzales. (CIF+DAI, sin IVA) | Cantidad | Vida útil (años) | Valor Dep. Anual unitario | Valor Dep. Anual total |
|---------------------|---|----------|------------------|---------------------------|------------------------|
| Laptops             | Q 2,498.00  | 11       | 4                | Q 624.50                  | Q 6,869.50             |
| Impresoras          | Q 4,399.00  | 1        | 4                | Q 1,099.75                | Q 1,099.75             |
| Mesas de producción | Q 2,100.48  | 8        | 6                | Q 350.08                  | Q 2,800.64             |
| Total               | Q 8,997.48  |          |                  | <b>Depreciación Total</b> | <b>Q 10,769.89</b>     |

**Tabla 51. Costos de mobiliario**

| Nombre                        | Costo Unitario | Cantidad     | Total              |
|-------------------------------|----------------|--------------|--------------------|
| Inodoros                      | Q 335.00       | 6            | Q 2,010.00         |
| Espejos                       | Q 95.00        | 6            | Q 570.00           |
| Puertas                       | Q 399.00       | 25           | Q 9,975.00         |
| Bebederos                     | Q 10,000.00    | 3            | Q 30,000.00        |
| Basureros                     | Q 214.50       | 10           | Q 2,145.00         |
| Lavamanos                     | Q 389.00       | 6            | Q 2,334.00         |
| Lockers                       | Q 820.00       | 6            | Q 4,920.00         |
| Dispensador de papel baño     | Q 149.00       | 6            | Q 894.00           |
| Dispensador de papel de manos | Q 350.00       | 6            | Q 2,100.00         |
| Dispensador de jabón          | Q 250.00       | 6            | Q 1,500.00         |
| Botiquín primeros auxilios    | Q 100.00       | 2            | Q 200.00           |
| Estanterías de almacenamiento | Q 990.00       | 10           | Q 9,900.00         |
| Muebles de escritorio         | Q 2,500.00     | 6            | Q 15,000.00        |
| Llave de agua                 | Q 56.00        | 6            | Q 336.00           |
|                               |                | <b>Total</b> | <b>Q 81,884.00</b> |

Además, se tomó en cuenta la compra de insumos eléctricos de las distintas áreas de la planta de producción.

**Tabla 52. Costo de insumos eléctricos**

| Insumos                            | Cantidad | Horas de uso diario | Precio unitario         | Total              |
|------------------------------------|----------|---------------------|-------------------------|--------------------|
| Bombillas LED                      | 29       | 8                   | Q 8.52                  | Q 247.08           |
| Laptops Laptop Dell Core i5        | 10       | 8                   | Q 3,598.00              | Q 35,980.00        |
| Área de Planta                     |          |                     |                         |                    |
| Paneles LED                        | 3        | 8                   | Q 115.00                | Q 345.00           |
| Área de Recepción de Materia Prima |          |                     |                         |                    |
| Paneles LED                        | 16       | 8                   | Q 115.00                | Q 1,840.00         |
| Área de Almacenamiento             |          |                     |                         |                    |
| Paneles LED                        | 5        | 8                   | Q 115.00                | Q 575.00           |
|                                    |          | 40                  | <b>Total Costo Fijo</b> | <b>Q 38,987.08</b> |

Para calcular el costo variable de energía por máquina, se utilizó el precio por kilowatt establecido en la resolución CNEE-40-2024, con un precio de Q1.46905 por Kilowatt. Se tomó en cuenta la cantidad de Kilowatts utilizados por cada máquina. A continuación, se detalla este cálculo.

**Tabla 53. Costos variables de energía eléctrica**

| Máquina                                | Horas máquina | Horas máquina 1 mes | Horas máquina 1 año | Potencia (Kw) | Kwh   | Kwh 1 mes | Kwh 1 año | Costo (Q/Kwh) | Costo (Q/Kwh) 1 mes | Costo (Q/Kwh) 1 año |
|--|---------------|---------------------|---------------------|---------------|-------|-----------|-----------|---------------|---------------------|---------------------|
| Cinta transportadora                   | 8             | 160                 | 1920                | 0.1           | 0.8   | 128       | 1536      | 1.18          | 188.04              | 2256.456192         |
| Peladora de nueces o descascarilladora | 8             | 160                 | 1920                | 0.075         | 0.6   | 96        | 1152      | 0.88          | 141.03              | 1692.342144         |
| Secador de bandejas                    | 18            | 360                 | 4320                | 0.045         | 0.81  | 291.6     | 3499.2    | 1.19          | 428.37              | 5140.489262         |
| Rodillos clasificadores                | 6             | 120                 | 1440                | 0.375         | 2.25  | 270       | 3240      | 3.31          | 396.64              | 4759.71228          |
| Descascarilladora                      | 8             | 160                 | 1920                | 0.05          | 0.4   | 64        | 768       | 0.59          | 94.02               | 1128.228096         |
| Clasificadora óptica Sortex Buhler     | 8             | 160                 | 1920                | 0.031         | 0.248 | 39.68     | 476.16    | 0.36          | 58.29               | 699.5014195         |
| Horno                                  | 8             | 160                 | 1920                | 0.045         | 0.36  | 57.6      | 691.2     | 0.53          | 84.62               | 1015.405286         |
| Prensa de aceite                       | 8             | 160                 | 1920                | 0.022         | 0.176 | 28.16     | 337.92    | 0.26          | 41.37               | 496.4203622         |
| Máquina trituradora                    | 8             | 160                 | 1920                | 0.03          | 0.24  | 38.4      | 460.8     | 0.35          | 56.41               | 676.9368576         |

| Máquina                          | Horas máquina | Horas máquina 1 mes | Horas máquina 1 año | Potencia (Kw) | Kwh          | Kwh 1 mes      | Kwh 1 año      | Costo (Q/Kwh) | Costo (Q/Kwh) 1 mes | Costo (Q/Kwh) 1 año |
|----------------------------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------|--------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------|
| Empaquetadora de harina en polvo | 8             | 160                 | 1920                | 0.045         | 0.36         | 57.6           | 691.2          | 0.53          | 84.62               | 1015.405286         |
| <b>Total</b>                     | <b>88</b>     | <b>1760</b>         | <b>21120</b>        | <b>0.35</b>   | <b>6.244</b> | <b>1071.04</b> | <b>12852.5</b> | <b>Q 9.17</b> | <b>Q1,573.41</b>    | <b>Q18,880.90</b>   |

Así mismo, se muestra a continuación el costo de los documentos legales para la construcción y establecimiento de la planta de producción de harina de macadamia.

**Tabla 54.** Costo de documentos legales

| Nombre                   | Costo Unitario     |
|--------------------------|--------------------|
| Licencia Ambiental       | Q 15,000.00        |
| Licencia Sanitaria       | Q 4,000.00         |
| Patente de sociedad      | Q 1,000.00         |
| Licencia de construcción | Q 60,000.00        |
| Planos Autorizados       | Q 2,000.00         |
| <b>Total</b>             | <b>Q 82,000.00</b> |

Se estableció que la inversión inicial de esta planta se realizará a través de un préstamo. Junto con el capital invertido por los accionistas, se dividió de la siguiente manera el pago total de inversión inicial.

**Tabla 55.** Cálculo de préstamo para inversión inicial

| Cálculo de préstamo |                |
|---------------------|----------------|
| Total de Inversión  | Q 5,994,807.77 |
| Préstamo            | Q 2,397,923.11 |
| Capital             | Q 3,596,884.66 |

#### 7.2.7.7.1 Determinación de tasa de rendimiento esperada (TMAR)

La Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) es un concepto clave en la evaluación de proyectos de inversión y en la toma de decisiones financieras. Sirve como un criterio de referencia para determinar si un proyecto es financieramente viable o no.

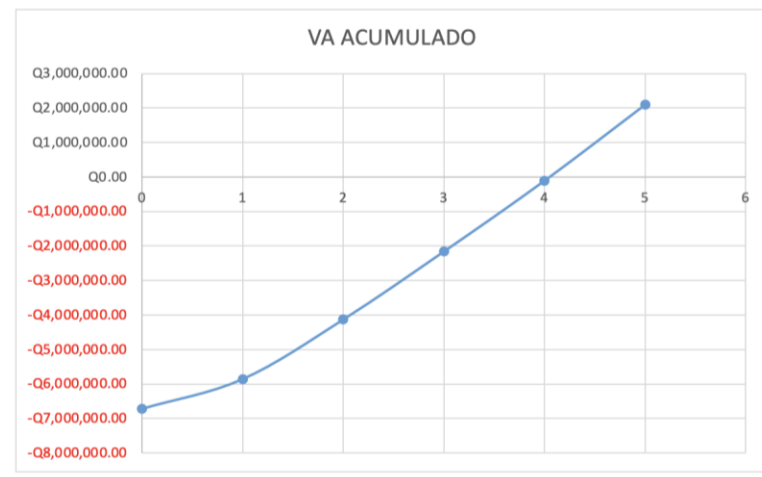
A continuación, se muestra dicha tasa para el proyecto de planta de producción de harina de macadamia.

**Tabla 56.** Tasa de rendimiento esperada (TMAR)

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| <b>TMAR =</b>        | 12.64%              |
| <b>TIR =</b>         | 29.19%              |
| <b>TMAR &lt; TIR</b> | Aceptar el proyecto |

Debido a que la TMAR es menor que la TIR, el proyecto es financieramente atractivo, ya que su rendimiento supera la tasa mínima requerida por los inversionistas. Esto sugiere que el proyecto puede generar un retorno superior a la tasa de descuento utilizada para evaluarlo, lo que es positivo para los inversionistas y sugiere un potencial de beneficios más allá de las expectativas iniciales.

**Figura 74.** Período de recuperación



*Nota. Elaboración propia*

En cuanto a la inversión, se observa que el período de recuperación es de 4 años, lo que sugiere que es una inversión segura en la cual se recupera de manera rápida todo lo invertido, lo cual es positivo para los inversionistas.

### 7.2.7.7.2 Flujo de Efectivo

| Año | Inversión Inicial | Ingresos        | Total Ope.      | Flujo Efectivo Neto | VA              | VA ACUMULADO    |
|-----|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| 0   | -Q 5,994,807.77   |                 |                 | -Q 5,994,807.77     | -Q 5,994,807.77 | -Q 5,994,807.77 |
| 1   |                   | Q 8,280,000.00  | -Q 8,050,296.50 | Q 229,703.50        | Q 203,927.12    | -Q 5,790,880.65 |
| 2   |                   | Q 9,450,000.00  | -Q 8,050,296.50 | Q 1,399,703.50      | Q 1,103,191.14  | -Q 4,687,689.51 |
| 3   |                   | Q 10,810,800.00 | -Q 8,050,296.50 | Q 2,760,503.50      | Q 1,931,569.67  | -Q 2,756,119.84 |
| 4   |                   | Q 12,591,810.00 | -Q 8,050,296.50 | Q 4,541,513.50      | Q 2,821,175.10  | Q 65,055.26     |
| 5   |                   | Q 15,492,708.00 | -Q 8,050,296.50 | Q 7,442,411.50      | Q 4,104,407.48  | Q 4,169,462.74  |

|            |                |
|------------|----------------|
| <b>VNA</b> | Q 4,169,462.74 |
| <b>TIR</b> | 29.19%         |

*Nota. Elaboración propia*

El flujo de efectivo se realizó a 5 años de operaciones de la planta de producción de harina de macadamia, para visualizar su rentabilidad y la liquidez que se tiene. Se comenzó con la inversión inicial tomando en cuenta los costos del terreno, la maquinaria, el equipo y las herramientas necesarias para iniciar las operaciones de producción. Luego, se realizó la contabilidad de los ingresos por ventas del producto, en el cual se tomó en cuenta el crecimiento de la demanda del 0.5% aproximadamente. El total de operaciones se contabilizó tomando en cuenta los costos de bienes vendidos, los gastos operativos y los gastos generales, teniendo un flujo de efectivo que aumenta proporcionalmente a la demanda por año.

### 7.2.7.7.3 Balance General y Estado de resultados (2 años)

Se realizó el balance general y el estado de resultados para dos años de operaciones del producto Macarina. Para esto, se planificó la solicitud un préstamo de Q 2,397,923 (40% de la inversión inicial). Al igual se cuenta con 5 accionistas para la empresa, cada uno aporta una suma de Q719,367.93 lo cual completa el restante 60% de la inversión inicial. Para el primer año de operación se proyectó una venta de 10,000 libras de Macarina. Lo cual en dinero se presenta en venta de Q740,000 con un costo de los bienes vendidos de Q224,003 a un precio de venta de Q74.00 por libra de harina de macadamia.

Se obtuvieron utilidades netas anuales de Q 1,249,411.22, lo cual es un monto muy agradable considerando que es el primer año de lanzamiento del producto. Al igual se cuentan con gastos operativos de Q321,972 al mes, los cuales son esenciales para llevar a cabo la operación. Por otro lado, se cuenta con un total de pasivos de Q41,435.72.

#### 7.2.7.7.4 Determinación de régimen de ISR

Para la determinación del Régimen ISR, se consideraron las siguientes dos alternativas.

##### 1. Régimen sobre utilidades de actividad lucrativa

En este régimen, se restan los gastos, costos y rentas exentas de la renta bruta y a la diferencia. En este régimen, se aplica un impuesto del 25% sobre la utilidad obtenida (Superintendencia de Administración Tributaria, 2024).

**Tabla 57.** Régimen sobre utilidades de actividad lucrativa

| <b>Régimen sobre utilidades de actividad lucrativa</b> |            |
|--|------------|
| Porcentaje de Impuesto                                 | 25%        |
| Utilidades antes de impuestos                          | Q24,317.28 |
| Impuesto   | Q30,738.80 |

*Nota. Elaboración propia*

##### 2. Régimen opcional simplificado

Este régimen se refiere a los pagos mensuales de ISR, la manera de calcularlo es: 5% sobre los primeros Q30,000.00 de ingresos y 7% sobre el excedente (Superintendencia de Administración Tributaria, 2024).

**Tabla 58.** Régimen opcional simplificado

| <b>Régimen opcional simplificado</b> |             |
|--------------------------------------|-------------|
| Porcentaje impuesto                  | 5%          |
| Ingresos brutos                      | Q30,000.00  |
| Impuesto                             | Q1,500.00   |
| Porcentaje Impuesto                  | 7%          |
| Ingresos brutos                      | Q346,289.41 |

| <b>Régimen opcional simplificado</b> |                   |
|--------------------------------------|-------------------|
| Impuesto                             | Q34,138.65        |
| <b>Total</b>                         | <b>Q35,638.65</b> |

*Nota. Elaboración propia*

En este caso, la empresa pagará el Impuesto sobre la Renta (ISR) bajo el régimen sobre las utilidades de actividad lucrativa, mostrado en la tabla anterior.

#### 7.2.7.7.5 Punto de equilibrio

A continuación, se muestra el cálculo de punto de equilibrio en unidades con diferentes fluctuaciones en el precio por unidad de harina de macadamia.

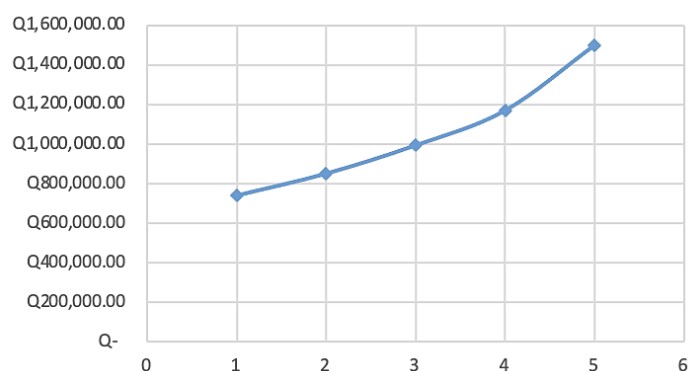
**Tabla 59. Punto de equilibrio**

| <b>Año</b> | <b>Precio</b> | <b>PDE</b> | <b>Ingresos</b> |
|------------|---------------|------------|-----------------|
| 1          | Q 74.00       | 1,361      | Q 740,000.00    |
| 2          | Q 81.00       | 1,133      | Q 850,500.00    |
| 3          | Q 86.00       | 1,031      | Q 993,300.00    |
| 4          | Q 88.00       | 971        | Q 1,168,860.00  |
| 5          | Q 94.00       | 871        | Q 1,498,266.00  |

*Nota. Elaboración propia*

El precio unitario de la libra de harina de macadamia aumenta cada año debido al crecimiento anual de la demanda en un 0.5%, elevando la preferencia de los clientes sobre las demás marcas, impactando de manera positiva los ingresos creciendo exponencialmente cada año. Debido a ese crecimiento, el punto de equilibrio registrado decrece cada año, lo que indica que se obtienen mayores ganancias debido al incremento del margen de contribución, el cual es atractivo gracias al crecimiento del mercado.

**Figura 75. Ingresos proyectados a 5 años**



*Nota. Elaboración propia*

En las gráficas, se aprecia el cambio de los ingresos y la cantidad de unidades necesarias para alcanzar a cubrir todos los costos, impactando de forma positiva las finanzas de Macarina, aumentando más de 13% de ingresos con el paso de los años.

#### 7.2.7.8 Layout de Planta

Para el diseño general de distribución de la planta, se tomó en cuenta el área de producción, el área de oficinas administrativas, el área de recepción de materia prima, el muro perimetral de toda la construcción, el área de almacenamiento, los parqueos para los vehículos de los operarios y visitas, y la garita de seguridad. Adicionalmente, para todas las medidas internas de la construcción se siguieron los lineamientos según las leyes correspondientes. Respetando las distancias de 1.20 metros de anchura de los pasillos, accesibilidad de los baños y espacios entre maquinarias. Todo esto, con el fin de garantizar un funcionamiento óptimo con condiciones adecuadas para todas las personas. Adicionalmente, se diagramaron las redes de distribución de electricidad y la red de tuberías. La planta también cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales. En total, la extensión de la planta es de 6,034 metros cuadrados.

**Tabla 60. Distribución y extensión de espacios en planta**

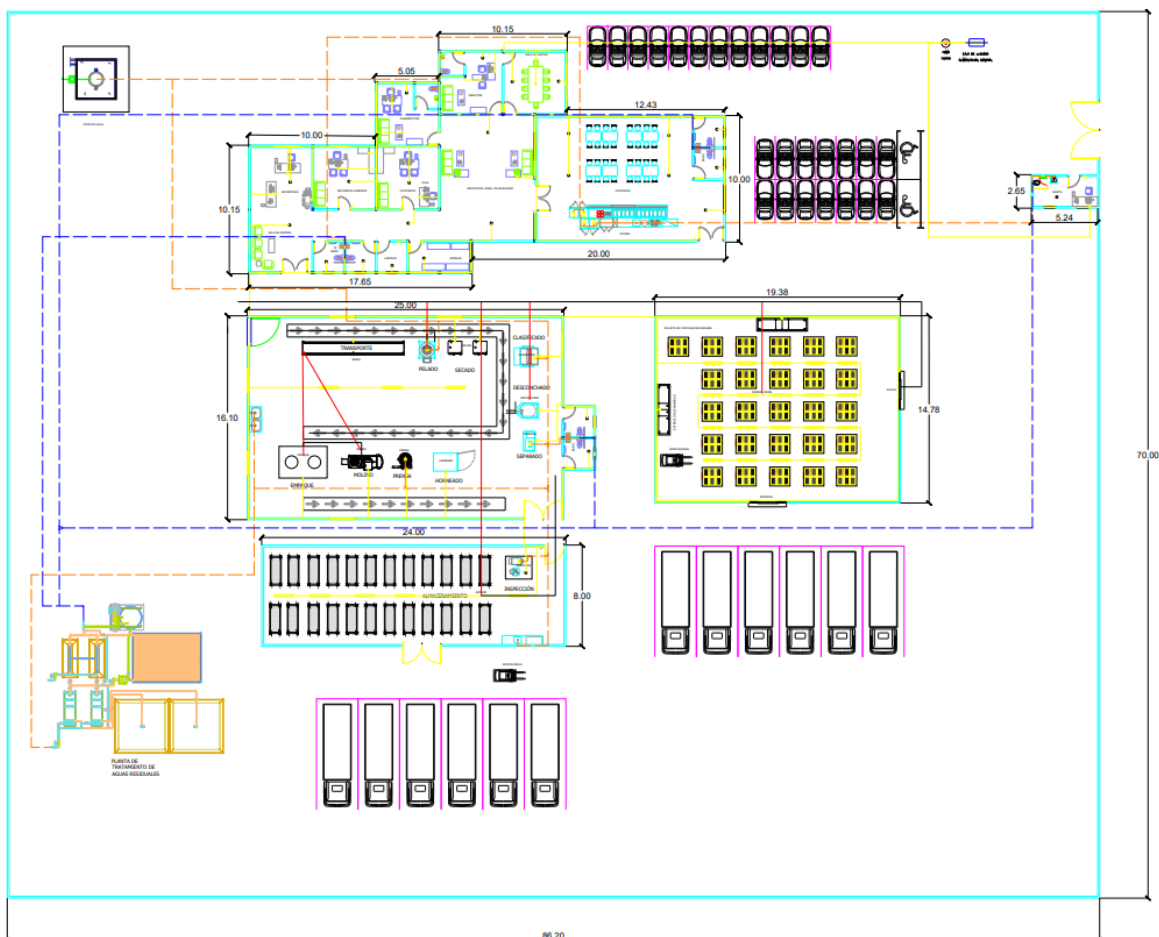
| Área                          | Extensión (metros cuadrados) |
|-------------------------------|------------------------------|
| Materia Prima                 | 286.44                       |
| Administrativa                | 647.55                       |
| Producción                    | 402.5                        |
| Parqueos y áreas de recepción | 4,408.44                     |
| Almacenamiento                | 192                          |

| Área                            | Extensión (metros cuadrados) |
|---------------------------------|------------------------------|
| Tratamiento de aguas residuales | 86.33                        |
| Garita                          | 10.74                        |
| <b>Total</b>                    | <b>6,034</b>                 |

*Nota. Elaboración propia*

Con el fin de visualizar la planta de mejor manera, a continuación, se muestran las imágenes del layout de cada área.

**Figura 76.** *Layout de planta completo*



*Nota. Elaboración propia*

### 7.3 Oportunidades de mejora en los procesos de cosecha y transformación actuales

A Continuación, se sientan las bases del proceso actual de cosecha y producción, para posteriormente proponer mejoras en estos procesos.

### 7.3.1 Proceso actual de cosecha

La cosecha se realiza en forma manual, ubicándose para zonas cálidas de junio a octubre y en zonas semicálidas y templadas de agosto a febrero (Escamilla Prado et al., 2013). En Guatemala, los meses de principal producción son mayo, junio y julio, pero se produce en menores volúmenes todo el año (Asociación Guatemalteca de Macadamia, 2024).

La macadamia tiene la particularidad de que los frutos al estar maduros caen al suelo, sin necesidad de cosecharlos del árbol, esto facilita el trabajo; pero se debe tener el cuidado para que la recolección sea oportuna y no deteriorar la calidad del fruto. Las nueces pueden ser perjudicadas por el ataque de ratas y por la humedad del suelo si no son recogidas oportunamente. Los cuidados a tener en cuenta durante la cosecha son fundamentales para la obtención de productos de alta calidad, teniendo como resultado una almendra óptima para el mercado, cada paso debe ser atendido para poder aumentar la recuperación total del kernel. La recuperación total del kernel es el peso total de almendra vendible con relación a 1 kilo de NIS. Si se habla de una recuperación del 28%, esto quiere decir que de 1 kilo de NIS, se tienen 280 gramos de almendra de buena calidad que es apta para venta en el mercado (Escamilla Prado et al., 2013).

### 7.3.2 Limpieza bajo la copa de los árboles

Esta práctica consiste en eliminar todas las hojas y frutas que están bajo la copa de los árboles, ya que la acumulación de hojas trae como consecuencia un desperdicio de frutos caídos debido a que los mismos no son visibles por la maleza, lo que dificulta la recolección. Por otro lado, si los frutos recién caídos se mezclan con la cosecha anterior, pueden deteriorar la producción debido a que están contaminados por su largo periodo de exposición a patógenos del suelo. En la siguiente figura se puede observar cómo debe estar el suelo para poder realizar una buena recolección (Cadoga, 2013). En Guatemala, generalmente se realizan 3 limpiezas totales de suelo al año. El costo aproximado es de Q1035.00 por hectárea/año (Asociación Guatemalteca de Macadamia, 2024).

**Figura 77.** *Árbol preparado para cosecha*



*Nota. Adaptado de Manual de cosecha y post cosecha de macadamia, por Cadoga, C. (2013) Programa de Apoyo a Las Exportaciones Paraguayas.*

Con la preparación del suelo lista, los agricultores tienen distintas maneras de recolectar la nuez caída del árbol. Es importante resaltar que, en otros países, como Sudáfrica y Australia, se utiliza maquinaria agroindustrial para este proceso. Existen tractores de recolección automática de nueces. Sin embargo, debido al terreno irregular en las plantaciones en Guatemala, y el alto costo que representa la inversión, este tipo de tecnología aún no tiene aplicación en Guatemala. A continuación, se exponen los métodos utilizados en fincas guatemaltecas actualmente.

