

Informe final de proyecto de investigación y extensión

DOCUMENTO 1. Informe Técnico

**Estudio de sistemas de producción sostenible de tomate  
(Lycopersicum esculentum Mill) para innovación de productos  
saludables con Valor Agregado y la aplicación de un modelo de  
gestión de costos.**

**Elaborador por**

Ing. Luis Fernando Campos Meléndez, MSc.-coordinador

Ing. Marianella Gamboa Murillo, MEd.

Ing. Ricardo Salazar Díaz, MGRN

Lic. Carlos Robles Rojas, MAE.

Ing. Laura Brenes Peralta, MGGA

Agosto, 2014

## Contenido

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Título:.....   | 8  |
| 2     | Autores y direcciones.....   | 8  |
| 3     | Resumen.....   | 8  |
| 4     | Palabras clave.....  | 8  |
| 5     | Introducción.....  | 9  |
| 5.1   | Aspectos generales de la investigación.....  | 9  |
| 5.2   | Cultivo de tomate.....   | 10 |
| 5.3   | Labores en el cultivo de tomate.....   | 12 |
| 5.3.1 | Preparación del terreno:.....  | 12 |
| 5.3.2 | Trasplante:.....   | 13 |
| 5.3.3 | Mantenimiento del cultivo.....   | 13 |
| 5.3.4 | Cosecha.....   | 14 |
| 5.4   | Características postcosecha del tomate.....  | 15 |
| 5.5   | Valor Agregado y Agroindustrialización.....  | 16 |
| 5.6   | Costos de Producción.....  | 18 |
| 5.7   | Sostenibilidad.....  | 20 |
| 6     | Metodología.....   | 22 |
| 6.1   | Componente I: Cultivo de Tomate.....   | 22 |
| 6.1.1 | Establecimiento del cultivo.....   | 22 |
| 6.1.2 | Descripción y elaboración de los diseños experimentales.....                                   | 25 |
| 6.1.3 | Cálculo de repeticiones.....   | 26 |
| 6.1.4 | Análisis postcosecha.....  | 27 |
| 6.2   | Componente II: Elaboración e innovación de productos de valor agregado a partir de tomate..... | 28 |

|  |    |
|--|----|
| 6.2.1. Evaluación de la Materia prima .....  | 29 |
| 6.2.2. Elaboración de productos con valor agregado .....   | 29 |
| 6.2.3. Evaluación de los productos obtenidos .....   | 30 |
| 6.3 Componente III: Gestión de costos .....  | 34 |
| 6.4 Sostenibilidad.....  | 35 |
| 7 Resultados.....  | 37 |
| 7.1 Componente I: Cultivo de Tomate. ....  | 37 |
| 7.1.1 Evaluación de sistemas de producción.....  | 37 |
| 7.1.2 Evaluación de variedades de tomate .....   | 58 |
| 7.1.3 Estructura de entutorado.....  | 59 |
| 7.2 Componente II: Elaboración e innovación de productos de valor agregado a partir de tomate .....  | 60 |
| 7.2.1 Evaluación de condiciones post-cosecha de las variedades de Tomate obtenidas .....   | 60 |
| 7.2.2 Elaboración de productos a partir de Tomate cultivado en el Campo de Prácticas .....   | 63 |
| 7.2.3 Cuantificación de tiempos, costos, y rendimiento .....   | 72 |
| 7.2.4 Pruebas de aceptación de los diferentes productos elaborados. ....   | 77 |
| 7.2.5 Sostenibilidad: producción más limpia en Agroindustria.....  | 80 |
| 7.3 Componente III: Gestión de costos .....  | 85 |
| 7.3.1 Cuantificación de los costos de producción del cultivo de tomate bajo los sistemas de producción propuestos y análisis de la información. .... | 85 |
| 7.3.2 Determinación de costos de elaboración de los productos agroindustriales. ....   | 90 |
| 7.3.3 Propuesta de uso de herramienta de gestión de costos del cultivo de tomate   | 90 |
| 8 Discusión y conclusiones .....   | 94 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 8.1   | Componente I: Cultivo de Tomate.....  | 94  |
| 8.1.1 | Evaluación de sistemas de producción.....   | 94  |
| 8.2   | Componente II: Elaboración e innovación de productos de valor agregado a partir de tomate.....            | 98  |
| 8.2.1 | Evaluación de condiciones post-cosecha de las variedades de Tomate obtenidas.....                         | 98  |
| 8.2.2 | Productos de valor agregado.....  | 99  |
| 8.3   | Componente III: Gestión de costos.....  | 101 |
| 8.4   | Sostenibilidad:.....  | 104 |
| 9     | Recomendaciones.....  | 108 |
| 10    | Agradecimientos.....  | 110 |
| 12    | Bibliografía.....   | 111 |
| 13    | Anexos.....   | 114 |
| 13.1  | Anexo 1: Grado de maduración según la tabla de grados de madurez para tomate fresco avalada por USDA..... | 114 |
| 13.2  | Anexo 2: Norma Oficial de Tomate para consumo en estado fresco.....                                       | 115 |
| 14    | Apéndices.....  | 120 |
| 14.1  | Apéndice 1: Cuadros de costos de los productos de valor agregado.....                                     | 120 |
| 14.2  | Apéndice 2: Encuesta de aceptación de producto.....   | 130 |
| 14.3  | Apéndice 3: Ejemplo de hojas para registro de costos en campo.....  | 131 |
| 14.4  | Apéndice 4: Imágenes de patologías, fisiopatologías y prácticas detectadas en el proyecto.....            | 132 |

## Índice de tablas

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Parámetros y mecanismos empleados en evaluación poscosecha .....                                     | 29  |
| Tabla 2. Datos de producción sistema de ambiente de producción.....   | 39  |
| Tabla 3. Datos de producción sistema de manejo agronómico .....   | 45  |
| Tabla 4. Inventario de residuos generados en las parcelas de cultivo y tratamiento dado                       | 52  |
| Tabla 5. Observaciones poscosecha a tomates de muestra 1. ....  | 56  |
| Tabla 6. Observaciones poscosecha a tomates de muestra 2. ....  | 57  |
| Tabla 7. Características del tomate Divine Ripe cultivado y utilizado en los procesos de valor agregado ..... | 61  |
| Tabla 8. Características poscosecha del tomate de cultivado según ambiente y manejo .                         | 62  |
| Tabla 11. Resultados de contenido de licopeno en producto procesado.....                                      | 71  |
| Tabla 12 Costos de procesamiento de Tomate deshidratado.....  | 72  |
| Tabla 13 Costos de procesamiento de Salsa de Tomate con Piña .....  | 73  |
| Tabla 14 Costos de procesamiento de Mermelada de Tomate .....   | 73  |
| Tabla 15 Costos de procesamiento de Pasta de Tomate.....  | 74  |
| Tabla 16 Resumen de costos y rendimiento de los productos desarrollados .....                                 | 74  |
| Tabla 17 Estructura de costos para cada proceso de valor agregado .....                                       | 76  |
| Tabla 18 Comparativo de costos luego de aplicación de P+L en un lote de producción de 15 kg .....             | 84  |
| Tabla 19. Costos de operación del tractor.....  | 93  |
| Tabla 20. ANOVA (ANDEVA).....   | 95  |
| Tabla 21. ANOVA (ANDEVA).....   | 96  |
| Tabla 22 Comparativo rendimientos y costos de los productos desarrollados .....                               | 100 |
| Tabla 23. Relación ingreso/costo de la producción de 1ha de tomate vendida a ₡10 000 / tina de 18kg .....     | 105 |
| Tabla 24. Relación ingreso/costo de la producción de 1ha de tomate vendida a ₡26 000 / tina de 18kg .....     | 105 |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Estructura de Molécula de Licopeno .....   | 18 |
| Figura 2 Esquema estrategia de Producción más Limpia .....  | 21 |
| Figura 3 Cromatografía del patrón de licopeno L9879 de Sigma-Aldrich .....  | 31 |
| Figura 4. Cromatografía de una de las muestras remitidas al LAFIT .....   | 32 |
| Figura 5. Curva de calibración del licopeno obtenida empleando la técnica de HPLC.....                            | 32 |
| Figura 6. Sistemas de producción evaluados en el proyecto. ....   | 37 |
| Figura 7. Producción por planta según tratamiento en sistema de Ambiente de Producción .....                      | 40 |
| Figura 8. Producción por planta según tratamiento en sistema de Ambiente de Producción .....                      | 40 |
| Figura 9. Tratamiento protegido .....   | 41 |
| Figura 10. Comportamiento de la producción del tratamiento protegido.....   | 41 |
| Figura 11. Tratamiento semiprotegido .....  | 42 |
| Figura 12. Comportamiento de la producción del tratamiento semiprotegido .....                                    | 43 |
| Figura 13. Tratamiento campo abierto .....  | 44 |
| Figura 14. Comportamiento de la producción del tratamiento campo abierto.....                                     | 44 |
| Figura 15. Promedio de producción por planta en sistema manejo agronómico .                                       | 46 |
| Figura 16. Promedio de producción por planta en sistema manejo agronómico ..                                      | 46 |
| Figura 17 .Tratamiento químico comercial .....  | 47 |
| Figura 18. Comportamiento de la producción del tratamiento químico comercial .....                                | 48 |
| Figura 19. Comportamiento de producción del tratamiento químico racional .....                                    | 49 |
| Figura 20. Comportamiento de producción del tratamiento MIP .....   | 49 |
| Figura 21. Tomate con porciones descartadas tras selección en PPA .....   | 54 |
| Figura 22. Tomate descartado tras selección en PPA. ....  | 55 |
| Figura 23. Daño patológico causado por Antracnosis ( <i>Colletotrichum</i> spp) en productos de la muestra 1..... | 58 |
| Figura 24. Amarra a planta de tomate.....   | 59 |
| Figura 25 .Imagen de planta de tomate con sistema de entutorado y amarre mediante clip. ....                      | 60 |
| Figura 26. Toma de datos de firmeza a partir de texturómetro TA XT Plus .....                                     | 61 |
| Figura 27 .Proceso de inmersión en salmuera y deshidratado por aire caliente de Tomate .....                      | 63 |
| Figura 28. Diagrama de Flujo proceso de elaboración de Tomate deshidratado .                                      | 64 |
| Figura 29. Proceso de elaboración y envasado de salsa de tomate con piña.....                                     | 65 |
| Figura 30 .Diagrama de Flujo proceso de elaboración de Salsa de tomate con piña .....                             | 66 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 31. Proceso de elaboración y envasado de mermelada de Tomate .....   | 67  |
| Figura 32. Diagrama de Flujo proceso de elaboración de Mermelada Tomate ....  | 68  |
| Figura 33. Proceso de elaboración y envasado de Pasta de Tomate .....   | 69  |
| Figura 34. Diagrama de Flujo proceso de elaboración de Pasta de Tomate.....   | 70  |
| Figura 35. Rendimiento de proceso y costo por gramo (en colones) de los<br>productos procesados a base de tomate. ....                            | 75  |
| Figura 36. Composición de la estructura de costos para elaboración de productos<br>a base de tomate en Planta Piloto Agroindustrial del TEC. .... | 77  |
| Figura 37 . Resultados de la degustación del Tomate Deshidratado (calentado en<br>aceite de oliva) .....  | 78  |
| Figura 38. Resultados de la degustación de la Salsa de Tomate con Piña.....   | 78  |
| Figura 39. Resultados de la degustación de la Mermelada de Tomate.....  | 79  |
| Figura 40. Entradas y salidas de proceso de pasta de tomate.....  | 81  |
| Figura 41. Costo de producción de tratamientos según Sistema de Ambiente de<br>Producción .....   | 85  |
| Figura 42. Costo de producción por planta según Sistema de Ambiente de<br>Producción .....  | 86  |
| Figura 43. Costo de producción por kilogramo según Sistema de Ambiente de<br>Producción .....   | 86  |
| Figura 44. Costo de producción por hectárea según Sistema de Ambiente de<br>Producción .....  | 87  |
| Figura 45. Costo total por producción en cada tratamiento del sistema de manejo<br>agronómico.....  | 88  |
| Figura 46. Costo de producción por planta según tratamiento del Sistema de<br>Manejo Agronómico. ....   | 88  |
| Figura 47. Costo de producción por kilogramo según tratamiento agronómico....   | 89  |
| Figura 48. Costo de producción por hectárea según tratamiento agronómico. ....  | 89  |
| Figura 49. Resumen de costos de producción para los tratamientos.....   | 90  |
| Figura 50. Resumen porcentual de costos de producción por cada uno de los<br>tratamientos.....  | 91  |
| Figura 51. Composición promedio de los costos de producción en tomate. ....   | 92  |
| Figura 49. Comparación de medias entre tratamientos.....  | 94  |
| Figura 50. Comparación de medias entre tratamientos.....  | 96  |
| Figura 51. Costo de producción por hectárea de tomate en los tratamientos<br>establecidos. ....   | 102 |
| Figura 52. Costo de producción por kilogramo de tomate en los tratamientos<br>establecidos. ....  | 103 |

## 1 Título:

**“Estudio de sistemas de producción sostenible de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) para innovación de productos saludables con Valor Agregado y la aplicación de un modelo de gestión de costos.”**

## 2 Autores y direcciones

- Ing. Luis Fernando Campos Meléndez, M.Sc-coordinador
  - [fcampos@itcr.ac.cr](mailto:fcampos@itcr.ac.cr)
- Ing. Marianella Gamboa Murillo, M.Ed
  - [magamboa@itcr.ac.cr](mailto:magamboa@itcr.ac.cr)
- Ing. Ricardo Salazar Díaz, MGRN
  - [risalazar@itcr.ac.cr](mailto:risalazar@itcr.ac.cr)
- Lic. Carlos Robles Rojas, M.A.E.
  - [crobles@itcr.ac.cr](mailto:crobles@itcr.ac.cr)
- Ing. Laura Brenes Peralta, MGGA
  - [labrenes@itcr.ac.cr](mailto:labrenes@itcr.ac.cr)

## 3 Resumen

El proyecto tuvo por objetivo “Evaluar sistemas de producción sostenible de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), mediante la utilización de tecnologías alternativas para la producción e industrialización innovadoras y saludables con valor agregado, acompañadas del empleo de sistemas de gestión de costos”. Por esto se trabajó en tres componentes a saber: Cultivo de Tomate, Elaboración e innovación de productos de valor agregado a partir de tomate y Gestión de costos. Como principales resultados se evidenció que los sistemas de cultivo con protección mecánica a condiciones ambientales (invernadero o bandas plásticas) ofrecen las mayores producciones en cantidad, calidad y relación beneficio/costo. Respecto a sistemas de manejo agronómico, las mayores producciones las ofrecen los tratamientos con productos químicos, aunque los MIP y químico racional ofrecen la mejor relación respecto costo de producción, además de generar menor impacto ambiental. Respecto a valor agregado, se determinó que es posible generar productos de valor agregado a base de tomate tipo bola, con rendimientos como los de la mermelada y salsa de tomate con piña, aceptables para el productor y posibles precios competitivos. En conclusión la gestión agroempresarial que coordine vertientes ambientales, técnicas, de registro y gestión de costos es vital para monitorear, realimentar y tomar decisiones en el agronegocio tomatero.

## 4 Palabras clave

Tomate- producción sostenible- agroindustrialización- poscosecha-costos

## **5 Introducción**

### **5.1 Aspectos generales de la investigación**

El tomate es una hortaliza de alta importancia comercial y económica en Costa Rica, tratándose de la de más alto consumo per cápita, puesto que se reporta en 18,6 kg/habitante (Gamboa, 2012), y se siembra en prácticamente la totalidad del territorio nacional: Regiones Central Occidental, Central Oriental, Central Sur, Pacífico Norte, Pacífico Central y Brunca, para un aproximado de 981 ha sembradas en el país (López, 2012).

Sin embargo, esta agrocadena enfrenta debilidades o limitantes encontradas en estudios del Programa Nacional de Tomate en 2009 y actualizadas en 2014 que tienen que ver con el impacto ambiental negativo que la actividad genera, el manejo técnico-administrativo del cultivo y el poco desarrollo a nivel nacional que el componente de valor agregado posee. (López, 2012).

Por lo anterior y luego de reuniones e integración de la Escuela de Agronegocios del TEC a la Gerencia del Programa Nacional de Tomate del MAG y el PITTA TOMATE (Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria), es que se definió trabajar en esta iniciativa de proyecto, cuyo objetivo principal fue “Evaluar sistemas de producción sostenible de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), mediante la utilización de tecnologías alternativas para la producción e industrialización innovadoras y saludables con valor agregado, acompañadas del empleo de sistemas de gestión de costos”. Para esto se definieron objetivos específicos y actividades en tres componentes que apoyarían la consecución del objetivo general, a saber:

- Componente I: Cultivo de Tomate.
- Componente II: Elaboración e innovación de productos de valor agregado a partir de tomate.
- Componente III: Gestión de costos

Los anteriores tuvieron un eje común transversal de sostenibilidad con el fin de proponer un sistema productivo que apunte hacia rendimientos económicos aceptables, viabilidad técnica del cultivo y de los productos de valor agregado, y mayor grado de empatía con el ambiente.

Actualmente, varios actores de la Agrocadena y miembros del PITTA Tomate trabajan en otras áreas de investigación, como el estudio y la obtención de variedades o híbridos F1 tolerantes a ciertas plagas y enfermedades. A esas variedades se les han aplicado valoraciones poscosecha, análisis de características nutraceuticas de materiales criollos y en estudio, y desarrollo de productos agroindustriales; sin embargo, al momento de inicio de este proyecto el PITTA TOMATE no reportó tener estudios en el tema de valor agregado, costos y sistemas de producción sostenible en la variedad presentada en esta propuesta. Claramente, la conjunción de esta y el resto de propuestas de investigación significarán un importante insumo para la toma de decisiones estratégicas por parte de la Agrocadena de Tomate.

Dadas las condiciones del sitio experimental, definido en el Campo de Prácticas Docentes e Investigación Agropecuaria de la Escuela de Agronegocios del TEC, el proyecto finalmente se circunscribió al establecimiento de parcelas de una variedad de tomate, a saber la **R-449** procedente de Israel, producida por la empresa LSL Plant Science LLC y comercializada en Costa Rica por “Semillas Duros, Grandes y Rojos S.A”, según consta en los registros de la Oficina Nacional de Semillas, y conocida popularmente como “Divine Ripe” (Fernández, 2014). Se establecieron las parcelas experimentales de las que se analizaron aspectos productivos, se obtuvo cosecha de este producto que se llevó a la Planta Piloto Agroindustrial de la Escuela de Agronegocios del TEC para desarrollo de productos de valor agregado, y se monitorearon los costos de producción de cada etapa. Paralelamente se hizo una breve revisión del tema ambiental y se contrataron los servicios del Laboratorio de Fitoquímica-LAFIT de la Escuela de Química de la Universidad Nacional para analizar los contenidos de licopeno en el tomate fresco y procesado, como un valor agregado buscado por el Programa Nacional de Tomate.

A continuación se definen algunos términos o conceptos que ayudarán en la comprensión o contextualización posterior de los resultados del proyecto.

## **5.2 Cultivo de tomate**

En Costa Rica se cultiva esta hortaliza en gran parte del territorio nacional, con mayor concentración en la Región Central, y presenta precios fluctuantes afectados por la sobreoferta (Ureña, 2012). Se siembra a lo largo del año generando mayores costos en épocas de más intensidad lluviosa debido a operaciones de tratamiento contra plagas y enfermedades (principalmente estas últimas en estación lluviosa).

El tomate (nombre científico binomial aceptado: *Lycopersicon esculentum* Mill, o bien *Solanum lycopersicum*) pertenece a la familia de las Solanáceas. Es un cultivo originario de América. Existen distintas clasificaciones de este cultivo según la variedad, hábito de crecimiento y destino de la cosecha, siendo el de mayor producción en el país el tomate para consumo fresco o “tipo bola”, tanto de crecimiento determinado como indeterminado. Entre las variedades de mayor difusión comercial en el país, se encuentran “Mountain Fresh”, DRD8108, “Divine Ripe 449”, Milán y JR (desde hace un año más frecuentemente estas últimas dos) (López L. , 2013).

La variedad de tomate empleada en este estudio, misma que fue suplida por el Programa Nacional de Tomate a los investigadores, conocida comercialmente como Divine Ripe 449, corresponde a un tomate cuya planta muestra crecimiento semideterminado, genera frutos de 300 g, de forma oblata profunda, uniformes, extrafirmes y con larga vida de útil o de anaquel. Presenta, según su distribuidor, resistencia a *Verticillium*, *Fusarium* razas I y II, y Virus de Mosaico Tabaco (TMV) (Semillas DGR, 2014). El rendimiento por planta reportado en el país, de manera promedio para tomate tipo bola, ronda los 5 kg/planta (López, L. 2013).

El cultivo se encuentra difundido en Costa Rica en sistemas productivos que van desde el tipo tradicional extensivo a campo abierto, hasta el de ambiente protegido o invernadero. También existe un tipo intermedio conocido como semi-protegido o de “bandas plásticas” (en este el productor no instala un invernadero sino que con estacas y plástico transparente crea una banda de plástico protector que cubre cada hilera de tomate). Adicionalmente, es usual requerir una estructura denominada entutorado, donde se da soporte mediante amarras y cañas a la planta de tomate, pues usualmente con las variedades actuales no es posible que el tallo de la planta soporte por si solo el peso de la producción.

El tomate también se caracteriza por una marcada utilización de agroquímicos que se destinan al tratamiento de la nutrición, plagas y enfermedades, como son los fertilizantes, insecticidas y fungicidas, de origen sintético. También se ha venido introduciendo el uso de insumos agrobiológicos (enmiendas orgánicas al suelo, biocidas como insecticidas, fungicidas, o repelentes a base de organismos benéficos o extractos naturales, entre otros). Paralelamente, se ha seguido promoviendo por el Programa Nacional de Tomate las Buenas Prácticas Agrícolas y el Manejo Integrado de Plagas (MIP) donde se pueden incluir labores culturales de deshieras, aporcas, deshojas, trampeo de insectos, fertilizaciones y

tratamientos de control biológico, etológico o autocida. Este manejo por definición tiende a ser más amigable con el ambiente, además de apoyar el aspecto económico de la operación por promover la racionalidad en el uso de agroquímicos (López L. , 2013).

Entre las plagas, enfermedades o fisiopatías más usuales de este cultivo, se pueden citar:

- HONGOS: Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y Tizón temprano (*Alternaria solani*)
- BACTERIAS: *Ralstonia solanacearum*, Peca bacteriana (*Clavibacter michiganensis ssp.michiganensis*) y Mancha negra (*Pseudomonas solanacearum*)
- VIRALES: Virus del Mosaico Amarillo del Tomate (ToYMV), Encrespamiento o Curly Top, Virus Y, Virus del Mosaico del Pepino (CMV)
- INSECTOS: gusano alfiler (*Keiferia licopersicella*, *Tutta absoluta*), *Pseudoplusia includes*, mosca blanca (*Bemisia tabaci*), gusano cogollero (*Heliothis spp.*), minador de la hoja (*Liriomyza sp.*), *Agrotis sp.*
- OTROS: Ácaros y Nematodos (*Meloidogyne sp*)
- FISIOPATÍAS: Deficiencias de Calcio (“culo negro”), estrés hídrico (zipper)

### 5.3 Labores en el cultivo de tomate

Es necesario en este punto también definir las labores o actividades técnicamente más importantes y de aplicación común en el cultivo, las cuales tendrán incidencia en el desarrollo de la planta hasta la obtención de fruto, y en el costo de producción del mismo.

#### 5.3.1 Preparación del terreno:

Consiste en dejar el terreno en condiciones que permitan la siembra de un cultivo, como es la eliminación o disminución de arvenses, arado y rastrillado (Jaramillo, Rodríguez, Guzmán, Zapata, & Rengifo, 2007), desinfección cuando es requerido y nivelación cuando es posible y preparación de lomillos para la siembra de las plántulas. Previa a la preparación de lomillos es ideal realizar análisis de suelo para conocer sus características fisicoquímicas y realizar las enmiendas pertinentes (adición de compostas, cal, adecuación de programa de fertilización posterior, etc). Dependiendo de las condiciones de drenaje del suelo y su pendiente, se debe valorar hacer los lomillos en contorno o con curvas de nivel para evitar acumulación de aguas que favorezcan crecimiento de patógenos, así como la erosión por escorrentía (Izquierdo, Rodríguez, & Durán, 2007). El arado no debe realizarse a

más de 30 cm de profundidad y los lomillos deberán elevarse cerca de 25cm-40cm sobre el nivel del suelo (Jaramillo, J. et al, 2007), con un ancho de 50cm en su base al menos. Cuando se inician siembras en terrenos que ya han sido sembrados, la labranza mínima es recomendada para mantener la estructura del suelo. En el caso de siembras en invernadero, las adecuaciones se dan básicamente en suelo una vez instalado el ambiente protegido, en las siembras a campo abierto, se puede manejar sin cobertura alguna, o se incluyen labores de establecimiento de bandas plásticas para protección ambiental del cultivo. En este último se hacen estructuras tipo "T" de madera, hierro u otro material, y se coloca plástico "tomatero" sobre su porción transversal, creando una banda superior o semitecho que protege el cultivo. Cada una de esas actividades de preparación podría suponer consumo de recursos como la operación de tractores y maquinaria agrícola, mano de obra, insumos y servicios de análisis lo que incidirá técnicamente y en el costo de la siembra.