### 7.3.3 Recolección manual

La macadamia es recolectada en canastos de plástico, luego el recolector deposita lo recolectado en costales de polipropileno, los cuales son llevados hasta la vía de acceso más cercana, y al final de la jornada son transportados en camiones para el siguiente proceso. Los recolectores deben desplazarse hasta el área específica que se les asigna y comenzar la actividad. Hay que resaltar que la inclinación de los terrenos puede dificultar el acceso a los cultivos, y en épocas de lluvia el terreno se vuelve resbaloso, lo cual es un factor de riesgo para los trabajadores (Durán y López, 2013).

**Figura 78.** *Recolección manual de macadamia*



*Nota. Adaptado de Maka: Sistema de recolección y transporte de macadamia (2013) [Proyecto De Grado], por Durán, E., y López, M..*

#### 7.3.4 Uso de rastrillos o recolectores

En algunas fincas productoras, como finca La Giralda, se han empleado un tipo de rastrillo para recoger las nueces. Este rastrillo está patentado por la marca de herramientas de jardinería Garden Weasel. El recogedor de nueces grande Garden Weasel 95404 reduce la tensión en la espalda al eliminar la necesidad de agacharse para recoger nueces grandes y otros objetos. Viene equipado con un mango cómodo y un gancho para colgar. El recogedor perfecto para objetos grandes de entre 1.5 y 3 pulgadas de tamaño con una capacidad de aproximadamente 1.5 galones. Esto incluye elementos como nueces, frutas pequeñas y semillas de otro tipo. Consiste en una jaula de alambre de acero templado duradera que se opera sobre sobre el objeto que desea recoger con un agarre cómodo y una construcción fácil de manipular (Hostetler, 2018).

**Figura 79.** *Recogedor de nueces*



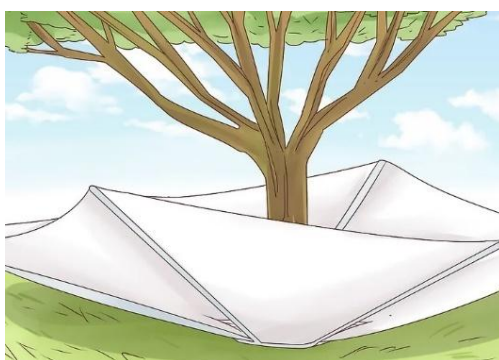
*Nota. Elaboración Propia*

### 7.3.5 Redes de recolección

La recolección de nueces de macadamia con redes es un método práctico que se emplea a menudo para facilitar y hacer más eficiente la cosecha. Esta técnica consiste en colocar grandes redes debajo de los árboles de macadamia para atrapar las nueces a medida que caen naturalmente al suelo cuando maduran. El uso de redes ayuda a evitar que las nueces se ensucien o se dañen por los insectos y reduce el tiempo dedicado a la recolección manual.

Este método es particularmente útil para huertos grandes donde los árboles son demasiado altos para recolectar fácilmente las nueces del suelo. Las redes generalmente se extienden alrededor de la base del árbol, cubriendo un área amplia para garantizar que se recolecten la mayoría de las nueces. Una vez que ha caído una cantidad significativa de nueces, las redes se recolectan con cuidado y las nueces se transportan para empezar la transformación. La práctica de usar redes no solo simplifica el proceso de recolección, sino que también minimiza el riesgo de perder nueces por plagas o enfermedades, lo que la convierte en una opción popular entre los cultivadores de macadamia. Además de mejorar la calidad de la cosecha, el sistema de redes ayuda a reducir la compactación del suelo. Cuantas menos ruedas de maquinaria pasen cerca de la base del árbol, mejor. Una menor compactación mejora la estructura del suelo y tiene beneficios a largo plazo en la reducción de la erosión, lo que ayuda a mejorar la calidad del agua que se suministra (Queensland Department of Agriculture and Fisheries, 2021).

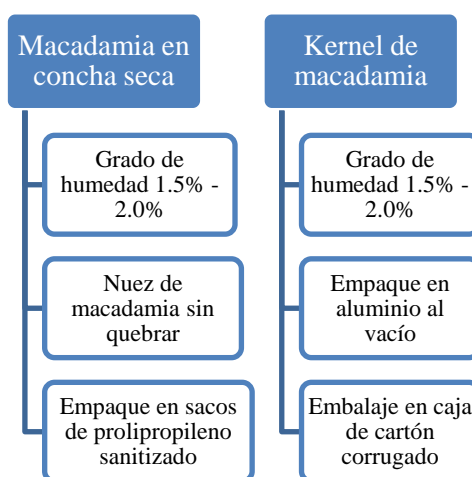
**Figura 80.** *Ilustración de recolección por redes*



*Nota. Adaptado de How to Harvest Macadamia Nuts: 12 Steps (with Pictures) (2012) por Hostetler.*

### 7.3.6 Proceso actual: Eco Alianza S.A.

Importadora y Exportadora Agrícola e Industrial Alianza, S.A. es una empresa fundada por pequeños productores de café, macadamia y otros productos con enfoque en producción orgánica. Actualmente, se dedican a la comercialización local e internacional de macadamia certificada orgánica. Adicionalmente, incorporan a productores de pequeña escala ubicados en Quetzaltenango y en San Marcos dentro de su cadena de valor. Alianza S.A. ofrece dos productos relacionados con la nuez de macadamia:

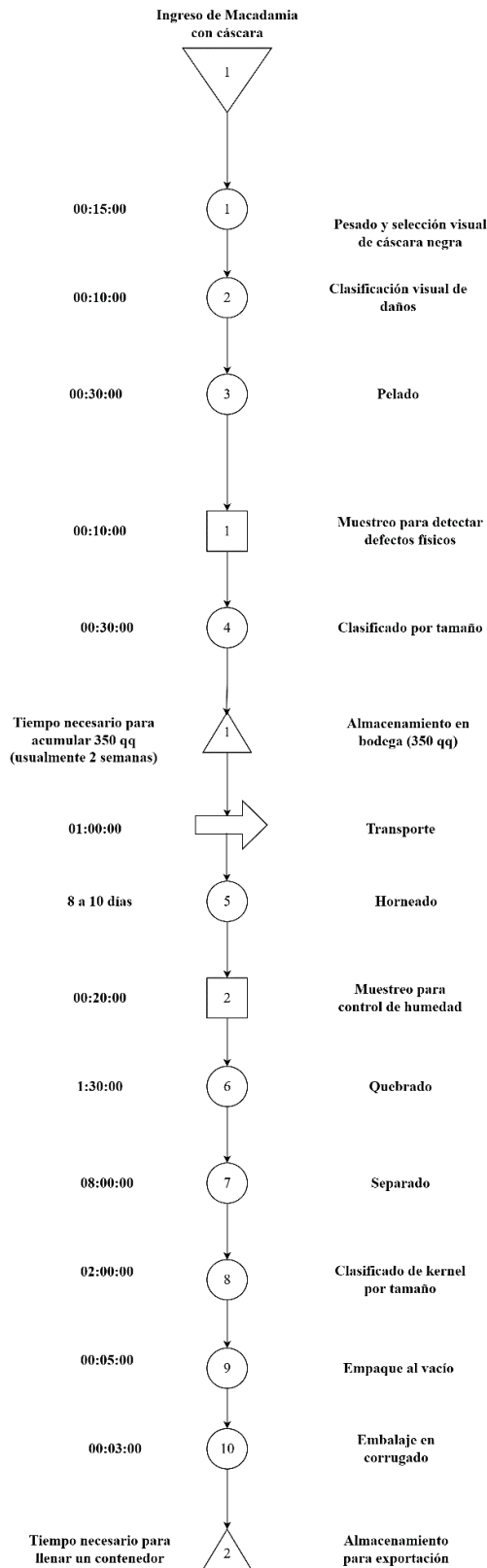


Durante la visita, se dio a conocer el proceso de transformación de la nuez, específicamente el de procesamiento de kernel de macadamia. Se abarcó desde que se recibe la materia prima del proveedor hasta que se empaqa el producto final listo para exportación.

Se realizó un recorrido por las instalaciones para conocer más a fondo el proceso de producción. En el siguiente diagrama, se mapea el proceso. Cabe resaltar que el proceso es bastante manual, ya que Eco Alianza está enfocada en proveer empleo para las personas que residen cerca del lugar y la producción orgánica, por lo que los tiempos de producción son estimaciones basadas en el ritmo de trabajo actual. Esto depende de la cantidad de materia prima que ingrese y los operadores disponibles. A continuación, se describe el proceso observado. Es importante resaltar que se tomó el tiempo de procesamiento por quintal.

**Figura 81. Diagrama de operaciones de Alianza S.A.**

Diagrama de Procesos de la Operación: Producción de nuez de macadamia EcoAlianza S.A.  
 Fecha de elaboración: 30 de agosto del 2024  
 Elaborado por: Ximena Chavarria  
 Alcance: Desde que se recibe la macadamia en concha hasta que se empaca para exportación.



| Cuadro de resumen |         |          |          |
|-------------------|---------|----------|----------|
| Elementos         | Símbolo | Cantidad | Tiempo   |
| Operación         | ○       | 10       | 13:23:00 |
| Transporte        | ➡       | 1        | 01:00:00 |
| Almacenamiento    | △       | 1        | -        |
| Inspección        | □       | 2        | 00:30:00 |
| Total             |         | 14       | 14:53:00 |

*Nota. Elaboración propia*

Como se muestra en el anterior diagrama de operaciones, la producción comienza con la recepción de nuez de macadamia con cáscara. La nuez viene de la red de proveedores que actualmente tiene la empresa. Se detallan los pasos a continuación.

#### 7.3.6.1 Pesado y selección visual de cáscara negra

Se pesan los sacos de macadamia con cáscara en la báscula. Posteriormente se seleccionan las nueces con cáscara verde. Las que presentan cáscara negra son descartadas ya que puede representar la presencia de hongos en la cáscara y pueden deteriorar la calidad de la nuez.

**Figura 82. Selección Visual**



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.3.6.2 Clasificación visual de defectos

Las nueces son inspeccionadas visualmente antes de ser trasladadas a la despulpadora. En la siguiente imagen se pueden observar algunas nueces rancias o dañadas por insectos. Estas se descartan luego del proceso de pelado, ya que no cumplen con el estándar para la certificación orgánica.

**Figura 83.** *Nuez de macadamia visualmente defectuosa*



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.3.6.3 Despulpado

A través de una máquina peladora, se introducen las nueces para que estas sean despulpadas. Se carga a partir de canastos, en la parte más alta de la máquina. En este paso, también se descartan las nueces dañadas por inspección visual.

**Figura 84.** *Despulpado*



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.3.6.4 Muestreo para detectar defectos físicos

Antes de almacenar la macadamia, se toma una muestra de la nuez en concha para determinar su calidad. Se analizan las nueces por lotes, cada uno de máximo 25 quintales. Se toman muestras del fondo, medio y parte alta del saco. Los daños para calificar son mohos negros, blancos e insectos.

**Figura 85. Muestreo**



#### 7.3.6.5 Clasificado por tamaño

Las nueces, aún en concha, son clasificadas según su diámetro a través de una máquina con un plano inclinado, que deja caer las nueces según su tamaño. Las nueces que llegan al depósito final son las más grandes. La nuez piwi no es procesada, y se utiliza para otros fines, como abono o decoración a través de collares y manualidades.

**Tabla 61. Clasificación de nueces en Eco Alianza**

| Diámetro   | Tamaño      |
|------------|-------------|
| >22 mm     | Jumbo (XL)  |
| 18 – 22 mm | Grande (L)  |
| 18 – 20 mm | Mediana (M) |
| <18 mm     | Piwi        |

**Figura 86. Clasificadora**



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.3.6.6 Almacenamiento en bodega

La nuez clasificada por tamaño, lote y proveedor es almacenada previo al proceso de horneado. Esto, con el fin de alcanzar la capacidad deseada para el horno, alrededor de 350 quintales. Este es un ambiente fresco y seco, para mantener las propiedades de la nuez. La nuez de macadamia en concha (NIS) puede almacenarse de manera efectiva por un período prolongado, generalmente hasta 15 días, siempre que se mantenga en condiciones adecuadas.

**Figura 87.** Bodega



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.3.6.7 Transporte

Las operaciones de Eco Alianza S.A. están separadas por módulos, lo que hace necesario que los sacos sean trasladados al área de horneado.

#### 7.3.6.8 Horneado

El cuarto de horneado tiene una capacidad de 350 quintales. Funciona con gas propano como combustible y se pone en funcionamiento cuando se ha llegado a la capacidad deseada. Las temperaturas que se manejan para el horneado son las siguientes.

**Tabla 62.** Temperatura utilizada en horno Eco Alianza

| Humedad MC % | Temperatura en parte baja de la secadora | Temperatura en parte alta de la secadora |
|--------------|--|--|
| >17.5        | 35 °C                                    | 26 °C                                    |
| 17.4 – 12.5  | 37 °C                                    | 30 °C                                    |
| 12.4 – 7.5   | 40 °C                                    | 35 °C                                    |
| 7.4 - 5      | 50 °C                                    | 48 °C                                    |
| <5           | 60 °C                                    | 58 °C                                    |

*Nota.* Adaptado de Manual de horneado de nuez de macadamia por Fátima Hernández (2024) Eco Alianza S.A.

Es importante resaltar que se hacen divisiones dentro del horno según el tamaño de la nuez. Las nueces pasan de 8 a 10 días en el horno. Las primeras 24 horas se hornean a alrededor de a35 °C, después de eso se aumenta la temperatura gradualmente.

**Figura 88.** Horno



*Nota.* Elaboración propia

### 7.3.6.9 Muestreo de control de humedad

Durante el proceso de horneado, es necesario controlar la humedad de la nuez. Es por esto por lo que se extraen muestras de la nuez dentro del horno. Posteriormente, se analizan en un medidor de humedad y ajustar la temperatura del horno si es necesario.

**Figura 89.** *Control de humedad*



*Nota. Elaboración propia*

Para tener una muestra de humedad de los 350 quintales, se introducen dos personas en el horno. En cada pileta y en cada esquina, se extraen 6 nueces y se procesan en el medidor de humedad. Se analizan exactamente 5 gramos de macadamia. El medidor de humedad se encuentra en un lugar aislado, para que ningún factor externo tenga incidencia sobre la medición. Con el proceso de horneado, se busca llegar a un 1.5% de humedad.

### 7.3.6.10 Quebrado

Se procede a quebrar la concha de la macadamia a través de una máquina. Esta máquina quiebra parcialmente la concha, dejando descubierto el kernel de la nuez. Se quiebran entre 20 y 35 quintales de nuez al día. Es importante resaltar que se calibra según el tamaño de la nuez.

**Figura 90. Máquina quebradora**



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.3.6.11 Separado

El separado consiste en desprender el kernel de la concha, manualmente. Alianza actualmente emplea a 34 mujeres para este proceso. Desde que la nuez entra al proceso de quebrado, Alianza sigue rigurosas normas de inocuidad, ya que cuentan con un certificado orgánico de producción. Todos los trabajadores deben usar redecilla, mascarilla, botas y desinfectar y lavar sus manos previos a entrar en la planta de procesamiento de Kernel. Durante este proceso, también se descartan los kernel con defectos visuales. Se separan las nueces manchadas, con hongos o que no presentan el grado de madurez adecuado. Un subproducto de este proceso es la concha de macadamia.

**Figura 91. Área de separado manual**



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.3.6.12 Clasificación de kernel por tamaño

Después de separados, el kernel se clasifica por tamaño utilizando zarandas con orificios de diferentes diámetros, para dejar caer el kernel de menor tamaño. Este proceso también es manual.

**Figura 92.** *Clasificación de kernel*



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.3.6.13 Empaque al vacío

Los kernel de macadamia clasificados por tamaño son empacados en bolsas laminadas de aluminio. Estas bolsas están fabricadas con una capa de aluminio que proporciona propiedades de barrera, protegiendo el contenido de factores como la humedad, la luz y el oxígeno. Se empaqa al vacío para extender la duración y calidad de las nueces. La bolsa se sella en una selladora térmica, previa a ser introducida en su caja.

**Figura 93.** *Empaque al vacío*



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.3.6.14 Embalaje en corrugado y almacenamiento

Con la bolsa introducida en la caja, se almacena el producto final para ser exportado en contenedores. Usualmente se acumulan 350 quintales para poder llenar dicho contenedor.

**Figura 94.** Área de almacenamiento Eco Alianza S.A.



*Nota. Elaboración propia*

#### 7.3.7 Manejo de la calidad de la nuez de macadamia

##### 7.3.7.1 Muestreo

Una vez que la nuez es aceptada por su calidad, ingresa a la procesadora, donde el primer paso es realizar un muestreo para conocer principalmente su contenido de humedad, el cual determinará la temperatura inicial de secado. Antes de ingresar la nuez a la secadora, es importante realizar un lavado y desinfectado de la nuez en concha, escurriéndola e iniciando inmediatamente su secado (Sol Quintas, 2011). Para poder tener calidad, se requiere de un intensivo sistema de muestreos a lo largo de toda la cadena de producción.

El cuidado y la precisión en los muestreos tomados al comprar nuez son especialmente importantes, pues deben asegurar la honestidad, exactitud e imparcialidad al determinar el pago a los productores, lo que será una motivación para el desarrollo y crecimiento honesto e informado de este cultivo (Sol Quintas, 2011).

##### 7.3.7.2 Laboratorio de control de calidad

Un laboratorio es una necesidad dentro de cualquier planta procesadora de macadamia.

Éste debe instalarse en un cuarto separado, que se pueda aislar del resto de la fábrica para que el movimiento del aire y la vibración de las máquinas no afecte los registros de las básculas de peso y el medidor de humedad, los cuales son aparatos sumamente sensibles. El laboratorio debe contar con un espacio para almacenar las muestras en armarios o estantes de manera organizada. El registro analítico de los datos de las muestras debe ser claramente entendido por todo el grupo de trabajo involucrado en el muestreo.

Este laboratorio debe ser limpiado escrupulosamente y ser higiénico en todo momento; cualquier residuo debe ser eliminado inmediatamente, sobre todo cerca del medidor de humedad. Es impresionante cómo el aceite de macadamia establece contacto con todo lo que toca, por lo que los estándares de limpieza e higiene en el laboratorio y en la fábrica deben ser enfatizados (Sol Quintas, 2011).

#### 7.3.7.3 Higiene en la procesadora

Es necesario que los empleados de la procesadora trabajen con cubre bocas, bata y cofia. Deben desinfectarse las manos con gel antibacterial cada 2 horas y utilizar diferentes utensilios de trabajo y limpieza para las distintas áreas de trabajo identificándolos con colores, por ejemplo: usar el color verde para el área de recibimiento y secado de nuez, el azul en el área de quebrado y seleccionado, el rojo dentro del área de empaque final y el color amarillo para el área de trabajadores (baño, cocina, vestidores) (Sol Quintas, 2011).

#### 7.3.7.4 Requerimientos de calidad

Las normas de calidad comercial desarrolladas por el Grupo de Trabajo sobre Normas de Calidad Agrícola de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE) ayudan a facilitar el comercio internacional, fomentar la producción de alta calidad, mejorar la rentabilidad y proteger los intereses de los consumidores. Las normas de la UNECE son utilizadas por gobiernos, productores, comerciantes, importadores y exportadores, y otras organizaciones internacionales. Abarcan una amplia gama de productos agrícolas, incluidas frutas y verduras frescas, productos secos y desecados, patatas de siembra, carne, flores cortadas, huevos y ovoproductos (United Nations Economic Commission for Europe, 2010). En las siguientes tablas se detallan los estándares y especificaciones de calidad para exportación e importación de macadamia.

**Tabla 63.** Características mínimas aceptables para el comercio de nuez de macadamia

| Atributo                  | Valor   |
|---------------------------|---|
| Contenido de humedad      | 2% máximo   |
| Valor peróxido (rancidez) | 5 meq kg – 1 máx  |
| Ácidos grasos libres      | 1.5% máximo   |
| Coliformes                | 10 g – 1 máx  |
| Salmonella                | Negativo  |
| Recuento estándar         | 50,000 g máx  |
| Levadura y moldes         | 5, 000 g máx  |
| Materiales extraños       | 1 pedazo de cáscara por cada 500 lb<br>1 trozo de material extraño por 2 libras |

Nota. Adaptado de *Macadamia Nuts, Raw, Quality Requirements for export*, por US Department of Agriculture, y Agricultural Research Service (2023) Usda.gov.

**Tabla 64.** Especificaciones internacionales de calidad

| Concepto                      | Valor   |
|-------------------------------|---|
| Contenido de Humedad          | 1.5% Máximo   |
| Valor de peróxidos (rancidez) | 3 meq/ kg Máximo  |
| Ácidos grasos libres          | 0.5 % Máximo  |
| Coniformes                    | 200/gr máximo   |
| E. Coli                       | Menor a 3g  |
| Salmonella                    | Negativo  |
| Bacterias aerobias            | 10,000/gr máximo  |
| Pedazos de concha             | Ausente en estilos enteros. 1/100 kg en los estilos con trozo menor a 9mm |
| Defectos en tostado           | Máximo 2.5% del peso total  |
| Infestación de insectos       | Ninguna   |
| Daño por insectos             | Máximo 1% del peso total  |

Nota. Adaptado de *UNECE Standard Ddp-23 Concerning the Marketing and Commercial Quality Control of Macadamia Kernels* (2010) por United Nations Economic Commission for Europe.

Adicionalmente, la producción de macadamia está sujeta a diversas certificaciones internacionales que garantizan su calidad en el producto final o en procesos aplicados a ella. A continuación, se listan las más importantes.

**Tabla 65.** *Certificaciones internacionales para la producción de macadamia*

| <b>Certificación</b>                         | <b>Agencia Otorgante</b>                           | <b>Requisitos Principales</b>  |
|--|--|--|
| <b>Non-GMO Project Verified</b>              | Non-GMO Project                                    | No uso de organismos genéticamente modificados, auditorías de trazabilidad.        |
| <b>Fair Trade Certified</b>                  | Fair Trade USA                                     | Condiciones laborales justas, salarios dignos, protección medioambiental.          |
| <b>Organic Certification</b>                 | USDA Organic (Estados Unidos)                      | Cultivo sin pesticidas, fertilizantes sintéticos ni transgénicos.                  |
| <b>GFSI</b>                                  | GFSI (Global Food Safety Initiative)               | Cumplimiento de normas internacionales de seguridad alimentaria.                   |
| <b>BPM (Buenas Prácticas de Manufactura)</b> | Ministerio de Salud (Guatemala)                    | Higiene, control de procesos, seguridad alimentaria en la producción.              |
| <b>FDA</b>                                   | FDA (Food and Drug Administration, Estados Unidos) | Cumplir con los requisitos de seguridad y calidad alimentaria para la exportación. |
| <b>FSSC 22000</b>                            | FSSC (Food Safety System Certification)            | Gestión de la seguridad alimentaria, basada en normas ISO y HACCP.                 |
| <b>BRC Global Standard</b>                   | BRCGS (British Retail Consortium)                  | Seguridad alimentaria, cumplimiento de normas de higiene, trazabilidad.            |
| <b>Kosher Certification</b>                  | Agencias de certificación Kosher                   | Cumplir con los estándares dietéticos judíos, inspección y validación del proceso. |

*Nota. Adaptado de Macadamia Technical Information (2018) por International Nut y Dried Fruit Council.*

Adicionalmente, el uso de productos químicos está regulado cuidadosamente y debe utilizarse de manera responsable. Los pesticidas son útiles para controlar plagas y otros organismos, y por lo tanto proporcionan nueces de macadamia seguras y de alta calidad. A continuación, se

presentan las cantidades requeridas de pesticidas aplicados para una plantación de macadamia (International Nut and Dried Fruit Council, 2023).

**Tabla 66.** Límite máximo de residuos de plaguicidas para nueces

| <b>Pesticide</b>      | <b>MRL<br/>(mg/kg)</b> | <b>Pesticide</b>         | <b>MRL<br/>(mg/kg)</b> |
|-----------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| 2,4-D                 | 0.2                    | Fluxapyroxad             | 0.04                   |
| Abamectin             | 0.005                  | Fosetyl Al               | 400                    |
| Acetamiprid           | 0.06                   | Glufosinate-<br>Ammonium | 0.1                    |
| Afidopyropen          | 0.01                   | Hexythiazox              | 0.05                   |
| Azoxystrobin          | 0.01                   | Hydrogen Phosphide       | 0.01                   |
| Bifenazate            | 0.2                    | Imidacloprid             | 0.01                   |
| Bifenthrin            | 0.05                   | Indoxacarb               | 0.07                   |
| Boscalid              | 0.05                   | Mefentrifluconazole      | 0.06                   |
| Buprofezin            | 0.05                   | Mesotrione               | 0.01                   |
| Carbaryl              | 1                      | Metconazole              | 0.04                   |
| Carbendazim           | 0.1                    | Methoxyfenozide          | 0.1                    |
| Chlorantraniliprole   | 0.02                   | Methyl Bromide           | 0.01                   |
| Clofentezine          | 0.5                    | Methyl Bromide           | 10                     |
| Cyantraniliprole      | 0.04                   | Paraquat                 | 0.05                   |
| Cyflumetofen          | 0.01                   | Pendimethalin            | 0.05                   |
| Cyhalothrin           | 0.01                   | Penthiopyrad             | 0.05                   |
| Cypermethrins         | 0.05                   | Phosmet                  | 0.2                    |
| Cyprodinil            | 0.04                   | Pydiflumetofen           | 0.05                   |
| Difenoconazole        | 0.03                   | Pyraclostrobin           | 0.02                   |
| Diflubenzuron         | 0.2                    | Pyrethrins               | 0.5                    |
| Emamectin<br>benzoate | 0.001                  | Saflufenacil             | 0.01                   |
| Etoxazole             | 0.01                   | Spinetoram               | 0.01                   |
| Fenazaquin            | 0.02                   | Spinosad                 | 0.07                   |
| Fenbuconazole         | 0.01                   | Spirodiclofen            | 0.05                   |
| Fenpropathrin         | 0.15                   | Spirotetramat            | 0.5                    |
| Fenpyroximate         | 0.05                   | Sulfoxafloz              | 0.03                   |
| Flubendiamide         | 0.1                    | Sulfuryl fluoride        | 3                      |

| <b>Pesticide</b> | <b>MRL<br/>(mg/kg)</b> | <b>Pesticide</b> | <b>MRL<br/>(mg/kg)</b> |
|------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| Fludioxonil      | 0.3                    | Tebuconazole     | 0.05                   |
| Fluensulfone     | 0.02                   | Tetraniliprole   | 0.03                   |
| Fluindapyr       | 0.04                   | Thiacloprid      | 0.02                   |
| Flumioxazin      | 0.02                   | Trifloxystrobin  | 0.02                   |

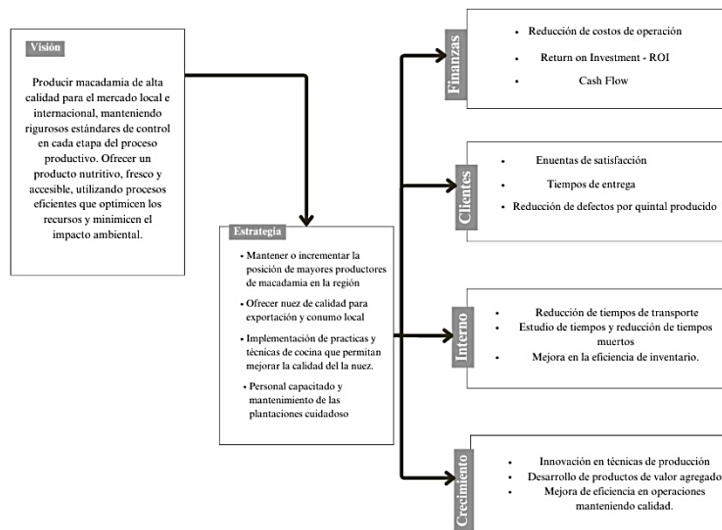
*Nota. Adaptado de Codex Alimentarius International Food Standards (2022) por Food and Agriculture Organization.*

Las siglas MLR se refiere a Maximum Residue Limit (límite máximo de residuos), que se refiere al nivel más alto de residuos de plaguicidas permitido legalmente en alimentos o piensos, establecido por las normas internacionales de seguridad alimentaria. Los LMR se establecen en función de las buenas prácticas agrícolas y están diseñados para garantizar que el uso de plaguicidas no suponga un riesgo para la salud del consumidor. Estos límites se utilizan a nivel mundial para regular el comercio y garantizar la seguridad alimentaria, y organismos como la Comisión del Codex Alimentarius supervisan su armonización (International Nut and Dried Fruit Council, 2023).

Con estas regulaciones como premisa, a continuación, se presenta un cuadro de mando integral, o *balanced scorecard* que permitirá tener una visión equilibrada entre la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente, manteniendo el crecimiento y la rentabilidad en la producción de macadamia.

**Figura 95. Balanced Scorecard para la producción de macadamia**

| Producción de nuez de macadamia            |  |  |   |   |  |                                   |  |
|--|--|--|---|---|--|-----------------------------------|--|
| Perspectiva Financiera                     |  | Perspectiva del cliente                  |   | Aprendizaje y Crecimiento                   |  | Procesos Internos                 |  |
| Objetivo                                   | Indicador  | Objetivo                                 | Indicador   | Objetivo                                    | Indicador  | Objetivo                          | Indicador  |
| Maximizar los ingresos y minimizar costos. | Margen de ganancia por kilogramo de macadamia producido. | Mejorar la calidad del producto          | Tasa de defectos en la producción de nueces               | Capacitar al personal en nuevas tecnologías | Horas de formación por empleado al año               | Productividad aumentada           | Estudio de tiempos y reducción de tiempos muertos. |
| Reducir los costos de producción           | Costo por tonelada de producción                         | Incrementar la satisfacción del cliente. | Índice de satisfacción del cliente en encuestas postventa | Fomentar la innovación en procesos          | Número de proyectos de mejora continua implementados | Mejorar la gestión del inventario | Reducción del tiempo de rotación de inventarios.   |



Fuente: Elaboración propia

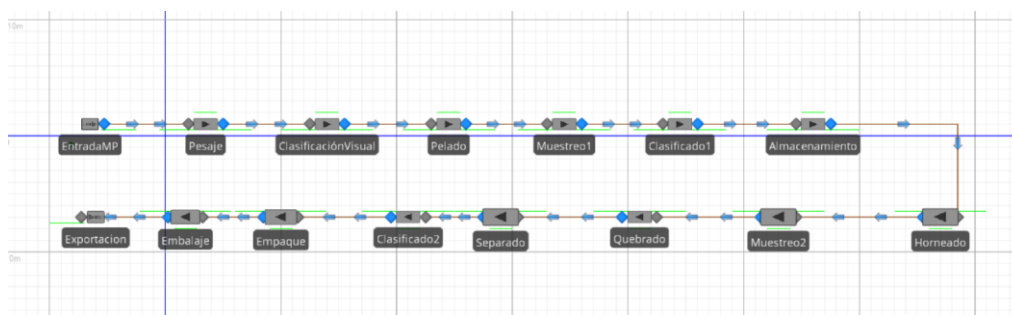
Este *Balanced Scorecard* proporciona un enfoque equilibrado para mejorar la competitividad de la producción de macadamia en Guatemala, al tiempo que se enfocan en buenas prácticas de cosecha, transformación, empaque y venta. Al establecer objetivos y medir el desempeño en las cuatro perspectivas clave, la organización puede tomar decisiones informadas para impulsar el éxito a largo plazo.

### 7.3.8 Simulación de proceso productivo de Alianza S.A.

Para simular el proceso de producción de macadamia para exportación, se utilizó el software *SIMIO*. Este software crea una simulación basada en objetos inteligentes y permite obtener datos alineados a tiempos de producción en la vida real. Para asignar los tiempos de procesamiento de cada estación de trabajo se realizó un estudio de tiempos basado en la visita realizada a Alianza S.A. Estos tiempos luego fueron procesados en el software *Arena Input*

Analyzer para asignar una distribución estadística a los datos y poder ingresarlos al software *SIMIO*.

**Figura 96.** Simulación del proceso Eco Alianza en *SIMIO*



*Nota. Elaboración propia*

A través de esta simulación, se pudo determinar lo siguiente.

**Tabla 67.** Producción y recuperación de kernel

| Object Type | Object Name | Data Source  | Category   | Data Item       | Statistic Type | Value | Recuperación de Kernel |
|-------------|-------------|--------------|------------|-----------------|----------------|-------|------------------------|
| ModelEntity | Macadamia   | [Population] | Throughput | NumberCreated   | Total          | 172   | 70.93%                 |
| ModelEntity | Macadamia   | [Population] | Throughput | NumberDestroyed | Total          | 122   |                        |

En la anterior tabla, se puede observar la cantidad de quintales de nueces de macadamia producidos según la simulación. Cabe recalcar que estos son datos aproximados, y no reflejan en su totalidad la producción exacta de la empresa. Como se mencionó anteriormente, la recuperación de kernel es una medida importante en el procesamiento de la nuez. El Total Kernel Recovery (TKR) o rendimiento total de la almendra en macadamia es un indicador utilizado para medir la eficiencia y productividad del proceso de extracción de la almendra (kernel) en relación con el peso total de la nuez con cáscara dura (Sol Quintas, 2011).

El TKR se calcula como el porcentaje del peso de la almendra (kernel) una vez separada de la cáscara, en comparación con el peso total de la nuez antes de ser procesada. En otras palabras, mide qué porcentaje del peso de la nuez es útil como almendra comestible (Sol Quintas, 2011).

Para su cálculo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$TKR(\%) = \frac{\text{Peso de kernel (sin concha)}}{\text{Peso total de la nuez (con concha)}}$$

*Nota. Adaptado de Manual técnico para productores de nuez de macadamia. Asociación Mexicana De Productores, Procesadores Y Exportadores De Nuez De Macadamia (2011) por Sol Quintas, G.*

Para la totalidad del proceso, se obtuvo un 70.93% de recuperación total de kernel. Esto indica que, del peso total de la nuez de macadamia (incluyendo la concha), el 70.93% corresponde al peso de la almendra (kernel) útil después del proceso de extracción. En otras palabras, de cada 100 kg de nueces de macadamia con cáscara, aproximadamente 70.93 kg son almendra comestible, mientras que el resto (29.07%) sería cáscara y otros desechos.

Este valor refleja un buen rendimiento en el proceso de extracción, lo que significa que una gran parte del peso de la nuez es aprovechable como producto final, lo cual es deseable tanto para fines comerciales como de eficiencia productiva.

**Tabla 68.** *Tiempo de procesamiento en cada estación*

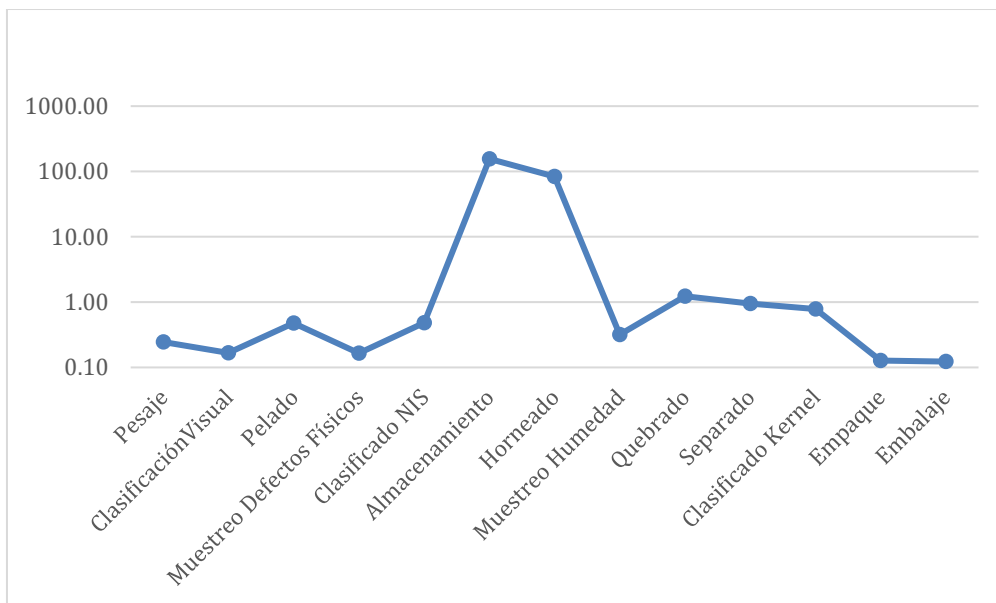
| Object Type | Object Name          | Data Source | Category    | Data Item     | Statistic Type     | Value  |
|-------------|----------------------|-------------|-------------|---------------|--------------------|--------|
| Server      | Almacenamiento       | Processing  | HoldingTime | TimeInStation | Average<br>(Hours) | 155.73 |
| Server      | Clasificación Visual | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 0.17   |
| Server      | Clasificado1         | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 0.48   |
| Server      | Clasificado2         | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 0.78   |
| Server      | Embalaje             | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 0.12   |
| Server      | Empaque              | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 0.13   |
| Server      | Horneado             | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 83.84  |
| Server      | Muestreo1            | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 0.17   |
| Server      | Muestreo2            | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 0.32   |
| Server      | Pelado               | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 0.48   |
| Server      | Pesaje               | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 0.25   |
| Server      | Quebrado             | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                    | 1.23   |

| Object Type | Object Name | Data Source | Category    | Data Item     | Statistic Type | Value |
|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|-------|
| Server      | Separado    | Processing  | HoldingTime | TimeInStation |                | 0.95  |

*Nota. Elaboración propia*

Según el tiempo de procesamiento, el almacenamiento tiene un tiempo muy elevado, en torno a 155 horas, lo que lo posiciona muy por encima del resto de los procesos. Por otro lado, el horneado, con 83 horas, es también significativamente largo, aunque representa casi la mitad del tiempo de almacenamiento. En el Anexo 12.3: Distribuciones estadísticas de simulación, se pueden consultar las distribuciones estadísticas adaptadas a los resultados. Estas se definieron utilizando el software Input Analyzer.

**Figura 97.** *Tiempo de procesamiento, escala logarítmica*



*Nota. Elaboración propia*

Para graficar los tiempos de procesamiento, se aplicó una escala logarítmica en el eje vertical (el tiempo de procesamiento en horas). De esta manera, los valores pequeños y grandes pueden aparecer más cerca unos de otros, lo que facilita la comparación visual de datos que tienen rangos muy amplios. Esto es útil cuando hay grandes diferencias entre los valores de los datos, como los tiempos de horneado y almacenamiento. Estos dos procesos destacan

claramente en el gráfico, incluso en una escala logarítmica, lo que indica que consumen la mayor parte del tiempo total de procesamiento. El segundo proceso que consume más tiempo es el horneado, con un promedio de 83.84 horas. Esto se debe a que el horneado se realiza en un horno con capacidad de 350 quintales y la temperatura se debe ir regulando según el porcentaje de humedad en la nuez, según las temperaturas mencionadas en la Tabla 62. Temperatura utilizada en horno .

Adicionalmente, Los procesos más rápidos (como Pesaje, Clasificación Visual y Pelado) tienen tiempos en el rango de 0.1 a 0.5 horas, es decir, entre 6 a 30 minutos. Finalmente, los procesos de quebrado y separado tienen tiempos entre 1 y 2 horas. Aunque son mucho más cortos que el almacenamiento y horneado, en comparación con otros procesos más rápidos, estos siguen siendo significativamente largos.

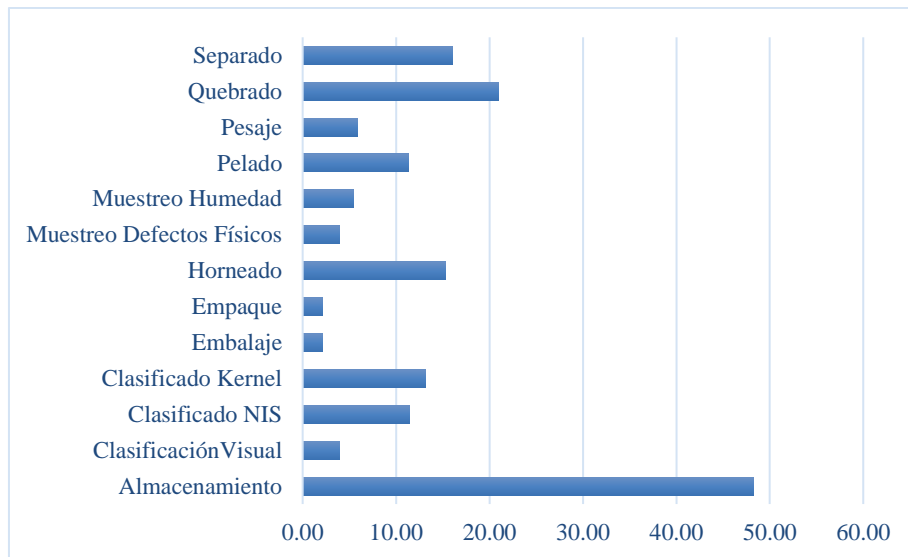
**Tabla 69.** Porcentaje de utilización de cada estación

| Object Type | Object Name          | Data Source | Category | Data Item            | Statistic Type | Value |
|-------------|----------------------|-------------|----------|----------------------|----------------|-------|
| Server      | Almacenamiento       | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization | Percent        | 48.21 |
| Server      | Clasificación Visual | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 3.96  |
| Server      | Clasificado1         | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 11.46 |
| Server      | Clasificado2         | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 13.20 |
| Server      | Embalaje             | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 2.08  |
| Server      | Empaque              | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 2.16  |
| Server      | Horneado             | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 15.31 |
| Server      | Muestreo1            | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 3.96  |
| Server      | Muestreo2            | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 5.40  |
| Server      | Pelado               | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 11.36 |
| Server      | Pesaje               | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 5.88  |
| Server      | Quebrado             | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 20.91 |
| Server      | Separado             | [Resource]  | Capacity | ScheduledUtilization |                | 16.08 |

En la anterior tabla, se describen los porcentajes de utilización de cada estación. Se puede observar que la estación con un mayor porcentaje de utilización es el almacenamiento.

Esto, debido a que es el área en donde se almacena la nuez en concha (NIS) hasta llegar a la cantidad de 350 quintales para llenar el horno.

**Figura 98.** Utilización por estación



*Nota. Elaboración propia*

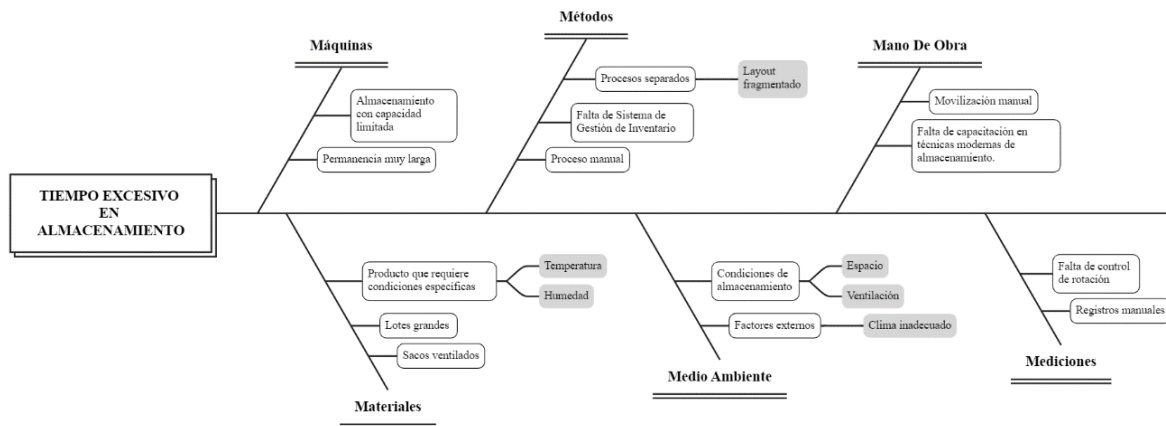
En la gráfica se puede observar que el almacenamiento tiene el porcentaje de utilización más alto, lo que indica que el producto pasa una parte significativa del tiempo total en esta etapa. Esto podría ser un cuello de botella que ralentiza el resto del sistema. El proceso de quebrado también tiene un porcentaje relativamente alto de utilización, alrededor del 20%. Esto puede ser debido a que la máquina se debe calibrar según el tamaño de la nuez. Los procesos de clasificación de kernel, separado y pelado mantienen sus porcentajes de utilización entre un 10% y 15%. Estos son procesos manuales o semiautomáticos que implican la separación y clasificación del kernel después del quebrado. Su utilización refleja que son pasos importantes, pero no tan intensivos en tiempo como el almacenamiento o el horneado. Por otro lado, los procesos de pesaje, muestreo de humedad, clasificación visual, empaque y embalaje tienen una muy baja utilización en el total del tiempo de procesamiento. A partir de estos resultados, se realizó el siguiente análisis.

#### 7.3.8.1 Análisis de causa-raíz

Luego de simular el proceso de producción, se procedió a realizar un análisis causa-raíz, para identificar cuellos de botella y fundamentar de mejor manera la propuesta de mejora en el proceso. Para abordar un análisis causa-raíz utilizando un diagrama de Ishikawa se hizo énfasis

en el proceso que más contribuye al tiempo total de procesamiento, el almacenamiento. Este proceso tiene el tiempo más elevado, lo cual sugiere que es un cuello de botella.

**Figura 99.** Diagrama de Ishikawa para Almacenamiento



*Nota. Elaboración propia*

El problema principal es el tiempo elevado de almacenamiento, que afecta la eficiencia general del proceso de producción de macadamia. Como primera categoría, se destacan los materiales almacenados. Debido a que se trata de una nuez con alto contenido de aceite, necesita de condiciones de temperatura y humedad específicas. Adicionalmente, Alianza S.A. trabaja con lotes grandes para el área de almacenamiento, alcanzando los 350 quintales antes de pasar a la siguiente etapa. En cuanto a la categoría de máquinas, se destacó que no se utiliza ningún tipo de sistema mecánico para transportar el producto. De la misma manera, rediseñar el almacén utilizando un enfoque que maximice el uso del espacio, como el almacenamiento en altura o el uso de sistemas de estanterías móviles podría liberar espacio y permitir almacenar más productos sin aumentar el tiempo de almacenamiento.

Profundizando en los métodos utilizados para el almacenamiento, se puede destacar que el proceso es totalmente manual, con las etapas separadas una de la otra. Esta falta de continuidad crea retrasos en la línea de producción, ya que requiere de transportes intermedios. Adicionalmente, se observó la falta de un sistema de gestión de inventario. La categoría de medio ambiente demuestra que el almacenamiento de la nuez de macadamia depende de las condiciones climáticas, que a menudo son adversas, y el espacio físico y ventilación que existe en él. El área de almacenamiento tiene solamente una ventana próxima, sin iluminación y está

hecha de madera. Estos factores pueden tener incidencia sobre la calidad de la nuez. La mano de obra es uno de los pilares para la operación de Alianza S.A. La capacitación en técnicas modernas de almacenamiento también puede ser un factor que contribuye a los altos tiempos de procesamiento. Por último, se desconoce si existen indicadores clave de desempeño (KPIs) para controlar el inventario en almacenamiento, ya que se registran los datos a mano. A partir de las posibles causas identificadas en el diagrama anterior, se propondrán mejoras en la siguiente sección de este trabajo.

#### 7.4 Propuesta de mejora en procesos productivos la nuez de macadamia

A partir del análisis realizado, a continuación, se detallan la propuesta de mejora y su posible reducción de costos o aumento en la productividad de la nuez de macadamia.

##### 7.4.1 Propuesta 1: Mejora en proceso de cosecha

Como se mencionó anteriormente, en el proceso de producción de la macadamia, la recolección se debe realizar directamente desde el suelo, y recolectando aquellos frutos que han caído naturalmente del árbol. Debido a las características de los terrenos en los que está cultivada la macadamia, no es posible la implementación de maquinaria especializada para esta actividad, por lo tanto, en Guatemala la recolección debe realizarse de manera manual (Durán y López, 2013).

En otros países como Australia, solucionan este problema implementando maquinaria pesada para la recolección, pero en Guatemala, no es posible implementarlo en primera estancia por la calidad de los terrenos, que son inclinados y montañosos, la disposición de los cultivos que no permiten el ingreso de máquinas que por su peso lastiman las raíces superficiales debido a la compactación del suelo; y por el impacto laboral, que esto produciría al momento de prescindir de la mano de obra de los recolectores.

Tomando en cuenta los métodos utilizados actualmente en fincas guatemaltecas, y la carga muscular que debe soportar un recolector de macadamia para realizar la tarea, a continuación, se detalla una alternativa para reducir el tiempo de cosecha y la fatiga para los trabajadores.

La alternativa propuesta lleva por nombre MAKKA: Sistema de Recolección y Transporte de Macadamia. Fue desarrollada por Erika Durán y Mónica López, estudiantes de la universidad ICESI de Cali, Colombia. Se desarrolló un sistema de recolección y transporte de macadamia bajo el concepto de “Afabilidad Mecánica”. Este concepto gira en torno a la relación que debe darse entre Hombre – Objeto, donde el sistema objetual reconoce la importancia del recolector dentro del proceso de producción agrícola de la macadamia (Durán y López, 2013).