### **5.3.2 Trasplante:**

Estas labores se pueden hacer de manera manual o con equipos mecanizados, para la siembra del cultivo. Particularmente en tomate, se acostumbra a germinar las semillas y producir almácigo por parte de viveristas dedicados a esa actividad en la fase de reproducción de la agrocadena (PITTA Tomate, 2014), cumpliendo usualmente características de sanidad requeridas en el cultivo. Cuando las plántulas alcanzan alrededor de cuatro o cinco hojas verdaderas, así como el porte y la altura adecuada (10cm-15cm aproximadamente. Esto es cerca de 30 días después de haber sembrado el semillero (Jaramillo, J. et al., 2007). El suelo debe estar preparado, húmedo, y el trasplante debe hacerse en horas frescas del día, seleccionando las mejores plantas del almácigo, es decir que no se vean débiles, libres de daños o enfermedades (Izquierdo, et al, 2007), deficiencias nutricionales (tallos púrpura por ejemplo lo cual es señal de deficiencia de fósforo lo que incide en desarrollo curricular), entre otros. Las plantas se colocan en el centro del lomillo y a lo largo de él, a la misma profundidad de raíz que trae el sustrato del almácigo. Administrativamente, esto implicará costos como los de adquisición del almácigo y la mano de obra que realiza la labor.

### **5.3.3 Mantenimiento del cultivo**

Esta actividad consiste en ayudar a la planta a mantenerse sana, en buenas condiciones, dentro de las cuales están el riego (realizado por gravedad, aspersión o goteo-esta última preferiblemente), la deshierba, la fertilización, labores de control de plagas y enfermedades, poda, entutorado y amarre de la planta (Jaramillo, J. et

al, 2007). Esto último se realiza porque la producción tiene un peso usualmente mayor al que la planta soportaría en condiciones comerciales, lo que ayuda a dar soporte a la misma.

Bajo la metodología MIP (Manejo Integrado de Plagas) estas labores se realizan previa inspección de las parcelas para determinar la incidencia y severidad de los ataques de plagas y enfermedades, o detectar fisiopatías. Es un sistema que tiene una orientación hacia la sostenibilidad al combinar métodos y técnicas que corrija las dificultades encontradas en el cultivo armónicamente, disminuyendo así la población de plagas por debajo del umbral de daño económico para el productor (Jaramillo, et al, 2007). Dichas correcciones se basarán primero en prácticas culturales, así como en control biológico, etológico, autocida y finalmente con la aplicación de agroquímicos. En el manejo convencional, se acostumbra a ejecutar prácticas de prevención de plagas y enfermedades mediante la aplicación de agroquímicos protectantes, y posteriormente de contacto y/o sistémicos para el tratamiento. La fertilización podrá ser, según el tipo de manejo orgánica, química o mixta, pero lo técnicamente correcto es que siempre sea después de un análisis químico de suelo al inicio del cultivo (Izquierdo, 2007), e inspecciones del desarrollo de las plantas, información de curvas de absorción del cultivo, y/o su estado fenológico. Todas estas prácticas también supondrán a nivel de costos, una sumatoria de rubros en insumos, mano de obra y otros posibles recursos requeridos.

#### **5.3.4 Cosecha**

En esta última etapa, se procede a recolectar los frutos de tomate que están en madurez fisiológica al menos. Dado que el tomate es un fruto climatérico, lo que implica que seguirá teniendo cambios composicionales después de desprendido de planta, como es el cambio de color, aumento de azúcares medidos en sólidos solubles, ablandamiento de tejidos, entre otros (Suslow & Cantwell, 2013); el productor puede cosechar frutos más maduros si existe certeza de que este será colocado en el mercado rápidamente, o bien puede cosechar tomates recién ingresados al punto de madurez fisiológica si deben pasar periodos de tiempo más largos antes de ser consumidos. Adicionalmente, un tomate menos maduro será más firme y mostraría menos daños aparentes por compresión o abrasión durante su manipulación en las fases de comercialización de la agrocadena (PITTA Tomate, 2014). Se acostumbra cosechar en tomate en cajas, desprendiendo el fruto del pedúnculo (con corona para mayor vida útil), para luego agrupar toda la producción y seleccionarla según normas vigentes como la de tomate para Costa Rica, en grados y defectos (MAG-UCR-FITTACORI, 2002). Las labores de cosecha,

clasificación y selección incidirán a técnicamente en la calidad de producto poscosecha, así como en los costos de mano de obra de la operación, principalmente.

#### **5.4 Características poscosecha del tomate**

Los productos hortofrutícolas, como el tomate, experimentan una serie de procesos fisiológicos después de ser cosechados. Particularmente, en el caso del tomate siendo este climatérico, se dan una serie de cambios composicionales y de aspectos de calidad, que influidos por prácticas precosecha, temperatura, humedad, luz, manejo poscosecha y aspectos incluso varietales, pueden resultar en una variación en la duración de su vida útil poscosecha o vida de anaquel (Kader & et.al, 2002). Este último término se define como la duración estimada en la que el producto mantiene la función para la cual es obtenido o las condiciones que son aceptadas por el consumidor.

La caracterización del tomate como fruto de consumo en el país puede variar según los gustos y preferencias de cada uno de los consumidores o mercado meta. En general a nivel del país el tomate que se consume es redondo de color rojo uniforme, sin cicatrices, sin daños aparentes y de tamaño grande tipo primera preferiblemente (MAG, s.f.). A nivel industrial se maneja un estándar de calidad acorde a los procesos que se realizan, se puede indicar que además de color y la ausencia de daños mecánicos, debe de estar firme y contener una acidez y cantidad de sólidos solubles adecuados a la variedad y a las necesidades de procesamiento de cada industria.

La calidad del tomate estándar se basa principalmente en la uniformidad de forma y en la ausencia de defectos de crecimiento y manejo (Suslow & Cantwell, 2013). El tamaño no es un factor que defina el grado de calidad, pero puede influir de manera importante en las expectativas de su calidad comercial, como se observa en la norma para Costa Rica. Entre los parámetros usualmente evaluados, se considera (Suslow & Cantwell, 2013):

- Forma: uniforme, bien formado (redondo, forma globosa, globosa aplanada u ovalada, dependiendo del tipo).
- Color: color uniforme (anaranjado-rojo a rojo intenso; amarillo claro). Sin hombros verdes.

- Apariencia: lisa y con las cicatrices correspondientes a la punta floral y al pedúnculo pequeñas. Ausencia de grietas de crecimiento, cara de gato (catfacing), sutura (zippering), quemaduras de sol, daños por insectos y daño mecánico o magulladuras.
- Firmeza: firme al tacto. No debe estar suave ni se debe deformar fácilmente debido a sobremadurez.

### **5.5 Valor Agregado y Agroindustrialización**

El desarrollo de productos de valor agregado en la agrocadena de tomate es un pilar fundamental para el desarrollo de los pequeños productores y productoras que la integran, por lo que el tema se incluye tanto en la Política Sectorial Agroalimentaria Costarricense y en el Plan Estratégico de la Agrocadena de Tomate (López, El Cultivo de Tomate en Costa Rica, 2013). Muchos sistemas de apoyo tienden a enfocar sus actividades relacionadas al desarrollo empresarial rural solo hacia los primeros eslabones de una cadena productiva (producción primaria y transformación primaria), con el supuesto de que ya existe la capacidad del mercado para absorber la producción. Dicha situación a menudo conlleva a momentos donde los pequeños productores, compiten en segmentos de mercado saturados y de retornos relativamente bajos, con pocas oportunidades para dar un mayor valor agregado, o establecer alianzas estratégicas con otros actores en la cadena (Donovan, 2006).

Para los pequeños productores nacionales el momento de desarrollar valor agregado es vital y relevante para su continuidad en los sistemas productivos. Esto conlleva a nuevas relaciones, nuevos procesos y visualizar el producto en una forma distinta para lograr acceder a nuevos mercados, locales o internacionales, pero sí con un sabor autóctono que les permita competir directamente.

Las oportunidades de mercado implican nuevas relaciones con otros actores de una cadena productiva, con el fin de reducir los costos de producción y comercialización y/o aumentar los beneficios obtenidos por los grupos empresariales, según Donovan (2006), algunos ejemplos de estas oportunidades son:

- Agregar mayor valor a la producción primaria mediante la mejora de la calidad y mayor transformación del producto, así como nuevas formas de empaque y/o de publicidad

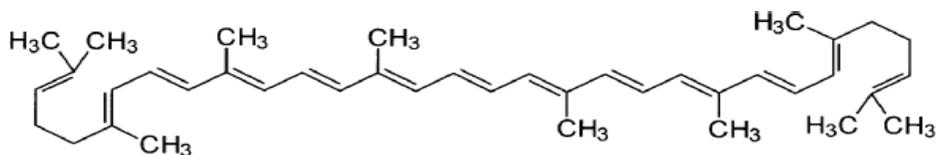
- Reducir los costos de producción y comercialización mediante niveles superiores de la organización empresarial, y la asimilación de nuevas tecnologías de producción y el establecimiento de alianzas estratégicas con otros actores en las cadenas productivas
- Asumir nuevas funciones en la cadena productiva (identificación de compradores, mantenimiento de relaciones empresariales, provisión de servicios de transporte, etc.)
- Desarrollo de nuevos productos o la penetración de nuevos mercados.

Las labores de agregación de valor, suponen actividades que suman al costo operativo del proceso, siendo algunas de las más relevantes el recibo de materias primas, pesajes, acondicionamiento de la fruta como lavado, clasificado y selección, así como el procesamiento en sí que podrá incorporar técnicas de corte del fruto, despulpado, escaldado, tratamientos térmicos y cocciones hasta en el envasado y almacenaje.

A raíz de las oportunidades anteriores, y basado en tendencias de mercado, el enfoque de funcionalidad también se ha tornado relevante. De ahí que el Programa Nacional de Tomate del MAG ha mostrado interés en conocer la presencia de un antioxidante conocido como licopeno, tanto en la fruta fresca como en el producto procesado.

El licopeno es un carotenoide presente en tomate y otros frutos e incluso productos como los mariscos, pero usualmente cobra más importancia en el tomate debido a los altos consumos mundiales que hay de éste. En años más recientes ha atraído mucho la atención por su valor nutricional, antioxidante y su capacidad para prevenir enfermedades de tipo crónico y cancerígeno. Por ejemplo Giovannucci et al. mostró que la ingesta de licopeno está asociada a menores riesgos de cáncer de próstata, y varios estudios pre-clínicos han mostrado que este compuesto actúa por distintos mecanismos para reducir la tasa de multiplicación de células normales y cancerígenas del tejido epitelial prostático. Aunque no posee provitamina "A", es capaz de actuar como antioxidante según se ha visto en varias pruebas in vitro (Laleye, Al Hammadi, Jobe, & Rao, 2010).

La molécula conocida como licopeno muestra la siguiente estructura:



Licopeno

**Figura 1 Estructura de Molécula de Licopeno**

Fuente: (Carvajal & Rodríguez, 2013).

El análisis de licopeno es complicado debido a la inestabilidad estructural del compuesto y a la falta de patrones puros en el país, por lo que usualmente debe recurrirse al aislamiento de un patrón o a la adquisición del mismo de proveedores internacionales.

## 5.6 Costos de Producción

La contabilidad de costos es la que se encarga de clasificar, acumular, controlar y asignar costos, y dicha acumulación puede darse por cuentas, por procesos, trabajos o bien productos, así como por otros segmentos de la operación en un negocio. (Polimeni, 1994). Esta es un proceso en donde se obtienen datos de diferentes fuentes y son procesadas para poder determinar el costo de un producto (como uno agrícola) o un servicio, siendo útil en:

- Proporcionar informes relacionados a costos que apoyan la medición de la utilidad y las evaluaciones de inventario, siendo estos justamente los reportes conocidos como estado de resultados y balance general.
- Constituir una herramienta de información que apoya el control administrativo en las distintas actividades de la empresa, conocidos como informes de control.
- Facilitar la información que facilita la planeación y la toma de decisiones fundamentada a la gerencia o administración de una unidad productiva. Este ejemplo lo constituyen los análisis y estudios especiales.

Para un productor es de gran importancia el determinar cuánto es el costo de la producción de sus cosechas ya que este le permite determinar el margen de ganancia no así el determinar el precio de venta debido a que en las economías

actuales los precios de venta de los productos son principalmente determinadas por el mercado, o en casos muy sensibles, emitidos por instituciones gubernamentales. Los elementos del costo para determinar el costo de producción son: Materia prima, Mano de Obra y Costos Indirectos de Fabricación, lo cual se define a continuación:

#### Materia Prima o Materiales

“Los materiales o suministros son los elementos básicos que se transforman en productos terminados a través del uso de la mano de obra y de los costos indirectos de fabricación en el proceso de producción. Los costos de materiales pueden ser directos o indirectos” (Polimeni, 1994)

Las Materias primas en la actividad agrícola son las semillas, abonos, fertilizantes herbicidas, y algún nutriente que la planta requiera o producto químico utilizado en la cosecha.

#### Mano de Obra Directa

“Los costos de mano de obra directa son los sueldos ganados por los trabajadores que transforman el material desde su estado hasta convertirlo en un producto terminado” (Rayburn, 2000).

Para efectos del cálculo de la Mano de obra en Costa Rica, se debe considerar las cargas patronales, siendo las siguientes las mínimas establecidas para una actividad agrícola:

|                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| Caja Costarricense del Seguro Social | 26.17%       |
| Aguinaldo                            | 8.33%        |
| Vacaciones                           | 4.16%        |
| Póliza de Riesgos al Trabajador      | 1.54%        |
| <u>Preaviso y cesantía</u>           | <u>8.33%</u> |
| Total                                | 48.53%       |

#### Costos Indirectos de Fabricación

“Los costos indirectos de fabricación se utilizan para acumular los materiales indirectos, la mano de obra indirecta y los demás costos indirectos de fabricación que no pueden identificarse directamente con los productos específicos”. (Polimeni, 1994). Los costos indirectos de fabricación en las actividades agrícolas que usualmente se consideran son: la depreciación de maquinaria agrícola, depreciación de Invernaderos, agotamiento de la Tierra, depreciación de las herramientas, alquileres de la tierra cuando no es propia, depreciación de equipos de riego, depreciación de edificios, depreciación de galeras o cualquier otro recurso que sea utilizado en el proceso de cosecha de productos agrícolas.

Ahora bien, en el proceso agrícola se desarrollan diferentes labores según la actividad o cultivo del que se trate, los cuales podrán ser de ciclos cortos, por ejemplo el cultivo de tomate; o de ciclos largos como cultivo de café. Dentro de las actividades agrícolas más relevantes en el cultivo de hortalizas y que deben ser consideradas en el tema de costos, deben recordarse las definiciones de labores citadas en el acápite de “Cultivo de Tomate” de este capítulo, las cuales se recuerdan a continuación:

- Preparación de terreno
- Trasplante
- Mantenimiento del cultivo (fertilización, control de plagas-enfermedades-malezas)
- Cosecha

## **5.7 Sostenibilidad**

El concepto de sostenibilidad se empieza a aplicar junto con el de desarrollo a partir del Informe de Brutland en 1987, y más firmemente tras la Conferencia de Rio en 1992 o La Cumbre de la Tierra (FAO, 1995), definiendo así el desarrollo sostenible como el “Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de atender las necesidades de las generaciones futuras”. Si bien es una acotación bastante filosófica, sienta las bases para valorar el desarrollo desde una perspectiva ya no solo económica, sino también ambiental y social. De esta manera, observando los principios de sostenibilidad en los agronegocios, es factible considerar prácticas productivas que no solo garanticen la satisfacción de necesidades de alimentos inocuos, rentables y saludables para la población y sus productores, sino también, con menor impacto negativo para el medio ambiente. Por esto, han surgido acciones a nivel agrícola como las prácticas conservacionistas de suelo, el Manejo Integrado de Plagas (MIP), la migración hacia uso de insumos alternativos y no estrictamente agroquímicos, y la racionalización del recurso hídrico, entre otros.

También existen estrategias que aplican tanto a la producción agrícola como agroindustrial, como es el caso de la Producción más limpia. Esta es una herramienta que se basa en estrategias preventivas, aplicables a los Sistemas de Gestión Ambiental de las empresas, la cual promueve la eficiencia y la disminución de riesgos para los seres humanos y el ambiente (CICR, 2012). Se basa en una serie de acciones que se pueden aplicar independientemente o de manera conjunta

para lograr unidades que tengan sistemas de producción “limpios”, como se observa en la siguiente figura:

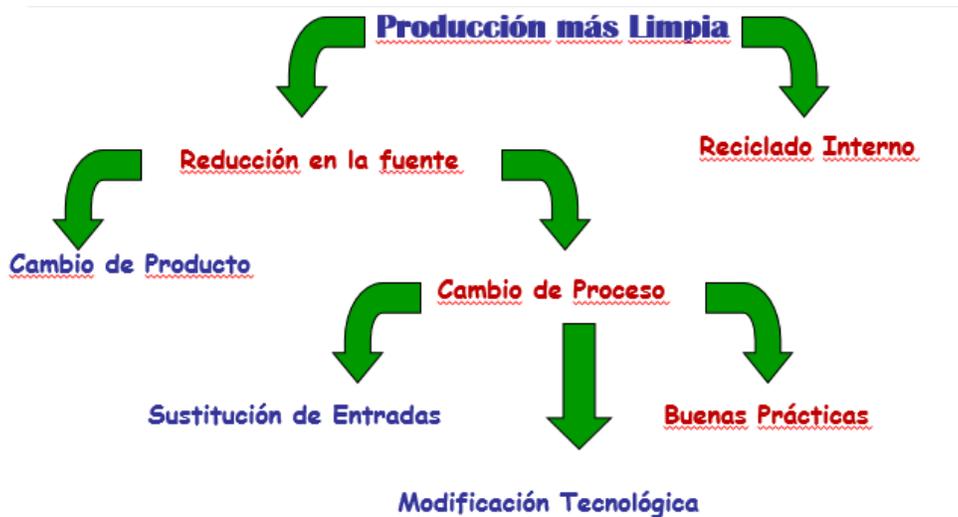


Figura 1 .

## Figura 2 Esquema estrategia de Producción más Limpia

Fuente: (Hidalgo Segura, 2011)

La anterior figura explica que la P+L se puede lograr mediante la reducción en la fuente de entradas que resulten en impactos ambientales y de eficiencia productiva negativos para la empresa, o bien mediante el reciclado interno (hacia dentro de la operación) de las salidas que el proceso productivo genere. Para lograr reducir en la fuente, se pueden aplicar acciones puntuales de cambio de producto, o cambio de proceso, y es en este último donde se pueden observar una serie de opciones culturales, tecnológicas, técnicas y productivas que resulten en un mejor desempeño ambiental del proceso. Por ejemplo se pueden hacer sustituciones de las entradas (un insumo por ejemplo si el proceso lo permite), realizar modificaciones tecnológicas (uso de un equipo más eficiente en uso energético, de agua, etc) o bien aplicar Buenas Prácticas (de manufactura, ambientales, agrícolas). Como metodología, la P+L define una serie de pasos por seguir (Hidalgo Segura, 2011), como se citan a continuación:

1. Confirmar interés en Producción más limpia
2. Planeación y organización de la estrategia en la unidad productiva
3. Pre-evaluación
4. Evaluación
5. Estudios de factibilidad
6. Implantación y Continuidad
7. Seguimiento

## **6 Metodología**

### **6.1 Componente I: Cultivo de Tomate**

#### **6.1.1 Establecimiento del cultivo**

El proyecto se estableció en el Campo de Prácticas Docentes de la Escuela de Agronegocios del Instituto Tecnológico de Costa Rica, situado en latitud 51° 55´ N y longitud 83°54´62´´W, y a una altitud de 1401 msnm en la Sede Central de dicho centro, ubicado en la provincia de Cartago, Costa Rica.

Para el establecimiento del ensayo se utilizaron plantas de almácigo y se estableció un protocolo de manejo en campo, el cual consistió en la aplicación de diferentes productos biológicos para el combate en forma preventiva principalmente de las diferentes plagas y enfermedades propias del cultivo, sin evitar el uso de agroquímicos en caso de ser necesarios.

La primera siembra piloto se realizó en la época seca del 2011 mediante la técnica de trasplante de la variedad de tomate de mesa extra firme 8108 Pick Ripe, para la época lluviosa se sembró la variedad de tomate de mesa extra firme LSL 449 Divine Ripe. Posteriormente se siguió trabajando con ésta en las siembras del periodo comprendido dentro del proyecto (años 2012 y 2013).

La siembra se hizo mediante el sistema de lomillos manteniendo una distancia de 0,55 m entre plantas y 1,30 m entre hileras, para una densidad de siembra de aproximadamente 14000 plantas/ha. Las siembras se realizaron durante una variedad de temporadas, teniéndolas en época seca, lluviosa o de transición.

Se modificaron y ampliaron los sistemas de producción hasta llegar a los siguientes sistemas en el 2013, mismos a los que se les aplicó un tratamiento estadístico de la información que se explica más adelante:

1. Protegido (invernadero) MIP.
2. Semi protegido químico comercial.
3. Semi protegido químico racional.
4. Semi protegido MIP
5. Campo Abierto MIP

A continuación se ofrece una breve descripción del manejo o características de cada tratamiento respecto a ambiente de producción:

1. Protegido: este consistió en un ambiente de producción protegido tipo invernadero, con una estructura de tipo invernadero de una nave de la cual se utilizó el 50%, con mallas antiáfidos en las paredes laterales, suelo sin coberturas, y techo de plástico transparente. A lo interno del invernadero se colocaron estacas de bambú de al menos 3cm de diámetro para hacer las guías a las cuales se uniría el mecate tomatero colocado en forma de “gaza” en los tallos de las plantas de tomates para darles un entutorado y sostén.
2. Semi protegido: las tres parcelas de tratamiento semiprotegido consistieron en la creación de bandas plásticas en la porción superior de cada hilera de las plantas de tomate, constituidos por estructuras tipo “T” de madera (aunque pueden ser de varilla como se observa en algunos productores), donde se sostienen bandas de plástico tomatero, el cual consiste de Polietilenos de alta resistencia de 51 $\mu$ , en ancho de 2 m y del largo correspondiente a la hilera de plantas (OLEFINAS, 2014). Esto crea un tipo de protección de factores climáticos como la lluvia. Igualmente, este tipo de tratamientos tuvo un sistema de guías con cañas para el amarre de las plantas para sostén y entutorado.
3. Campo Abierto: en este caso, la parcela no contó con ningún mecanismo de protección física como en los dos anteriores por lo que las plantas estuvieron expuestas siempre a factores climáticos. La única infraestructura existente fueron las cañas y mecate para amarre de las plantas.

Respecto al manejo de cultivo existieron tres tipos. El tratamiento de ambiente protegido, uno de los lotes semiprotegidos y el campo abierto, fueron manejados bajo un protocolo MIP (Manejo Integrado de Plagas) adaptado a las posibilidades de Campo de Prácticas. Las otras dos parcelas semiprotegidas tuvieron un manejo agronómico con agroquímicos, de tipo “racional” y otro de tipo “comercial”. En todos los casos se hizo una mecanización y desinfección del suelo con peróxido de hidrógeno antes del trasplante. En todos los casos se empleó riego por cintas de goteo y no fue común realizar aporcadas, sino que se cuidó de dar una altura mínima de 30cm a los lomillos. En todos los casos se realizó una aplicación de Confidor 200 SC ® de tipo preventiva por la alta presencia de mosca blanca en la zona. Usualmente se aplicaron podas de formación, deshieras manuales, entutorados y amarres a todas las plantas del proyecto y se aplicó Biozime ® como estimulante.