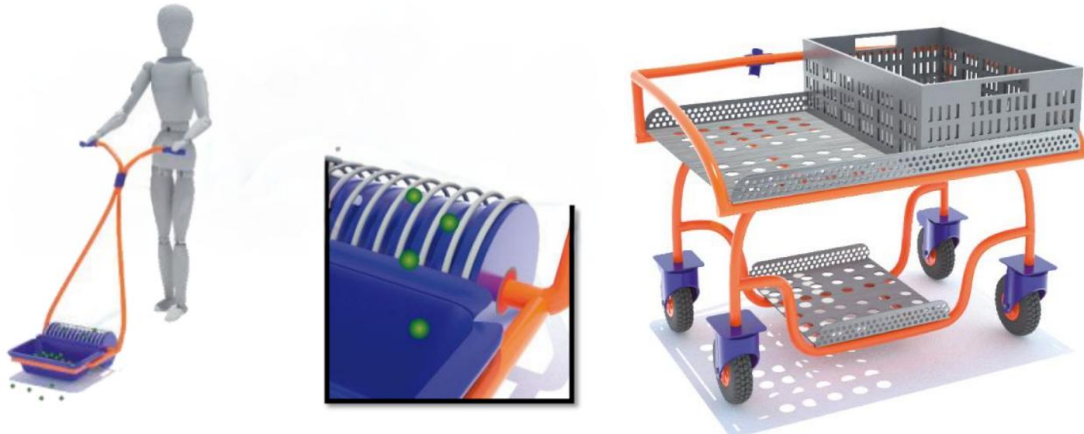
**Figura 100.** *Sistema de recolección y transporte*



*Nota. Adaptado de Maka: Sistema de recolección y transporte de macadamia (2013) [Proyecto De Grado], por por Durán, E., y López, M.*

El sistema está conformado por Este sistema cuenta con un recipiente de almacenamiento, con capacidad para 5kg de NIS. Este elemento esta especialmente diseñado con una pestaña para desprender las macadamias atrapadas por el resorte. El elemento de recolección está diseñado para asegurar una postura adecuada del trabajador mientras realiza la actividad. Por último, El subsistema de transporte, tiene una capacidad de carga de 50kg, las cuales se distribuyen en dos canastas estandarizadas de 25cm de alto.

**Figura 101.** *Subsistema de recolección y transporte*



*Nota. Adaptado de Maka: Sistema de recolección y transporte de macadamia [Proyecto De Grado], por Durán, E., y López, M., (2013).*

La secuencia de uso del sistema de recolección MAKKA es la siguiente:

1. El usuario se desplaza con el sistema al área de cultivo
2. Al llegar al cultivo, retira el subsistema de recolección y recoge la macadamia alrededor del árbol.
3. Cuando el recipiente esté lleno, el usuario retira el recipiente y deposita el contenido en una de las canastas del subsistema de transporte.
4. Cuando las canastas estén llenas, se dirige nuevamente al punto de acopio para vaciarlas y seguir con la recolección.

Entre los beneficios de adoptar este sistema, se encuentra la adopción de posturas adecuadas al usuario mientras realiza su labor. Además, el sistema incrementa la productividad en un 25%, pues por viaje se aumenta 10kg de carga. Hoy en día los sacos de polipropileno le permiten una carga de 40kg que deben llevar a hombro. Por último, se reduce el tiempo en el cual permanece el fruto en el suelo, evitando la posible contaminación por hongos y bacterias, y se reduce la probabilidad de contaminación cruzada.

#### 7.4.1.1 Comparación de costos de recolección

A continuación, se realiza una comparación entre los costos aproximados de cosecha actuales y los beneficios de implementar el sistema de recolección Maka mencionado anteriormente.

**Tabla 70.** Costos aproximados de cosecha

| Costo de Cosecha              |          |
|-------------------------------|----------|
| Aplicación de abonos foliares | Q 45.00  |
| Aplicación de fertilizantes   | Q 35.00  |
| Recolección manual            | Q 45.00  |
| Poda selectiva                | Q 108.85 |
| Total                         | Q 233.85 |

*Nota.* Adaptado de Costos de cosecha de nuez de macadamia (2024) por Asociación Guatemalteca de Macadamia.

El costo aproximado de producción de 1 quintal de macadamia en fincas siendo muy conservadores es de Q.225.00 por quintal. Las aplicaciones de abonos foliares y fertilizaciones también ocupan una inversión importante, así como la recolección del producto el costo de la recolección del producto varía dependiendo del lugar cantidad de personas ese pago se realiza a destajo es decir por tarea y está entre Q 30-45 por quintal recolectado. Luego se tiene la poda selectiva de los árboles. Elaboración de almácigos para contrarrestar los que se pierden por muerte súbita o se caen con las tormentas. Aquí se paga por día con el costo del salario mínimo agrícola Q108.85 (Asociación Guatemalteca de Macadamia, 2024). El precio de venta de una unidad del sistema de recolección Maka es de Q1,390. A continuación, se realiza una comparación entre la recolección manual y con este dispositivo.

**Tabla 71.** Costeo de utilización de Maka

| Utilización sistema Maka      |            |
|-------------------------------|------------|
| Mejora en productividad       | 25%        |
| Costo reducido de recolección | Q 36.00    |
| Ahorro por quintal            | Q 9.00     |
| Precio de venta Maka          | Q 1,390.00 |
| Punto de Equilibrio           | 154        |

*Nota.* Elaboración Propia

La implementación de este dispositivo no solamente aumentaría la productividad de los agricultores, sino que reduciría significativamente la carga muscular y fatiga de los trabajadores que se dedican a recolectar la macadamia. Además, el punto de equilibrio para recuperar su

inversión se encuentra en los 154 quintales. Asumiendo una producción mensual de 20 quintales, se necesitan aproximadamente 8 meses para recuperar la inversión inicial. El retorno sobre la inversión del primer mes asciende a 12.95%. Este análisis sugiere que el sistema semiautomatizado es una inversión rentable a largo plazo.

#### 7.4.2 Propuesta 2: Mejora en almacenamiento

##### 7.4.2.1 Aplicación de Teoría de Restricciones

Hoy en día, la búsqueda de métodos más eficientes en cualquier ámbito de producción es un aspecto importante para cualquier proceso. Primero, un análisis TOC para el proceso productivo de macadamia genera una mejora en la eficiencia a través de la reducción de los tiempos de producción, minimización de los desperdicios y optimización de los recursos en este proceso industrial.

Adicionalmente, se puede esperar un aumento en la productividad. La necesidad de aumentar la producción total de macadamia es un factor impulsor, dado que es un mercado que está en crecimiento y Guatemala es un país con mucho potencial productivo de esta nuez. De igual manera, la empresa busca satisfacer la demanda del mercado, para lograr esto, mejorar la productividad es fundamental. Como parte de una mejora en la eficiencia en los procesos, el análisis de teoría de restricciones entrega una reducción de costos. Identificar y abordar las restricciones puede ayudar a reducir los costos operativos. Con este análisis, se buscan formas de producir más libras de macadamia con menos recursos.

Ya que la calidad del producto final es una preocupación de alta importancia para las nueces de macadamia, la teoría de restricciones puede ayudar a garantizar que se cumplan los estándares de calidad.

Para justificar el cuello de botella identificado, se utilizó la Teoría de restricciones según Goldratt. El primer paso de esta metodología es identificar la restricción principal en el proceso de producción de macadamia. En este caso, se tomó como prioridad la operación de almacenamiento.

En la Tabla 68 se muestran los tiempos de procesamiento en cada etapa. En cada una de estas, se le realiza una transformación diferente a la nuez de macadamia. Se puede observar que todos los tiempos de procesamiento oscilan entre las 0 y 155 horas. Con esta información

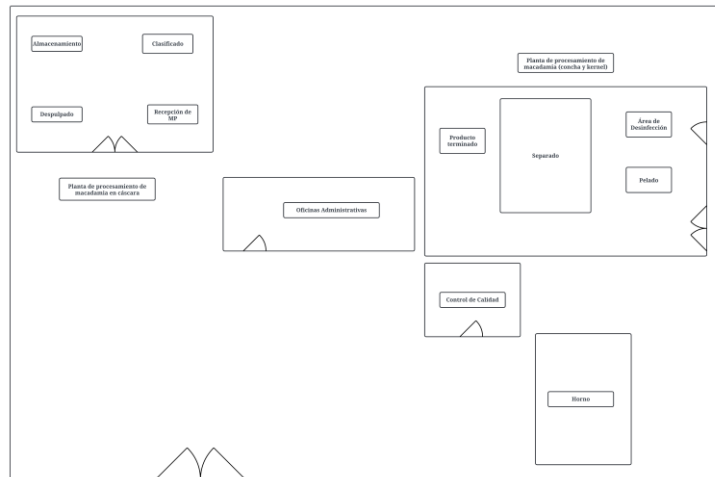
se puede identificar el cuello de botella y aplicar la metodología de teoría de restricciones de Goldratt.

Tras analizar los tiempos de procesamiento de cada operación, se determinó que el eslabón más débil o la operación que más tiempo conlleva en el proceso es el almacenamiento, con una duración promedio de 155.73 horas. Como se detalló en *Figura 99. Diagrama de Ishikawa para Almacenamiento*, existen diferentes causas de las cuales se deriva este cuello de botella. Este proceso es vital para la producción de harina de macadamia, ya que el molido de semillas oleaginosas puede causar daños a los rodillos de molienda si estas tienen un gran contenido de humedad o aceite. En este paso se busca reducir lo más posible el porcentaje de humedad para facilitar la molienda de la nuez.

a. Layout

Como primera propuesta, se recomienda realizar un cambio en el layout de la planta de producción de macadamia. La reorganización del layout puede tener un impacto significativo en la eficiencia operativa, reduciendo el tiempo de transporte y, por ende, la fatiga de los trabajadores. Al optimizar las rutas de movimiento dentro de la planta, se podrían eliminar recorridos innecesarios y mejorar el flujo de trabajo, lo que resultaría en una disminución del tiempo de almacenamiento. Además, un layout mejor diseñado puede reducir el esfuerzo físico requerido por los trabajadores, incrementando su productividad y mejorando las condiciones ergonómicas. Esto no solo optimiza el proceso en términos de tiempo y costos, sino que también mejora el bienestar de los empleados, lo que puede tener un efecto positivo en la calidad del trabajo y la sostenibilidad del proceso. A continuación, se detalla el layout actual.

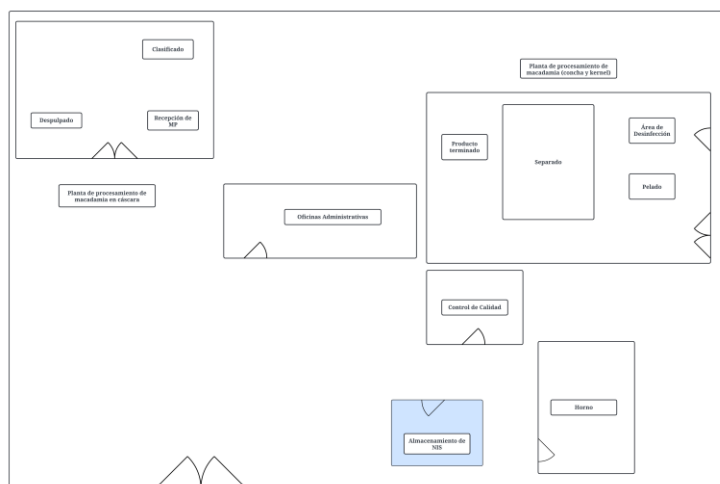
**Figura 102.** *Layout actual de Alianza S.A.*



*Nota. Elaboración Propia*

Como se puede observar en **Figura 102. Layout actual de Alianza S.A.**, el área de horneado y el área de almacenamiento se encuentran a una distancia considerable. Para simular esta situación en el software, se insertó un time path, objeto que permite definir un tiempo de transporte. En el estado actual, los sacos de macadamia se transportan a través de carretas o montacargas manuales al horno. Esto toma alrededor de 2 horas en total, para transportar la capacidad total del horno, 350 quintales. Debido a esto, se recomienda la construcción de un área de almacenamiento cercana al horno, con el fin de facilitar el transporte y reducir el tiempo necesario.

**Figura 103.** *Propuesta de Layout*



*Nota. Elaboración Propia*

De esta manera, el transporte de la nuez de macadamia con cáscara requerirá de menos tiempo y representará menos fatiga física para los trabajadores. A continuación, se detalla el costo aproximado de esta construcción.

| <b>Material</b>                           | <b>Cantidad Estimada</b>   | <b>Costo Unitario</b> | <b>Costo Total</b> |
|---|----------------------------|-----------------------|--------------------|
| Bloques de concreto (15x20x40 cm)         | 1,500 unidades             | Q 6.50                | Q 9,750.00         |
| Cemento (bolsas de 42.5 kg)               | 100 bolsas                 | Q 85.00               | Q 8,500.00         |
| Arena y grava                             | 20 metros cúbicos          | Q 350.00              | Q 7,000.00         |
| Acero de refuerzo (varillas de 1/2)       | 50 varillas (6 m cada una) | Q 75.00               | Q 3,750.00         |
| Concreto premezclado para losa            | 7 metros cúbicos           | Q 1,300.00            | Q 9,100.00         |
| Piso antideslizante (50 m <sup>2</sup> )  | 50 metros cuadrados        | Q 100.00              | Q 5,000.00         |
| Sistema de drenaje y extractor de humedad | 1 sistema                  | Q 3,500.00            | Q 3,500.00         |
| Extractor de humedad                      | 1 extractor                | Q 1,800.00            | Q 1,800.00         |
| <b>Subtotal</b>                           |                            |                       | <b>Q 48,400.00</b> |

| <b>Descripción de la Mano de Obra</b>       | <b>Cantidad de Trabajadores</b> | <b>Costo por Trabajador (por día)</b> | <b>Días Estimados</b> | <b>Costo Total (Q)</b> |
|---|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Albañiles                                   | 4                               | Q 175.00                              | 60                    | Q 10,500               |
| Ayudantes                                   | 2                               | Q 173.89                              | 60                    | Q 10,433               |
| Electricista (instalación eléctrica básica) | 1                               | Q 116.67                              | 10                    | Q 3,500.00             |
|   |                                 |                                       | <b>Total</b>          | <b>Q 24,433</b>        |

*Nota. Elaboración Propia*

**Tabla 72. Costo de instalaciones para bodega**

| Descripción                            | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total       |
|--|----------|----------------|-------------------|
| Instalación eléctrica para bombillas   | 8 puntos | Q 150.00       | Q 1,200.00        |
| Cables eléctricos, interruptores, etc. | 16 c/u   | Q 1,000.00     | Q 1,000.00        |
| Tablero de distribución                | 1        | Q 2,500.00     | Q 2,500.00        |
|  |          | <b>Total</b>   | <b>Q 4,700.00</b> |

**Tabla 73. Otros Costos para construcción de bodega**

| Descripción              | Costo             |
|--------------------------|-------------------|
| Transporte de materiales | Q 3,500.00        |
| Permisos y licencias     | Q 2,000.00        |
| Supervisión técnica      | Q 4,000.00        |
| <b>Total</b>             | <b>Q 9,500.00</b> |

**Tabla 74. Resumen de costos para construcción de bodega**

| Concepto                   | Costo Total        |
|----------------------------|--------------------|
| Materiales                 | Q 48,400.00        |
| Mano de obra subcontratada | Q 24,433.46        |
| Instalaciones adicionales  | Q 4,700.00         |
| Otros costos               | Q 9,500.00         |
| <b>Total</b>               | <b>Q 87,033.46</b> |

Con los datos proveídos anteriormente, el costo de la construcción de una unidad de almacenamiento de 5 metros de ancho por 10 de largo ascendería a los Q87,000 aproximadamente. Cabe mencionar que estas son estimaciones basadas en costos promedio en la región de Quetzaltenango, y pueden variar dependiendo de los proveedores locales. La mano de obra está calculada para un plazo de 6 meses con un equipo subcontratado. Si se requiere acelerar el proceso, los costos podrían aumentar. El anterior presupuesto incluye las instalaciones eléctricas necesarias para iluminación y el extractor de humedad.

b. Sistema de gestión digital

Como segunda propuesta, se recomienda implementar un sistema de gestión de inventario (SGI) para reducir el tiempo de almacenamiento en el proceso de macadamia. Un SGI permite un control más eficiente de las existencias, asegurando que los productos se gestionen de manera óptima y que los tiempos de almacenamiento se mantengan al mínimo. Al automatizar el seguimiento del inventario, se pueden evitar excesos o faltantes de stock, así como mejorar la visibilidad del flujo de productos, lo que facilita la toma de decisiones en tiempo real. Esto también permitirá una rotación adecuada del inventario, reduciendo el riesgo de pérdidas por deterioro y mejorando la planificación de la producción y distribución.

Propuestas de software accesibles:

- a) Zoho Inventory: Ofrece funcionalidades básicas de gestión de inventario, integración con plataformas de ventas, y es ideal para pequeñas empresas. Su costo es accesible y cuenta con planes flexibles.
- b) inFlow Inventory: Es un software fácil de usar, diseñado para empresas medianas o pequeñas. Ofrece un sistema de seguimiento y control de inventario con opciones de pago mensuales y anuales, ajustables a presupuestos limitados.
- c) Odoo: Este software de código abierto tiene un módulo de inventario que es personalizable y se puede integrar fácilmente con otros sistemas empresariales. Además, es una opción económica para empresas con volúmenes de producción moderados.

A continuación, se detalla una tabla de factores ponderados según el costo, usabilidad y eficiencia de cada software. Se tomó en consideración el costo, la usabilidad y la eficiencia de cada sistema de gestión integrado a la hora de realizar esta ponderación de factores.

**Tabla 75.** Ponderación de factores para software de inventario

| Software          | Costo<br>(0.5) | Usabilidad<br>(0.3) | Eficiencia<br>(0.2) | Puntuación<br>Final |
|-------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Zoho<br>Inventory | 5              | 4                   | 3                   | 4.3                 |

| <b>Software</b>             | <b>Costo<br/>(0.5)</b> | <b>Usabilidad<br/>(0.3)</b> | <b>Eficiencia<br/>(0.2)</b> | <b>Puntuación<br/>Final</b> |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>inFlow<br/>Inventory</b> | 3                      | 4.5                         | 4.5                         | <b>3.8</b>                  |
| <b>Odoo</b>                 | 4                      | 3.5                         | 5                           | <b>4.1</b>                  |

*Nota. Elaboración propia*

Como se puede observar en la tabla anterior, Zoho Inventory es la mejor opción, con una puntuación final de 4.3. Es asequible, fácil de usar y suficientemente eficiente para la escala del proyecto. Odoo le sigue con 4.1, destacando por su eficiencia y personalización, pero requiere más esfuerzo en su uso. inFlow Inventory es el software con la menor puntuación (3.8), debido principalmente a su costo, aunque su eficiencia y usabilidad son notables. En conclusión, Zoho Inventory sería la mejor opción, considerando la relación entre costo, facilidad de uso y eficiencia para la empresa.

c. Almacenamiento en silos

Los silos ofrecen una solución más eficiente para la gestión de grandes volúmenes, permitiendo una mayor organización por tamaños, lo que facilita la rotación de inventario y reduce el tiempo de transporte. Además, el almacenamiento en silos mejora la ventilación y control de humedad, factores críticos para la conservación de la calidad de la nuez. Esta mejora también contribuiría a minimizar las pérdidas por deterioro y facilitaría la automatización en la descarga y transporte de las nueces dentro de la planta, reduciendo la fatiga de los trabajadores y el tiempo invertido en el manejo manual del producto.

Las capacidades técnicas de los silos son las siguientes. Deben estar hechos de acero galvanizado, adecuado para la protección contra humedad y corrosión. Su capacidad debe ser de aproximadamente 10 toneladas cada silo, adecuado para el almacenamiento de nueces en concha. El diámetro del tornillo dosificador debe ser variable según tamaño de la nuez. Para una referencia visual, los silos que se costean a continuación son los siguientes.

**Figura 104.** Silo de almacenamiento de nueces



*Nota. Adaptado de Nut storage unit (2024) por Henan Haokebang Machinery Equipment Co., Ltd.*

**Tabla 76.** Costo de adquisición de silos

| Concepto                              | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total  |
|---------------------------------------|----------|----------------|--------------|
| Silo para nuez de macadamia en concha | 3        | \$ 6,580.00    | \$ 19,740.00 |

**Tabla 77.** Costo de instalación de silos

| Concepto   | Costo Aproximado (USD) |
|--|------------------------|
| Transporte de los Silos  | \$ 1,500.00            |
| Preparación de la Base (concreto y soporte)                      | \$ 3,000.00            |
| Instalación y Montaje (sistema de ventilación, carga y descarga) | \$ 4,000.00            |

**Tabla 78.** Costo de sistema de ventilación para silos

| Concepto                                    | Cantidad         | Costo Unitario | Costo Total |
|---|------------------|----------------|-------------|
| Sistema de ventilación y control de humedad | 3 (uno por silo) | \$ 1,200.00    | \$ 3,600.00 |

**Tabla 79.** Costos totales de implementación de silos

| Concepto               | Costo Aproximado (USD) |
|------------------------|------------------------|
| Compra de Silos        | \$ 19,740.00           |
| Instalación de Silos   | \$ 8,500.00            |
| Sistema de Ventilación | \$ 3,600.00            |
| Total                  | \$ 31,840.00           |

*Nota. Elaboración Propia*

En total, la implementación de almacenaje en silos tendría un costo de \$431,840. El sistema de ventilación para silos de macadamia consiste en un conjunto de ventiladores o conductos que permiten la circulación de aire dentro del silo para controlar la humedad y la temperatura. Su objetivo es evitar la acumulación de humedad y la formación de moho o bacterias que podrían dañar las nueces. Este sistema puede incluir ventiladores de baja velocidad que promuevan un flujo de aire constante, asegurando una distribución uniforme del aire a través del contenido del silo y permitiendo que las nueces se almacenen en condiciones óptimas por más tiempo.

Ya que la primera simulación se realizó tomando en cuenta el proceso actual de producción de la empresa, se consideraron las anteriores alternativas para mejorar este proceso. Las acciones que se tomaron para simular las alternativas aplicadas son las siguientes:

1. Reducción del tiempo de transporte, simulando la modificación del layout

A continuación, se detallan los resultados de cada modificación a la simulación original. En dicha simulación, se tenía asignado un “timepath” el cual representa un transporte de material. En este, se definió un tiempo de transporte de máximo 2 horas, el cual es el escenario actual

**Tabla 80.** Tiempos originales de transporte

| Object Type | Object Name | Data Source | Category | Data Item  | Statistic Type  | Value |
|-------------|-------------|-------------|----------|------------|-----------------|-------|
| TimePath    | TimePath1   | [Travelers] | FlowTime | TimeOnLink | Average (Hours) | 1.86  |
| TimePath    | TimePath2   | [Travelers] | FlowTime | TimeOnLink | Maximum         | 2.00  |

| Object Type | Object Name | Data Source | Category | Data Item  | Statistic Type | Value |
|-------------|-------------|-------------|----------|------------|----------------|-------|
| TimePath    | TimePath3   | [Travelers] | FlowTime | TimeOnLink | Minimum        | 1.45  |

*Nota. Elaboración Propia*

Con la primera propuesta de modificación de layout, se ajustaron los transportes necesarios para reducir este tiempo, ya que la bodega de almacenamiento se encuentra a un lado del horno.

**Tabla 81.** *Tiempos de modificación en transporte*

| Object Type | Object Name | Data Source | Category | Data Item  | Statistic Type  | Value |
|-------------|-------------|-------------|----------|------------|-----------------|-------|
| Path        | Path14      | [Travelers] | FlowTime | TimeOnLink | Average (Hours) | 0.36  |
| Path        | Path14      | [Travelers] | FlowTime | TimeOnLink | Maximum         | 0.40  |
| Path        | Path14      | [Travelers] | FlowTime | TimeOnLink | Minimum         | 0.30  |

*Nota. Elaboración Propia*

En contraste, el tiempo máximo de transporte se ve reducido de 2 horas a 0.40; y el promedio de 1.86 a 0.36. Con base en los datos obtenidos en la simulación, la modificación del layout proveería una reducción significativa en el transporte de la macadamia para que esta sea horneada.

2. Aumento en la capacidad en los ajustes del servidor en *SIMIO*, simulando implementación de un sistema de gestión de inventario.

En comparación con el tiempo de almacenaje de la Tabla 68. Tiempo de procesamiento en cada estación, la modificación propone una reducción de tiempo de procesamiento del 30.74%. Pasando de 155.73 horas a 107.86. Adicionalmente, la capacidad utilizada del área de almacenamiento asciende a un 67.90%, un 19.69% más que en el caso original.

**Tabla 82.** *Simulación de sistema de gestión de inventario*

| Object Type | Object Name    | Data Source | Category    | Data Item            | Statistic Type | Value  |
|-------------|----------------|-------------|-------------|----------------------|----------------|--------|
| Server      | Almacenamiento | Processing  | HoldingTime | TimeInStation        | Average        | 107.86 |
| Server      | Almacenamiento | [Resource]  | Capacity    | ScheduledUtilization | Percent        | 67.90  |

*Nota. Elaboración Propia*

Tomando en cuenta lo anterior, es importante tomar en cuenta la implementación de dicho sistema de gestión de inventario, para aumentar el porcentaje de utilización de esta estación y reducir el tiempo de procesamiento.

3. Reducción del tiempo de procesamiento en el servidor de almacenamiento, simulando la implementación de silos.

**Tabla 83.** *Tiempos de procesamiento con almacenamiento en silos*

| Object Type | Object Name    | Data Source | Category    | Data Item     | Statistic Type | Value |
|-------------|----------------|-------------|-------------|---------------|----------------|-------|
| Server      | Almacenamiento | Processing  | HoldingTime | TimeInStation | Average        | 60.06 |

Como se muestra en la tabla anterior, el tiempo de procesamiento de almacenamiento se mantiene alrededor de las 60 horas. Esto es una reducción significativa del tiempo del procesamiento. En este caso, se debe a que el almacenamiento en silos sigue el modelo de PEPS, en el cual el producto más antiguo es extraído primero de la bodega.

Al evaluar las diferentes alternativas de almacenamiento propuestas anteriormente, se puede observar que todas contribuyen de manera distinta a hacer el proceso de almacenamiento más eficiente. Los silos, además de permitir una mejor organización y clasificación por tamaño de nuez, optimizan el espacio de almacenamiento, mejoran el control de la ventilación y la humedad, lo que prolonga la vida útil del producto y reduce pérdidas por deterioro. Aunque su costo inicial es mayor, la inversión en silos presenta reducción de la fatiga laboral y minimización del tiempo de manejo del producto, justificando su implementación para mejorar la productividad y la calidad del almacenamiento. Por otro lado, la elección de un sistema de gestión de almacenamiento es clave para mejorar la eficiencia operativa y reducir tiempos de almacenamiento. Por último, modificar la distribución física de la planta para reducir el tiempo de transporte entre la bodega y el horno de macadamia es una decisión estratégica para minimizar el tiempo de transporte. Al optimizar la disposición física de los equipos y rutas, se logra minimizar los tiempos de traslado y manipulación del producto, lo que reduce el esfuerzo físico de los trabajadores y aumenta la productividad.

## VIII. CONCLUSIONES

- De manera general, se puede concluir que el objetivo del trabajo de graduación fue alcanzado. Esto, debido a que estaba desglosado en cuatro objetivos específicos, los cuales se ejecutaron según la metodología propuesta, mediante la investigación y análisis de la cadena de valor de la macadamia en Guatemala.
- Tomando como referencia el primer objetivo específico, se puede concluir que fue posible representar la cadena de valor de la macadamia en Guatemala mediante un diagrama. En este diagrama se describen cinco eslabones: proveedores de insumos y servicios, la producción primaria, la transformación, la distribución y comercialización el consumidor final. De estos eslabones, la producción primaria es el que tiene la mayor cantidad de actores. Esto se debe a que la macadamia es un cultivo que se introdujo en asocio con el café, para diversificar los ingresos de los agricultores en los años ochenta. Sin embargo, no existe una cultura de consumo de la nuez en Guatemala, y es por esta misma razón por la que un 90% de la producción se exporta, colocándonos en el primer lugar de exportación a nivel latinoamericano.
- A partir del mapeo de la cadena de valor de macadamia, se identificó que la principal área de mejora se encuentra en la producción primaria, el segundo eslabón de la cadena de valor. Para los pequeños y medianos productores, este es el que en la actualidad presenta una mayor cantidad de retos, debilidades y a la vez, representa un cuello de botella debido a que se requiere una gran inversión en maquinaria para procesar la nuez y un riguroso sistema de control de calidad para cumplir con estándares internacionales.
- A través de la investigación de la cadena de valor de macadamia en Guatemala, se identificó que el mercado guatemalteco tiene la capacidad de cubrir un 5% de la demanda internacional de esta nuez. La producción de un producto como la harina de macadamia podría contribuir a el incremento en el consumo local, potencializando la comercialización y mejorando las condiciones para los agricultores locales.
- Con base en los hallazgos identificados en el mapeo de la cadena de valor de macadamia, en el segundo objetivo específico se desarrolló un producto basado en la macadamia para el crecimiento del mercado de macadamia en Guatemala mediante un

estudio de mercado, la identificación de oportunidades y análisis financiero. Partiendo de esto, se puede concluir que la propuesta de producción de harina de macadamia es una alternativa para incentivar el consumo a nivel nacional. Adicionalmente, se diseñó una planta de producción de harina de macadamia con los requerimientos necesarios para suplir la demanda calculada. Entre las principales fortalezas de este producto propuesto se encuentra el alto valor nutricional de la macadamia, el agradable sabor de la nuez, y la versatilidad de aplicación de la harina en diferentes postres.

- A partir de los procesos productivos observados en las visitas de campo, en el tercer objetivo específico se desarrolló una simulación utilizando el software SIMIO. Tras analizar los datos, se demostró que la operación de almacenamiento es un notable cuello de botella, al igual que el proceso de horneado. Para hacer este proceso más eficiente, se recomienda la implementación de un sistema de gestión de inventario, el cual fue detallado con anterioridad.
- Con base en las propuestas de mejora realizadas para agilizar el proceso de producción de macadamia, se resalta el sistema de recolección Maka como la más apta para implementar en la empresa Eco Alianza. Asumiendo una producción mensual de 20 quintales, se necesitan aproximadamente 8 meses para recuperar la inversión inicial. El retorno sobre la inversión del primer mes asciende a 12.95%. Este análisis sugiere que el sistema semiautomatizado es una inversión rentable a largo plazo.
- A través de la recopilación de costos de maquinaria, instalación y mano de obra, se propusieron tres diferentes maneras de hacer la operación de almacenado más eficiente. La primera implica reorganizar la distribución de la planta, ubicando la bodega más próxima al horno para reducir los tiempos de traslado. La segunda propuesta consiste en integrar un sistema de gestión de inventarios, lo cual representa una fuerte inversión al inicio, pero mejora significativamente el manejo de la nuez previo al horneado. Por último, la tercera alternativa consiste en implementar silos de almacenamiento para tener una mejor rotación del producto y reducir los tiempos de traslado. Estas tres propuestas tuvieron también se construyeron con la maximización de ventas para el mercado internacional y nacional.

## IX. RECOMENDACIONES

El presente trabajo de graduación se centró en mapear la cadena de valor y hacer propuestas de innovación para el estado actual del sector productivo de macadamia. Sin embargo, hay una gran oportunidad de estudio y de mejora en la creación de demanda nacional de esta nuez. No solamente por su alto contenido nutricional, sino por el gran potencial de cultivo que existe en el país. La macadamia está catalogada como una “superfood”, pero muchos guatemaltecos nunca han probado su exquisito sabor. Es necesario realizar campañas de información acerca del cultivo, para aumentar su demanda y que se consuma de manera regular dentro del país. Esto no solo mejoraría las condiciones de los pequeños y medianos agricultores, sino que traería más empresas dispuestas a darle la transformación necesaria a la nuez para comercializarla como un producto terminado con alto valor agregado. Una destacada área de estudio para la continuación de trabajos de graduación relacionados con el sector de macadamia es la comercialización y control de calidad del aceite de esta nuez, ya que es un subproducto con alto valor en el mercado de cosméticos. En varias ocasiones durante las visitas a fincas, algunos interesados expresaron que el aceite de macadamia requiere de un análisis más profundo en laboratorios especializados, por lo cual sería un campo de estudio para los estudiantes que decidan realizar investigaciones supervisadas y financiadas por el proyecto ASPIRE.

Adicionalmente, para lograr un buen fortalecimiento de la cadena de valor, es necesario mejorar la cooperación entre agricultores, penalizando el contrabando, robo o corrupción a lo largo de la comercialización del cultivo. Este es el objetivo de ASOMAC, por lo cual es de vital importancia que los agricultores de todo el país puedan recurrir a entidades como esta y mejorar su comunicación para poder afrontar las dificultades que presenta el mercado internacional de la mejor manera.

Por otro lado, durante la realización del estudio también se identificaron ciertas restricciones que limitaron su ejecución. Entre ellas, se puede destacar la poca información disponible sobre las plantaciones de macadamia a nivel nacional, en específico de las fincas que actualmente tienen plantaciones de macadamia. Se recomienda a las gremiales, asociaciones, comités o agrupaciones dedicadas al cultivo de macadamia puedan llevar un registro de sus datos. Aún más, si es posible, ponerlos a la disposición del público para que estos puedan ser aprovechados por más estudiantes o profesionales que quieran aportar al crecimiento de este sector.

## X. REFERENCIAS

- AFP. (24 de mayo, 2024). *China reprocha a Guatemala su relación con Taiwán durante bloqueo a importaciones*. revistaeyn.com; Estrategia y Negocios.  
<https://www.revistaeyn.com/empresasmanagement/china-reprocha-a-guatemala-su-relacion-con-taiwan-durante-bloqueo-a-importaciones-CF19495412>
- Alli, I. (2003). Food Quality Assurance [Aseguramiento de Calidad Alimenticio]. En *CRC Press eBooks*. Informa. <https://doi.org/10.1201/9780203484883>
- Asociación Nacional del Café. (2004, August). *Cultivo de la Macadamia*. Programa de Diversificación de Ingresos En La Empresa Cafetalera.  
<https://www.yumpu.com/es/document/view/14782839/cultivo-de-la-nuez-de-macadamia#>
- Asociación Nacional del Café. (2018). *Cultivo de nuez de macadamia*. Anacafe.org.  
<https://www.anacafe.org/cafe-de-guatemala/>
- Augstburger, F., Berger, J., y Censkowsky, U. (2012). *Agricultura orgánica en el trópico y subtrópico*. Agencia Alemana Para La Cooperación Técnica; Ministerio Federal De Cooperación Económica Y Desarrollo De La República Federal De Alemania.  
[https://www.naturland.de/images/01\\_naturland/es/documentos/02\\_informaci%C3%B3n-t%C3%A9cnica/Macadamia.pdf](https://www.naturland.de/images/01_naturland/es/documentos/02_informaci%C3%B3n-t%C3%A9cnica/Macadamia.pdf)
- Australian Macadamia Society. (2022). *Facts and Figures* [Hechos y cifras].  
Australianmacadamias.org. <https://australianmacadamias.org/industry/facts-figures/australian-production>
- Australian Macadamia Society. (2024). *Kernel Assessment Manual* [Manual de evaluación del kernel]. Australianmacadamias.org.  
<https://australianmacadamias.org/industry/shop/product/kernel-assessment-manual>
- Bargues, G. (22 de abril, 2022). *Nueces de macadamia: origen, propiedades y contraindicaciones*. Bon Viveur; Bon Viveur. <https://www.bonviveur.es/gastroteca/nueces-de-macadamia-el-fruto-seco-mas-gourmet>
- Barreda Muralles, M. Á. (2011). *Caracterización del aceite de nuez de macadamia (Macadamia tetraphylla y Macadamia integrifolia) producido en forma artesanal en el municipio de San Miguel Dueñas en el departamento de Sacatepéquez para establecer sus parámetros de calidad* (pp. 1–12). Universidad San Carlos De Guatemala.  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1219\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1219_Q.pdf)
- Cadoga, C. (2013). *Manual de cosecha y post cosecha de macadamia*. Programa de Apoyo a Las Exportaciones Paraguayas. <http://mcg-paraguay.com/spanish/Cosecha%20y%20post%20cosecha.pdf>
- Cardassilaris, E. (7 de octubre, 2021). *Tendencias en la industria de Macadamia*. Cardassilaris España. <https://www.cardassilaris.es/noticias/tendencias-de-la-industria-de-la-macadamia>

- Celis-Carmona, D., Alonso-Gómez, L., Roa-Costa, D., y Nieto-Calvache, J. (2024). Cacay seed cake flour (*Caryodendron orinocense* Karst), physical, functional, rheological and structural properties [Harina de torta de semilla de cacay (*Caryodendron orinocense* Karst), propiedades físicas, funcionales, reológicas y estructurales]. *Future Foods*, 9, 100392. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100392>
- Chacón, M. (2015). *Producción Y Comercialización De Nuez De Macadamia*. Biblioteca USAC; Universidad De San Carlos De Guatemala. [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0689\\_v9.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0689_v9.pdf)
- Cobo, G. (28 de Abril, 2021). *Drones para riego: características, ventajas y modelos*. Aerocamaras Especialistas En Drones. <https://aerocamaras.es/caracteristicas-ventajas-y-modelos-de-drones-para-controlar-el-riego-en-cultivos/>
- Dalpasquale, V., Daniel, D. Q., y Antonio, M. (1991). *Secado de granos: Natural, solar y a bajas temperaturas*. Sidalc.net; Food and Agriculture Organization. <https://sidalc.net/search/Record/dig-odepa-123456789-57556/Versions>
- Dam, R. (20 de Octubre, 2016). *The 5 Stages in the Design Thinking Process* [Las 5 etapas en el proceso de *design thinking*]. The Interaction Design Foundation; Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/article/5-stages-in-the-design-thinking-process>
- De León Salguero, A. R. (2012). Diseño de un modelo de negocio para una empresa dedicada a la comercialización de nuez de macadamia en la ciudad de Guatemala. En *Repositorio Institucional*. Universidad Del Valle De Guatemala. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/bitstream/handle/123456789/91/Adolfo%20De%20Le%20C3%B3n%20-%20Tesis.pdf?sequence=1>
- Díaz, A. (2019). *Zonas de vida de Holdridge*. Biogeografía.net. <https://biogeografia.net/bioclimate06e.html>
- Díaz, K., Ortega, R., y Lupichinni, P. (2014). Medidores de clorofila: Usos y potenciales. In *Cultivos tradicionales de la zona sur de Chile*. Universidad Autónoma de Chile.
- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., y Varela-Ruiz, M. (2024). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación En Educación Médica*, 2(7), 162–167. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_a](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_a)
- Dirección de información geográfica, estratégica y gestión de riesgos, y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (octubre 2021). *Determinación de la cobertura vegetal y uso de la tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala en el año 2020*. Dirección de Información Geográfica, Estratégica Y Gestión de Riesgos DIGEGR. <https://www.maga.gob.gt/download/Cobertura-vegetal-uso-de-la-tierra-21.pdf>
- Disagro Guatemala. (9 de marzo, 2022). *AgritecGEO: Agricultura digital*. Disagro Guatemala. <https://www.disagro.com.gt/agritecgeo-storytelling/>

- Dolan, C., y Humphrey, J. (2000). Governance and Trade in Fresh Vegetables: The Impact of UK Supermarkets on the African Horticulture Industry [Gobernanza y comercio de hortalizas frescas: el impacto de los supermercados del Reino Unido en la industria hortícola africana]. *Journal of Development Studies*, 37(2), 147–176. <https://doi.org/10.1080/713600072>
- Donis, P. (2016). *Informe final de servicios para el cultivo de Macadamia (Macadamia integrifolia) del sector Zapote de la finca Las Margaritas Oscana, S.A., del municipio de San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez*. Repositorio USAC; Universidad De San Carlos De Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6384/1/informe%20%20final%20de%20servicios%20Pedro%20Donis.pdf>
- Durán, E., y López, M. (2013). *Maka: Sistema de recolección y transporte de macadamia* [Proyecto De Grado]. [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/76509/1/maka\\_sistema\\_recoleccion.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/76509/1/maka_sistema_recoleccion.pdf)
- Escamilla Prado, E., Robledo Martínez, D., y García Sánchez, I. (octubre 2013). *Colección Trópico Húmedo. La producción de nuez de macadamia en el trópico húmedo de México: avances y retos en la gestión de la innovación*. Chapingo.edu.mx; Universidad Autónoma Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/34bfea5b-adc5-49b4-ba36-d6d4f29eb127>
- Eugenia Bonilla-Chacin, M., y Marcano Vásquez, L. (2012). *Promoting Healthy Living In Central America Multi-Sectoral Approaches to Prevent Noncommunicable Diseases* [Promoción de una vida saludable en Centroamérica: Enfoques multisectoriales para la prevención de enfermedades no transmisibles]. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/06e29d57-9ee6-5641-9bdf-1573c50e231b/content>
- Feed The Future. (3 de Abril, 2021). *Socios Procompite*. Proinnova Guatemala; Proinnova Guatemala. <https://www.proinnovaguatemala.org/socios-procompite/>
- Food and Agriculture Organization. (2022). *Codex Alimentarius International Food Standards* [Normas alimentarias internacionales del Codex Alimentarius]. Fao.org. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/en/?c\\_id=260](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/commodities-detail/en/?c_id=260)
- Fuentes Herman, I. M. (2013). *Desarrollo de un alimento funcional dirigido a personas con hipercolesterolemia a base de salvado de avena, nuez de macadamia y suplementado con fitoesteroles*. 24–25. Repositorio UVG. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/309>
- Gereffi, G., Humphrey, J., y Sturgeon, T. (2005). The Governance of Global Value Chains. *Review of International Political Economy*, 12(1), 78–104.
- Gibbon, P. (2001). Upgrading Primary Production: A Global Commodity Chain Approach [Mejorando la producción primaria: un enfoque de cadena de productos básicos global]. *World Development*, 29(2), 345–363.

- [https://econpapers.repec.org/article/eeewdevel/v\\_3a29\\_3ay\\_3a2001\\_3ai\\_3a2\\_3ap\\_3a345-363.html](https://econpapers.repec.org/article/eeewdevel/v_3a29_3ay_3a2001_3ai_3a2_3ap_3a345-363.html)
- Grand View Research. (2022). *Gluten-free Products Market Size and Share Report* [Informe sobre el tamaño y la participación del mercado de productos sin gluten], 2030.  
Grandviewresearch.com. [https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gluten-free-productsmarket#:~:text=The%20global%20gluten%2Dfree%20products%20Market%20mark](https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gluten-free-productsmarket#:~:text=The%20global%20gluten%2Dfree%20products%20Market%20market%20is%20expected%20to,USD%2013.67%20billion%20by%202030.)
- Gremiagro. (2022). *Acerca de Gremiagro*. Gremiagro.com. <https://gremiagro.com/gremiagro/>
- Guate en Datos. (2022, November 21). *Producción y cobertura agrícola*. Guate En Datos.  
<https://guateendatos.org.gt/seguridad-alimentaria-y-nutricional/agricultura/>
- Hamilton, R., y Fukunaga, E. (1959). *Macadamia nuts in Hawaii* [Nueces de macadamia en Hawaii].  
<https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/5169843e-f83c-4224-8307-f8ac9e0319f7/content>
- Hardner, C., Greaves, B., Coverdale, C., y Wegener, M. (2006). *Application of economic modelling to support selection decisions in macadamia* [Aplicación de modelos económicos para apoyar las decisiones de selección en macadamia]. 13th Australasian Plant Breeding Conference.
- Harvard Business Publishing. (Junio, 2003). *Types of Innovation: Several Types on Many Fronts* [Tipos de innovación: varios tipos en muchos frentes]. Hbsp.harvard.edu.  
<https://hbsp.harvard.edu/product/7195BC-PDF-ENG>
- Hostetler, E. (28 de Mayo, 2018). *How to Harvest Macadamia Nuts: 12 Steps (with Pictures)* [Cómo cosechar nueces de macadamia: 12 pasos (con imágenes)]. WikiHow; wikiHow.  
<https://www.wikihow.com/Harvest-Macadamia-Nuts>
- Ihsan Yüksel. (2012). Developing a Multi-Criteria Decision-Making Model for PESTEL Analysis [Desarrollo de un modelo de toma de decisiones multicriterio para el análisis PESTEL].  
*International Journal of Business and Management*, 7(24).  
<https://doi.org/10.5539/ijbm.v7n24p52>
- Industria Guatemalteca de Macadamia. (septiembre, 2015). *Producción y Exportación de Macadamia en Guatemala*. Mayangold.com.gt. <https://mayangold.com.gt/es/>
- Instituto Nacional de Bosques. (2018). *Reglamento de la ley forestal*.  
<https://www.inab.gob.gt/images/informacionpublica/2019/1.4.a%20Compendio%20de%20leyes%20y%20reglamentos%20forestales.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística. (2015). *Proyecciones Nacionales de Población*. Ine.gob.gt.  
<https://www.ine.gob.gt/proyecciones/>
- Instituto Nacional de Estadística. (2024). *Índice de precios al consumidor*. Ine.gob.gt.  
<https://www.ine.gob.gt/indice-de-precios-al-consumidor/>
- Instituto para la Competitividad Económica. (2022). *Análisis comparativo de precios regionales*. Iceguate.org.gt.

[https://iceguate.org.gt/precios/?fbclid=PAZXh0bgNhZW0CMTEAAaZVNeDhW9g\\_9Ujv1C\\_KGg1P3AOFhNASauIz\\_uY5XKpO72GKOFeG0ydBOLo\\_aem\\_8e6JCA8oVOMH2fkwtUz1Kg](https://iceguate.org.gt/precios/?fbclid=PAZXh0bgNhZW0CMTEAAaZVNeDhW9g_9Ujv1C_KGg1P3AOFhNASauIz_uY5XKpO72GKOFeG0ydBOLo_aem_8e6JCA8oVOMH2fkwtUz1Kg)

International Nut and Dried Fruit Council. (2018). Macadamia Technical Information. In *INC* [Información técnica de la macadamia].

<https://www.growables.org/information/TropicalFruit/documents/MacINC.pdf>

International Nut and Dried Fruit Council. (2023). NUTS y DRIED FRUITS STATISTICAL YEARBOOK. In *INC*. <https://inc.nutfruit.org/wp-content/uploads/2023/05/Statistical-Yearbook-2022-2023.pdf>

International Trade Centre (ITC). (2023). *Trade Map - Prospects for market diversification for a product exported by Guatemala in 2023 | Product: 0802 Other nuts, fresh or dried, whether or not shelled or peeled (excl. coconuts, Brazil nuts and cashew nuts)* [Mapa Comercial - Perspectivas de diversificación de mercados para un producto exportado por Guatemala en 2023 | Producto: 0802 Los demás frutos secos, frescos o secos, incluso sin cáscara o mondados (exc. cocos, nueces del Brasil y nueces de marañón (naranja, anacardo, cajuil, cajú)]. Trademap.org.

[https://www.trademap.org/Country\\_SelProductCountry\\_Graph.aspx?nvpm=1%7c320%7c%7c%7c%7c0802%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2](https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_Graph.aspx?nvpm=1%7c320%7c%7c%7c%7c0802%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2)

Jacobs, R., y Chase, R. B. (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros* (13th ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Jameson, B., y Design Council. (2004). *Double Diamond framework for innovation*.