La descripción de cada uno de ellos se presenta a continuación:

1. MIP: en estos casos, el manejo consistió en aplicaciones preventivas de productos biológicos como hongos entomopatógenos para el control de hongos e insectos (*Trichoderma sp*, *Beauveria sp*, *Metarrizium sp*, *Lecanii sp*, entre otros, en dosis inundativas e inoculativas una vez por semana separados cuatro días entre *Trichoderma sp* y el resto), repelentes comerciales naturales a base de chile picante y ajo como el Chilagro ®, insecticidas avalados para manejo orgánico como el ISK 45 SL® de Resusa el cual consta de sales potásicas de ácidos grasos, y trampas de insectos de plástico amarillo con adherentes. Según la severidad de la afectación por plagas o enfermedades, se permitió usar en última instancia agroquímicos como los usados en los tratamientos químicos. La fertilización se manejó principalmente a partir de productos orgánicos, como fertilizante al suelo Abimgra ®, y foliar llamado On y Gadal ®. Cuando fue necesario se aplicaron podas sanitarias, tras una previa desinfección con peróxido a las hojas al 0,005%.
2. Químico racional: para el control de plagas y enfermedades, este tratamiento buscó hacer un uso más racional o alternativo de mecanismos químicos preferiblemente, y biológicos. Constó de una ronda de aplicaciones preventivas de hongos entomopatógenos como *Trichoderma sp*, y *Beauveria sp*, + *Metarrizium sp* y posteriormente se realizaron aplicaciones según observación de impacto y severidad de plagas y enfermedades, de productos como Daconil Action™ Positron Duo 69WP®, Acrobat WG®, Scala 400SC®, San-San®, y Vertimec®. La fertilización se manejó principalmente a partir de productos orgánicos, como fertilizante al suelo Abimgra® y un refuerzo con 18-5-15, y foliar llamado On y Gadal®, con un refuerzo de Byfolan forte®.
3. Químico Comercial: en este tratamiento el control de plagas y enfermedades, se hizo a partir de productos químicos localizados en proveedores de la zona, algunos de manera preventiva y otros según observación de impacto y severidad de plagas y enfermedades, de productos como Daconil Action™ Positron Duo 69WP®, Acrobat WG®, Lepicron 75WP®, Scala 400SC®, San-San®, y Vertimec®, y el bactericida Agri-Mycin®100. La fertilización se manejó principalmente a partir de productos químicos, como fertilizante al suelo 10-30-10, nutrán y 18-5-15, y foliar Byfolan forte®.

### 6.1.2 Descripción y elaboración de los diseños experimentales

El objetivo de la elaboración de este diseño, es recomendar cual es la mejor estrategia para tomar decisiones críticas basadas en diferentes tipos de pruebas para probar las hipótesis experimentales.

En este ensayo se crean dos sistemas de modelos (independientes uno del otro), para observar las respuestas de las unidades experimentales a las diferentes pruebas o tratamientos establecidos. Ambos sistemas con tres tratamientos que consisten en:

**Primer sistema:** ambiente de producción. Este tuvo un tratamiento en ambiente protegido, otro tratamiento en ambiente semiprotegido y un tercer tratamiento en campo abierto.

**Segundo sistema:** manejo agronómico. En este caso el primer tratamiento constó de manejo químico racional, el segundo tratamiento de un manejo químico comercial, y el tercer tratamiento de un manejo MIP.

En todos los tratamientos, la variedad del cultivo, el suelo, el clima y el personal que maneja el cultivo y toma los datos fueron los mismos, con el fin de minimizar las variables que pudieran afectar los resultados del diseño experimental.

En ambos sistemas se estableció como la hipótesis nula que “no hay diferencias entre ninguno de los tratamientos”. Contrariamente, la hipótesis alternativa consistía en afirmar que “si hay diferencia entre los tratamientos o al menos un tratamiento es diferente a los otros”. Este tipo de prueba es de dos colas.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

La decisión de rechazar o mantener la hipótesis nula se hace contrastando el resultado del experimento (estadístico calculado) contra el resultado esperado si la hipótesis nula fuera verdadera (estadístico tabular).

El diseño experimental para ambos sistemas que se utilizó fue el DCA Diseño Completamente Aleatorio, en donde el investigador asignó los tratamientos a las unidades experimentales al azar.

El material experimental (unidades experimentales) fueron las plantas del cultivo de tomate de la variedad R-449 Divine Ripe, y al tratarse de un suelo, clima y mano de obra homogéneos, se puede asegurar que, si existen diferencias en la respuesta de las unidades experimentales, éstas se debieron a los efectos de los tratamientos.

En este proceso los tratamientos son variables independientes y la respuesta fue la variable dependiente, las diferencias en las respuestas de la variable dependiente fueron posibles de atribuir directamente a los tratamientos, es decir a las variables independientes.

El tipo de escala que se usó para medir es de razón o cocientes que permite ordenar los objetos según la magnitud del atributo que se mide, en donde el punto cero no es arbitrario y corresponde a una total ausencia de la propiedad estudiada. Los criterios de valoración a medir en las variables dependientes fueron: producción, altura de la planta, diámetro del tallo y peso del fruto. Sin embargo para efectos de informe se consideró producción principalmente.

### **6.1.3 Cálculo de repeticiones**

Para el cálculo de las repeticiones se aplicó la siguiente fórmula:

$$\sum r1 - T > gl$$

Donde:

r: repeticiones

T: # de tratamientos

gl: grados de libertad

$$\sum r1 - T > gl$$

$$T * r - T = 20$$

$$3 * r - 3 = 20$$

$$r = 23 / 3$$

$$r = 8$$

En cada uno de los tres tratamientos se realizaron ocho repeticiones con diez unidades experimentales cada repetición. Con este diseño se maximizó el número de grados de libertad para estimar el error experimental.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se estimaron algunos parámetros necesarios: probabilidad de confianza, variabilidad del parámetro, error estándar, análisis de varianza, tamaño de la muestra y tamaño de la población.

$$s^2 = \text{Varianza}$$

$$s^2 = p(1-p)$$

$$s^2 = 0,975(1-0,975)$$

$$0,025 \text{ error estándar}$$

$$s^2 = (0,025)^2$$

$$s^2 = 0,000625 \text{ varianza de la población}$$

$$n' = \frac{s^2}{v^2}$$

$$n' = 40$$

$$N = 320 \text{ los cuatro tratamientos}$$

$$N = 80 \text{ por tratamiento}$$

$$n = n' / (1 + n'/N)$$

$$n = 40 / (1 + 40/80)$$

$$n = 40 / (1,51)$$

$$n = 27 \text{ tamaño de la muestra}$$

Por lo tanto, además de seleccionar el diseño adecuado, de planear y realizar cuidadosamente el experimento, se recomendó un máximo cuidado en el registro de los datos, para que éstos reflejaran el comportamiento del experimento de estudio.

#### **6.1.4 Análisis postcosecha**

Particularmente en el caso de aceptación de producto fresco, no se realizó un análisis sensorial o de aceptación de consumidor formal. Sin embargo, fue una práctica usual poner a disposición el excedente de la investigación a la comunidad institucional, recibir retroalimentación de comercializadores de la zona sobre varios aspectos de calidad del producto, y remitir parte de la producción a la Planta Piloto Agroindustrial de la Escuela de Agronegocios para su procesamiento. Los productos resultantes fueron analizados en degustaciones varias.

También se tomaron dos muestras de tomate cosechado en la segunda siembra de este proyecto para valorar su vida útil poscosecha. En este caso, por conveniencia de los investigadores, se tomaron nueve tomates de la parcela con tratamiento químico, y nueve tomates al azar de las parcelas de tratamiento agronómico MIP,

en tres estados de madurez. La muestra 1 fue cosechada y estuvo sin protección del sol durante 5 horas, luego fue mantenida en un lugar fresco a temperatura ambiente. La muestra 2 fue cosechada y resguardada del sol inmediatamente, mantenida en un lugar fresco a temperatura ambiente. Se fotografiaron y revisaron las unidades (tomates) diariamente durante un periodo de 16 días (entre el 23 de mayo y 7 de junio para la muestra 1, y entre el 30 de mayo y el 15 de junio para la muestra 2) y se observaron condiciones como:

- Grado de maduración según la tabla de grados de madurez para tomate fresco avalada por USDA (anexo 1)
- Ablandamiento de frutos al tacto (zonificado en menos de un 25% del fruto, en más del 50% del fruto o en 100% del fruto)
- Coloración (uniformidad de la misma)
- Presencia de daños patológicos, mecánicos, fisiológicos o entomológicos
- Cantidad de tomates descartados

Se comparó el comportamiento del grupo de tomates de tratamiento agronómico químico contra el grupo de tomates de tratamiento agronómico MIP.

## **6.2 Componente II: Elaboración e innovación de productos de valor agregado a partir de tomate**

El tomate cosechado que se destinara a consumo fresco o que se trasladara a Proceso Agroindustrial para darle valor agregado se seleccionó básicamente con base en tamaño según establece la Norma Oficial de tomate para consumo en estado Fresco emanada por el MAG y el MEIC, misma que se muestra en el anexo 2 (MAG, s.f.) y grado de madurez según grados de madurez indicados por USDA del anexo 1 (AMS-USDA, 1991).

Usualmente se destinó el tomate de “primera” y grado de madurez grados 4 a 5 para uso fresco. El tomate cosechado de menor tamaño, como “segunda”, “tercera” o calibres menores y que aún no estuviera maduro (grado 3) o que más bien no fuera vendido en fresco pero estaba en su madurez máxima (grado 6) era trasladado a Planta de proceso. Si ya estaba maduro (grado 6) ingresaba a proceso inmediatamente, sino era madurado en planta.

### 6.2.1. Evaluación de la Materia prima

Inicialmente se realizó una evaluación de la materia prima recibida (tomate fresco) observando los parámetros que se citan a continuación y según el mecanismo de evaluación empleado:

**Tabla 1. Parámetros y mecanismos empleados en evaluación poscosecha**

| <b>Parámetro evaluado</b> | <b>Mecanismo de evaluación</b>  |
|---------------------------|---|
| <b>Forma</b>              | Revisión sensorial  |
| <b>Apariencia</b>         | Revisión sensorial  |
| <b>Color</b>              | Revisión sensorial  |
| <b>Firmeza</b>            | Revisión sensorial y texturómetro TA XT Plus® Texture Analyzer, medido en unidades de kg/mm/sec, émbolo de 2mm. Los datos se colectaron mediante el software asociado a este equipo, llamado Texture Exponent ® |
| <b>Sólidos solubles</b>   | Refractómetro ATAGO ® N-50E, medidos en °brix   |
| <b>Acidez</b>             | Potenciómetro o ph-metro (pH), marca Oaktlon ® modelo pH700   |

Primero se hizo una caracterización general del tomate ingresado a proceso, según mecanismos sensoriales. También se realizó una caracterización respecto al lote de procedencia del tomate (invernadero MIP, semiprotegido MIP y semiprotegido COMERCIAL), respecto a tres aspectos técnicos medibles por equipo destinado para tal fin, como fue la acidez, la cantidad de sólidos solubles y la firmeza. Para esto se utilizaron muestras establecidas a criterio de los investigadores, de tres unidades cada uno, provenientes de tres fechas distintas de cosecha de tomate de campo, a saber el 10 de agosto, el 14 de agosto y el 21 de agosto de 2012.

En este caso no se dio un tratamiento estadístico, únicamente se revisaron tendencias a partir de promedios del comportamiento hallados en las muestras.

### 6.2.2. Elaboración de productos con valor agregado

Para realizar la búsqueda de los productos se definió por conveniencia de los investigadores realizar un mínimo de 4 productos específicos, con las siguientes características:

- a. Fácil elaboración en sistemas agroindustriales con equipos básicos
- b. Fácil transferencia de tecnología en el campo (lugares en donde están los productores)
- c. Productos con un sabor muy natural buscando un sabor diferenciado

Se realizó una investigación secundaria en internet y libros y se definió realizar pruebas preliminares con los siguientes productos:

- a. Tomate Deshidratado
- b. Mermelada de Tomate
- c. Salsa de Tomate con piña
- d. Pasta base de tomate (para desarrollar salsas con especias a conveniencia o gusto de los productores y sus clientes)

A partir de las pruebas preliminares se definieron y escalaron las formulaciones.

### **6.2.3. Evaluación de los productos obtenidos**

En cada caso se estableció un diagrama de proceso, donde se revisó la materia prima, se cuantificaron tiempos de uso y se extrajo información pertinente para las evaluaciones correspondientes. Entre ellas, se determinaron rendimientos, y al menos contenido de sólidos solubles según el tipo de productos.

Respecto al cálculo de los tiempos de uso de los equipos y elaboración de producto, se usaron registros digitales o impresos donde los investigadores y asistentes monitorearon cada operación y su duración. Posteriormente, esto apoyó la elaboración de los diagramas de proceso y se extrajeron datos e insumos, mano de obra, empaques y otros costos.

#### **6.2.3.1. Cuantificación del contenido de licopeno en los productos elaborados.**

Se solicitó también apoyo de la Universidad Nacional, Laboratorio de Fitoquímica-LAFIT de la Escuela de Química para el análisis de los contenidos de licopeno en las muestras de producto fresco y procesado a partir de tomate.

De acuerdo al informe del LAFIT remitido por los especialistas de dicho laboratorio, el análisis de las muestras de tomate y sus derivados se realizaron empleado cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), empleando la técnica de cuantificación de estándar externo. Se empleó el siguiente método con algunas

modificaciones: Leer, M.T & Chem, B.H 2001. Separation of lycopene and its cis isomers by liquid chromatography, *Chromatographia*, 54, 9-19, 613-617. El patrón de licopeno utilizado fue el L9879 de Sigma-Aldrich con una pureza de más del 90% y con un costo de 200 mil colones el miligramo.

El tratamiento de la muestra remitida por los investigadores se trató de la siguiente manera:

1. La fruta se picó en trozos pequeños, congeladas, liofilizadas y finalmente molidas a 1 mm y congeladas hasta su análisis.
2. Las muestras que se recibieron liofilizadas fueron igualmente molidas y congeladas hasta su análisis, las muestras de conserva sufrieron el mismo tratamiento

3.

Por triplicado se pesaron 0,1g de muestra seca y molida en un tubo de ensayo, se extrajo el licopeno con una mezcla de disolventes conteniendo hexano, acetona y etanol en una proporción (2:1:1), 3 extracciones de 2 ml, en cada extracto la muestras se mantuvo 10 minutos en el baño sónico, los extractos se combinaron y se concentraron a sequedad bajo gas N<sub>2</sub> y luego fueron reconstituidas con tetrahidrofurano (0,5 m) para su análisis por HPLC.

A continuación se ilustra la figura del cromatograma del patrón de licopeno:



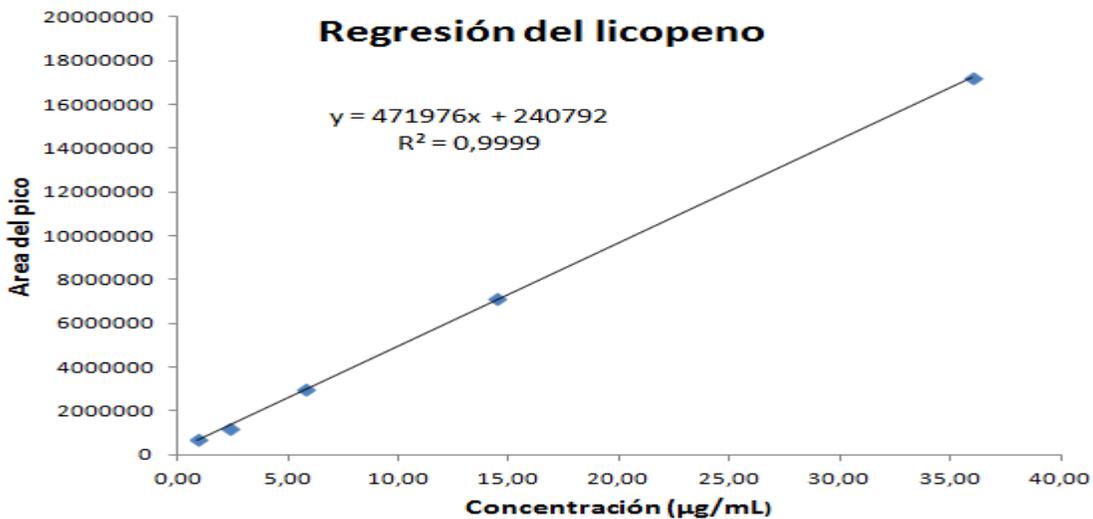
**Figura 3 Cromatografía del patrón de licopeno L9879 de Sigma-Aldrich**  
Fuente: (Carvajal & Rodríguez, 2013)

La siguiente figura corresponde al cromatograma de una de las muestras analizadas:



**Figura 4. Cromatografía de una de las muestras remitidas al LAFIT**  
Fuente: (Carvajal & Rodríguez, 2013)

La siguiente figura corresponde a la curva de calibración del licopeno obtenida empleando la técnica de HPLC.



**Figura 5. Curva de calibración del licopeno obtenida empleando la técnica de HPLC**

Fuente: (Carvajal & Rodríguez, 2013)

A partir de la metodología anterior, se recibió un informe de los contenidos de licopeno en base seca de cada muestra (Carvajal & Rodríguez, 2013).

También se aplicó un análisis sensorial de cinco atributos en tres de los productos (salsa de tomate con piña, deshidratado y mermelada) a una muestra no estadística, seleccionada de manera aleatoria por conveniencia de los investigadores. Esta se aplicó a funcionarios y estudiantes del TEC en diversos momentos, pidiendo que evaluaran en una escala como la mostrada en el apéndice 2, su calificación para los atributos de color, olor, apariencia general, textura y sabor de las muestras de productos dados. Esto permitió dar una aproximación sobre los posibles grados de aceptación de los productos elaborados.

#### **6.2.3.2. Cuantificación del costo de los productos elaborados.**

Para el caso de los equipos como de MO, se cuantificó el tiempo que se duraba en cada uno de los procesamientos. Para este último se tomó en cuenta el pago por jornal de ocho horas según el monto del salario mínimo al I Semestre 2014 en el país (Ministerio de Trabajo de Costa Rica, 2014). El monto de jornal se dividió entre ocho horas laborables al día, y luego entre 60 minutos de cada hora, para poder ser multiplicado por los minutos que cada operación dura. Este salario mínimo se reportó en ₡9.738,68 por jornal, al cual se le adicionó un 45,86% de las correspondientes cargas sociales.

Respecto a los consumos eléctricos, se contó con colaboración de los funcionarios del área eléctrica del Departamento de Administración de Mantenimiento del TEC, Sr. Roy Masís Pérez y el Sr. Manuel Badilla Sánchez, quienes apoyaron en el cálculo de consumo eléctrico por minuto según los amperajes y fases de los equipos usados cuando aplicó (monofásico o trifásico). En algunos casos fue requerido medir el consumo con el equipo de medición Tester "Power Logger" Fluke No.1735. Una vez calculado el consumo eléctrico por equipo en el tiempo empleado, se multiplicó por la tarifa eléctrica correspondiente (JASEC, 2014).

En el caso de los costos por servicio de agua y alcantarillado, se consultó con la Municipalidad de Cartago, en donde se especifican los costos por consumo de agua según distintos rangos de consumo, siendo en este caso la tarifa mínima la aplicable al estar en un rango de consumo de 0 a 15 m<sup>3</sup> de agua por mes (Municipalidad de Cartago, 2014).

### **6.3 Componente III: Gestión de costos**

Para la obtención de la información se procedió a la recolección de los datos con bitácoras de las actividades y los insumos utilizados en los diferentes ambientes.

Para la recolección de la información se procedió a citar las actividades que se iban a desarrollar según el proceso de crecimiento de las plantas de tomate, según el sistema del que se tratara: parcela de manejo MIP, químico o químico comercial, y parcela de ambiente protegido, semiprotegido y campo abierto. Luego se determinó a partir del análisis de la información que se registrara de tiempo ejecutado y consumo de insumos o materiales en cada labor, el costo de producción de cada segmento según el sistema de tratamiento. Las labores usuales a saber fueron:

- Obtención de semilla
- Producción de almácigo
- Preparación de terreno (enmiendas, desinfección, labranza, confección de lomillos control preventivo de plagas y enfermedades como mosca blanca principalmente)
- Trasplante
- Monitoreo y registro de actividades permanente de plantación
- Fertilización (química u orgánica) a suelo y foliar
- Control de plagas y enfermedades
- Podas de formación y sanitarias cuando aplique
- Control de arvenses
- Amarre de plantas Entutorado
- Cosecha

Con las actividades definidas se procedió a obtener la información de consumo de insumos, mano de obra y materiales en cada uno de los ensayos. En el apéndice 3 se puede observar un ejemplo del tipo de registro empleado.

Para la obtención de los costos asociados al tractor utilizado en el campo, se realizó un cálculo de costo por hora y con base a ese costo por hora, se le asignó el costo de acuerdo a los tiempos utilizados en las labores en donde se utilizó el tractor. Dicha operación comprende salario del operario, el consumo de combustible, y la depreciación del activo, calculado a partir del valor inicial del mismo.

Para el cálculo de la depreciación se procedió utilizar el método de depreciación de Línea Recta, establecido por el Reglamento del Impuesto sobre la Renta emitido

por el Ministerio de Hacienda (para activos como el invernadero la vida útil es de 4 años), según la siguiente fórmula:

$$\text{Depreciación} = (\text{Valor del activo} - \text{valor residual}) / \text{vida útil}$$

El monto del costo de la depreciación se dividió entre dos ya que para el desarrollo del cultivo solo se utilizó la mitad del invernadero, en un mes.

Para dar un valor al uso de la tierra se procedió a entrevistar a diferentes productores de tomate cercanos a la zona para determinar el costo.

#### **6.4 Sostenibilidad**

Respecto al enfoque de sostenibilidad que este proyecto tuvo, se determinó insertar esta dimensión en los componentes I y II (producción en campo y valor agregado respectivamente).

**Componente I:** se partió principalmente de una observación de las prácticas agronómicas e insumos empleados en las parcelas establecidas en el Campo de Prácticas Docentes e Investigación Agropecuaria (CEPDIA) con el fin de poder discutir sobre las prácticas convencionales y alternativas empleadas en este proyecto. También se incluyó una visión socio-económica (apoyada en los componentes I y III) al considerar una relación beneficio/costo entre la posible venta de la producción de 1 ha tomate vrs los costos de producción en 1ha. El cálculo partió del supuesto que una hectárea arrojara una producción como la obtenida en el proyecto y considera un escenario 1 donde el precio es de ₡10 000/tina (en Costa Rica la unidad de comercialización es la tina de tomate que pesa 18kg); siendo este un precio que se mantiene en algunas semanas del año. Un segundo escenario es considerado con precios en temporada de escasez de tomate, que puede llegar a costar ₡26 000/tina. Se considera cada vez más aceptable una relación >1, e indeseable indicadores que resulten <1.

**Componente II:** se definió aplicar la estrategia de Producción Más Limpia (P+L) a uno de los productos elaborados en la Planta Piloto Agroindustrial (PPA) y valorar así la posibilidad de insertar esta práctica en los ejercicios de agroindustrialización que el proyecto propone. Como metodología, se siguieron los pasos que la P+L, los cuales se aplicaron al procesamiento de uno de los productos de valor agregado desarrollados en el presente proyecto: pasta de tomate. Los pasos fueron:

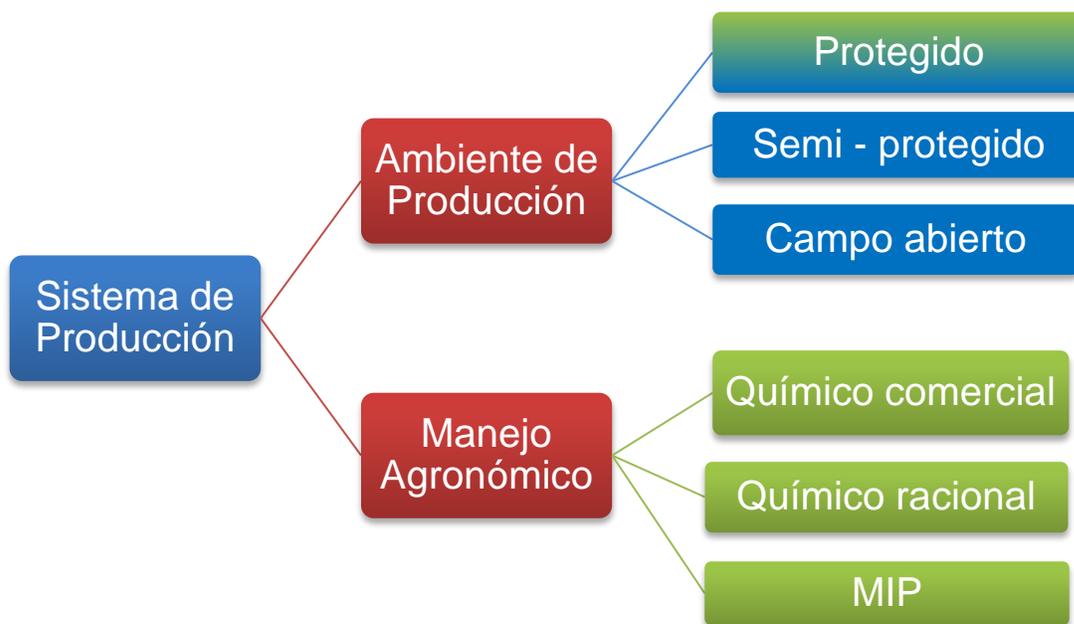
1. Confirmar interés en Producción más limpia (el proyecto consideró la dimensión de sostenibilidad y por tanto alguna estrategia que apuntara hacia la eficiencia productiva, económica, social y ambiental como esta herramienta se consideró aceptada)
2. Planeación y organización de la estrategia en la unidad productiva (PPA en este caso, y para el proceso de elaboración de pasta de tomate en particular)
3. Pre-evaluación (se observó el proceso agroindustrial propuesto por la investigadora en una prueba piloto y se identificaron algunos Aspectos Ambientales potencialmente significativos y que ocupaban atención)
4. Evaluación (se midió el uso de recursos como agua, tiempo y consumo eléctrico durante el procesamiento agroindustrial con insumos de la primera siembra de tomate en el CEPDIA)
5. Estudios de factibilidad (tras una lluvia de ideas sobre posibles acciones que se podían aplicar se valoró la viabilidad técnica y económica de ellas)
6. Implantación y Continuidad (se aplicaron las opciones que resultaron factibles y se midieron para ver sus resultados).