[Designcouncil.org.uk. https://www.designcouncil.org.uk/our-resources/framework-for-innovation/](https://www.designcouncil.org.uk/our-resources/framework-for-innovation/)

Kaplan, R., y Norton, D. (1992). *The Balanced Scorecard—Measures that Drive Performance*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/1992/01/the-balanced-scorecard-measures-that-drive-performance-2>

Kaplinsky, R., y Morris, M. (2001). A handbook for value chain research [Un manual para la investigación de la cadena de valor]. In *Food and Agricultural Organization*. [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/fisheries/docs/Value\\_Chain\\_Handbook.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/fisheries/docs/Value_Chain_Handbook.pdf)

Kateryna Sergieieva. (14 de junio, 2023). *Tecnología Agrícola: Evolución, Retos Y Su Impacto*. EOS Data Analytics; EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/tecnologias-en-la-agricultura/>

Khan, M. S., Islam, M. M., Epaarachchi, J., y Shibata, S. (2023). Exploring the Prospects of Macadamia Nutshells for Bio-Synthetic Polymer Composites: A Review [Análisis de las posibilidades de las cáscaras de nuez de macadamia para la fabricación de compuestos poliméricos biosintéticos]. *Polymers*, 15(19), 4007. <https://doi.org/10.3390/polym15194007>

Klosko, R. (2021). *The macadamia tree: how the nut grows* [El árbol de macadamia: cómo crece la nuez]. Limbua-Group.com. <https://www.limbua-group.com/en/quality/macadamia-nut>

- Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, y Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2004). *Áreas aptas para el cultivo de Macadamia en Guatemala - Tamaño completo* / Gifex. Gifex.com. [https://www.gifex.com/fullsize/2011-11-24-15018/Areas\\_aptas\\_para\\_el\\_cultivo\\_de\\_Macadamia\\_en\\_Guatemala.html](https://www.gifex.com/fullsize/2011-11-24-15018/Areas_aptas_para_el_cultivo_de_Macadamia_en_Guatemala.html)
- Leandro Martín Olmos. (20 de enero, 2021). *Hidroleaf, el proyecto de producción hortícola en contenedores marítimos*. Tecnología Hortícola. <https://www.tecnologiahorticola.com/ritec-hidroleaf-horticola-contenedores/>
- López Cristóbal, M. I. (2017). Ingeniería de Procesos. In *Universidad Continental del Perú*. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/3218/5/DO\\_FIN\\_108\\_GL\\_ASU\\_C01057\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/3218/5/DO_FIN_108_GL_ASU_C01057_2020.pdf)
- Luna. (13 de Julio, 2022). *Agricultura con drones: 5 Aplicaciones* - IDC. IDC. <https://idc.apddrones.com/agricultura/agricultura-con-drones-5-aplicaciones/>
- Martínez, J. C., Velázquez, María Edelira, y Patricia, K. (2020). Guía de secado y envasado de nueces de Macadamia. *Conacyt.gov.py*. <http://hdl.handle.net/20.500.14066/2425>
- Melara, G. (23 de mayo, 2024). *China retiene exportaciones de café y macadamia de Guatemala*. *Www.revistaeyn.com*; Estrategia y Negocios. <https://www.revistaeyn.com/empresasmanagement/china-retiene-exportaciones-de-cafe-y-macadamia-de-guatemala-ME19486208>
- Mercadal, T., y Sandoval, M. (2017). *Deforestación, ganado y palma africana: los elementos de una bomba de tiempo climática en Petén*. Plaza Pública. <https://www.plazapublica.com.gt/content/deforestacion-ganado-y-palma-africana-los-elementos-de-una-bomba-de-tiempo-climatica-en>
- Michaux, S., y Cadiat, A.-C. (2016). Las cinco fuerzas de Porter: Cómo distanciarse de la competencia con éxito. In *Google Books*. 50Minutos.es. <https://books.google.com/books?hl=esylr=vid=mWLyCwAAQBAJyoi=fndypg=PT6ydq=5+fuerzas+de+porter+yots=W6Qa30l4Qmysig=u1Lxt5yMXYmAE7iJPER42k7Z270>
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. (3 de marzo, 2022). *Misión y visión*. Ministerio de Agricultura Ganadería Y Alimentación. <https://www.maga.gob.gt/mision-y-vision/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, y Lizano, J. R. (1991). *Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica*. Dirección General De Investigación Y Extensión Agrícola.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2007). Política de conservación, Protección y MejoraMiento del aMbiente y los recursos naturales República de Guatemala Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. In *MARN*. <https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2023/03/Politica-Conservacion-proteccion-del-Ambiente-y-recursos-naturales.pdf>
- Montes, G. (2019). Metodología Y Técnicas De Diseño Y Realización De Encuestas En El Area

- Rural. *Temas Sociales*, 1(21), 39–50.  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0040-29152000000100003](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29152000000100003)
- Mordor Intelligence Analytics. (2022). *Crecimiento del mercado de nueces de macadamia*. Mordorintelligence.com. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/global-macadamia-market>
- Movimiento Semilla. (agosto, 2023). *PLAN DE GOBIERNO 2024-2028*. Movimientosemilla.gt. <https://movimientosemilla.gt/plan-de-gobierno-2024-2028/>
- Nagao, M. A., Hirae, H. H., y Stephenson, R. A. (1992). Macadamia: Cultivation and physiology\*. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 10(5), 441–470.  
<https://doi.org/10.1080/07352689209382321>
- Observatorio de Complejidad Económica. (diciembre, 2021). *Nueces de macadamia Product Trade, Exporters and Importers*. OEC Latinoamérica. <https://oec.world/es/profile/hs/macadamia-nuts>
- Observatory of Economic Complexity. (2022). *Macadamia nuts (HS: 080260) Product Trade, Exporters and Importers* [Nueces de macadamia (HS: 080260) Comercio de producto, exportadores e importadores.]. The Observatory of Economic Complexity.  
<https://oec.world/en/profile/hs/macadamia-nuts?growthSelector=value1>
- Osiris, D. (2021). *Análisis Competitivo Para Aperturar Una Línea De Comercialización De Nuez De Macadamia En Una Organización Cafetalera*. Academia.edu.  
[https://www.academia.edu/34078871/AN%C3%81LISIS\\_COMPETITIVO\\_PARA\\_APERTURAR\\_UNA\\_L%C3%8DNEA\\_DE\\_COMERCIALIZACI%C3%93N\\_DE\\_NUEZ\\_DE\\_MACADAMIA\\_EN\\_UNA\\_ORGANIZACI%C3%93N\\_CAFETALERA](https://www.academia.edu/34078871/AN%C3%81LISIS_COMPETITIVO_PARA_APERTURAR_UNA_L%C3%8DNEA_DE_COMERCIALIZACI%C3%93N_DE_NUEZ_DE_MACADAMIA_EN_UNA_ORGANIZACI%C3%93N_CAFETALERA)
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., y Smith, A. (2014). *Value Proposition Design*. Wiley, November.
- Padilla, E. (7 de mayo, 2024). *Productores de macadamia se unen para promover una producción competitiva*. Agexport Hoy. <https://agexporthoy.export.com.gt/agexport/macadamia-61933/>
- Padilla, R., y Oddone, N. (2016). Manual del fortalecimiento de cadenas de valor. In *CEPAL*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/8e628f12-7bb0-407c-ab26-fbd13ceb8d52/content#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20para%20el%20fortalecimien%20de%20las%20cadenas%20de%20valor>
- Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales. (2008). *Cultivo de la nuez de macadamia*. Universidad Rafael Landívar.
- Queensland Department of Agriculture and Fisheries. (2021). *Using netting to improve productivity and quality in tree crops* [Uso de redes para mejorar la productividad y la calidad en cultivos arbóreos]. Qld.gov.au. <https://www.daf.qld.gov.au/news-media/campaigns/farming-reef/case-studies/nettingmacadamias#:~:text=The%20idea%20of%20the%20netting,tree%20trunk%2C%20about%2020cm%20higher.>
- Queensland Government. (2014). *Macadamia grower's handbook* [Manual del cultivador de

- macadamia]. [https://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/1964/4/mac-growing\\_guide\\_Part4.pdf](https://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/1964/4/mac-growing_guide_Part4.pdf)
- Reyes, M., y Lavín, A. (2016). *Generalidades de la Macadamia*.  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7849/NR40208.pdf?sequence=11>
- Rohr, L., y Programa de Agricultura-CRS Guatemala. (2019, May). *Análisis de la cadena de valor para nuez de macadamia en las comunidades del municipio de Nuevo Progreso, departamento de San Marcos*. Scribd; Proyecto Comunicades Liderando Su Desarrollo.  
<https://es.scribd.com/document/453839580/Estudio-Rapido-Mercado-Nuez-Macadamia>
- Royal Select Macadamias. (2024). *Inicio*. Royalselect.com. <http://www.royalselect.com/es>
- Santizo, J., y Diario de Centro América. (24 de mayo, 2024). *China aplica bloqueos al comercio guatemalteco*. Dca.gob.gt. <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/china-aplica-bloqueos-al-comercio/>
- Selina Wamucii Corporation. (2024, January 22). *Precios de macadamia al por mayor y detalle*. Selina Wamucii. <https://www.selinawamucii.com/about-us/>
- Seric, A., y Siong Tong, Y. (2019, August 3). *What are global value chains and why do they matter?* Industrial Analytics Platform. <https://iap.unido.org/articles/what-are-global-value-chains-and-why-do-they-matter>
- Simio LLC. (2024). *Simulation, Production Planning and Scheduling Software / Simio* [Software de simulación, planificación y programación de la producción]. Simio.com.  
<https://www.simio.com/>
- Sol Quintas, G. (2011). *Manual técnico para productores de nuez de macadamia*. Asociación Mexicana De Productores, Procesadores Y Exportadores De Nuez De Macadamia.  
<https://macadamiamexico.com/wp-content/uploads/2016/06/Manualmacadamia.pdf>
- Stein, C., y Barron, J. (2017). Mapping Actors along Value Chains: Integrating Visual Network Research and Participatory Statistics into Value Chain Analysis [Mapeo de actores a lo largo de las cadenas de valor: integración de la investigación visual en redes y las estadísticas participativas en el análisis de la cadena de valor]. En *International Water Management Institute*. [https://www.iwmi.cgiar.org/Publications/wle/r4d/wle\\_research\\_for\\_development-learning\\_series-5.pdf](https://www.iwmi.cgiar.org/Publications/wle/r4d/wle_research_for_development-learning_series-5.pdf)
- Stubbs, E. (2004). Indicadores de desempeño: naturaleza, utilidad y construcción. *Ciência Da Informação*, 33(1), 149–154. <https://doi.org/10.1590/s0100-19652004000100018>
- Suárez, M. F., y Rodríguez, F. G. (2019). Cornerstone root causes through the analysis of the Ishikawa diagram, is it possible to find them? A first research approach [¿Es posible identificar las causas fundamentales mediante el análisis del diagrama de Ishikawa? Un primer enfoque de investigación.]  
 Emerald Insight. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 11(2), 302–316.  
<https://doi.org/10.1108/IJQSS>
- Taracena, C., y González, G. (2017). Antes y después de la enfermedad celiaca: ruta crítica del

- diagnóstico. In *Universidad San Carlos de Guatemala*.  
<https://biblioteca.medicina.usac.edu.gt/tesis/pre/2017/082.pdf>
- Trienekens, J. (2011). Agricultural Value Chains in Developing Countries A Framework for Analysis [Cadenas de valor agrícolas en países en desarrollo: un marco para el análisis]. *International Food and Agribusiness Management Review*, 14(2). <https://edepot.wur.nl/189057>
- U.S. Department of Agriculture. (2019). *Agricultural Research Service*. Usda.gov.  
<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170178/nutrients>
- U.S. International Trade Commission. (2010). *Macadamia Nuts: Economic and Competitive Conditions Affecting the U.S. Industry* [Nueces de macadamia: condiciones económicas y competitivas que afectan a la industria estadounidense]. U.S. International Trade Commission; Committee of Finance. <https://www.usitc.gov/publications/docs/pubs/332/pub3129.pdf>
- United Nations Economic Commission for Europe. (2010). *Unece Standard DDP-23 concerning the marketing and commercial quality control of Macadamia Kernels 2010 Edition United Nations* [Norma DDP-23 de la CEPE relativa a la comercialización y el control de calidad comercial de los granos de macadamia, edición 2010 de las Naciones Unidas]. In *UNECE*. [https://unece.org/DAM/trade/agr/standard/dry/Standards/DDP23\\_MacadamiaKernels\\_2010\\_e.pdf](https://unece.org/DAM/trade/agr/standard/dry/Standards/DDP23_MacadamiaKernels_2010_e.pdf)
- United States Agency for International Development. (27 de febrero, 2023). *Comunidades Liderando Su Desarrollo - Cadena de Valor de Macadamia*. U.S. Agency for International Development. <https://www.usaid.gov/es/guatemala/videos/cld-macadamia-value-chain>
- Urquiza, L., Sánchez Chávez, A., y Pfister, E. (2010). *Proyecto De Producción Y Exportación De Macadamia*. <https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/406/1/765.pdf>
- US Department of Agriculture y Agricultural Research Service. (2023). *Macadamia Nuts, Raw, Quality Requirements for export* [Nueces de Macadamia, Crudas, Requisitos de Calidad para exportación.]. Usda.gov. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170178/nutrients>
- USAID. (2021, September 29). *Creando cadenas de valor inclusivas en Guatemala*. U.S. Agency for International Development. <https://medium.com/usaid-2030/creando-cadenas-de-valor-inclusivas-en-guatemala-d5feaf44186f>
- Vives, R. (2021, March 4). *La Macadamia en Guatemala*. República.gt; República.gt.  
<https://republica.gt/vive-guatemala/2021-3-4-14-0-0-la-macadamia-en-guatemala>
- World Macadamia Organization. (2024, January 23). *Macadamia export industry data* [Datos de la industria exportadora de macadamia]. World Macadamia Organisation.  
<https://www.worldmacadamia.com/overview/>
- Zaobao. (2024, May 26). *Macadamia nuts from Guatemala, a country with diplomatic ties with Taiwan, are refused entry into mainland China*. Tridge; Zaobao.  
<https://www.tridge.com/news/macadamia-nuts-from-guatemala-a-country-with-xpztkk>

## XI. ANEXOS

### 11.1 Entrevista a Ricardo Martínez, Alimentos S.A.

El siguiente anexo contiene la transcripción total de la entrevista a Ricardo Martínez, gerente general de Alimentos Selectos S.A., realizada el 3 de marzo de 2024 en las oficinas de Alimentos Selectos S.A.

#### Anexo 1. Entrevista a Ricardo Martínez, Alimentos S.A.

Entrevista: José Ricardo Martínez, Alimentos Selectos S.A.

Fecha: marzo 2024

Oradores: Dulce Chacón, Ximena Chavarría y Francisco del Cid

**Ricardo Martínez:** Tiene que darle las condiciones a un cultivo tropical en un área subtropical, fracasaron, no pudieron. Entonces que hicieron, se llevaron a la macadamia de Australia a Sudáfrica. Nosotros estamos trabajando con un cultivo subtropical en un área tropical.

Y no es que hayamos logrado hacerlo funcionar, está funcionando, pero si tenemos una serie de problemas que la verdad es que nadie sabe. Hemos traído gente a Sudáfrica a ver los cultivos y me dicen jamás había visto exceso de agua en el suelo. Ellos tienen 700 milímetros de lluvia al año y los tenemos 6000.

**Dulce Chacón:** La macadamia, bueno el árbol de macadamia ¿no prefiere absorber más agua?

**Ricardo Martínez:** No, no. El árbol de macadamia-

**Dulce Chacón:** ¿Y por qué perdón que le interrumpa? ¿Por qué los finqueros tienen esa idea? Fuimos a visitar ciertas fincas y nos decían “el árbol pide mucha agua”.

**Ricardo Martínez:** Eso es mentira. Eso es parte de lo que les estoy hablando. Esto es un cultivo nuevo. A la macadamia le está dando fitoftiria rosálinea en la raíz, cosa que nunca se había dado. La macadamia tiene, la macadamia tiene unos grandes problemas en esta área. En Sudáfrica en Australia no, pero en esta área sí. Entonces esto es un bosque primario, árboles grandes, muy buen anclaje, pegan los vientos. Ellos están bien anclados. Estos son arbustos, aquí podéis pensar en arbustos pequeños.

Y esta es la macadamia. Si usted entiende la macadamia en él, este ámbito de bosque, ella no necesita raíces de anclaje, porque quien la defiende del viento es él, entonces ¿qué pasa? usted revisa la macadamia en el mundo, no tiene la pivotante que la ancla, sino que lo que ella tiene son un montón de raíces laterales por todos lados, ¿por qué? porque su problema es poder comer, porque el gran dote no la deja comer, entonces su problema no es anclaje, es poder comer, entonces toda su zona radicular está dispersa y a poca profundidad, entonces ¿qué pasa ahí?

Ahí lo que pasa es que nosotros de por sí tenemos una práctica agrícola que se llama descope, porque el árbol de macadamia tiene más o menos esta forma medio picudo, y cuando usted le quita

el bosque, ella no tiene como enfrentarse, le empieza a pegar el aire y ella tiene una respuesta física que es el penduleo, como lo hace un péndulo de un reloj, empieza hasta que lo arranca de la raíz porque ella ya no tiene quien lo defienda del aire y no tiene raíces de anclaje, entonces esto se llama descope.

**Dulce Chacón:** Según las fincas a las que fuimos, la raíz de la macadamia es profunda, y que por eso la podían mezclar con café, porque tanto el árbol le hace sombra al café y las raíces no se molestan.

**Ricardo Martínez:** La verdad es que sí se molestan, no hemos encontrado una finca exitosa que haya podido tener las dos. Ha habido varios intentos, pero nadie puede. Hay un punto en el que usted ya no puede porque el árbol de macadamia llega a ser tan frondoso que llega a matar el café. En ese momento usted tiene que decidir entre la macadamia o el café. Lo va a tener junto a los primeros 6 y 7 años y de ahí ya no.

**Dulce Chacón:** ¿No sé si conoce una finca que opera en Chimaltenango desde hace ya más de 30 años?

**Ricardo Martínez:** ¿Por dónde entraron? ¿Por Chimaltenango o por la Costa?

**Dulce Chacón:** Tal vez Francisco tendrá el dato, pero esa finca lleva años, según nos contaron, operando y tienen macadamia mezclado con café, parece que les ha funcionado y tienen sus procesos. No recuerdo, le miento.

**Ricardo Martínez:** Sabe qué es lo que pasa, que si yo la pongo a usted a cuidar un gallinero de 10 gallinas las va a cuidar muy bien, pero si la pongo 1 millón de gallinas ya no se puede. Todo es depende hacia dónde vayan enfocados. Si con esta finca de macadamia y café, un productor mediano va a tener de 1 a 3 caballerías. 3 caballerías no las va a manejar como maneja 10 o 20 más. Nosotros digamos en la empresa, esa es la finca de la empresa. Son 105 caballerías. Nuestra meta es llegar a más de 1000000 y medio de árboles, por ahí nos convertiríamos en los más grandes del mundo, no sólo de Guatemala y ahorita paramos con medio millón de árboles.

**Dulce Chacón:** Mira y una preguntita, ¿cómo es la conversión de caballería manzana a manzana metraje o algo a kilómetros?

**Ricardo Martínez:** Digamos que te los voy a hacer de las dos maneras. Una caballería es igual a 64 manzanas, pero también una caballería 45 hectáreas. Una hectárea son 10,000 m<sup>2</sup> y una manzana son 6987.3884 m<sup>2</sup>.

**Dulce Chacón:** Escuchaba eso de caballería y manzana y no sé qué, pero nunca había entendido.

**Francisco del Cid:** Ahorita yo me pierdo un poco en cuanto a tamaños y comparación. Tú estabas comentando que al lograr alcanzar cierta cantidad de siembra se convierte en el número uno, pero no es como país, sino es como productor.

**Ximena Chavarría:** Una pregunta para el desconchado, justo por ese tema de que la Concha y el kernel están muy cerca, ¿qué maquinaria usan?

**Ricardo Martínez:** Mire hay muchas formas para quebrarlas. Hay digamos que Australia está utilizando unas que las rebotaban. La máquina de los lanzados una pared y se abrían verdad. Nosotros utilizamos la excreción como de mordida y lo que hacen es que muerden la nuez y entonces es que logran quebrar la Concha sin quebrar el kernel. Siempre hay un porcentaje que se quiebra por completo.

**Francisco del Cid:** Como se tienen diferentes tamaños, lo vas haciendo por lote o batch.

**Ricardo Martínez:** Sí, correcto, aunque nosotros ahorita vamos a variar eso y lo vamos a poder meter todo junto, es un proceso donde nosotros podemos mezclar las 2 y la máquina es eficiente con los 2 tamaños. Pero siempre tiene que ir separado porque lo que hay que hacer es que hay que calibrar distinta las máquinas.

**Francisco del Cid:** Como cuando haces conteo de monedas que metes de a quetzal o de 25 centavos y las separa.

**Dulce Chacón:** ¿Y de dónde, de qué país son esas máquinas? ¿De dónde las han comprado? ¿En dónde has visto que son mejores?

**Ricardo Martínez:** Miren nosotros compramos mucha maquinaria en Sudáfrica, en China. Lo que vamos haciendo es que vamos a evaluando. Vamos ahorita vamos a comprar una nueva máquina que yo no la quiero comprar, porque vale 1.5 millones USD. Con estos precios tan bajo y los finqueros que no quieren trabajar, cómo voy a hacer para depreciarla.

Entonces, pero digamos que, si nosotros compramos esa máquina, nosotros estamos a la altura de una planta procesadora de cualquier parte del mundo, o sea, nadie va a estar mejor que nosotros, nadie. Entonces va a haber que comprarla.

**Dulce Chacón:** ¿De qué país es esa máquina?

**Ricardo Martínez:** Tenemos opciones de Canadá, tenemos opciones de Alemania, tenemos opciones de Suiza, tenemos opciones de Estados Unidos y entonces cada uno evalúa, pero digamos, Sudáfrica compró una de Alemania. Y de ahí hablamos con otros australianos, ellos compraron máquina canadiense. Los estadounidenses han comprado canadiense y han comprado estadounidense, pero usted tiene que evaluar su ambiente. Por darle un ejemplo, había una máquina muy, muy interesante, pero trabaja con gas natural y en Guatemala no existen gas natural. Entonces la tuvimos que declinar, pero la máquina se miraba, se miraba buena. Miren es una lata porque cuando el mercado se aprieta, como hay mucho cuando es un mercado de sobreoferta y no sobre demanda, sobre oferta, entonces él puede venir y decir tu macadamia, no la quiero. Porque está sucia, la tuya está muy chiquita, la suya, está bien, la voy a comprar. ¿Entonces, qué pasa? Que en estos momentos el mercado es muy exigente. Y entonces exigiendo un montón de cosas extras que antes no me exigía, y entonces esta máquina lo que sirve y es como para pasteurizar la nuez. Para ofrecer al mercado una nuez pasteurizada.

**Francisco del Cid:** ¿Hay una visión que el mercado vaya a mejorar? porque si estás pensando, por ejemplo,

**Ricardo Martínez:** Mire regularmente le voy a decir también qué es lo que pasa en estos casos, qué es lo que les está pasando a estos finqueros, verdad. En un mercado nuevo, todos estamos relativamente a la misma altura, verdad. Pero entonces pasan crisis como ésta y entonces aparece el mercado exigiendo mayor calidad, porque como tenemos una sobreoferta, entonces yo puedo exigir lo que a mí se me ocurra. Ofrece mayor calidad y entonces empiezan los que quieren mantenerse en el mercado. Empiezan a invertir, invertir, invertir. ¿Entonces qué quiero? Una máquina de 1500000 USD aquí está ¿qué quiero? una certificación GFCI, aquí está. Y los que no pueden invertir van para abajo, van para abajo, van para abajo. ¿Entonces qué pasa al salir de estas crisis? Ya no estamos todos iguales, sino que hay una separación inmensa entre el finquero y la empresa procesadora que logró llegar.

Aquí hay empresas en Guatemala que con la crisis desaparecieron. Había como unas 8 empresas que estamos comercializando macadamia y quedamos 2. Hay una tercera ahí, pero su nicho de mercado es específico. Y a mediano plazo es el nicho de mercado, se ve haciendo más pequeño entonces

**Dulce Chacón:** ¿Cuál es ese nicho de mercado?

**Ricardo Martínez:** Es China. Ellos están produciendo, entonces nosotros creemos bueno, hay que ver porque digamos que yo tuviera una bola de cristal y poder decir exactamente qué va a pasar. Pero estamos hablando de 1000, 500000000 de chinos 1000 500000000 de bocas que alimentar. Ellos sembraron 80 millones de árboles. De los cuales llegaron a producción y todo dicen que alrededor de 60 millones de árboles sembrados en el 2015 que para el 2025 va a tener una gran producción. Si la macadamia está alta de precio, la demanda no se estimula, porque usted va al supermercado y ve una manía que vale 3 quetzales y ve una macadamia que le vale Q45, ¿cuál va a agarrar?

Pero si entramos en una crisis donde la manía está a 5 quetzales y la macadamia está a 7 y usted sabe que la macadamia es años luz mejor que la manía, dice mejor me voy por la macadamia.

Entonces como estamos en esa fase, nosotros no sabemos si el mercado de China Le pareció atractivo el precio y el producto y se levantó la demanda. Si se levantó la demanda, aunque tenga los 60 millones de árboles en producción, la demanda va a seguir.

Si no se estimuló, la demanda se mantuvo y entran los 60 millones de árboles a producir. Entonces China va a decir, OK, yo sí estoy comiendo macadamia, si yo antes te pedía 10 contenedores al año que te voy a pedir, pero quiero 2.

**Dulce Chacón:** En el 2015 sembraron 80 millones de árboles.

**Francisco del Cid:** En los 2 lugares que fuimos a visitar yo vi cierta diferencia en el tiempo que tiene, digamos el árbol para empezar a producir, porque unos decían precisamente que, si eran como a los 10 años, y otros decían, puedo empezar a cosechar segundo o tercer año.

**Ricardo Martínez:** Lo que pasa es de que es distinto 10 años es para que se tenga un retorno económico. Y digamos que los primeros sensores pueden tener de 3 a 5 años, pero lo que le va a dar son 5 o 4 lb. A la madurez ahí se estabiliza que aquí en Guatemala estado estabilizado más o menos como en 45 libras/año por árbol. Entonces el primer año tira 3 lb, el segundo año tira 5 libras, tira 8 y para el décimo año ya está tirando 45 libras. Ahí la finca es económicamente rentable. Para lo demás no le pagan nada.

Digamos que da 3 libras por árbol, que usted tiene 190 árboles por hectárea o por manzana.

Estamos hablando de que serían 60 libras por manzana, vaya esas 60 lb le estoy hablando que el quintal está ahorita sin selección, a Q200. Eso valdría 110 costales para toda la manzana, y un saco de fertilizando cuesta Q200. Hasta después del 7mo año con producciones de más de 35 libras/árbol ya hay un retorno.

**Ximena Chavarría:** Y otra pregunta, con lo de la cosecha de la macadamia, ¿ustedes reciben al finquero ya la nuez con la cáscara verde en o en concha?

**Dulce Chacón:** En concha, ellos quitan la cáscara verdad en la finca.

**Francisco del Cid:** ¿Tu proceso de despochado en tu finca es el mismo proceso que usan en otros o cada uno se encarga de despochar?

**Ricardo Martínez:** El proceso es el mismo que es quitar la cáscara, hay unas fincas que lo tienen manual, otras fincas lo tienen con máquina. Nosotros lo tenemos con máquina, las fincas regularmente las que tienen con máquina aquí en Guatemala es como una llanta de hule, entonces va la llanta dando vuelta y cuando entra ahí, entonces el hule presiona y entonces le logra quitar la cáscara ya sale la Concha, nosotros no, nosotros tenemos unas de martillo. Esas de martillo lo que hacen es que hay que graduarlas y lo que va haciendo es que va pasando un gusano o un eje, y ese eje la va presionando. Si usted no la calibra bien entonces te empieza a quebrar y cuando la quiebra y está húmeda no sirve. Eso es una melcocha una que no sirve, entonces tiene que estar bien calibrado.