## 7 Resultados

### 7.1 Componente I: Cultivo de Tomate.

#### 7.1.1 Evaluación de sistemas de producción

Según se indicó en la metodología, el proyecto se dividió en dos sistemas de producción: Ambiente de Producción y Manejo agronómico, que a su vez se subdividieron en: protegido, semi-protegido y campo abierto; manejo químico comercial, manejo químico racional y manejo integrado de plagas, respectivamente.



**Figura 6. Sistemas de producción evaluados en el proyecto.**

La anterior imagen muestra los dos sistemas de análisis trabajados en el proyecto y los tratamientos para cada uno de ellos. En todos los casos se detectó con mayor o menor incidencia, presencia de daños como los tipificados en la Norma Oficial de Tomate para consumo fresco del MAG y MEIC en Costa Rica. Entre los daños serios se observó ataque de insectos como *Liryomiza* sp, *Keiferia* sp o *Tutta absoluta* (tanto en fruta como en porciones vegetales de planta). Existió presencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*), aunque no se observó mayor afección de virosis. Igualmente se encontró infección por hongos como *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* y bacterias como *Erwinia* sp principalmente.

Respecto a daños leves en fruto, se observaron fisiopatías generadas por cambios extremos en temperatura y posible estrés hídrico, como fue una cicatriz o rajadura radial así como otras cicatrices epidérmicas conocidas como “zipper” o “cartera”, y algunos daños mecánicos posiblemente del roce de los mecates o cañas del entutorado, manipulación en cosecha y después de esta.

En todos los sistemas se observaron tomates característicos de la variedad sembrada, con calidades distintas, según las tipificadas por la Norma Oficial de Tomate para consumo fresco, la cual establece estas clasificaciones, siembre y cuando se trate de tomates libres de daños como:

- Tomate de primera: frutos de al menos 8cm de diámetro y 200g de peso o más
- Tomate de segunda: frutos con diámetros menores a los 8cm pero de 5cm o más, y pesos menores a los 200g
- Tomate de tercera: frutos con diámetros menores a los 5cm y algunos daños leves y sin pudrición

Se aplicaron todas las prácticas debidas para preparación de terreno, al arar el mismo y hacer una pasada de rotador, confección de lomillos, establecimiento de cinta de riego y cañas para posterior entutorado. Se realizaron labores de deshierba, poda sanitaria y de formación, fertilización granular a suelo y líquida foliar, aplicación de mecanismos de control de plagas y enfermedades y cosecha. En el apéndice 4 se pueden observar algunas fotografías con ejemplos de patologías detectadas.

A continuación se describen los resultados para cada sistema.

#### **7.1.1.1 Sistema de Ambiente de Producción:**

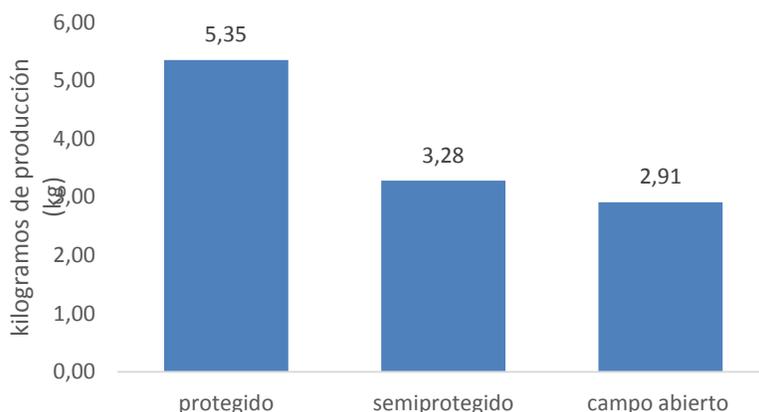
Respecto al sistema de evaluación de ambientes de producción, se evaluaron 3 sub sistemas o tratamientos, a saber: Campo abierto, Semiprottegido y Ambiente Protegido. En este caso se mantuvo un tipo de suelo homogéneo, mismo sistema de riego (por goteo), misma variedad de tomate y mismo sistema de mano del cultivo, siendo este un MIP y obteniendo los siguientes resultados de producción:

**Tabla 2. Datos de producción sistema de ambiente de producción**

| <b>fecha</b>                              | <b>Día de cosecha</b> | <b>Protegido (kg)</b> | <b>Semiprotegido (kg)</b> | <b>Campo abierto (kg)</b> |
|---|-----------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>02/05/2013</b>                         | 1                     | 2,28                  | 3,38                      | 3,07                      |
| <b>07/05/2013</b>                         | 2                     | 2,89                  | 3,37                      | 3,40                      |
| <b>09/05/2013</b>                         | 3                     | 0,91                  | 3,70                      | 5,43                      |
| <b>14/05/2013</b>                         | 4                     | 7,51                  | 8,58                      | 7,99                      |
| <b>16/05/2013</b>                         | 5                     | 3,63                  | 4,82                      | 5,50                      |
| <b>21/05/2013</b>                         | 6                     | 8,45                  | 4,39                      | 7,69                      |
| <b>23/05/2013</b>                         | 7                     | 3,12                  | 10,50                     | 7,67                      |
| <b>28/05/2013</b>                         | 8                     | 25,31                 | 14,47                     | 27,38                     |
| <b>30/05/2013</b>                         | 9                     | 16,49                 | 14,47                     | 7,86                      |
| <b>04/06/2013</b>                         | 10                    | 33,16                 | 13,32                     | 2,64                      |
| <b>06/06/2013</b>                         | 11                    | 12,48                 | 4,23                      | 0,00                      |
| <b>11/06/2013</b>                         | 12                    | 18,48                 | 2,55                      | 0,00                      |
| <b>13/06/2013</b>                         | 13                    | 4,43                  | 0,85                      | 0,00                      |
| <b>18/06/2014</b>                         | 14                    | 5,39                  | 0,00                      | 0,00                      |
| <b>total cosechado en el periodo (kg)</b> |                       | 144,52                | 88,61                     | 78,62                     |

La tabla anterior muestra las producciones obtenidas en 14 tomas de datos de cosecha de la tercera siembra del proyecto. En principio se observa que el sistema de producción de invernadero fue el que más cantidad de tomate produjo, seguido por el ambiente semiprotegido y evidenciando menor producción en el campo abierto (existen 4 fechas en que ya este último no se cosechó pues las planas debieron ser eliminadas por afección de patógenos).

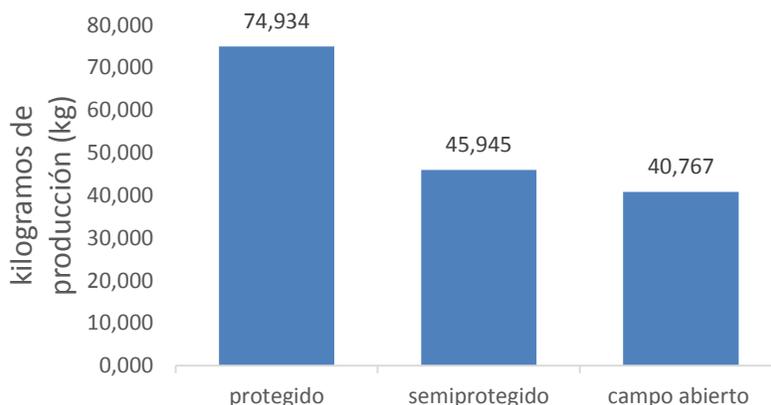
Ahora bien, en cada tratamiento se muestrearon 27 plantas, por lo que si la muestra es significativa, se puede inferir a partir de la tabla anterior el dato de producción promedio por planta, como se observa en la siguiente imagen:



**Figura 7. Producción por planta según tratamiento en sistema de Ambiente de Producción**

La producción fue de 5,35 kg por planta para el caso del invernadero, 3,28 kg para el ambiente semiprotegido y 2,91 kg para el campo abierto.

De acuerdo a la densidad de siembra usada en el ensayo, se podrían tener cerca de 14,000 plantas en una hectárea por lo que proyectando la producción por planta muestreada a un área de producción de una hectárea, podría suponerse la producción por área para cada tratamiento del Sistema de Ambiente, como se observa a continuación.



**Figura 8. Producción por planta según tratamiento en sistema de Ambiente de Producción**

Bajo el sistema de ambiente protegido o invernadero y según las condiciones del ensayo, la producción esperada es de 74,93 ton/ha, seguido por 45,94 ton/ha en ambiente semiprotegido y 40,77 ton/ha en campo abierto.

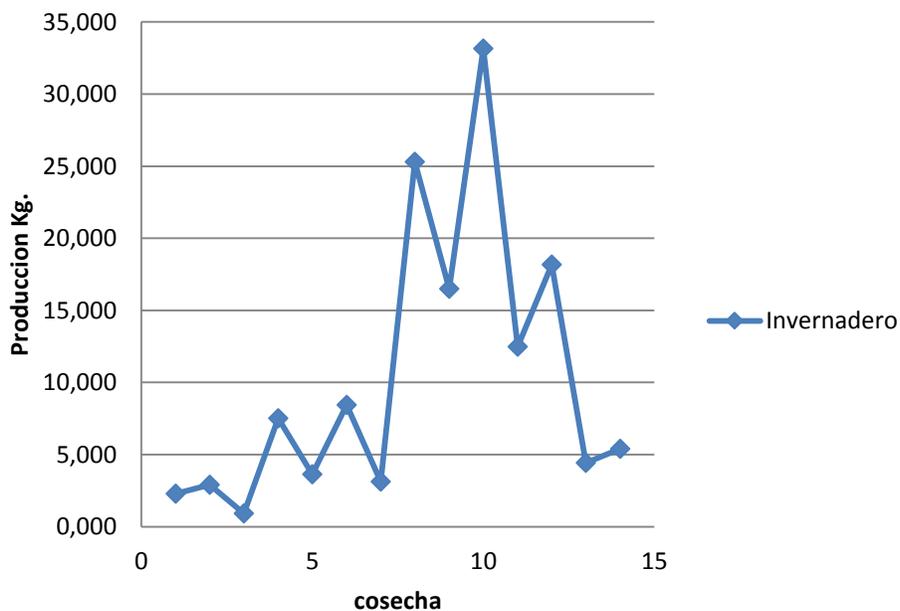
#### 7.1.1.1.1 Protegido

El ambiente protegido consta de un invernadero con techo de plástico y paredes antiáfidos para impedir la entrada de insectos, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 9. Tratamiento protegido**

En este subsistema se presenta un mayor porcentaje de fruto comercial de primera, además de que permite reducir la cantidad de pesticidas de origen sintético y aumentar el uso de biopesticidas. En este subsistema las plantas permanecen por un mayor tiempo con un nivel productivo apto y que va en aumento, como se observa en la siguiente figura.



**Figura 10. Comportamiento de la producción del tratamiento protegido**

En el caso del ambiente protegido, se observa un crecimiento de la curva de producción que inicia la producción con 2,28kg hacia la décima semana llegando a reportar hasta 33,16kg de producción en las plantas muestreadas, posteriormente inicia un descenso de producción, aunque al final del periodo de muestreo este tratamiento aún se encuentra en producción. Sin embargo, el tratamiento presenta algunas desventajas como son: una inversión inicial elevada, su ciclo productivo inicia varios días después de los subsistemas semiprotegido y campo abierto, además de la necesidad de seguir Buenas Prácticas como el hecho que los colaboradores deben mantener la disciplina de desinfección de pies y manos al momento de ingresar al invernadero y cerrar la puerta luego de ingresar.

#### 7.1.1.1.2 Semi protegido. (cubierta parcial con una banda plástica).

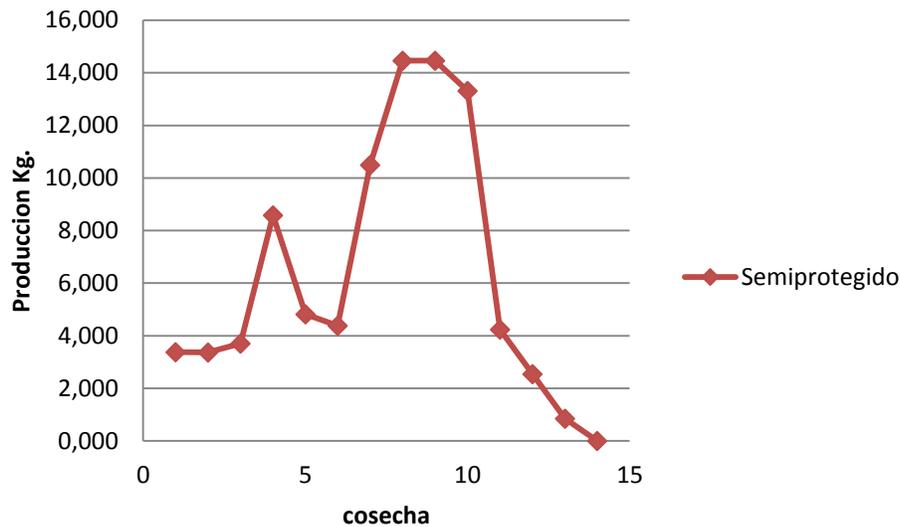
Este sistema es uno de los más utilizados en el país, presenta un nivel apropiado de productividad y un porcentaje adecuado de frutos con calidad comercial, tiene la desventaja con respecto al sistema anterior de requerir una mayor inversión en materiales (madera y plástico) y mano de obra. Se requiere una menor cantidad de pesticidas que en el subsistema abierto pero algo mayor que el de ambiente protegido. La siguiente imagen muestra el tratamiento semiprotegido del proyecto.



**Figura 11. Tratamiento semiprotegido**

Como se observa, no existen paredes laterales como sucede en el ambiente protegido, pero a partir de estructuras de madera y plástico, se crea una protección sobre las plantas que evita el salpique y daño de la lluvia.

Respecto a producción, la siguiente imagen muestra el comportamiento de la muestra tomada durante las cosechas.



**Figura 12. Comportamiento de la producción del tratamiento semiprotegido**

En este caso, el sistema inicia producción en 3,39 kg, logra un pico de cosecha de 14,47 kg en la semana 8 e inicia un decrecimiento en su producción, hasta cesar en la semana 13.

En comparación con el tratamiento de ambiente protegido, este sistema inicia cosecha con mayor cantidad de tomate, logra su pico de cosecha antes que el ambiente protegido pero en menor cantidad, y termina la producción antes que ambiente protegido.

#### 7.1.1.1.3 Campo abierto

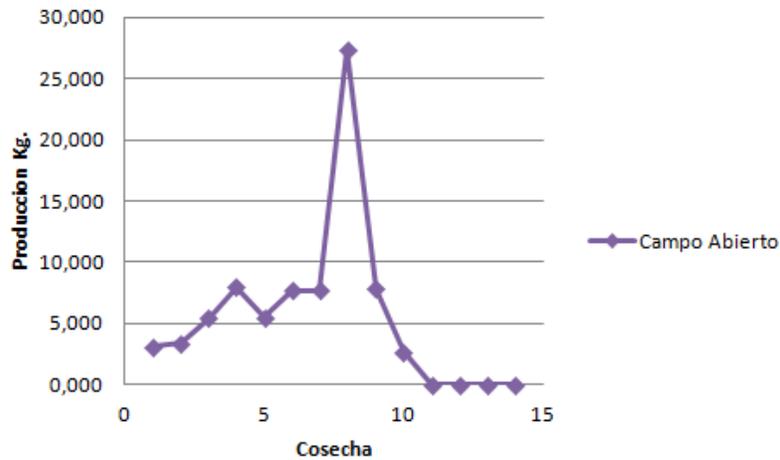
Este sistema presenta limitaciones fitosanitarias, principalmente en la época lluviosa lo que incrementa la necesidad de utilizar pesticidas. En las inspecciones de cultivo en campo fue posible observar mayor afectación por hongos como tizón tardío (*Phytophthora infestans*). En este subsistema se reduce la cantidad de frutos con calidad comercial y aumenta el porcentaje de frutos con problemas fisiológicos. Algunos de los problemas observados fue el “zipper”, así como problemas patológicos como bolsa de agua (*Erwinia sp*). Tanto en la época seca como en la época lluviosa las plantas se deterioran en un menor tiempo.

A continuación se observa una imagen de cómo lucen las plantas y el tratamiento de campo abierto en general.



**Figura 13. Tratamiento campo abierto**

Respecto a su producción el sistema mostró un aumento paulatino en la cantidad de producto cosechado, hasta llegar a un pico de cosecha hacia la octava toma de datos.



**Figura 14. Comportamiento de la producción del tratamiento campo abierto**

Según la figura anterior, el tratamiento de Campo abierto inicia cosecha con 3,07 kg de producción y 23 días después registró el pico de máxima producción para este tratamiento, para luego descender y terminar su periodo de cosecha a las diez semanas después de inicio de cosecha.

### 7.1.1.2 Sistema Manejo Agronómico

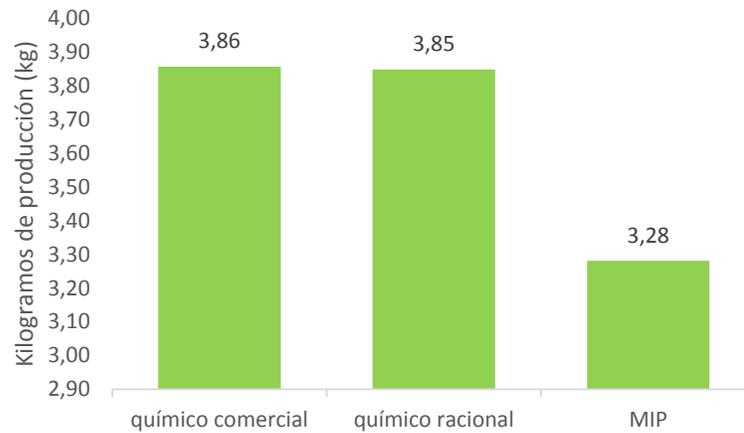
En cuanto al manejo agronómico, se consideraron los siguientes: químico comercial, químico racional y MIP. En este caso se mantuvo un tipo de suelo homogéneo, mismo sistema de riego (por goteo), misma variedad de tomate y mismo ambiente de cultivo, siendo este semiprotegido y obteniendo los siguientes resultados de producción

**Tabla 3. Datos de producción sistema de manejo agronómico**

| fecha                                | Día de cosecha | Químico comercial (kg) | Químico racional (kg) | MIP (kg) |
|--------------------------------------|----------------|------------------------|-----------------------|----------|
| 02/05/2013                           | 1              | 1,42                   | 3,19                  | 3,38     |
| 07/05/2013                           | 2              | 2,11                   | 3,17                  | 3,37     |
| 09/05/2013                           | 3              | 2,52                   | 6,13                  | 3,70     |
| 14/05/2013                           | 4              | 10,13                  | 2,86                  | 8,58     |
| 16/05/2013                           | 5              | 8,09                   | 6,24                  | 4,82     |
| 21/05/2013                           | 6              | 6,35                   | 9,25                  | 4,39     |
| 23/05/2013                           | 7              | 15,14                  | 13,24                 | 10,50    |
| 28/05/2013                           | 8              | 17,99                  | 21,35                 | 14,47    |
| 30/05/2013                           | 9              | 17,99                  | 21,35                 | 14,47    |
| 04/06/2013                           | 10             | 15,04                  | 9,80                  | 13,32    |
| 06/06/2013                           | 11             | 4,89                   | 4,86                  | 4,23     |
| 11/06/2013                           | 12             | 2,28                   | 1,88                  | 2,55     |
| 13/06/2013                           | 13             | 0,19                   | 0,59                  | 0,85     |
| 18/06/2014                           | 14             | 0,00                   | 0,00                  | 0,00     |
| <b>total cosechado en el periodo</b> |                | 104,14                 | 103,91                | 88,61    |

Según la tabla anterior en 14 fechas de cosecha en la muestra de cada tratamiento, el sistema de manejo de químico comercial arrojó 104,14 kg de tomate representando el más productivo, el sistema químico racional resultó en una producción de 103,91 kg, y el sistema de manejo MIP produjo 88,61 kg de tomate siendo la menor producción reportada en este sistema.

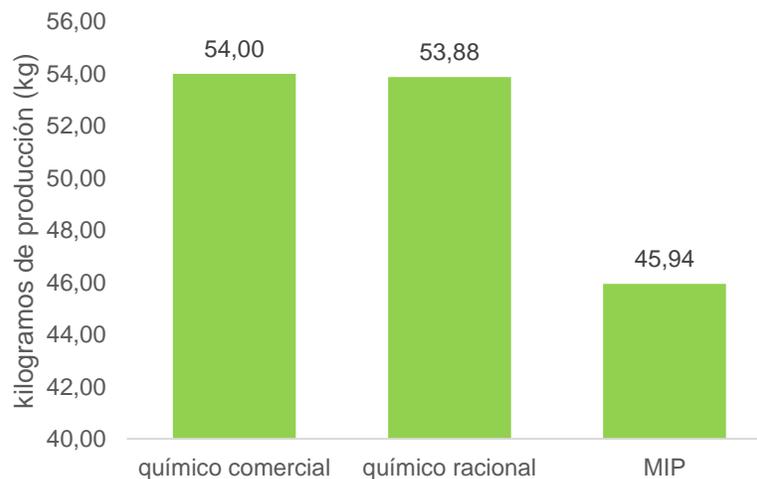
Respecto a la producción por planta, la siguiente figura muestra los datos:



**Figura 15. Promedio de producción por planta en sistema manejo agronómico**

La figura anterior muestra que el tratamiento de manejo químico comercial reporta la mayor producción por planta, seguido muy de cerca por el tratamiento químico racional y finalmente por el manejo MIP.

En cuanto a producción por área, se presenta la siguiente figura:



**Figura 16. Promedio de producción por planta en sistema manejo agronómico**

La mayor producción por hectárea está dada por el manejo químico comercial, al resultar en 53,999 ton/ha, y con una producción levemente menor se ubica el químico racional con 53,880 ton/ha. Finalmente, el caso del MIP resultaría en 45,945 ton/ha.

#### 7.1.1.2.1 Manejo químico comercial

La siguiente es una imagen de los tomates tratados bajo manejo químico comercial, siendo este uno habitual entre los productores nacionales.

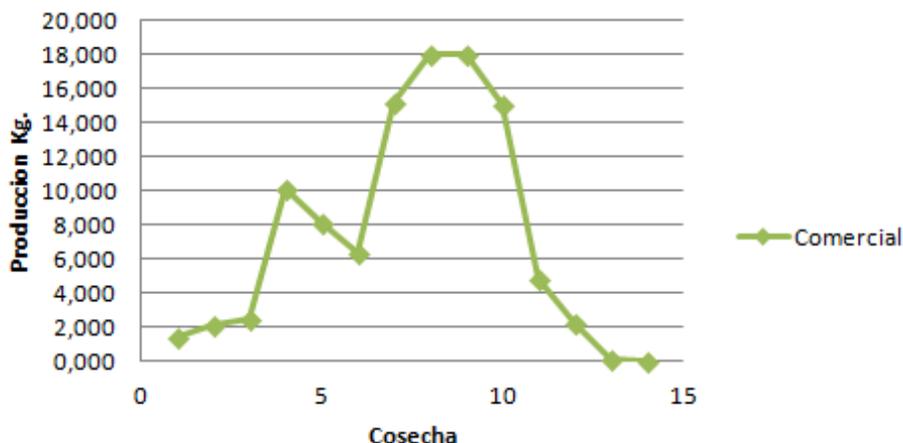


**Figura 17 .Tratamiento químico comercial**

Este sub sistema, siendo uno de los más utilizado por los agricultores en Costa Rica, presenta una característica manifestada en distintas reuniones y comentarios de consumidores y profesionales, la cual consiste en el uso excesivo de agroquímicos sintéticos.