**Francisco del Cid:** Y digamos dentro del grupo que está trayéndote el producto. ¿Hay información sobre qué porcentaje lo hace manual?

**Ricardo Martínez:** El 99% lo hace con máquina ya.

**Francisco del Cid:** ¿No es un proceso que se puede mejorar para ellos?

**Ricardo Martínez:** No, yo he conocido 2 fincas que lo hacen manuales, hasta le tomé video al chavo una máquina para trabajar. Él es súper rápido, pero no se compara con una máquina y de ahí hay unos finqueros grandes que ellos sí tienen máquina como la de nosotros. Aquí en Guatemala habrá tal vez 7 finqueros grandes.

**Ximena Chavarría:** ¿La recolección de la macadamia es manual?

**Ricardo Martínez:** Sí, manual. En Sudáfrica y en Australia, es automatizado, pero como aquí es quebrado, entonces no podemos. Eso es de nuestras limitantes en Guatemala.

**Francisco del Cid:** De lo que los finqueros te traen, ¿Qué porcentaje de ellos recibe un precio menor?

**Ricardo Martínez:** El 80%, Debería mejorarse, pero llegamos independientemente de mejorar “Ah eso porque le conviene a usted”, no me conviene a mí. Existe esa resistencia y el problema es que...

**Francisco del Cid:** ¿Si crees que si hacen algo diferente ellos podrían ganar más?

**Ricardo Martínez:** Sí, ellos mejorarían bastante. Lo que lo que sí entendemos nosotros que ahorita con estos precios no pueden hacer mayor cosa, pero hace 3 años tuvieron 5 años seguidos que pudieron haber hecho de todo y mire increíble. Mira increíble. Tuvieron manejo a ellos, pero somos una sociedad que nos gusta aparentar lo que no tenemos. Entonces había gente que me decía “¿no me da un anticipo?”, está bueno porque teníamos el anticipo para poder comprar para adelante la cosecha. “¿Cuánto quiere?” “Q200,000” Está bien, en Disney.

Entonces eso se acabó y ellos no ven eso a futuro y hoy están enojados. Es que me tiene que subir, es que eso no lo pongo, yo lo pone en el mercado. Y hasta la fecha le digo el 98% de las personas ya entendió de que de que esto es un problema mundial y por eso es que se están haciendo todas estas cosas, pero usted conoce unos cuantos que todavía están “no esos, están quedando con todo el dinero” y nosotros estamos en un problema que yo le digo, si yo no estuviera en esta corporación ya hubiéramos tronado. ¿Qué pasó? Nosotros compramos en enero del 2022 a este precio y el mercado ya venía para abajo. Entonces estamos comprándonos entonces a 600 en febrero, a 550 en marzo a 500 y así nos fuimos, pero lo que yo compré en 600 lo fui a vender como que si yo lo hubiera comprado a 250. Y cuando yo le decía a mi jefe, mire, fíjese que los precios están así. Pero lo que nosotros buscamos como cualquier empresa normal para poder subsistir es un 20% de margen. Entonces yo compré 100 y tengo que vender a 120. Entonces le decía yo al ingeniero, mire ingeniero: lo más que puedo vender es a 80. Me decía que vendiera. pues vamos a perder, pero si usted no vende vamos a perder el 100, mejor perdamos 20 en vez de perder el 100 y quedamos como 80 y sacamos el inventario a pérdida.

**Francisco del Cid:** Esto es algo de lo que habíamos estado hablando con la señora Flor de María Gámez ¿Su mano de obra para poder hacer todo el proceso y llevarlo hasta aquí a flote está llegando casi a al precio en el que se iguala el costo verdad?

**Ricardo Martínez:** Los cálculos que nosotros tenemos porque digamos, que aquí en la empresa yo tuve que despedir a la mitad de la empresa. Yo tenía cargo 130 personas y llegué a tener 60. A mí me gusta porque es parte de mi forma de ser, en mi forma de trabajar, es despedirlos yo y decirles, mira, estamos en una crisis. Yo tengo que hacer esto y entonces decidí quedarme con este grupo,

todos ustedes. Entonces me tocaba a mí esperar a la gente, se me ponía a llorar y porque puedo hacer verdad. Hay gente que, digamos tenía dos buenísimos, que lo que tuve que hacer es quedarme con el más activo por antigüedad. Pero otra buenísimo, entonces le busqué el trabajo aquí mismo dentro de la corporación y hablaron con otros gerentes y miradas y tienes ahí una plaza. Mirar esta chava es buenísima, este chavo es buenísimo, pero no lo puedo hacer con todos. Entonces me tocó despedir a la mitad de la gente. Entonces llegamos a un punto de aquí, es lo que yo necesito para trabajar, Aquí es lo que su presupuesto le da para trabajar.

Ellos tienen que hacer, es lo siguiente: yo lo que creo es que este año el precio va a estar alrededor de 275 quetzales, como les digo yo no tengo una bola de cristal, puede ser que esto suba hasta 325 o puede ser que esto se quede en 250. No lo sé, pero por lo que he visto el mercado deberíamos estar más o menos aquí. El costo de producción de ellos debería estar entre 200 y 250. Ah, es que con eso no puedo hacer nada, gástese los 500 pero vayan a perder, Señor entienda. Y si usted está aquí, se gana 75 quetzales por quintal. Hagamos  $75/200$ , 37.5% Ese va a ser su margen de ganancia. ¿Qué producto le da eso de ganancia?

**Dulce Chacón:** En Guatemala, nada.

**Ricardo Martínez:** Pero se tiene que apegar a eso, vaya ahora, ahora 25 sobre 250. 10%, venimos de años donde perdían 25%. Este año ya hay esperanzas de que por lo menos ganen un 10%, pero ellos llegaron a tener precios de 850 por quintal y costos de producción de 200 tenían 400% de ganancia.

**Dulce Chacón:** Ellos se tienen que meter mucho a costos. Es que yo les di clase de costos.

**Ricardo Martínez:** Se tiene que meter Acosta es que mime usted es increíble, pero, pero la gente gasta por gastar y hace lo siguiente. Es que fíjate que en cultivos lo necesita, hay que echarle 2 veces en fertilizante, pero, pero si usted lo analiza así:

Esto es su cuenta bancaria y aquí tiene 100000 quetzales y entonces viene este primer año y perdió 25000 y se quedó con 75000 pesares. El siguiente año perdió. ¿Hay un momento en que esa cuenta se va a vaciar y de dónde va a sacar usted para financiarse? ¿Entonces qué tiene que hacer?

En tiempo de crisis sobrevivir, porque aquí también aquí también se juega otra cosa, que, si usted abandona una finca, es mucho más caro levantar. Que venir y decir digamos, tengo un cliente que me dijo, miré, yo perdí 300000 quetzales el año pasado y este año no vuelvo a perder. ¿Prefiero que se quede ahí tirado o qué?

Vamos a hacer un ejemplo. Usted necesita 1 millón de quetzales, para hacer funcionar su finca. Y perdió 300000, quiere decir que la macadamia le pagó 700000 quetzales de su costo fijo. Abandone y esos 700000 va a tener usted. Entonces usted abandona y eso se le vuelve un bosque. Entonces lo que tiene que ellos mentalizarse es ver cuáles son mis costos fijos. Mis costos fijos son 200 quetzales, aquí me quedo. O le quiero echar un poquito más, una abonada más y todo entonces lo

voy a subir a 225. Y estos 275 voy a tener 50 quetzales de ganancia por quintal, ha de ser 18 o 20%.

**Francisco del Cid:** ¿Esos 200 o 250, es lo que ellos con la forma de hacerlo tendrían este costo? ¿o deberían de estar allí y probablemente tengan costos más altos por esa falta de control?

**Ricardo Martínez:** Yo tengo finca para enviar de mi mamá y cuando yo la administraba y yo le mostraba los números al dueño de la empresa es interesante. ¿Y dónde está su sueldo ahí? O sea que usted trabaja gratis, ¿no quiere trabajar gratis aquí? Pague esos sueldos ustedes, digamos, son eficaces, tiene un montón de costos escondidos, es que tengo que ir a la finca. ¿Le eché 300 quetzales de combustible, pero si a mí me mandan una comisión, yo pido mis viáticos, cobre eso, entonces qué hacen? Ellos dicen no, sí estoy en 200 en 200 estoy, pero de esa misma cuenta le pagan a la empleada de la casa comestible, hacen servicio del carro y muchas cosas más. Entonces ellos tienen que aprender a ver a la finca como una empresa, no como una finca.

Existen cursos en anacafé donde le dicen lo más básico, cree 2 cuentas a su nombre, 2 cuentas y en una cuenta mete todo lo de la finca y si usted en la finca paga su empleada está bueno, pero eso son sus dividendos de fin de año, lo traslada a su cuenta personal. Eso es lo que tienen que aprender a ver.

**Francisco del Cid:** En tu finca, ¿Cuál es el costo estimado de esa parte? Porque esos 200 es hasta donde se flota la macadamia.

**Ricardo Martínez:** Sí, esto es hasta donde se flota acá eso, pues entonces aquí nosotros hemos identificado 3: 200, 225 y 250. En general para ellos 200 una finca pequeña, una finca pequeña donde el mismo dueño de la finca es el que paga planilla, que es el que va a pagar su planilla de la SAT y el mismo es el que hace todo. Esta de 225 es una finca que ya tiene su movimiento más formal y que él no es el representante ante la SAT, sino que le paga a un contador o un auditor externo que esos auditores lo que hacen o contadores lo que hacen es que agarra a 10 empresas y les están llegando a la papelería, a la SAT de esas empresas y todo le pagan a él para que este trabajo y este seríamos nosotros. Por último, una empresa formal donde tenemos un gerente de producción agrícola, tenemos un departamento de auditoría robusto detrás de nosotros, departamento de contabilidad y le digo, hay 7 en fincas que deberían estar en este rango.

**Francisco del Cid:** O sea que, no por tener el proceso más tecnificado es que tengas costos más bajos.

**Ricardo Martínez:** No. Nosotros tenemos costos más altos que ellos.

**Dulce Chacón:** Siempre que se vuelve más formal, más organizado, los costos tienden a ser más altos, tiene más volumen. Imagino yo un poquito más de ganancia de lo que tendría el de 200.

**Ricardo Martínez:** Es que todo eso por darles un ejemplo, yo tengo nosotros tenemos 350,000 árboles sembrados produciendo. Tengo un compañero o amigo que tendría tal vez 50,000. Y él intentó hacer una estructura como la nuestra y no pudo porque no tenía suficientes libras para

diluir. Él como dueño de la finca quería ganar lo que gana nuestro gerente de producción agrícola. Por darles un ejemplo, que el gerente de producción agrícola gane 50,000 quetzales. No es lo mismo diluirlo entre 350000 árboles que entre 50000 árboles, entonces cuando lo estaba ayudando, le decía, usted le sale muy caro la empresa. Yo fuera usted, yo lo hubiera despedido. Usted nomás que pueda ganar 18 o 20000.

**Francisco del Cid:** ¿Ellos cómo están organizados? Voy a ese punto, Podríamos buscar alguna manera de ¿Agexport qué es lo que tiene o cómo están constituidos?

**Ricardo Martínez:** Asomac para tratar de hacer algún vínculo internacional, entonces se metió a Agexport y la única manera trabajar en Agexport es a través del Comité Técnico del cultivo. Este sería el comité de macadamieros. Nosotros como Asomac, no podemos entrar, porque para eso está el comité. Asomac, lo único que está haciendo es haciendo toda la papelería para que se pueda meter. Pero para meterse hay que pagar entonces de 100 macadamieros hay 8 dispuestos a pagar y entonces ellos son los que van a conformar el Comité Técnico de Agexport: los que quieran pagar.

**Francisco del Cid:** O sea que, ¿hoy en día no están en Agexport?

**Ricardo Martínez:** No, estamos empezando a hacer la conexión con Llanos ahorita ya me preguntaron a mí si yo quiero ser parte de la del Comité Técnico de macadamia. Nosotros ya somos parte del comité de alimentos y bebidas de Agexport. Entonces, como yo ya soy parte de ese comité, yo no tengo que pagar otra mensualidad, sino que sólo me cobran como un fee extra, y nosotros también somos parte del Comité Técnico de miel y el comité de alimentos y bebidas. Ahora seríamos del de macadamia.

**Francisco del Cid:** ¿Actualmente alguno de esos comités existentes que está como que albergando o está apoyando la macadamia?

**Ricardo Martínez:** Sí, hay digamos que lo que hicieron fue como como agrupar y entonces digamos el área de comités le delegó a una persona que es mira bien porque es el mismo que mira miel y que mira cacao y que va bien macadamia. Entonces esa persona sé que nos está ayudando ahí en nosotros, pero hasta donde yo sé no hay nadie actualmente que haya pagado y que haya formado y aparte el Comité Técnico de macadamia.

**Francisco del Cid:** ¿Y dentro de todos estos productores, crees que habría alguna posibilidad de diluir algunos costos fijos si ellos centralizarán cierta parte de su producción o por el tamaño que ellos tienen?

**Ricardo Martínez:** Mira lo que pasa es que en los años 80 hubo una asociación que se llamaba Nueces del pacífico. Y estaba agrupada por varios productores. Es bien difícil porque esto es dinero. Entonces les voy a decir qué es lo que pasó aquí en este momento. Usted tiene aquí A 5 finquero. Y crean aquí una empresa comercializadora que se va a llamar UVG. Entonces vienen empiezan a entregar su producto aquí. Pero éste procesa 100 y éste procesa 5. Entonces, si todos contribuyen igual el de 5 está inconforme porque le dice, pero el de 5 está contento por qué está

pagando gracia. Este está pagando más que ése entonces viene y le dicen no, pero es que mira, pues yo sólo a puerto 5 se aporta 100, entonces vos debes tener 95 costo más que yo. Allí no estoy conforme. Todos entregaban en el mismo lugar. Y esta área se quedó sin poder invertir sin poder mejorar maquinaria, comprar maquinaria nueva. ¿Entonces esta área debe tener un margen y tiene que tener un gerente y ese gerente, hay que pagarle y quién le va a pagar esto de aquí? Entonces este le va a tener que pagar más y este de lo que le paga este y este entonces lo que pasó en esos entonces fue de que vino la crisis.

Cada quien, para su casa, el cada quien agarró lo que pudo y la inversión se cayó y ya ahí te ves. Esto es bien difícil llevarlo a nivel de digamos, la asociación no lo puede llevar, sino que tendría que ser como una, como una cooperativa entre productores. Pero esos roces, si el gerente de producción agrícola de aquí estoy ocurriendo en la U, tengo más de 25 años de conocerlo. Casi que padrino de mi hijo y yo, padrino de su hijo y nos peleamos. Porque es que esto ya es el área profesional. Yo tengo, creo que a mi pedazo tengo que jugar, dije él y mira es que aquí me está esperando con esos precios, pues es lo que te puedo pagar, ni modo que yo voy a perder por estarte manteniendo a vos sí, pero por lo que a vos me pagas, entonces yo pierdo precio y mercado humano, entonces imagínense aquí.

**Francisco del Cid:** ¿Esta no sería, no sería un modelo, no sería una estrategia viable para vos, digamos, si uno pensara en propuestas para ellos?

**Ricardo Martínez:** Sí y ellos tienen que definir bien todo tienen que definir bien todo, porque recuérdense de que aquí. Eso traga dinero, digamos que este soy yo aquí en la empresa. Nosotros tragamos dinero. ¿Entonces, quién nos va a pagar?

Solo con tal vez un ejemplo ahorita para ser socio se pagan Q50 mensuales de Asomac. Sin pensar que un es finquero. Que lo pasáramos, a Q100 mensuales, íbamos a duplicar el ingreso para poder hacer algo mejor. Automáticamente fue un no. Dijeron que mejor se salían.

**Francisco del Cid:** O sea, porque al momento yo no sé si hasta ahí llega el alcance del trabajo y Ximena porque tiene que proponer estrategias.

**Dulce Chacón:** Ella más que todo lo está viendo en propuesta de procesos. Estrategias en empresas quiera que no también se le limitó porque si no, no se puede terminar. El objetivo es procesos y productos. Podría mencionar algunas estrategias de alianza, pero no lo va a ver.

**Francisco del Cid:** ¿Y esa propuesta de capacitaciones en cuanto al tema de costos con una recomendación?

**Dulce Chacón:** Sí, siempre y cuando vaya relacionada a procesos. Sí lo puede hacer capacitación, ahí sí podría porque lo está relacionando el proceso, pero si se mete, si se mete a estrategias empresariales o estrategias de asociaciones, comités ahí ya no. Ahí ya nos estamos extendiendo mucho y no va a terminar. Se le limita para terminar en un año.

## 11.2 Test cards de prototipado

En el siguiente anexo se muestran las tarjetas de prueba que se utilizaron para validar las hipótesis en la etapa de desarrollo de producto de harina de macadamia.

**Figura 105.** Test Cards de prototipo 1

### Anexo 2. Tarjetas de prueba de prototipado

#### Test Card 1

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Ximena Chavarría                  | 8 de agosto |
| Producción de harina de macadamia | 2 semanas   |

**PASO 1: HIPÓTESIS**  
**creemos que**

La fabricación de harina de macadamia es viable y factible para aprovechar su potencial de cultivo en Guatemala.

**PASO 2: TEST**  
**para verificarlo, haremos**

Vamos a hacer un prototipo con procesos de producción propuestos y la maquinaria necesaria.

**PASO 3: MÉTRICA**  
**Y medir**

El sabor, consistencia, tiempo de producción, formulación y presentación.

**PASO 4: CRITERIA**  
**Estamos seguros si**

A través de la degustación de muestras y recolección de datos en una encuesta. Usaremos este feedback para iterar sobre este prototipo.

#### Learning Card 1

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Ximena Chavarría                  | 8 de agosto |
| Producción de harina de macadamia |             |

**PASO 1: HIPÓTESIS**  
**creíamos que**

La fabricación de harina de macadamia es viable y factible para aprovechar su potencial de cultivo en Guatemala.

**PASO 2: OBSERVACIÓN**  
**Observamos**

A la gran mayoría de los encuestados les gustó el sabor de la galleta con harina de macadamia. La consistencia es la que necesita una mejora. En el segundo prototipo mejoró la consistencia. Fue necesario agregar más ingredientes secos.

**PASO 3: APRENDIZAJES E INSIGHTS**  
**Con eso aprendimos que**

Logramos producir 5lb de harina de macadamia y hornear alrededor de 30 galletas. Aprendimos que agregar otros ingredientes para absorber la humedad de la macadamia mejora considerablemente la consistencia de la galleta.

**PASO 4: DECISIONES Y ACCIONES**  
**Por lo tanto, nosotros**

Realizar el siguiente prototipo incorporando un porcentaje de harinas alternativas, agregando más ingredientes secos y alargando el tiempo de cocción para un acabado más uniforme en la textura de la galleta.

**Figura 106.** Test Cards de Prototipado 2

#### Test Card 1

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Ximena Chavarría                  | 8 de agosto |
| Producción de harina de macadamia | 2 semanas   |

**PASO 1: HIPÓTESIS**  
**creemos que**

Se puede mejorar la textura y consistencia de las galletas de macadamia.

**PASO 2: TEST**  
**para verificarlo, haremos**

Realizar un segundo prototipo incorporando más ingredientes secos (maíz) y frutas para hidratar la galleta.

**PASO 3: MÉTRICA**  
**Y medir**

El sabor, consistencia, tiempo de producción, formulación y presentación.

**PASO 4: CRITERIA**  
**Estamos seguros si**

A través de la degustación de muestras y recolección de datos en una encuesta. Usaremos este feedback para iterar sobre este prototipo.

#### Learning Card 1

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Ximena Chavarría                  | 8 de agosto |
| Producción de harina de macadamia |             |

**PASO 1: HIPÓTESIS**  
**creíamos que**

Se puede mejorar la textura y consistencia de las galletas de macadamia.

**PASO 2: OBSERVACIÓN**  
**Observamos**

La consistencia mejoró considerablemente al agregar ingredientes secos y diferentes frutas. El tiempo de cocción aumentado también contribuyó a una galleta horneada de manera más uniforme.

**PASO 3: APRENDIZAJES E INSIGHTS**  
**Con eso aprendimos que**

Se hornearon 19 galletas en total, Segmentadas en tres grupos, según la fruta que se incorporó en la mezcla. Se realizaron 5 galletas de arándanos, 6 de manzana y 8 de banano.

**PASO 4: DECISIONES Y ACCIONES**  
**Por lo tanto, nosotros**

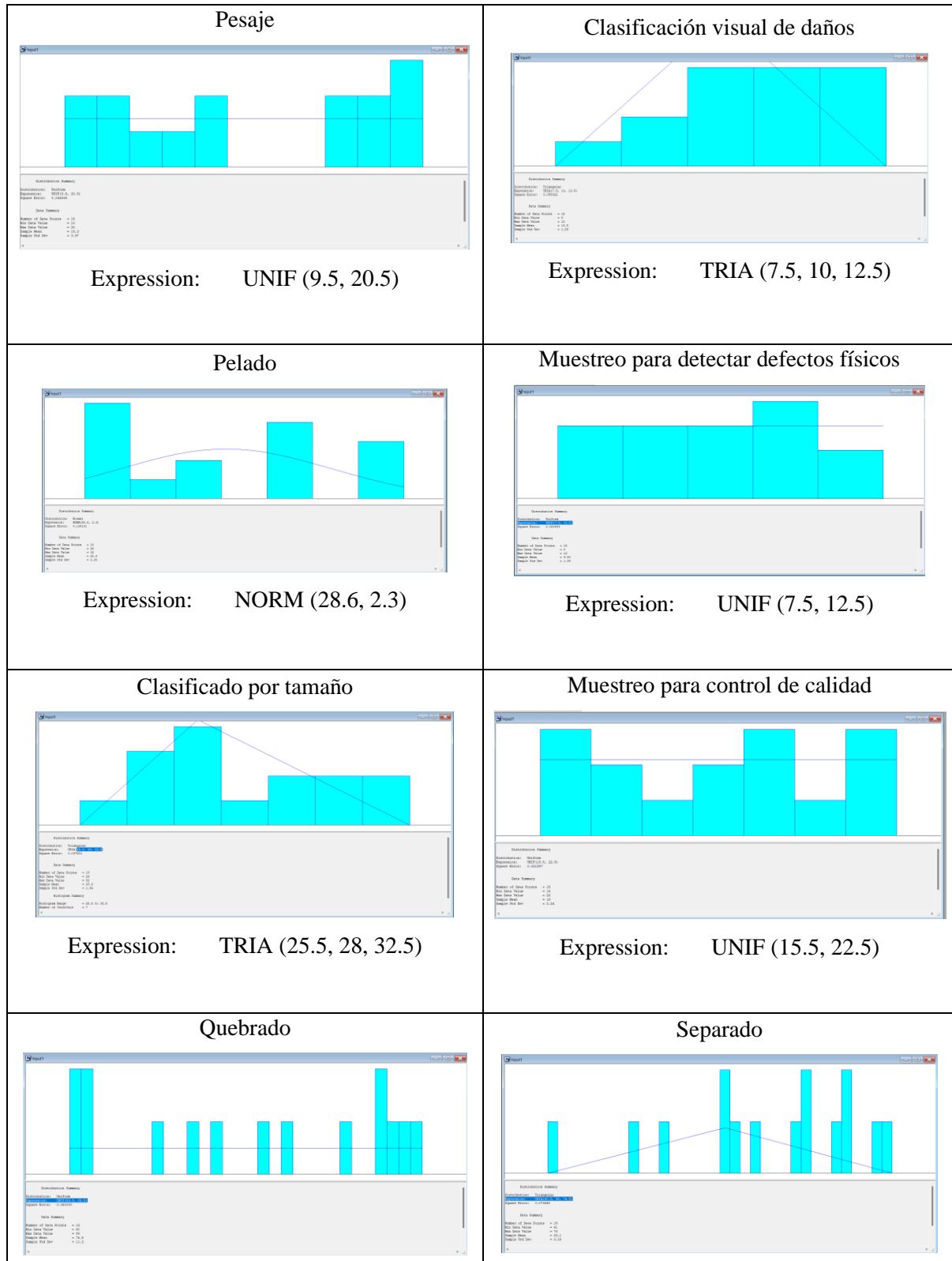
Realizar el siguiente prototipo de la misma manera, doblando la cantidad de ingredientes para presentar en la Feria Regional de Innovación y obtener más feedback.