Se indica como excesivo porque la aplicación de los productos se realiza con base en cronogramas definidos y no de acuerdo a un muestreo pre definido donde se considere la incidencia y severidad del ataque de plagas y/o enfermedades y con esto su cercanía a un umbral económico.

A continuación se observa una curva de comportamiento de la producción de este tratamiento dentro de la evaluación de sistemas de manejo agronómico:



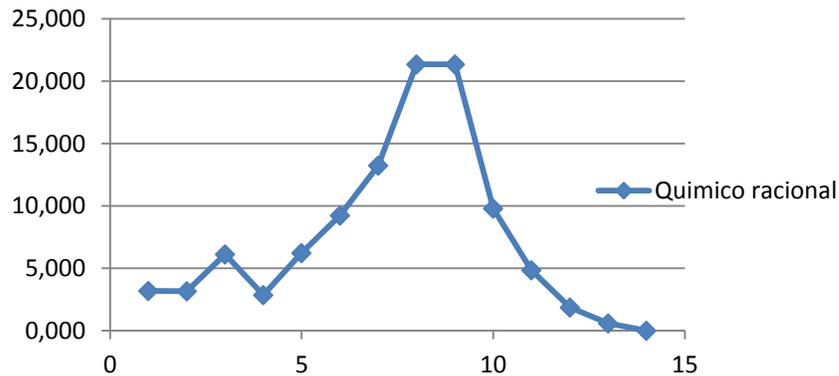
**Figura 18. Comportamiento de la producción del tratamiento químico comercial**

Se observa en el gráfico anterior que el tratamiento químico comercial inició con 1,42 kg de producto, generando un aumento que logra un máximo de producción en las semanas 8 y 9, para descender y terminar cosecha en la semana 13.

#### 7.1.1.2.2 Manejo químico racional:

Este sub sistema utilizó tanto agroquímicos de origen sintético como productos biológicos, sin embargo la decisión de manejo se tomó con base en la incidencia y severidad del ataque de plagas y enfermedades.

Respecto a producción, se puede observar el siguiente comportamiento de la muestra seleccionada en el tratamiento.

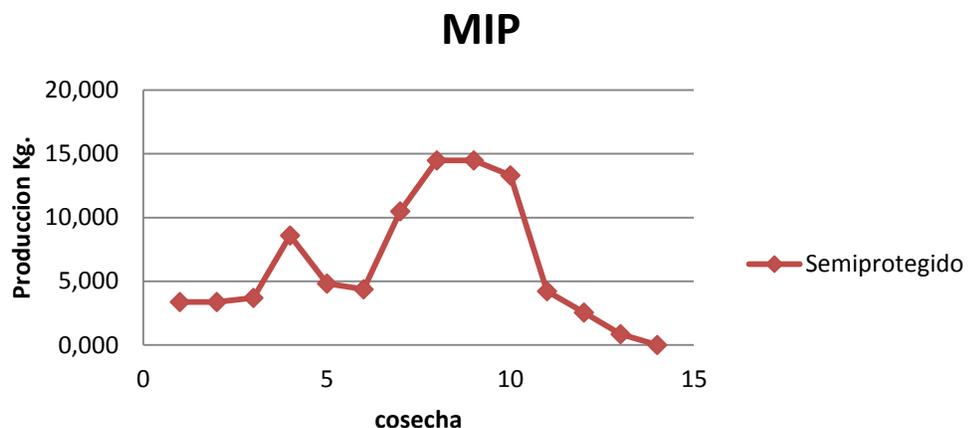


**Figura 19. Comportamiento de producción del tratamiento químico racional**

Este tratamiento inició cosecha con 3,19 kg, superando al tratamiento químico comercial. Logró su máximo de producción en la octava semana y concluyó su cosecha en la decimotercera semana.

#### 7.1.1.2.3 MIP (Manejo Integrado de Plagas):

En este sub sistema se le dio prioridad a los productos de origen biológico para el combate de plagas y enfermedades, sin evitar la utilización de agroquímicos de origen sintético. Además se trabajó en forma preventiva de acuerdo con las condiciones ambientales predominantes y a partir de un monitoreo diario.



**Figura 20. Comportamiento de producción del tratamiento MIP**

La anterior figura muestra con el sistema MIP inició cosecha con 3,38kg, siendo la superior de los tres tratamiento, inicia un aumento en su producción hasta lograr ubicarse en un máximo de en la semana 8, para cesar producción en la semana 13.

### **7.1.1.3 Sostenibilidad: Elementos ambientales**

#### **7.1.1.3.1 Insumos utilizados en los bloques**

En este apartado, se señala el origen de los principales insumos utilizados, lo cual puede estar generando un mayor o menor impacto ambiental. Debe hacerse la aclaración que evitando sesgos y basado en estudios de otras investigaciones así como en pilares de la gestión ambiental, cualquier práctica ejecutada en un ecosistema genera inevitablemente un impacto. Sin embargo, es de esperar que a partir del uso adecuado de productos biológicos, como la repelencia, depredadores o enemigos naturales, y productos biodegradables, el impacto por lixiviación, volatilización y disrupción del agroecosistema sea menor.

Ahora bien, la aplicación de un producto de origen sintético o biológico, siempre deberá regirse por principios de Buenas Prácticas Agrícolas, respetando el uso y las dosificaciones bajo las que fue registrado, las horas de aplicación, el uso de boquillas adecuadas cuando aplique, la vestimenta adecuada por parte del aplicador y los periodos de retiro cuando aplique.

A continuación se comenta brevemente el tipo de insumo utilizado en cada tratamiento

#### **-Sistema agronómico químico comercial:**

En este sistema se utilizaron desde el abonamiento hasta el combate de plagas y enfermedades pesticidas de origen primordialmente sintético. Tratándose de productos químicos (en este y en todos los sistemas en que se usara un agroquímico) se tuvo especial cuidado de respetar los periodos de ingreso o retiro entre la aplicación del producto y la cosecha.

**-Sistema químico racional:**

Para este sistema el abonamiento tanto al suelo como foliar se realizó mediante la combinación de fertilizantes certificados para utilizarse en agricultura orgánica así como fertilizantes de origen sintético, los pesticidas utilizados eran principalmente de origen sintético, sin embargo también se utilizaron biopesticidas. Al igual que en sistema anterior se respetaron los períodos entre aplicación y cosecha.

**-Sistema Manejo Integrado de Plagas (MIP) (este se aplicó en todos los tratamientos del sistema de ambiente de producción):**

En este sistema se le dio prioridad a los productos de origen biológico o certificados para ser utilizados en la agricultura orgánica, para el combate de plagas se utilizaron repelentes botánicos, hongos entomopatógenos, lo que supuso menores tiempos de ingreso entre aplicación y cosecha según lo certificara la etiqueta y dosificación del producto. Cuando fue absolutamente necesario pesticidas de origen sintético.

7.1.1.3.2 Sistema de riego empleado

El sistema de riego empleado para los dos sistemas fue de cintas por goteo. A nivel de sostenibilidad, este resulta ser uno de los sistemas más adecuados para este cultivo, ya que al evitar el salpique de las gotas de un sistema de aspersion, normalmente se observan menos daños mecánicos en hojas y frutos, así como por incidencia de enfermedades. Paralelamente, se tienen datos de proveedores y especialistas en Ingeniería Agrícola de este sistema de riego, que indican que la cinta por goteo reduce en más de un 50% el gasto de agua, favoreciendo una racionalidad del uso del recurso hídrico. (Monge, 2014).

7.1.1.3.3 Residuos generados

En cuanto al inventario de residuos generados tras la producción en campo, en cada una de las tres siembras del proyecto, se detectan los siguientes:

**Tabla 4. Inventario de residuos generados en las parcelas de cultivo y tratamiento dado**

| <b>Residuo</b>   | <b>Cuantificación</b>   | <b>Manejo del residuo</b>  |
|--|---|--|
| <b>Bandejas de almácigo</b>                                    | 5 bandejas de 98 plantas por cada siembra, se consideró porcentajes de descarte y resiembra | Reutilizadas en germinación de otras variedades sembradas en CPDIA, previa desinfección con peróxido de hidrógeno  |
| <b>Cañas para entutorado</b>                                   | una caña cada 4 plantas aproximadamente en 5 lotes, con 80 plantas cada uno                 | Se reutilizaron en otras estructuras de cultivos en campo, o se pican y compostean   |
| <b>Mecate de entutorado</b>                                    |   | Se retiraron y se dispuso de él en recolección de residuos convencional del TEC  |
| <b>Rotulación</b>  | 1 rótulo por lote   | Se retiró y se dispuso de estos en recolección de residuos del TEC   |
| <b>Estructura de madera tipo "T" para lotes semiprotegidos</b> | una T cada 4 plantas aproximadamente, en 3 lotes semiprotegidos, con 80 plantas cada uno    | Se reutilizaron en las siembras. Algunas se dañaron y requirieron reemplazo. Luego se retiraron de campo y se guardan para futuros lotes de producción, otras se desarmaron para usar madera en otras estructuras agrícolas, por ejemplo camas de hidroponía, estaqueado de parcelas estudiantiles         |
| <b>Plástico de cobertura para lotes semiprotegidos</b>         | 8 filas en cada lote, de 6 m aproximadamente, 5 lotes en total                              | Se debió reemplazar en cada siembra, incluso más de una vez algunas filas en un mismo ciclo de cultivo. En algunos casos se reutilizó parte de este plástico para cubrir composteras, o para control de arvenses en otras zonas del Campo. Otras porciones se dispusieron para reciclaje según el SIGA-TEC |
| <b>Rastrojo y descarte de producto</b>                         | 80 plantas en cada lote, 5 lotes en total, más el descarte                                  | Se quemaron por 5 minutos para aumentar temperatura y evitar proliferación de plagas y enfermedades, posteriormente pasó a composteo.  |
| <b>Empaques de agrobiológicos y agroquímicos</b>               | No cuantificados, pero en su mayoría fueron de agrobiológicos por uso más intenso           | Triple lavado en el caso de envases y disposición para reciclaje o reutilización en el CEPDIA. En el caso de empaques (bolsas, sobres, etc.) se dispusieron para reciclaje según el SIGA-TEC o en recolección de residuos convencionales del TEC   |

La tabla anterior muestra el listado de residuos generados y la disposición dada a los mismos, detectando posibilidades de reutilización o reciclaje en varias

oportunidades según lo indica la ley actual de Gestión Integral de Residuos (Ley 8839).

#### **7.1.1.4 Aceptación de producto fresco**

El tomate cosechado fue dividido en dos grandes grupos: uno que pudiera ser comercializado en fresco y otro que se destinara a producción agroindustrial, según se indicó en la metodología.

Respecto al tomate para consumo fresco, los excedentes de la investigación fueron puestos a disposición de la comunidad institucional o se donaron, y siempre fue posible colocar la totalidad del mismo, menos una cantidad de tomate descartado no cuantificado.

También se presentó el tomate, como un ejercicio de este proyecto, a tres compradores usuales en el mercado nacional

- uno que comercializa en la Feria Verde de Aranjuez
- uno que comercializa en el Mercado Central de Cartago
- uno que compra productos frescos para una cadena de supermercados establecida en el país.

En general, las observaciones fueron favorables aunque no para la totalidad del producto. Siempre indicaron que ellos escogerían el tomate y fue usual en los tres casos que lo seleccionaran según tamaño: en “tomate primera” y “tomate segunda”, a pesar de hacer una pre-clasificación por parte de los investigadores.

El comprador de la Feria Verde siempre solicitó que se le separara el lote de tratamientos MIP del químico, pues no llevaría de este último. Los otros dos compradores no solicitaron distinción entre los lotes, pero sí solicitaron escogerlos pues observaron algunos daños de tipo entomológico que no satisfacían sus estándares de calidad.

Los tomates llevados a PPA también pasaron por un proceso de selección poscosecha a la hora de recibo. En las dos primeras siembras fue posible usar más el 80% del tomate llevado, pero sí se detectó sobre todo en la tercera cosecha del proyecto, una alta incidencia de descarte (más de un 30%), por tomate con daños entomológicos y patológicos. Principalmente, los asistentes del proyecto y la

investigadora a cargo localizaron una alta incidencia de “gusano alfiler” en la pulpa de la fruta, con necrosis de tejidos alrededor de este insecto.

Esto se observa en la siguiente imagen.



**Figura 21. Tomate con porciones descartadas tras selección en PPA**

Nota: acá hay presencia de “gusano alfiler” e inicio de necrosis en tejido. Obsérvese oscurecimiento en el tejido, porción superior de la imagen.

La figura anterior muestra un tomate el cual tiene partes oscurecidas, producto de la necrosis que se genera por la entrada de patógenos tras la acción de un insecto, conocido como “gusano alfiler” (*Keiferia* sp o *Tutta absoluta*). También detectaron otras fisiopatías como problemas de cierre y “zipper”, que si bien no hacen necesario el descarte de la totalidad de la fruta, sí disminuye el rendimiento del mismo y aumenta la duración en labores de troceado.

Finalmente, fue observada alguna incidencia de hongos y bacteria, dado que se detectó en la materia prima micelios, exudados y olores desagradables en algunos casos, estos tomates eran descartados.

Algunos de estos daños que resultaron en descarte de producto se observan en la siguiente figura:



**Figura 22. Tomate descartado tras selección en PPA.**

Según la imagen anterior, algunos de los tomates ingresado a planta, tras su proceso de selección, mostraron daños patológicos, como en el primer y tercer tomate, y fisiológicos en el del medio.

#### **7.1.1.5 Vida útil**

La muestra 1 fue cosechada el 23 de mayo de 2013 a las 8am, en cajas con capacidad para 18 kilogramos, que habitualmente se utilizan en el mercado nacional para transporte de tomate fresco. Se tomaron nueve tomates de primera en tres grados de madurez distintos, sin daños aparentes y comercializables. Los mismos estuvieron al sol durante 5 horas, Posteriormente se transportaron en vehículo hasta un sitio de destino, donde se mantuvieron por 16 días a temperatura ambiente y con sombra (20°C aproximadamente).

La muestra 2 fue cosechada el 31 de mayo de 2013 a las 8am, también en cajas de 18 kilogramos, habitualmente usadas en el mercado nacional para transporte de tomate fresco. Estas cajas fueron removidas del sol en un lapso no mayor a los 30 minutos. Se tomaron nueve tomates de primera en tres grados de madurez distintos, sin daños aparentes, y comercializables. Luego fueron transportados en vehículo hasta un sitio de destino, donde se mantuvieron por 16 días a temperatura ambiente y con sombra (20°C aproximadamente).

Las observaciones de cada muestra se resumen en las siguientes tablas.

**Tabla 5. Observaciones poscosecha a tomates de muestra 1.**

| <b>Fecha</b> | <b>Tomates de tratamiento MIP</b>   | <b>Tomates de tratamiento Químico</b>  |
|--------------|---|--|
| <b>25/5</b>  | 4 un. grado 6-red<br>4 un. grado 5-light red<br>1 un. grado 4-pink<br>No se observan daños  | 4 un. grado 6-red<br>3 un. grado 5-light red<br>2 un. grado 4-pink<br>No se observan daños   |
| <b>28/5</b>  | 9 un. grado 6-red /color uniforme/ablandamiento de tejidos general /comercializables<br>No se observan daños  | 8un. grado 6-red<br>3 un. con color no uniforme/ablandamiento de tejidos general /comercializables<br>No se observan daños   |
| <b>1/6</b>   | 9 un. grado 6-red<br>3 un. con daño patológico (hongos y bacterias),<br>1 un. con daño fisiológico (cierre)<br>3 no califican para comercialización en supermercado | 9 un. grado 6-red /2 con color no uniforme<br>1 un. con daño mecánico<br>2un. con daño patológico (cierre)<br>3 no califican para comercialización en supermercado |
| <b>7/6</b>   | 6 un. grado 6-red /ablandamiento de tejido zonificado<br>1 un. con daño patológico (hongos y bacterias)<br>5 comercializables                                       | 6 un. grado 6-red/ablandamiento de tejido zonificado<br>6 comercializables   |

**Tabla 6. Observaciones poscosecha a tomates de muestra 2.**

| <b>Fecha</b> | <b>Tomates de tratamiento MIP</b>  | <b>Tomates de tratamiento Químico</b>   |
|--------------|--|---|
| <b>30/5</b>  | 3 un. en grado 5-light red<br>3 un. en grado 4-pink<br>3 un. en grado 3-turning<br>No se observan daños  | 3 un. en grado 5-light red<br>3 un. en grado 4-pink<br>3 un. en grado 3-turning<br>No se observan daños   |
| <b>3/6</b>   | 9 un. en grado 6-red<br>2 un. con ablandamiento de tejido zonificado, comercializable aún<br>No se observan daños                              | 6 un. en grado 6-red<br>3 un. en grado 5-light red /coloración no es uniforme en ellos<br>1 un. con ablandamiento de tejido zonificado                              |
| <b>7/6</b>   | 9 un. en grado 6-red<br>2 un. con ablandamiento de tejido en más de 50% del fruto<br>Se observan daños en la superficie posiblemente mecánicos | 9 un. en grado 6-red /1 un. con coloración no uniforme<br>3 un. con ablandamiento de tejido zonificado<br>Se observan daños en la superficie posiblemente mecánicos |
| <b>15/6</b>  | 9 un. en grado 6-red<br>5 un. con daños patológicos (hongos y bacterias)<br>4 un. Comercializables   | 9 un. en grado 6-red<br>3 un. con daños patológicos (hongos y bacterias)<br>6 un. comercializables  |

Las tablas 5 y 6 muestran las observaciones tomadas durante 16 días para las muestras 1 y 2 respectivamente. En ambos casos se observan unidades que deberán ser descartadas, por motivos patológicos principalmente, lo que genera pérdida de calidad en apariencia, color, y textura de la fruta, haciendo que estos no sean comercializables según estándares aceptados en el mercado nacional.

Algunos de los daños observados se ven en esta figura:



**Figura 23. Daño patológico causado por Antracnosis (*Colletotrichum* spp) en productos de la muestra 1.**

La anterior imagen muestra los daños en un tomate de la muestra 1 que generaron su descarte. Aquí se observa un daño patológico, causado principalmente por un Antracnosis (*Colletotrichum* spp.) y posteriormente con una posible afección por bacteria.

### **7.1.2 Evaluación de variedades de tomate**

Este objetivo se cumplió parcialmente, pues por limitaciones de espacio (caso de la producción en invernadero particularmente) y diseño experimental, se podía cultivar solo una variedad a la vez en el Campo de Prácticas. La variedad seleccionada inicialmente fue la DRD 8108 Pike Ripe, por haber sido en el momento de propuesta del proyecto una variedad de alta diseminación comercial en el país, aunque esta ha venido migrando hacia otras variedades. De ahí que finalmente, por recomendación del Programa Nacional de Tomate, ofrecimiento del material genético, y manifestación de virosis en la primera siembra piloto con DRD 8108, el proyecto trabajó finalmente sus tratamientos con la variedad de semilla con Divine Ripe 449.

### 7.1.3 Estructura de entutorado

El sistema de entutorado utilizado fue el mismo que utilizan los agricultores en Costa Rica y el resto de América que ha demostrado ser efectivo; sin embargo no se investigó sobre la incidencia de modificaciones al mismo. Este consiste en la colocación de cañas (puede ser bambú, madera, varilla) cada tres o cinco plantas y la tensión de un mecate (conocido como mecate tomatero en Costa Rica) con el que se hacen gazas alrededor del tallo de la fruta a distintas alturas y cuidando no estrangularlo. Así la planta queda suspendida de esta estructura de manera que el peso de los frutos no la doble o quiebre, y se evita principalmente el contacto del fruto con el suelo.

Al mismo tiempo, se puede ir direccionado el crecimiento apical de la planta, sobre todo en variedades de tipo indeterminado. Para el caso de la variedad usada en el proyecto no fue necesario esto último pues no era indeterminada.

Un ejemplo de la “amarra” realizada se puede observar en la figura a continuación.



**Figura 24. Amarra a planta de tomate**  
Nótese mecate tomatero negro sosteniendo el tallo

Hoy día, según observaciones de campo realizadas fuera de las parcelas del proyecto, se utilizan también entutorados con alambres metálicos que se unen a la estructura del invernadero cuando se cuenta con este, y se sujeta a la planta con prensas plásticas que evitan el estrangulamiento del tallo y ofrecen soporte a la

misma. Sin embargo, usualmente esto puede suponer un costo mayor y la generación de un residuo como las prensas. Un ejemplo del clip o prensa usada es el siguiente:



**Figura 25 .Imagen de planta de tomate con sistema de entutorado y amarre mediante clip.**

Fuente: (HTA Green Houses & Supplies, 2014)

## **7.2 Componente II: Elaboración e innovación de productos de valor agregado a partir de tomate**

### **7.2.1 Evaluación de condiciones post-cosecha de las variedades de Tomate obtenidas**

En el siguiente cuadro se describen las características generales sensoriales del tomate utilizado, usualmente se prefirió cosechar el tomate en grado 4 – “pink” (según el anexo 1) para luego esperar la maduración en grado 6 – “red” para realizar los distintos productos en la Planta Piloto Agroindustrial (PPA).

**Tabla 7. Características del tomate Divine Ripe cultivado y utilizado en los procesos de valor agregado**

| <b>Características</b>  | <b>Datos</b>  |
|-------------------------|---|
| <b>Forma</b>            | Redondeada, uniforme  |
| <b>Apariencia</b>       | Libre de daños, lisa preferiblemente a excepción de la cicatriz floral y pedúnculo. Si se presentaba otra lesión se aplicó evaluación para eliminar porción o descartar totalmente la fruta |
| <b>Color</b>            | Rojo uniforme   |
| <b>Firmeza</b>          | Firme al tacto  |
| <b>Sólidos solubles</b> | 4,6 °brix promedio  |
| <b>Acidez</b>           | 4,2 pH promedio   |

Adicionalmente, se realizó una caracterización respecto al lote de procedencia del tomate, en tres aspectos técnicos medibles por equipo destinado para tal fin, como fue la acidez, la cantidad de sólidos solubles y la firmeza.



**Figura 26. Toma de datos de firmeza a partir de texturómetro TA XT Plus**

En todos los casos se partió de muestras de con estas características promedio:

- humedad de 94,69%
- madurez grados 5-6
- sanos o sin daños aparentes
- peso 286,33 g
- diámetro 8,30 cm
- temperatura 24,62 °C

Los tomates que ingresaron a proceso, obtenidos del sistema de ambiente protegido bajo un manejo agronómico MIP, mostraron, en promedio para las muestras tratadas, este comportamiento:

**Tabla 8. Características poscosecha del tomate de cultivado según ambiente y manejo**

| <b>Parámetro</b>                   | <b>Ambiente protegido MIP</b> | <b>Semiprotegido MIP</b> | <b>Químico Comercial</b> |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>sólidos solubles (°brix)</b>    | 3,67                          | 4,33                     | 4,17                     |
| <b>acidez (pH)</b>                 | 4,18                          | 4,26                     | 4,24                     |
| <b>elementos firmeza</b>           |                               |                          |                          |
| <b>fuerza aplicada (kg)</b>        | 1,35                          | 0,88                     | 1,47                     |
| <b>desplazamiento émbolo (mm)</b>  | 4,76                          | 3,28                     | 3,87                     |
| <b>tiempo de penetración (sec)</b> | 2,38                          | 1,64                     | 1,94                     |

En general, los tomates obtenidos en ambientes semiprotegidos mostraron mayor contenido de sólidos solubles, y de estos el manejo agronómico MIP dio la mayor cantidad de grados brix. Respecto a acidez, los frutos provenientes de ambiente semiprotegido MIP tuvieron el pH más básico, el semiprotegido químico le siguió y finalmente el invernadero fue el que tuvo mayor acidez. Respecto a firmeza, los tomates provenientes del semiprotegido MIP requirieron menor aplicación de fuerza en su superficie para penetrar la cáscara, seguidamente requirieron más fuerza los de ambiente protegido MIP y los tomates de manejo químico mostraron el mayor requisito de fuerza aplicada para penetrar su cáscara. No obstante el mayor desplazamiento del émbolo se dio en los tomates de ambiente protegido MIP, seguido por el químico comercial y finalmente los semiprotegidos MIP.

## 7.2.2 Elaboración de productos a partir de Tomate cultivado en el Campo de Prácticas

Al definir las distintas formulaciones de tomate, se realizaron varias pruebas para perfeccionar los distintos procesos y definir en forma visual y sabor cuales eran las mejores formulaciones. Entre las pruebas que se desarrollaron está la de tomate mínimamente procesado, actividad que no fue exitosa, ya que el producto se daña rápidamente (dos días aproximadamente), por acción microbiológica principalmente ya que se observan exudados blancuzcos, mal olor y ensanchamiento de la bolsa de empaque al vacío dada la producción de gases.

A partir de varias formulaciones iniciales se seleccionaron cuatro, las que se detallan a continuación:

### 7.2.2.1 Tomate deshidratado

Con el tomate cortado en rodajas de al menos un centímetro de grosor, se realizó una deshidratación osmótica en inmersión en agua con sal al 3% en peso durante 3 minutos y luego se trasladó el tomate al deshidratador de aire forzado.

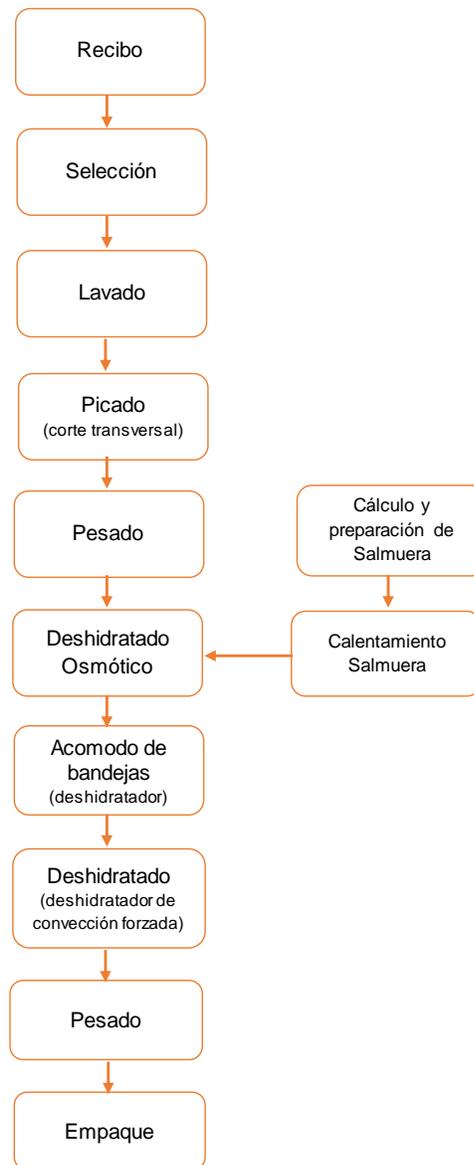
Al inicio, este proceso presentó unos problemas de consistencia del tomate al momento de sacarlo de la salmuera y ponerlo en el deshidratador, se solucionó utilizando cortes de mayor grosor lo que permitió mantener íntegro el tomate al momento de realizar el proceso. El rendimiento de este proceso se establece en 4,36%.



**Figura 27 .Proceso de inmersión en salmuera y deshidratado por aire caliente de Tomate**

La anterior figura muestra el tomate en su proceso de deshidratación osmótica y posteriormente en una de sus fases de deshidratación por aire forzado, a 40°C.

En la Figura 28 se muestra el diagrama de flujo básico de la elaboración del producto.



**Figura 28. Diagrama de Flujo proceso de elaboración de Tomate deshidratado**

Según muestra la figura anterior, el proceso inicia con el recibo de la materia prima y su selección. Una vez determinados los tomates que pueden seguir a proceso se aplican operaciones de lavado, picado, pesado, deshidratado osmótico, acomodo en bandejas, deshidratado, y empaque. Igualmente deben tenerse en cuenta labores de preparación de aditivos, salmueras y lavado final del equipo.

### 7.2.2.2 Salsa de Tomate Agridulce

Se definió desarrollar una salsa con un sabor diferenciado. Una de las formas de lograr gustos diferenciados es combinando frutas o vegetales para buscar texturas y sabores distintos, como por ejemplo combinando el tomate con alguna fruta, realizando una salsa agridulce empleada en aderezos de carnes o en su defecto como acompañamiento.

Se mezcló la piña con el tomate siempre dando prioridad en la formulación a este último y se le adicionaron especias para complementar el sabor.

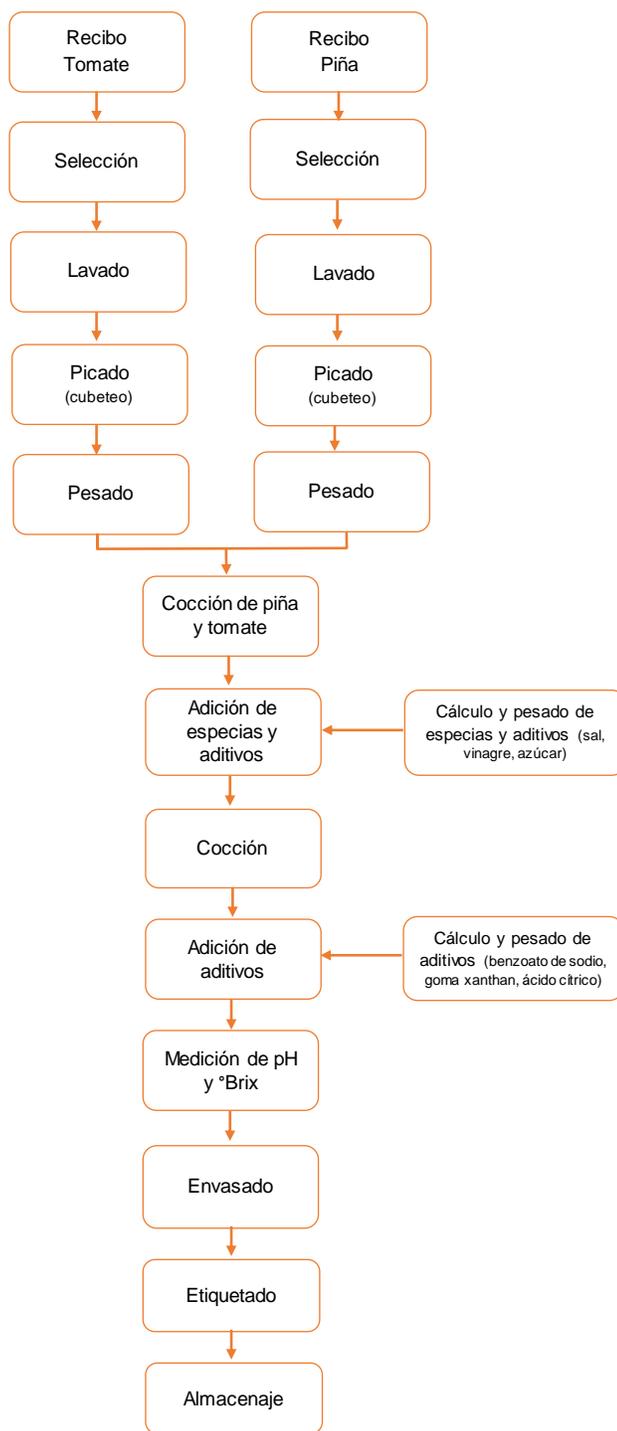


**Figura 29. Proceso de elaboración y envasado de salsa de tomate con piña**

La figura anterior muestra imágenes del proceso de elaboración de la salsa en una marmita convencional y el proceso de envasado final con estudiantes asistentes del proyecto.

Esta salsa, al elaborarse con dos productos (tomate y piña), tiene un rendimiento mayor al del resto de productos desarrollados en este estudio, reportado en 62%.

En la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo básico de la elaboración del producto.



**Figura 30 .Diagrama de Flujo proceso de elaboración de Salsa de tomate con piña**

La figura anterior muestra como este proceso inicia con un acondicionamiento de los productos a partir de su recepción, selección y lavado. Posteriormente ambas materias primas son cubeteadas y pesadas, se ingresa a una fase de adición de especias, cocción, adición de aditivos para su preservación, medición de características como acidez y sólidos solubles (útil en la posterior estandarización del producto) y envasado.

### 7.2.2.3 Mermelada de Tomate

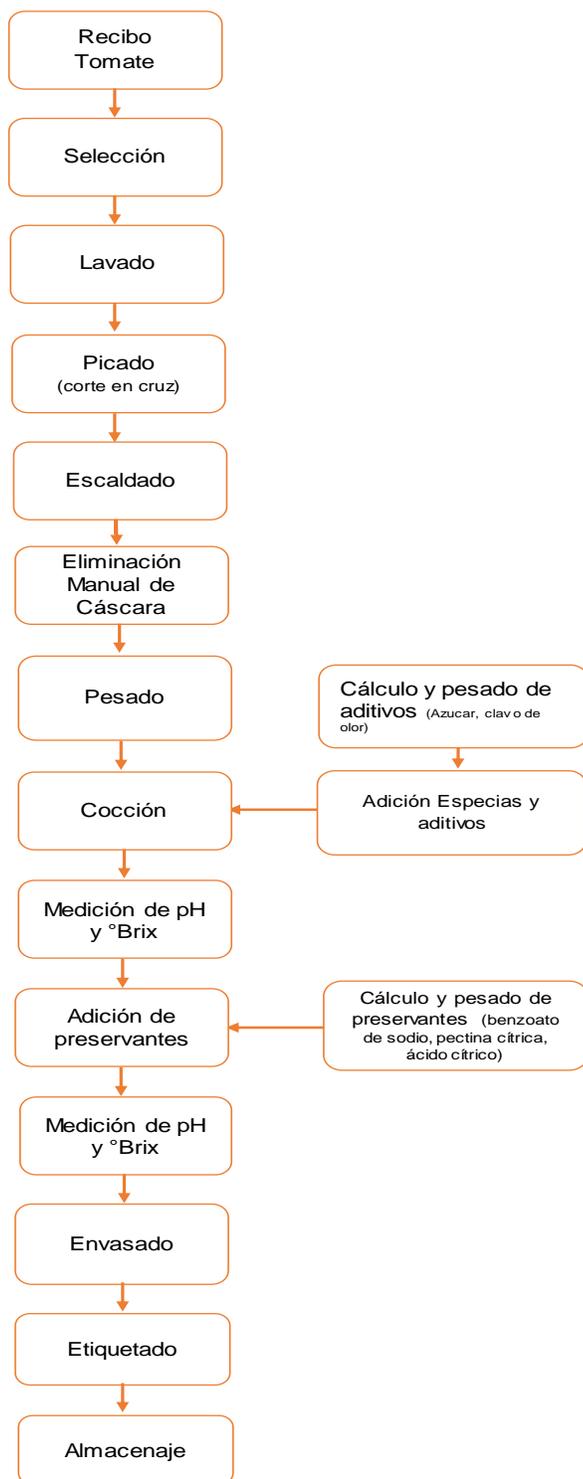
La mermelada de tomate surge como una opción dulce para elaborar con el fruto de tomate. Las distintas formulaciones se buscaron a nivel web y revistas, realizando varias pruebas hasta encontrar una formulación de fácil elaboración, que sólo tiene una especia adicionada y que cumple con los estándares de facilidad de manufactura para elaborarse en un agronegocio relacionado con procesos de agroindustria propio de pequeñas y medianas empresas.



**Figura 31. Proceso de elaboración y envasado de mermelada de Tomate**

Las figuras anteriores muestran el proceso de térmico que conlleva la cocción del producto en una marmita convencional, así como el producto terminado, envasado en bolsas de plástico de alta densidad conocido como doypack, y en frasco de vidrio.

La mermelada resulta en un color rojo brillante, con un leve sabor a clavo de olor al ser la especia adicionada. Reporta un rendimiento del 58%. En la Figura 7 se muestra el diagrama de flujo básico de la elaboración del producto.



**Figura 32. Diagrama de Flujo proceso de elaboración de Mermelada Tomate**

En este caso, además de las labores de acondicionamiento citadas en los dos procesos anteriores, se recurre a un escaldado para fijación de color del fruto e inhibición enzimática que, de no hacerse, luego podría causar sinéresis en el producto.

Se elimina la cáscara para efectos de textura del producto final y se adicionan los ingredientes y aditivos propios de la formulación. Es vital medir los grados brix para asegurar que la concentración de sólidos solubles en el producto genere una textura untable propia de una mermelada, habiendo mantenido trozos de producto característicos de este producto a partir del licuado.

#### 7.2.2.4 Pasta de Tomate

La pasta de tomate o salsa básica, se desarrolló con el fin de que los productores tengan una opción para una salsa con la que le puedan realizar una posible formulación adecuada a las especias que se produzcan en la comunidad. El rendimiento obtenido fue de 22%.

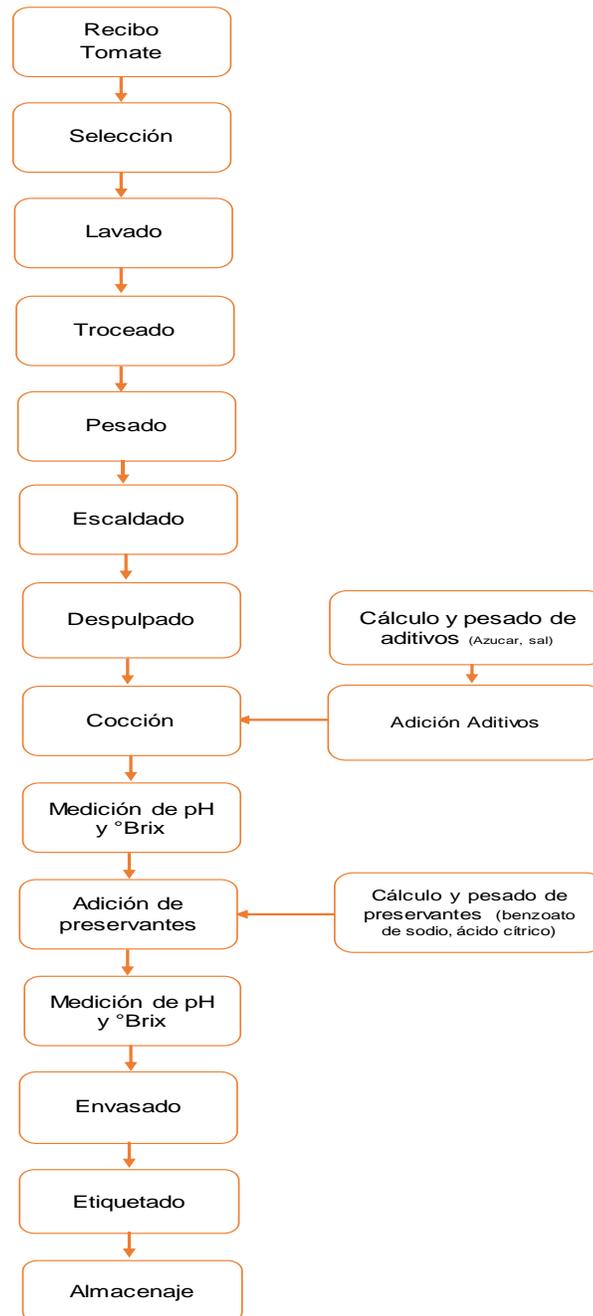


**Figura 33. Proceso de elaboración y envasado de Pasta de Tomate**

La figura anterior muestra una primera fase de escaldado del tomate en trozos para fijar color e inactivar enzimas que rompan enlaces en las moléculas del tomate (como la pectina) y evitar así separación de fases en el producto final. Además se observa el producto terminado, luego de ser procesado (en marmita convencional o marmita al vacío).

La salsa de tomate es uno de los productos que más consumen según la utilización más común de la fruta, por lo que la elaboración de una pasta base permite luego

diferenciaciones de producto según finalidad, uso, gustos y preferencias. En la Figura 34 se muestra el diagrama de flujo básico de la elaboración del producto.



**Figura 34. Diagrama de Flujo proceso de elaboración de Pasta de Tomate**

La anterior figura muestra nuevamente labores de acondicionamiento de la materia prima, escaldado para los mismos fines que en el proceso de mermelada y posteriormente cocción hasta lograr una consistencia y concentración de sólidos solubles usuales en una pasta.

#### 7.2.2.5 Análisis de licopeno en productos elaborados

Respecto a los resultados de contenidos de licopeno, no fue posible analizar el producto en fresco dado que éste se sobremaduró y daría posiblemente lectura irregulares, y en el caso de la salsa de Tomate con Piña la muestra se contaminó y debió ser eliminada también. Sin embargo, se muestra a continuación el contenido de licopeno de la mermelada, la pasta y el tomate deshidratado.

**Tabla 9. Resultados de contenido de licopeno en producto procesado**

| <b>Código Laboratorio</b> | <b>Id Muestra</b>                     | <b>mg/kg licopeno base seca</b> |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| <b>1</b>                  | D´vine Ripe TEC 23-05-13 mermelada    | 6,6                             |
| <b>2</b>                  | D´vine Ripe TEC 16-05-13 Pasta        | 74,4                            |
| <b>3</b>                  | D´vine Ripe deshidratado TEC 16-05-13 | 495,6                           |

Fuente: (Rodríguez & Carvajal, 2013)

La anterior tabla muestra que la mermelada de tomate arrojó contenidos de 6,6 mg de licopeno por cada kg de producto en base seca, la pasta dio por resultado 74,4 mg y el tomate deshidratado 495,6 mg.

Respecto a las características fisicoquímicas de los productos elaborados se puede señalar que resultaron en indicadores adecuadas según la teoría y al producto esperado, como se cita a continuación:

- Tomate deshidratado: color rojo intenso, producto seco
- Salsa de tomate con piña: producto de color rojo claro, porciones de piña color amarillo, pH de 3,5 y sólidos solubles de 22°brix
- Mermelada de tomate: producto de color rojo oscuro, porciones pequeñas de tomate y semillas, observación de clavos de olor, pH de 3,5 y sólidos solubles de 57°brix
- Pasta de tomate: producto de color rojo intenso, consistencia uniforme, pH de 3,3 y sólidos solubles de 17°brix

### 7.2.3 Cuantificación de tiempos, costos, y rendimiento

Según se puede observar en el Apéndice 1, en donde se detallan los costos por cada uno de los productos, se estimaron los costos de insumos (fruta, aditivos y especias), empaques, mano de obra (MO), agua y electricidad para cada producto desarrollado<sup>1</sup>.

De los costos del tomate deshidratado, se exponen en resumen los datos en el siguiente cuadro:

**Tabla 10 Costos de procesamiento de Tomate deshidratado**

| <b>Detalle</b>           | <b>Monto en colones</b> |
|--------------------------|-------------------------|
| <b>Insumos</b>           | 4.532,90                |
| <b>MO</b>                | 5.741,12                |
| <b>Empaques</b>          | 403,00                  |
| <b>Consumo eléctrico</b> | 1.797,80                |
| <b>Consumo de agua</b>   | 560,00                  |
| <b>Costo por gramo</b>   | 64,69                   |

Nota: lote de 5 kg de materia prima

El proceso de obtención de tomate deshidratado tiene una duración de 3,53 horas de uso de mano de obra y 18,58 horas de uso de equipo (tiempo de deshidratación principalmente), lo que resulta en un costo por gramo de tomate deshidratado de ₡64,69, compuesto por el costo de los insumos, el empaque, la mano de obra, el consumo eléctrico y de agua.

El rendimiento obtenido es de 4,36%.

De los costos de la Salsa de Tomate con Piña, se exponen en resumen los datos en el siguiente cuadro:

<sup>1</sup> A nivel comparativo acá no se incluyó un costo de depreciación pues la instalación empleada fue el mismo en todos los procesos. Durante las fases de prefactibilidad para un emprendimiento de este tipo deberá incluirse.

**Tabla 11 Costos de procesamiento de Salsa de Tomate con Piña**

| <b>Detalle</b>           | <b>Monto en colones</b> |
|--------------------------|-------------------------|
| <b>Insumos</b>           | 6.922,47                |
| <b>MO</b>                | 6.895,27                |
| <b>Empaques</b>          | 1.918,16                |
| <b>Consumo eléctrico</b> | 1.216,21                |
| <b>Consumo de agua</b>   | 560,00                  |
| <b>Costo por gramo</b>   | 2,56                    |

Nota: lote de 10 kg de materia prima

La tabla anterior muestra que el costo de obtención de la salsa de tomate con piña es de ₡2,56 / g. Este costo se compone del costo de los insumos, la mano de obra, el empaque, el consumo eléctrico y el consumo de agua, durante un proceso que dura 3,63 horas (de estas 1,53 horas corresponden a uso de equipos), con un rendimiento del 62%.

Los costos de producción de la Mermelada de Tomate, se exponen en la siguiente tabla:

**Tabla 12 Costos de procesamiento de Mermelada de Tomate**

| <b>Detalle</b>           | <b>Monto en colones</b> |
|--------------------------|-------------------------|
| <b>Insumos</b>           | 6.500,64                |
| <b>MO</b>                | 7.605,51                |
| <b>Empaques</b>          | 1.372,12                |
| <b>Consumo eléctrico</b> | 1.923,21                |
| <b>Consumo de agua</b>   | 560,00                  |
| <b>Costo por gramo</b>   | 3,67                    |

Nota: lote de 10 kg de materia prima

La tabla anterior resume los costos de producción de mermelada de tomate, compuestos por insumos, el empaque, mano de obra, consumo eléctrico y consumo de agua. Lo anterior resulta en ₡3,67 / g, con una duración de proceso de 4,28 horas (de las cuales 2,12 horas corresponden a uso de maquinaria) y un rendimiento

de 58%. De los costos de la Pasta de Tomate, se exponen en resumen los datos en el siguiente cuadro:

**Tabla 13 Costos de procesamiento de Pasta de Tomate**

| <b>Detalle</b>         | <b>Monto en colones</b> |
|------------------------|-------------------------|
| <b>Insumos</b>         | 8.990,03                |
| <b>MO</b>              | 6.806,49                |
| <b>Empaque</b>         | 801,36                  |
| <b>Energía (calor)</b> | 1.878,99                |
| <b>Consumo de agua</b> | 560,00                  |
| <b>Costo por gramo</b> | 6,65                    |

Nota: lote de 12 kg de materia prima

Para producir un gramo de pasta de tomate, se debe incurrir en un costo de ₡6,65, lo cual resulta de la sumatoria de costos de insumos, empaque, mano de obra, consumo energético y consumo de agua. El proceso tiene un rendimiento del 22% con una duración de proceso de 3,83 horas (los equipos se usan por 2,20 horas).

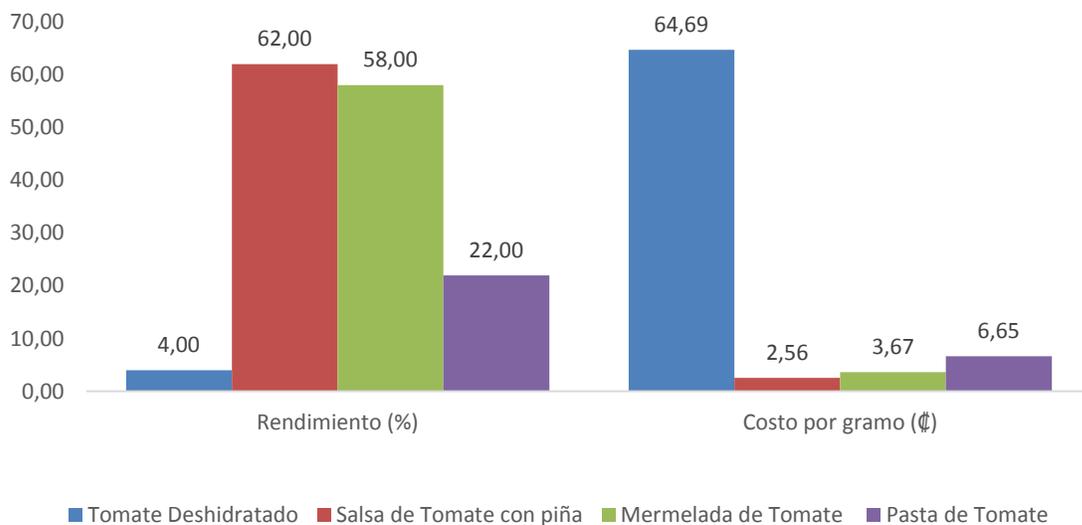
La siguiente tabla resume la anterior información.