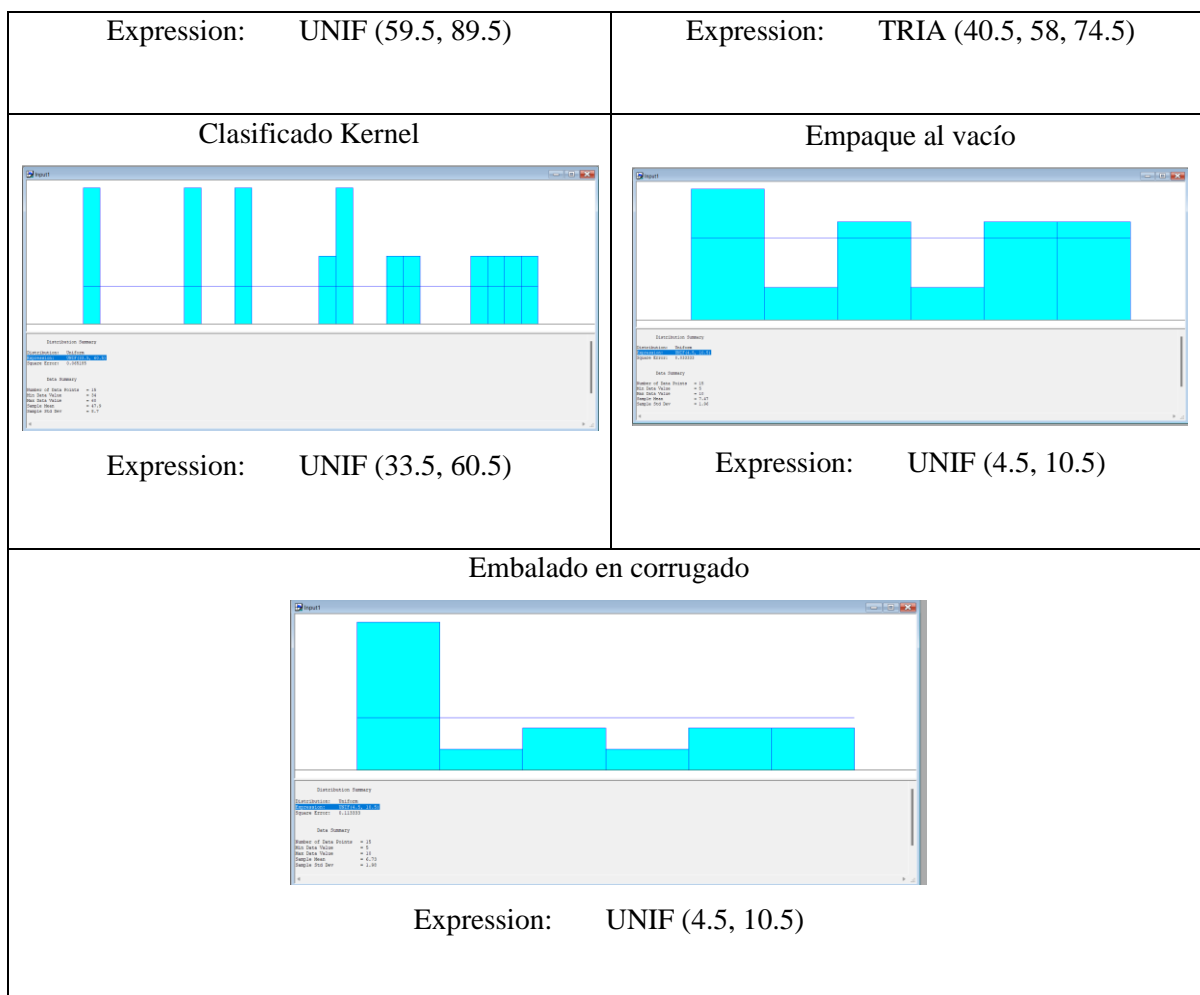
*Nota. Elaboración propia*

### 11.3 Distribuciones estadísticas de simulación

En el siguiente anexo se muestran las distribuciones estadísticas utilizadas en la simulación.

#### Anexo 3. Distribuciones estadísticas de simulación





*Nota. Elaboración propia*

#### 11.4 Bitácora de visita a finca Helvetia

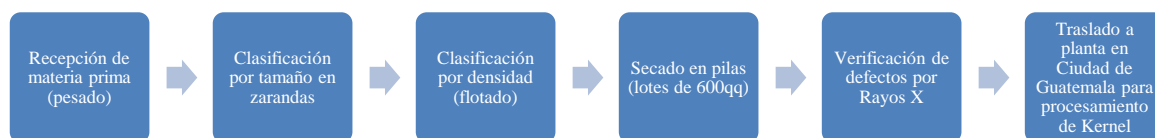
##### **Anexo 4. Bitácora de visita a finca Helvetia**

En el siguiente anexo se detallan los puntos importantes de la visita a la finca Helvetia, en El palmar, Quetzaltenango, realizada el 22 de agosto de 2024.

**Bitácora de Visita a Finca Helvetia: El Palmar, Quetzaltenango**  
 Fecha: 22/08/2024  
 Elevación: 876 msnm  
 Extensión: 110 caballerías

En esta visita, se recorrió la planta de producción que actualmente está en funcionamiento para la nuez de macadamia. La finca cuenta con la certificación GFSI (Global Food Safety Initiative). Esta certificación busca garantizar la seguridad de los alimentos, ya que es de alta importancia dentro de la cadena de suministro alimentaria. El gerente, Ricardo Martínez nos dio un recorrido a través de toda la planta de producción. El primer paso es la recepción de la materia prima, la cual proviene de distintas fincas cercanas. Tanto a la finca propia como las demás, se le compra el quintal de macadamia al mismo precio. Son selectivos con el tamaño, la nuez que es muy pequeña (<18mm) y no pasa el primer filtro, se desecha para quemarla. Por esta nuez, no se le paga al proveedor. Se estima que el 25% de la nuez que se procesa es producida en la finca propia. El restante 75%, se compra a otras fincas. Para la marca Hawaiian Crunch, la calidad se mide en función del kernel entero, ya que esta es la presentación que preserva al máximo las propiedades nutritivas de la macadamia. Esta finca tiene un acceso asfaltado en donde pueden entrar camiones de hasta 40 pies. La empresa Alimentos Selectos está trasladando toda su operación de transformación de la macadamia a esta finca, debido a que el metro cuadrado en la ciudad se ha vuelto muy caro. Cabe mencionar que la recepción de materia prima es ya despochada, la cual los finqueros realizan con máquina despochadora con llanta.

Por ahora, el proceso es el siguiente:



La finca Helvetia actualmente procesa alrededor de 4,500 quintales de macadamia al año, con 2 turnos de operación de 8 horas cada uno, a diario. Es importante mencionar que

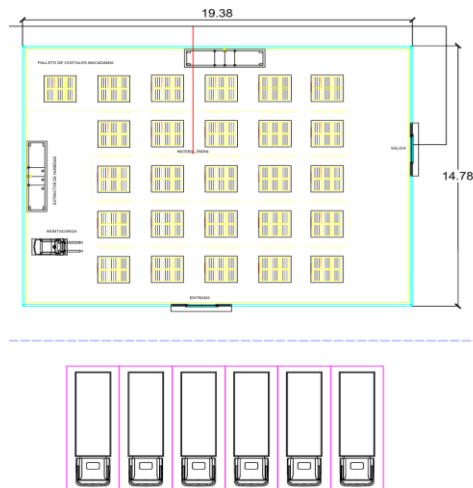
tienen dos variedades de macadamia plantadas, la HAES 580 y 333. El 90% de la plantación es de la variedad 333.

### 11.5 Layout de planta

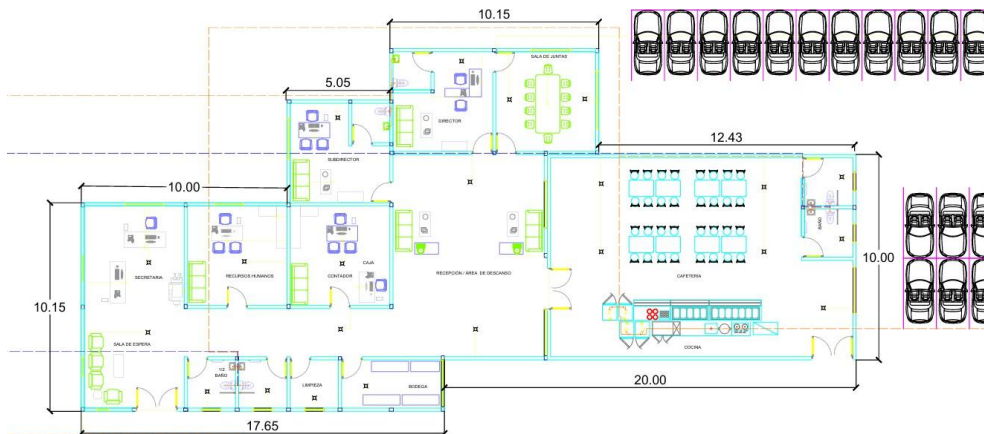
El siguiente anexo divide las diferentes áreas de la planta de producción de harina de macadamia, permitiendo una mejor visualización de cada una.

**Figura 107.** *Layout del Área administrativa*

#### Anexo 5. Layout de planta

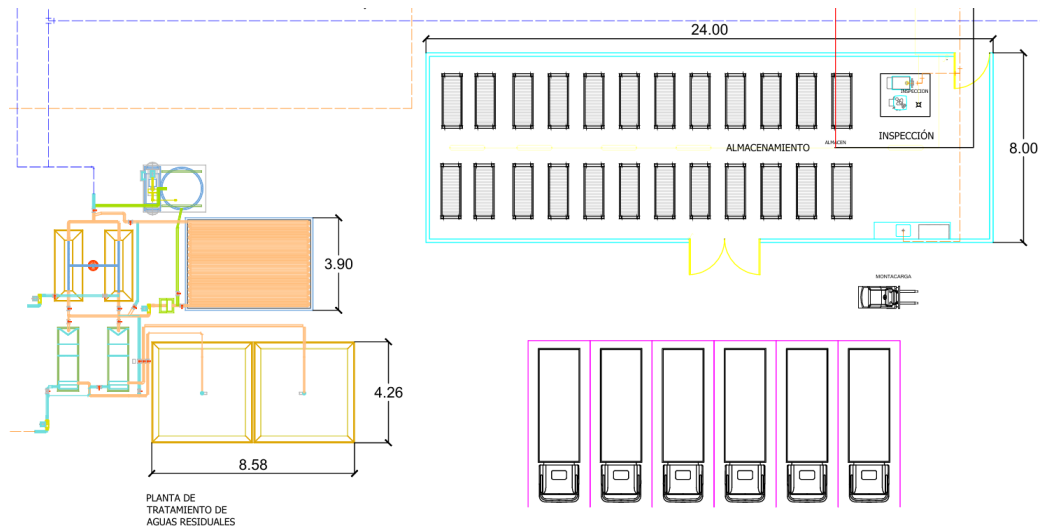


**Figura 108.** *Layout del área de recepción de materia prima*



*Nota. Elaboración propia*







**Figura 109.** Layout del área de almacenamiento



## 11.6 Fotografías de visitas a fincas

En el siguiente anexo, se muestran fotografías de las visitas realizadas a las distintas fincas productoras de macadamia durante el año 2024 para realizar esta investigación.

## Anexo 6. Fotografías de visitas a fincas

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p><b>Figura 110.</b> <i>Visita a Finca La Giralda</i></p>     | <p><b>Figura 111.</b> Aspecto físico de las flores de macadamia</p>  | <p><b>Figura 112.</b> <i>Visita a Finca Valhalla</i></p>  |
| <p><b>Figura 113.</b> <i>Visita a Alimentos Selectos</i></p>  | <p><b>Figura 114.</b> <i>Visita a Alianza S.A.</i></p>             | <p><b>Figura 115.</b> <i>Proceso de pelado</i></p>       |

### 11.7 Primer boletín trimestral ASPIRE

El siguiente anexo contiene el primer boletín trimestral de ASPIRE con los avances del proyecto.

### Anexo 7. Primer boletín trimestral ASPIRE.

#### **Continúan investigaciones para potenciar al Sector de Macadamia**

24 mayo, 2024

En el marco del Proyecto Alianzas Sostenibles para la Innovación, Investigación y Emprendimiento (ASPIRE), se lleva a cabo una ayuda de investigación destinada a potenciar el sector y la cadena de valor de la macadamia en Guatemala. Este proyecto busca identificar las oportunidades y retos que permitan mejorar los procesos productivos, analizar los precios del mercado, evaluar las plantaciones, incrementar la producción local y realizar un mapeo detallado del sector.

El Proyecto ASPIRE es una iniciativa conjunta implementada por el **Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)**, **Universidad del Valle de Guatemala (UVG)**, Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT) y financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (**USAID**). De esa cuenta, el proyecto busca promover las investigaciones enfocadas a las cadenas de valor, a través de los proyectos de graduación de los estudiantes de la UVG, por lo que esta investigación la realiza una estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, con apoyo de ASPIRE y AGEXPORT quienes facilitan la vinculación entre las empresas de la cadena de valor de la macadamia.

El objetivo principal de esta investigación es proporcionar un análisis que permita mejorar la **competitividad y sostenibilidad de la producción de macadamia en Guatemala**. Entre los aspectos clave que se están investigando se incluyen:

- Mejora de procesos productivos: Identificación de técnicas y prácticas que optimicen la producción de macadamia, desde la siembra hasta la cosecha.
- Evaluación de precios: Análisis del comportamiento de los precios de la macadamia en el mercado global, con el fin de desarrollar estrategias que beneficien a los productores locales.
- Evaluación de plantaciones: Estudio de las plantaciones existentes para determinar su estado actual y potencial de mejora.
- Incremento de la producción local: Identificación de métodos para aumentar la producción de macadamia en Guatemala, garantizando la sostenibilidad y calidad del producto.
- Mapeo del sector: Desarrollo de un mapeo de la cadena de valor de la macadamia, identificando las principales áreas de producción, procesamiento y exportación.

*“Lo más importante de esta investigación que estoy realizando es que puedo poner en práctica los conocimientos que he adquirido durante mi carrera, y así brindar un valor agregado al sector de la macadamia. Tengo la certeza que este producto tiene un potencial muy grande y debe ser aprovechado. Se espera poder culminar la investigación en un tiempo de 10 meses”, resaltó Ximena Chavarría, estudiante a cargo de la investigación de macadamia de la UVG.*

**Beneficio para el Sector de Macadamia**

Con el apoyo de USAID y la colaboración entre UVG, MIT y AGEXPORT, el proyecto ASPIRE se perfila como una iniciativa transformadora que podría establecer nuevos estándares para la producción y comercialización de macadamia, beneficiando a productores y consumidores.

“Estas iniciativas, como el Proyecto ASPIRE, benefician tanto a los estudiantes como a las cadenas de valor, ya que la vinculación colaborativa permite trabajar en búsqueda de una mejora continua y amplía la visión de los actores involucrados. En el caso de los estudiantes permite ver la realidad del mercado actual y para las empresas y productores brinda un acercamiento con la academia que potencializa sus procesos con el objetivo de contribuir a la competitividad y sostenibilidad de sus productos”, indicó Dulce Chacón, Asesora de proyecto de graduación de macadamia por parte de UVG.

El Proyecto ASPIRE continuará trabajando de forma colaborativa con AGEXPORT para poder vincular proyectos, siendo esto una muestra clara de la relevancia que tiene la vinculación entre el sector académico y privado para alcanzar el desarrollo económico y social del país de forma sostenible.

Redacción: Enrique Padilla, Especialista en Visibilidad de la Dirección de Alianzas para el Desarrollo de AGEXPORT.

## 11.8 Segundo Boletín trimestral de ASPIRE

El siguiente anexo contiene el segundo boletín trimestral de ASPIRE con los avances del proyecto.

### **Anexo 8. Segundo boletín trimestral ASPIRE**

CONTINÚAN INVESTIGACIONES PARA POTENCIAR AL SECTOR DE  
MACADAMIA

Fecha: junio 25, 2024

Por: Bianca Contreras

En el marco del Proyecto Alianzas Sostenibles para la Innovación, Investigación y Emprendimiento (ASPIRE), se lleva a cabo una ayuda de investigación destinada a potenciar el sector y la cadena de valor de la macadamia en Guatemala. Este proyecto busca identificar las oportunidades y retos que permitan mejorar los procesos productivos, analizar los precios del mercado, evaluar las plantaciones, incrementar la producción local y realizar un mapeo detallado del sector.

El Proyecto ASPIRE es una iniciativa conjunta implementada por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT) y financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). De esa cuenta, el proyecto busca promover las investigaciones enfocadas a las cadenas de valor, a través de los proyectos de graduación de los estudiantes de la UVG, por lo que esta investigación la realiza una estudiante de la carrera de Ingeniera Industrial, con apoyo de ASPIRE y AGEXPORT quienes facilitan la vinculación entre las empresas de la cadena de valor de la macadamia. El objetivo principal de esta investigación es proporcionar un análisis que permita mejorar la competitividad y sostenibilidad de la producción de macadamia en Guatemala. Entre los aspectos clave que se están investigando se incluyen:

**Mejora de procesos productivos:** Identificación de técnicas y prácticas que optimicen la producción de macadamia, desde la siembra hasta la cosecha.

**Evaluación de precios:** Análisis del comportamiento de los precios de la macadamia en el mercado global, con el fin de desarrollar estrategias que beneficien a los productores locales.

**Evaluación de plantaciones:** Estudio de las plantaciones existentes para determinar su estado actual y potencial de mejora.

**Incremento de la producción local:** Identificación de métodos para aumentar la producción de macadamia en Guatemala, garantizando la sostenibilidad y calidad del producto.

**Mapeo del sector:** Desarrollo de un mapeo de la cadena de valor de la macadamia, identificando las principales áreas de producción, procesamiento y exportación.

“Lo más importante de esta investigación que estoy realizando es que puedo poner en práctica los conocimientos que he adquirido durante mi carrera, y así brindar un valor

agregado al sector de la macadamia. Tengo la certeza que este producto tiene un potencial muy grande y debe ser aprovechado. Se espera poder culminar la investigación en un tiempo de 10 meses”, resaltó Ximena Chavarría, estudiante a cargo de la investigación de macadamia de la UVG.

### **Beneficio para el Sector de Macadamia**

Con el apoyo de USAID y la colaboración entre UVG, MIT y AGEXPORT, el proyecto ASPIRE se perfila como una iniciativa transformadora que podría establecer nuevos estándares para la producción y comercialización de macadamia, beneficiando a productores y consumidores.

“Estas iniciativas, como el Proyecto ASPIRE, benefician tanto a los estudiantes como a las cadenas de valor, ya que la vinculación colaborativa permite trabajar en búsqueda de una mejora continua y amplía la visión de los actores involucrados. En el caso de los estudiantes permite ver la realidad del mercado actual y para las empresas y productores brinda un acercamiento con la academia que potencializa sus procesos con el objetivo de contribuir a la competitividad y sostenibilidad de sus productos”, indicó Dulce Chacón, Asesora de proyecto de graduación de macadamia por parte de UVG.

El Proyecto ASPIRE continuará trabajando de forma colaborativa con AGEXPORT para poder vincular proyectos, siendo esto una muestra clara de la relevancia que tiene la vinculación entre el sector académico y privado para alcanzar el desarrollo económico y social del país de forma sostenible.

### **Sobre ASPIRE**

Alianzas Sostenibles para la Innovación, Investigación y Emprendimiento (ASPIRE) es un proyecto de cinco años y US

\$15 millones de dólares, financiado por USAID e implementado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT) con el objetivo de crear un modelo replicable de clase mundial sobre cómo las universidades y sus colaboraciones con el sector privado, gobierno y comunidades locales, pueden responder a las necesidades locales y regionales de desarrollo. El proyecto pone en práctica un enfoque de colaboración, basado en la experiencia de MIT en el ecosistema de la innovación.

Artículo original de AGEXPORT Hoy:

<https://agexporthoy.export.com.gt/agexport/macadamia-62135/>



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE



**UVG** | UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA



Información brindada por ASOMAC

Estimados Señores

Proyecto Aspire

Es un gusto responder las preguntas solicitadas a la Asociación Nacional de Macadamia.

1. Los procesos de fincas son:

- Recolección Manual
- Despochado puede ser manual o con maquinaria.
- Selección manual de defectos.
- Flotado para eliminación de defectos
- Pesaje por 1 quintal cada saco
- Entrega en finca a exportadores

2. Los Procesos en la recepción de exportadoras:

- Recepción y pesaje
- Muestreo de calidad a cada saco
- envío de muestras a laboratorio de calidad
- Flotado de nuez recibida
- Traslado a tanques de secado
- Selección visual de defectos
- Paso a quebradoras donde pasa de Nis (producto en concha)
- Recepción de kernel (nuez sin concha)
- Selección visual de defectos
- Separación por medio de zarandas de diferentes tamaños y nueces enteras

- Paso a pasteurización
- Empacado al vacío en triple laminado por calidad y tamaño.
- Empacada en cajas para su conservación en frío
- Todos los procesos llevan controles de calidad microbiológicos, determinación de rancidez por parte de los encargados de control de calidad.

Con relación a los precios los productores vendemos en el mercado local a la fecha 1 de junio 2024. Se está pagando, dependiendo del volumen y calidad desde Q. 250.00 a 350.00 por quintal de Nis con humedad menor a 25% puesto en fincas.

El listado de las fincas no tengo autorizado compartirlo, pero le puedo indicar que son 8 grandes productores, 63 medianos productores y alrededor de 400 pequeños productores. Consideramos que el 90% de la producción se exporta, son más de 13,000 hectáreas sembradas y aproximadamente 3 millones de árboles en producción.

Los compradores de macadamia para el mercado nacional son pequeños grupos de mercado informal, que con la baja de los precios han dejado de comprar en su mayoría, si Usted necesita comprar macadamia quebrada deberá acudir a las 2 empresas principales que quiebran la macadamia, ellos comercializan a empresas de repostería y hay pequeños emprendimientos de venta al consumidor, pero en un porcentaje bajo.

### 3. Existen 3 grandes exportadores de Macadamia en Guatemala.

- Swiss Gourmet es una empresa suiza con sede en Hong Kong su gerente en Guatemala es el Ing. Ronal Velásquez tienen 20 años de comprar macadamia en Guatemala, ellos se dedican al segmento de exportación en NIS y su principal destino China,
- Inguamasa es el pionero de la macadamia en Guatemala ellos iniciaron como productores y exportan desde los años 70. Tienen muchísima experiencia en la comercialización de Macadamia, buscan innovación en sus plantas de quebrado, y en sus áreas de producción agrícola. Tienen ventas a China y

otros destinos como EE. UU. y Europa. Su Gerente es el Sr. Tommy Nottebohn

- Alimentos Selectos, también empresa guatemalteca que iniciaron con la producción, exportación y llevaron al producto termina denominado Hawiian Crunch. Donde tiene diversidad de sabores y surten mucha empresa local de repostería. Su gerente general es José Ricardo Martínez.
- Hay productores de Macadamia que exportan en picos de cosecha 1 o 2 contenedores asociados con otros productores, pero no son empresas que exporten siempre.

La producción exportada en 2022 fueron 15,200 toneladas, en el 2023 alrededor del 13,000 toneladas y este año es menor debido al cambio climático. Los meses de principal producción son mayo, junio y julio, pero se produce en menores volúmenes todo el año.

Los trabajos culturales que se llevan a cabo en la producción de macadamia son la limpia de los suelos pues como la nuez cae si la maleza es alta dificulta la recolección. Mas o menos se realizan 3 limpias al año. El costo aproximado es de 1035.00 por hectárea/año. Las aplicaciones de abonos foliares y fertilizaciones también ocupan una inversión importante, así como la recolección del producto el costo de la recolección del producto varía dependiendo del lugar cantidad de personas ese pago se realiza a destajo es decir por tarea y está entre Q,30-45 por quintal recolectado Luego se tiene la poda selectiva de los árboles. Elaboración de almácigos para contrarrestar los que se pierden por muerte súbita o se caen con las tormentas. Aquí se paga por día con el costo del salario mínimo agrícola Q107.11

El beneficiado de la Nuez en fincas también ocupa un rubro importante en la inversión que podría manejarse con 5 personas dependiendo de la cantidad de ingreso de producto siempre con salario mínimo en este caso si mantienen trabajo todo el año. El costo aproximado de producción de 1 qq. de macadamia en fincas siendo muy conservadores es de Q.225.00 por quintal.

El cambio climático afecto mucho al sector actualmente las fincas bajas no alcanzaron la cantidad necesaria (40 horas) de horas frio (menor a 18 grados). Esto contribuye a que la floración no se presente o sea escasa, con lo que tengamos una merma en producción de las fincas bajas del 50% y en las fincas más altas un 20%.

Asomac está abierta a cualquier consulta y visitas de campo. Hay una nueva tendencia a poner mallas para la recolección con dos bases importantes, la primera para que se mejore la calidad, la segunda para evitar la pérdida de producto en ríos y zanjones (5%) aproximadamente. Además, con el problema migratorio que cada vez tenemos poco personal es complicado la recolección del producto.

Básicamente en estudios microbiológicos, determinación de humedad, rendimiento nuez/concha, análisis de rancidez y defectos visuales. Lo que pasa que estos estudios los llevan a cabo las empresas exportadoras y en base a ello les cuestionan el pago a las fincas, no existe un laboratorio donde se pueda analizar y las fincas tengan una certeza de la calidad, porque al realizarlo el exportador para fijar precio puede darse lugar a prácticas desleales. En caso de ANACAFE, ellos si brindan ese apoyo al caficultor y consideramos que se debería poder tener un laboratorio de referencia donde el productor de macadamia pague por sus muestras y obtenga los datos reales del producto.