**Tabla 14 Resumen de costos y rendimiento de los productos desarrollados**

| <b>Producto</b>                 | <b>Rendimiento</b> | <b>Insumos</b> | <b>MO</b>  | <b>Empaques</b> | <b>Electricidad</b> | <b>Agua</b> | <b>Costo por gramo</b> |
|---------------------------------|--------------------|----------------|------------|-----------------|---------------------|-------------|------------------------|
|                                 | <b>(%)</b>         | <b>(₡)</b>     | <b>(₡)</b> | <b>(₡)</b>      | <b>(₡)</b>          | <b>(₡)</b>  | <b>(₡)</b>             |
| <b>Tomate Deshidratado</b>      | 4                  | 4.532,90       | 5.741,12   | 403,00          | 1.797,80            | 560         | 64,69                  |
| <b>Salsa de Tomate con piña</b> | 62                 | 6.922,47       | 6.895,27   | 1.918,16        | 1.216,21            | 560         | 2,56                   |
| <b>Mermelada de Tomate</b>      | 58                 | 6.500,64       | 7.605,51   | 1.372,12        | 1.923,21            | 560         | 3,67                   |
| <b>Pasta de Tomate</b>          | 22                 | 8.990,03       | 6.806,49   | 801,36          | 1.878,99            | 560         | 6,65                   |

En el caso de la salsa de tomate con piña, se observa el rendimiento más alto, y el costo más bajo de los cuatro procesos. La mermelada le sigue al proceso anterior en rendimiento y costo, y la pasta de tomate elaborada, tiene un rendimiento menor que la mermelada y un costo más elevado. Respecto al tomate deshidratado, en primera instancia este es el producto más barato respecto a insumos (su proceso únicamente se desarrolla con la fruta y la sal), sin embargo su rendimiento es el más bajo de los cuatro procesos (debido a la naturaleza del producto en sí) lo que hace que el costo final por gramo sea a la vez el más elevado de los cuatro procesos.

El comportamiento anterior se puede observar más fácilmente en la siguiente figura:



**Figura 35. Rendimiento de proceso y costo por gramo (en colones) de los productos procesados a base de tomate.**

Se observa a partir de la figura 35 que el proceso de elaborar la salsa de tomate con piña muestra el mayor rendimiento de los cuatro productos y el menor costo de producción. La salsa de tomate con piña arrojó el productos con el segundo rendimiento más alto, y el segundo costo más bajo de los cuatro productos, seguido por la elaboración de pasta de tomate. Por el contrario, la elaboración de tomate deshidratado muestra el menor rendimiento, y el mayor costo de elaboración por cada gramo de producto, ya que el tomate tiene un porcentaje de humedad muy alto (95% aproximadamente) que deberá ser eliminado por el proceso de deshidratación osmótica y por aire forzado de larga duración (18 horas aproximadamente).

Respecto a la estructura de costos, la siguiente tabla muestra el resumen de dicha estructura para cada producto de valor agregado procesado.

**Tabla 15 Estructura de costos para cada proceso de valor agregado**

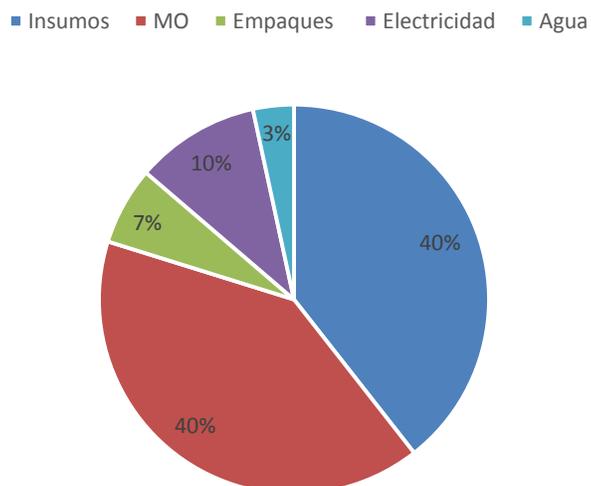
| <b>Producto</b>                 | <b>Insumos</b> | <b>MO</b> | <b>Empaques</b> | <b>Electricidad</b> | <b>Agua</b> |
|---------------------------------|----------------|-----------|-----------------|---------------------|-------------|
|                                 | (%)            | (%)       | (%)             | (%)                 | (%)         |
| <b>Tomate Deshidratado</b>      | 35             | 44        | 3               | 14                  | 4           |
| <b>Salsa de Tomate con piña</b> | 40             | 39        | 11              | 7                   | 3           |
| <b>Mermelada de Tomate</b>      | 36             | 42        | 8               | 11                  | 3           |
| <b>Pasta de Tomate</b>          | 47             | 36        | 4               | 10                  | 3           |

De acuerdo a la tabla anterior, en la mayoría de los casos se observa que la mano de obra es el costo más oneroso para la actividad agroindustrial, el cual oscila de un 44% a un 36% dependiendo del proceso, seguido por los insumos (materia prima, aditivos).

Los empaques tienen una mayor variación porcentual respecto al costo total del producto, suponiendo que en este caso todos los productos se empaquen en bolsas tipo “doypack”.

Claramente un empaque de vidrio resultará en un costo más elevado. Finalmente los costos de consumo eléctrico y agua no sobrepasan el 14% y el 4% respectivamente, en ninguno de los procesos.

A continuación se observa una imagen de composición general del costo de producción en la planta de proceso, pudiendo consultar en el apéndice 1 la estructura de costos para cada uno.



**Figura 36. Composición de la estructura de costos para elaboración de productos a base de tomate en Planta Piloto Agroindustrial del TEC.**

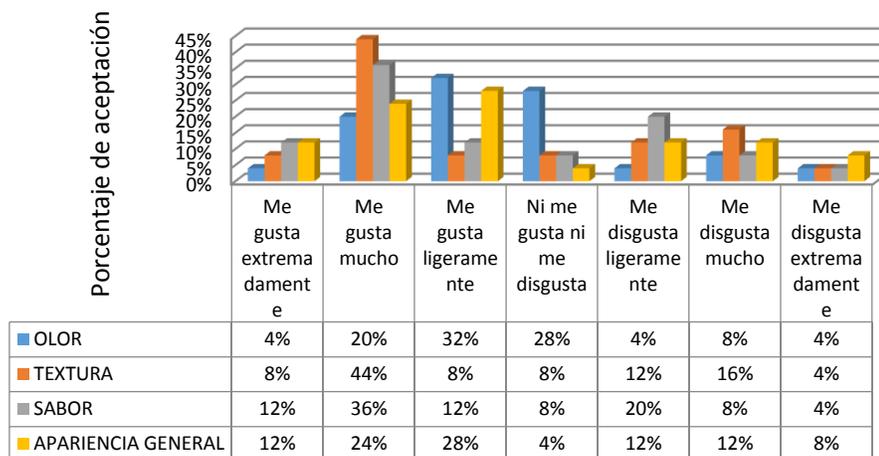
La figura anterior, muestra que en promedio, la elaboración de productos en el proyecto conlleva un 40% de su estructura de costos destinado a insumos, otro 40% destinado a mano de obra, el 7% correspondió a empaques (tipo doypack), la electricidad representó un 10% del costo y el agua un 3%.

#### **7.2.4 Pruebas de aceptación de los diferentes productos elaborados.**

Se realizó una prueba básica de aceptación a tres de los productos elaborados, a saber el tomate deshidratado, la mermelada y la salsa de tomate con piña, los cuales se ofrecieron a estudiantes y funcionarios del TEC, junto con una guía de preguntas que se observa en el apéndice 2.

No se degustó la pasta de tomate por ser básica y considerarla un producto intermedio que luego podría ser diferenciado por los consumidores finales.

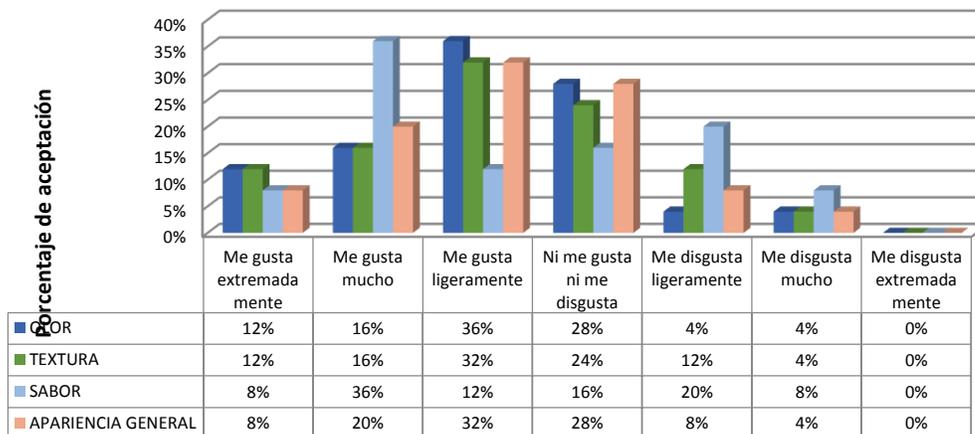
Se brindó a cada persona una muestra la cual debieron ver, oler y probar, y finalmente otorgar una calificación de 1 al 10 para varios parámetros sensoriales, a saber: olor, apariencia, color, sabor y textura. Según la degustación de producto realizada en el primer semestre del 2013 en el TEC en forma aleatoria se obtuvieron los siguientes resultados:



**Figura 37 . Resultados de la degustación del Tomate Deshidratado (calentado en aceite de oliva)**

Fuente: (Benavides, 2013)

En el caso del tomate deshidratado, 32% de los encuestados dijeron que les gustó ligeramente el olor, un 44% dijo que le gustó mucho la textura, un 36% indicó que le gustó mucho el sabor y un 28% indicó que le gustaba ligeramente la apariencia general. En general, podría decirse que las calificaciones del producto oscilaron entre los parámetros de “me gusta mucho” y “me gusta ligeramente”. El análisis sensorial para la salsa de tomate con piña se muestra a continuación:

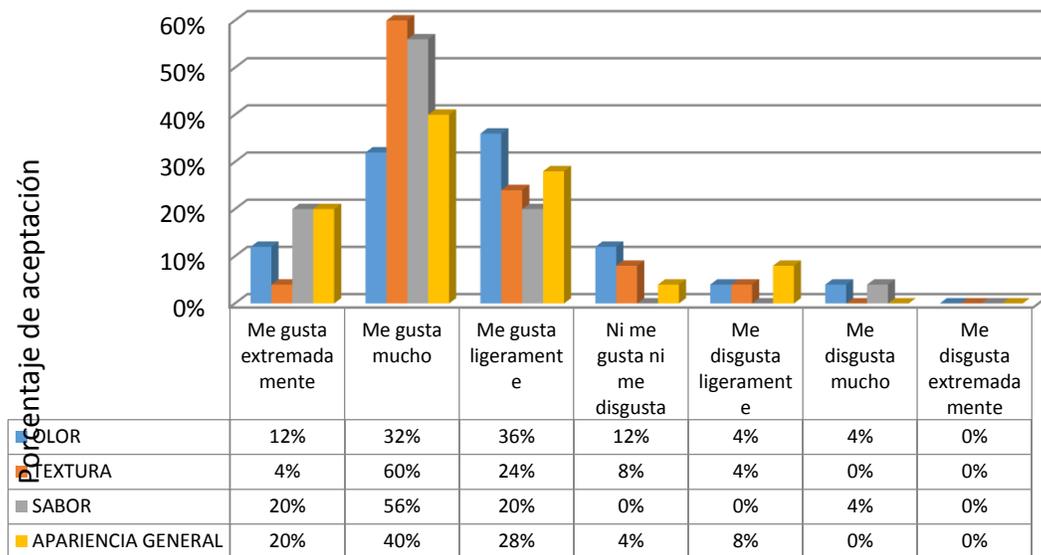


**Figura 38. Resultados de la degustación de la Salsa de Tomate con Piña**

Fuente: (Benavides, 2013)

En este caso, la mayoría de encuestados dijo que la salsa de tomate con piña les gustó ligeramente para los indicadores de olor (36%), textura (32%) y apariencia general (32%), para el caso del sabor, el 36% dijo que el sabor de la salsa de tomate con piña le gustó mucho. En general, la salsa de tomate con piña es gustada ligeramente en cuanto a atributos de olor, textura y apariencia, y es muy gustada en cuanto a sabor, en el mismo porcentaje del tomate deshidratado.

A continuación se muestra la evaluación para la mermelada de tomate.



**Figura 39. Resultados de la degustación de la Mermelada de Tomate**

Fuente: (Benavides, 2013)

Para el caso de la mermelada de tomate, se encontró que la mayor cantidad de encuestados (36%) dijo que le gustaba ligeramente el olor, el 60% dijo que la textura le gustaba mucho, el 56% dijo que le gustaba mucho el sabor, y el 40% dijo que le gustaba mucho la apariencia general. El producto resulta el de mayor grado de aceptación al tener el mayor porcentaje de evaluaciones en el rango de “me gusta mucho” y el mayor porcentaje de los tres productos evaluados con indicador de “me gusta mucho” para el atributo de sabor.

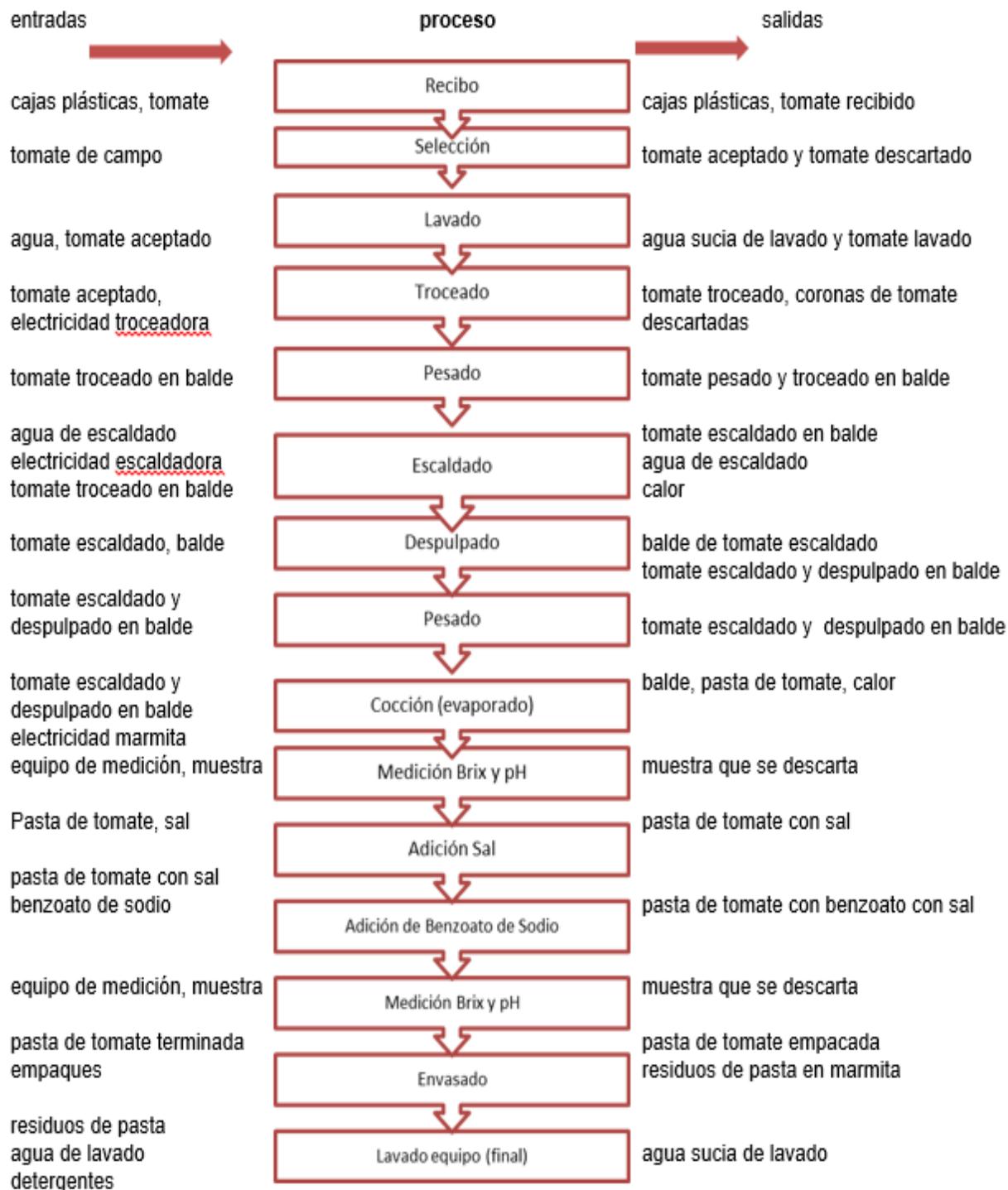
### **7.2.5 Sostenibilidad: producción más limpia en Agroindustria**

Dado que el proyecto planteó un enfoque de sostenibilidad hacia los productos tanto de producción primaria como de producción agroindustrial, para este segundo caso se planteó la aplicación de la estrategia de P+L (Producción más limpia) en uno de los productos elaborados.

Se determinó aplicar esta metodología en la elaboración de pasta de tomate, por ser ésta un proceso relativamente simple pero muy común en el tema de procesamiento agroindustrial, y posiblemente uno de los productos base que aunado a otros proyectos podría transferirse con mayor potencial al productor nacional.

Pasos seguidos:

1. Confirmar interés en Producción más limpia: el paso 1 se asumió como afirmativo, pues el proyecto consideró la dimensión de sostenibilidad y por tanto estaría anuente su coordinación y equipo en la aplicación de estrategias que apuntaran hacia la eficiencia productiva, económica, social y ambiental.
2. Planeación y organización de la estrategia en la unidad productiva: se seleccionó el proceso por evaluar y se programaron las fechas para hacer estas práctica en PPA, así como los aspectos por observar, de acuerdo a la metodología propuesta y por tanto los instrumentos necesarios, como fueron cronómetros para llevar tiempos, probetas para medición de agua, revisión de equipos usados y consulta con profesionales del ramo existentes en el TEC (Departamento de Administración de Mantenimiento por ejemplo).
3. Pre-evaluación: se inició haciendo una observación del proceso de elaboración de pasta de tomate por los investigadores y asistentes en una prueba piloto y se identificaron algunos aspectos ambientales potencialmente significativos y que ocupaban atención. Para apoyo en esta fase, se solicitó a la investigadora encargada de este componente un Diagrama de flujo, donde se observaron sus entradas y salidas, como se muestra en la figura a continuación:



**Figura 40. Entradas y salidas de proceso de pasta de tomate.**

Durante la fase de pre-evaluación, se detectaron dos Aspectos Ambientales que se consideraron significativos, uno fue el uso de agua en lavados, y otro el tiempo y electricidad consumidos en la fase de evaporado en el equipo usado, el cual fue una marmita convencional, abierta. Si bien no se realiza un balance de masas, se observaron prácticas no adecuadas como el lavar los productos con la llave del tubo abierto, llamando así la atención durante la observación. Igualmente, el tiempo de evaporación evidenció un cansancio en los asistentes de proyecto.

4. Evaluación: formalmente se pasó a medir el consumo de los recursos correspondientes a los aspectos detectados en la evaluación. Esto se hizo durante una de las pruebas de procesamiento con 15kg de tomate de la primera cosecha del proyecto. Se determinó que en la operación de lavado, se tardaron 20 minutos, tomando cada uno de los frutos y frotándolos con una esponja debajo del flujo de agua, proveniente de un tubo abierto en una de las piletas de PPA. Tras hacer 3 mediciones del el flujo de agua en un minuto con una probeta, se determinó que en 20 minutos que dura dicha operación, se consumieron 109 litros de agua. En cuanto a la operación de evaporado, se midió el tiempo resultando en 230 minutos, usando una marmita convencional de 12000w/hora. Tras detectar estos consumos, se procedió a hacer una lluvia de ideas entre los involucrados, tratando de valorar acciones que resultaran ambientalmente, técnicamente y económicamente viables. Surgieron varias ideas en esta fase, las cuales fueron llevadas a un análisis de factibilidad posterior.
5. Estudios de factibilidad: en esta fase se valoraron tres vertientes para seleccionar las mejores opciones, basándose en criterios de experto del área agroindustrial principalmente, al conocer los equipos disponibles, y las disposiciones de manipulación de alimentos y procesamiento en plantas de productos alimenticios principalmente. algunas de las ideas fueron:
  - No lavar el tomate
  - Hacer inmersiones al tomate
  - Usar aireadores y restrictores de caudal en tubos de lavado
  - Comprar una máquina de lavado industrial
  - Comprar equipo nuevo para marmita, de menor consumo eléctrico
  - Usar marmita al vacío
  - No evaporar

Como resultado, se tuvieron valoraciones para el tema del agua como estas:

- i. Vertiente económica: compra de máquina de lavado no era posible por presupuesto, ni se justificaba en este punto por volumen de producción, aunque podría valorarse en empresas una vez escalado el proceso. La instalación de restrictores de caudal era aceptada, pero no se contaba con presupuesto en dicha partida. Por el contrario sí existían tinas para poder hacer inmersiones
- ii. Vertiente técnica: por aspectos de inocuidad y manipulación de alimentos, no se puede dejar de lavar producto. La inmersión y el lavado a presión no representan daño potencial al producto
- iii. Vertiente socio-ambiental: ninguna de las opciones representa peligro para el operario y consumidor, y aparentemente la inmersión y el lavado a presión reducirían el consumo de agua

Por lo anterior, se seleccionó la opción de hacer inmersiones al tomate y limpieza con esponjas en tinas como factible para las condiciones de PPA.

En cuanto a las valoraciones para la operación de evaporado se tuvo:

- i. Vertiente económica: compra de marmita nueva no era posible por presupuesto, aunque sí existía en PPA otra marmita al vacío de menor tamaño para pruebas como las que se estaban haciendo en este caso, y que en apariencia disminuiría el tiempo de proceso con las implicaciones de costo que esto conllevaría.
- ii. Vertiente técnica: el eliminar el evaporado de este procesamiento no es técnicamente factible, pues lo que permite espesar la pasta sin aditivos adicionales, es la reducción de agua en el producto, haciendo que se concentren los sólidos solubles. La marmita convencional supone también disminución de rendimiento al “pegarse a las orillas”, lo cual es poco frecuente en la marmita al vacío
- iii. Vertiente socio-ambiental: ambas operaciones requieren elevar la temperatura del producto y deben observarse BPM que también eviten daños al operario; sin embargo la marmita al vacío, al lograr un tiempo menor de cocción en porciones pequeñas, y contar con agitador en caso de ser necesario, no requiere que el operario esté en constante exposición al equipo. Además un menor tiempo de proceso implica menor consumo eléctrico. Si debe anotarse que la marmita al vacío opera por medio de una caldera que utiliza combustible fósil.

Considerando los aspectos anteriores, se seleccionó la opción de utilizar la marmita al vacío como factible para las condiciones de PPA.

6. Implantación y Continuidad: en la elaboración del producto con tomate de la segunda cosecha de campo, se aplicaron las opciones que resultaron factibles y se midieron para ver sus resultados, los cuales fueron:
  - a. Al cambiar el lavado con el tubo de agua abierto que consumía 109 l de agua en 20 minutos, por inmersión en tinajas y limpieza con esponja, se pasó a un consumo de 17 l de agua, en un tiempo similar. En este caso, los 15kg de tomate pasan por una tina con agua para una primera inmersión y se limpian con esponja, luego pasan por otra tina con agua limpia y se escurre. Podría incluirse una cloración en la segunda tina y posterior inmersión en tina con agua si se deseara también, aunque el lavado se hace con agua potable, y el producto pasará por un escaldado, despulpado y evaporado posterior.
  - b. El cambiar el evaporado de la marmita convencional a la marmita al vacío, se redujo el tiempo de esta operación en 150 minutos.
  - c.

Se pretende después de este paso seguir midiendo y dar seguimiento a la propuesta, para este y otros procesos agroindustriales en PPA.

Un ejemplo de la medición posterior que se manejó en términos de cambio de tecnología (marmita convencional por marmita de vacío), fue el cálculo de costos finales del producto con dicha modificación. A continuación se anotan los datos de costos del proceso con marmita convencional y con la marmita al vacío.

**Tabla 16 Comparativo de costos luego de aplicación de P+L en un lote de producción de 15 kg**

|                             | marmita<br>convencional<br>₡ | marmita al<br>vacío<br>₡ |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| <b>insumos</b>              | 8.990,03                     | 8.990,03                 |
| <b>MO</b>                   | 11.245,50                    | 6.806,49                 |
| <b>empaque</b>              | 801,36                       | 801,36                   |
| <b>Electricidad/energía</b> | 5.422,59                     | 1.654,29                 |
| <b>agua</b>                 | 560,00                       | 560,00                   |
| <b>total</b>                | 27.019,47                    | 18.812,16                |

Como se puede observar (suponiendo un rendimiento similar en ambos casos), el cambio de tecnología por una marmita al vacío en el caso de la cocción de la pasta, no solo supone menor gasto energético el cual es un factor ambiental por considerar, sino que significa un ahorro económico para el empresario. En este caso, la sostenibilidad económica de la actividad se podrá ver favorecida de manera que la actividad se mantenga en operación con los impactos sociales que se podrían suponer (empleo, rentabilidad al productor, calidad, de vida, etc).

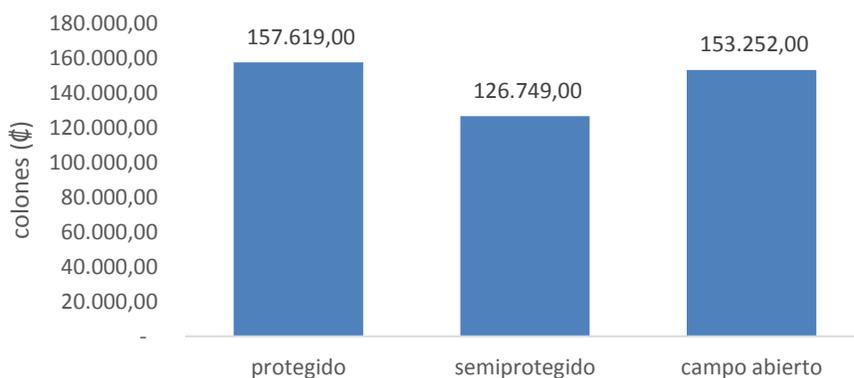
### 7.3 Componente III: Gestión de costos

#### 7.3.1 Cuantificación de los costos de producción del cultivo de tomate bajo los sistemas de producción propuestos y análisis de la información.

Al igual que en el caso del componente I (Cultivo de tomate), acá se analizan a profundidad los datos de la tercera siembra del proyecto.

##### 7.3.1.1 Sistema de Ambiente de producción

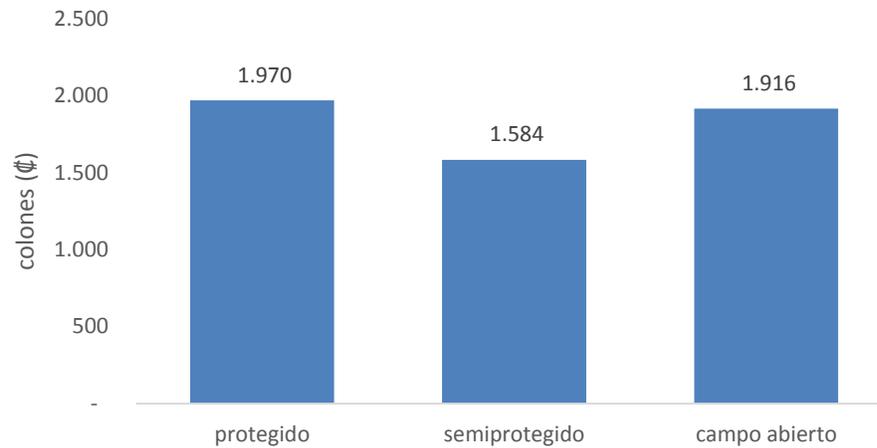
A continuación se presenta el dato de costo de producción respecto a cada tratamiento:



**Figura 41. Costo de producción de tratamientos según Sistema de Ambiente de Producción**

La figura anterior muestra que respecto a ambiente de producción, el tratamiento de mayor costo es el protegido con un costo de ¢157.619, seguido por el campo abierto con un costo de ¢153.252 y el que representa un menor costo total de producción es el semiprotegido con ¢126.749.

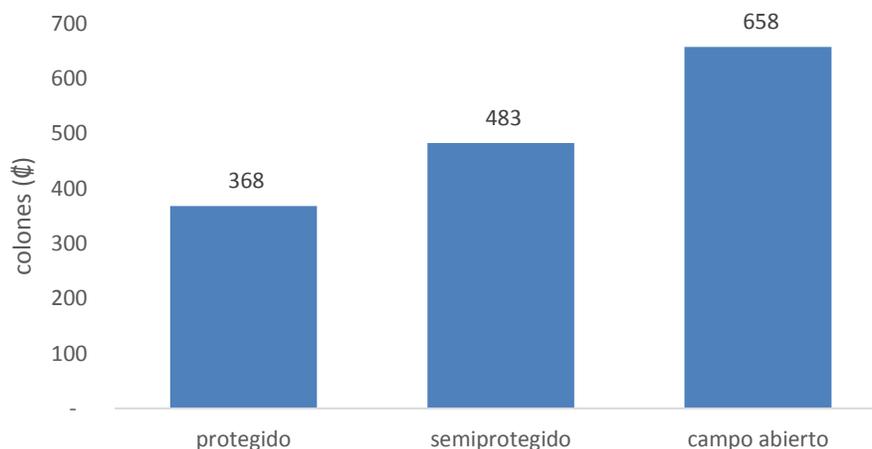
Se consideró también el costo de producción por planta lo que se muestra a continuación:



**Figura 42. Costo de producción por planta según Sistema de Ambiente de Producción**

El gráfico anterior muestra que en cuanto al costo por planta, el tratamiento de ambiente protegido tiene el mayor costo de los tres, con ¢1.970/planta, seguido de ¢1.916 /planta en el campo abierto y ¢1.584/planta el semiprotegido.

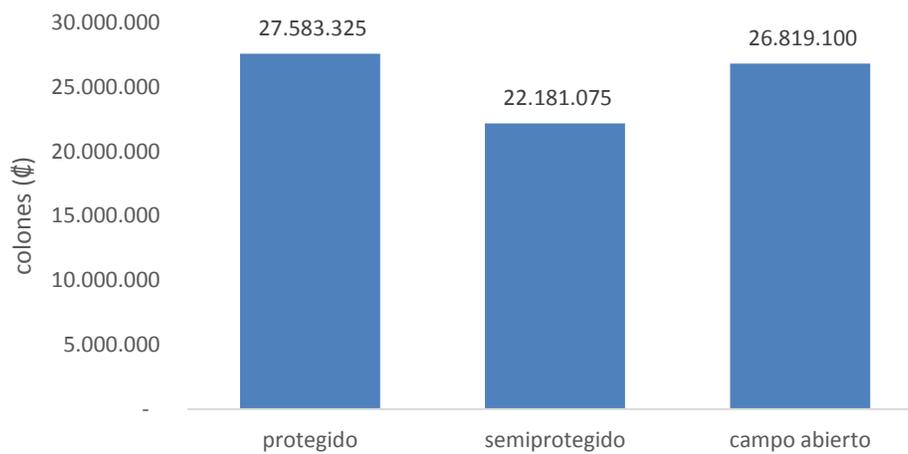
Se valoró asimismo, el dato de costo en colones por cada kilogramo de producción según tratamiento. La siguiente figura explica esta información.



**Figura 43. Costo de producción por kilogramo según Sistema de Ambiente de Producción**

En este análisis se observa que el sistema protegido tiene el menor costo de producción por kilogramo, al reportar un costo de 368 ₡/kg, le sigue el tratamiento semiprotegido con un costo de 483₡/kg, y finalmente el campo abierto con un costo por kilogramo de 658 ₡/kg. Esta es una relación de costo beneficio, donde el costo del tratamiento se diluye en el volumen de producción, dando los resultados anteriores.

Finalmente, en este sistema se analizó el costo de producción por área, brindado en hectáreas, lo cual se observa a continuación.

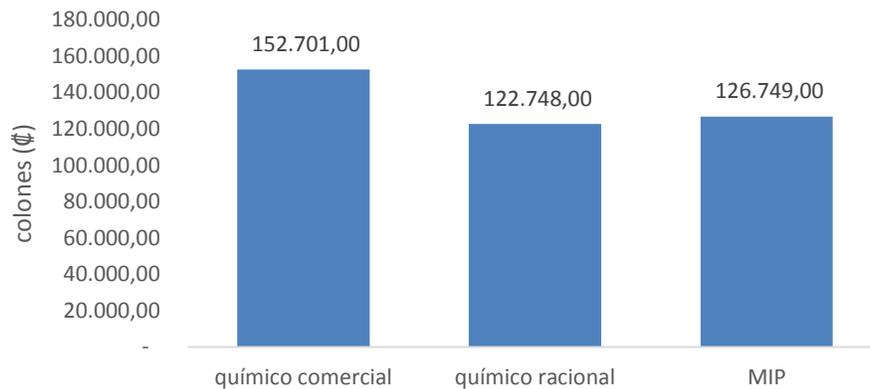


**Figura 44. Costo de producción por hectárea según Sistema de Ambiente de Producción**

La figura anterior muestra que el tratamiento con el mayor costo es el de ambiente protegido con un monto de 27 583 325 ₡/ha, seguido por el campo abierto con un costo de 26 819 100 ₡/ha y finalmente, el costo de producción en ambiente semiprotegido es el menor de ellos, con datos de 22 181 075 ₡/ha. En este caso, la relación está incidida por el costo de cada planta, las plantas existentes en una hectárea según la densidad de siembra utilizada (14 000plantas /ha para este estudio) y la infraestructura que cada uno de los ambientes supone.

#### 7.3.1.2 Sistema de Manejo Agronómico

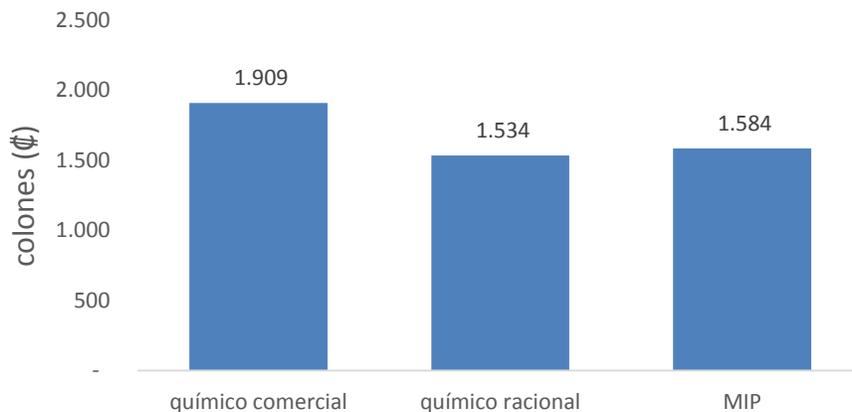
Partiendo de los registros de campo, se determinó el costo de producción total para cada tratamiento del sistema de manejo agronómico, lo cual se puede observar en la siguiente figura.



**Figura 45. Costo total por producción en cada tratamiento del sistema de manejo agronómico.**

De la figura anterior se analiza que los costos totales más altos en el sistema agronómico los presenta el tratamiento químico racional, con  $\text{¢}152.701$ , se sigue el MIP con un costo de  $\text{¢}126.749$  y el que representa un menor costo total de producción el químico racional con  $\text{¢}122.748$ .

Llevando el dato anterior a costo de producción por planta el comportamiento descrito en el párrafo anterior se mantiene, como se observa en la siguiente figura.

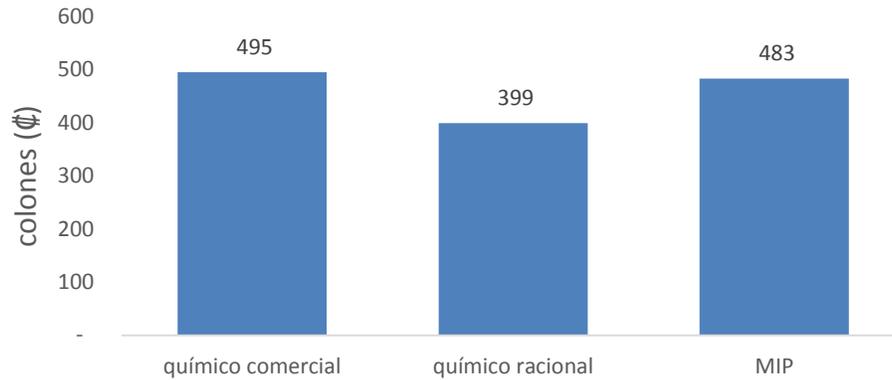


**Figura 46. Costo de producción por planta según tratamiento del Sistema de Manejo Agronómico.**

De la figura anterior se analiza que respecto a los costos de producción por planta sembrada en el tratamiento químico comercial son los más elevados con  $\text{¢}1.909$ ,

seguido por el MIP con  $\text{¢}1.584$  y por ultimo con un costo de  $\text{¢}1.534$  el químico racional.

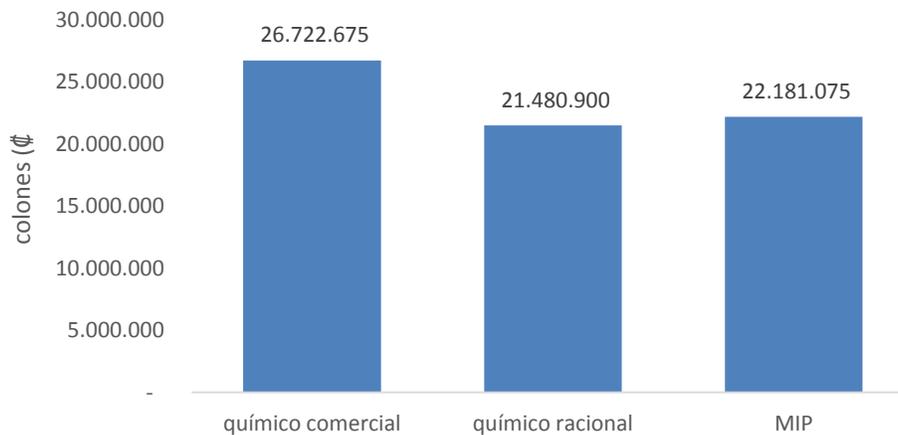
Respecto al costo por kilogramo de fruta cosechado, se desprende la siguiente información:



**Figura 47. Costo de producción por kilogramo según tratamiento agronómico**

La figura anterior muestra que el costo de producción por kilogramo más elevado es el del tratamiento químico comercial, con un monto de  $\text{¢}495/\text{kg}$ , seguido por el manejo MIP con un costo de  $\text{¢}483/\text{kg}$  y finalmente con el costo más bajo se observa el tratamiento químico racional con un costo de  $\text{¢}399/\text{kg}$ .

En cuanto a área de producción, proyectando los costos en el área de tratamiento del proyecto a una hectárea, se tienen estos resultados:



**Figura 48. Costo de producción por hectárea según tratamiento agronómico.**

La figura anterior, expresa que el costo por hectárea más alto es el del manejo químico comercial, con un costo de  $26.722.675 \text{ ¢}/\text{ha}$ , seguido por el manejo MIP

que reporta 22.181.05 ¢/ha, y finalmente un costo menor en el manejo químico racional de 21.480.900 ¢/ha.

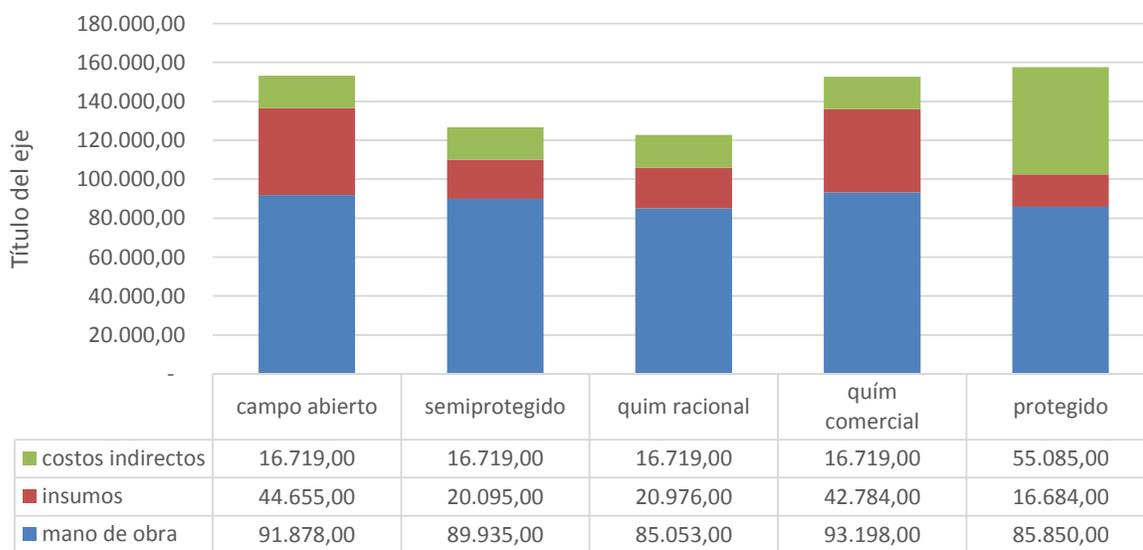
### 7.3.2 Determinación de costos de elaboración de los productos agroindustriales.

Este tema se discutió ya en el apartado 7.2.3 respecto a costos en procesos de elaboración de productos de valor agregado (agroindustriales).

### 7.3.3 Propuesta de uso de herramienta de gestión de costos del cultivo de tomate

En este caso, no se procedió a utilizar el sistema de costos establecido previamente por el MAG pero sí fue posible establecer registros relativamente simples que luego pudieron ser transcritos para tabulación de datos en una herramienta como Excel de Microsoft office®, permitiendo calcular relaciones simples pero útiles al productor como los costos por producción, por planta y por hectárea, mismos que podrían apoyar a la toma de decisiones dentro de un programa de gestión de costos.

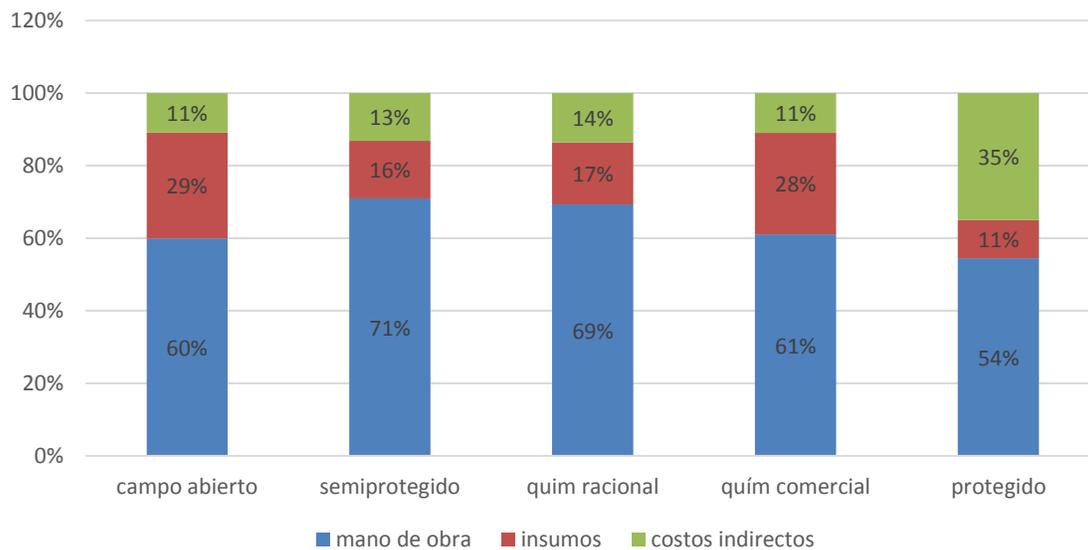
En general, la estructura de costos a nivel productivo, en la tercera siembra del proyecto tiene esta composición:



**Figura 49. Resumen de costos de producción para los tratamientos.**

En la figura anterior se presenta el comportamiento que mostraron los costos de producción en donde se puede observar que el mayor elemento de costo lo representa la Mano de Obra Directa en todos los casos, y luego los insumos utilizados en el proceso productivo. Los costos indirectos son los de menor monto en esta composición de costos, los cuales contemplan los usos de maquinaria y equipo, depreciaciones, materiales o mano de obra indirectos.

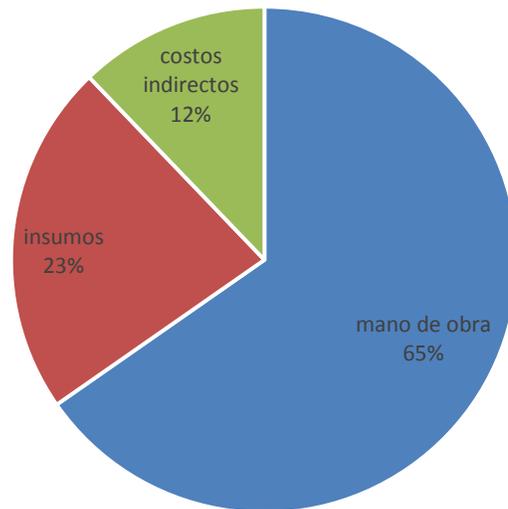
Porcentualmente, se presenta este comportamiento.



**Figura 50. Resumen porcentual de costos de producción por cada uno de los tratamientos.**

Como se puede observar en la figura 50, la proporción que guardan los elementos del costo es similar para todos los tratamientos productivos, siendo la mano de obra el mayor porcentaje, sobrepasando siempre el 50% del costo total. Le siguen los insumos con un porcentaje mayor al 15% en la mayoría de los casos, y en menor proporción los costos indirectos. Solo en el caso de la siembra en ambiente protegido se ve variada esta proporción, pues los costos indirectos, donde se ve incluida la depreciación representan un 35%, mientras que los insumos un 11% y los costos indirectos un 8%. Lo anterior porque la inversión del invernadero presenta una depreciación mayor que la que podría significar para los otros casos, y adicionalmente se espera que las labores y uso de insumos para control de plagas y enfermedades sean menores, incidido esto positivamente por la infraestructura.

Respecto a la composición de costos promedio en la actividad tomatera, después de la experiencia genera en el proyecto, se podría considerar que la siguiente podría ser una común:



**Figura 51. Composición promedio de los costos de producción en tomate.**

De manera muy general, se puede resumir que los costos de la producción tomatera se componen mayormente por costos de mano de obra, los cuales según el ambiente productivo podrán representar desde el 54% hasta el 71% del costo, consistiendo de labores como amarras, deshieras, podas, aplicaciones para control de plagas y enfermedades, fertilizaciones y reinstalación de plástico en el caso de bandas plásticas del ambiente semiprotegido principalmente. Le siguen los costos de los insumos, los cuales podrán representar desde un 11% hasta un 29% del costo de producción total; incluyen fertilizantes, fungicidas, insecticidas, repelentes, bactericidas, entre otros, y serán usados con mayor o menor intensidad, así como en tipo, de acuerdo al sistema de manejo agronómico del que se trate, y el ambiente productivo que podría permitir mayor incidencia de plagas y enfermedades. Finalmente, los costos indirectos son los de menor peso porcentual en los costos productivos, pero debe recordarse que para las siembras en ambiente protegido, el costo indirecto de depreciación representará un peso mayor.

A nivel de propuesta de gestión de costos, es relevante presentar acá cómo se procedió al cálculo del costo de operación del tractor, pues usualmente puede representar una interrogante a la hora de calcularlo. Lo más sano y recomendado,

es llegar a determinar un costo de operación por unidad de tiempo (hora, minuto) que luego pueda ser relacionado al tiempo de uso del equipo en la preparación u operaciones del cultivo. De esta manera, se incluyen todos los costos relacionados a depreciación, combustible e incluso salarios del operador en los que se incurre en el uso de este equipo agrícola.

**Tabla 17. Costos de operación del tractor**

| <b>ACTIVOS</b>                         |                      |                                 |                                 |
|--|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|  | <b>Valor inicial</b> | <b>Depreciación o deterioro</b> | <b>Costo del rubro por hora</b> |
| <b>Tractor</b>                         | 7.726.500,00         | 25.000,00                       | 309,06//hora                    |
| <b>Llantas</b>                         | 580.000,00           | 20.000,00                       | 29,00/hora                      |
| <b>CONSUMIBLES</b>                     |                      |                                 |                                 |
| <b>Combustible (consume 3,4l/hora)</b> | 570,00               |                                 | 1.938,00/hora                   |
| <b>Salario diario</b>                  | 13.085,15            |                                 | 1.635,64/hora                   |

La anterior tabla muestra cómo tras conocer datos como el costo inicial y calcular la depreciación según el Ministerio de Hacienda de Costa Rica para esos rubros, así como los costos de salarios de colaboradores especializados en la operación de esta maquinaria agrícola, se puede estimar el costo de operación por hora, en este caso tratándose de un tractor usado en Campo de Prácticas del TEC, marca Landini, estilo Kioti DK 30, 3300cc, modelo 2012.

## 8 Discusión y conclusiones

### 8.1 Componente I: Cultivo de Tomate.

Respecto al componente de producción en campo o cultivo del tomate, se presentan las siguientes conclusiones y discusiones con respecto a los dos sistemas antes descritos: ambiente y manejo agronómico.

#### 8.1.1 Evaluación de sistemas de producción

##### 8.1.1.1 Sistema ambiente de producción

En la Figura 49 se observa la diferencia por medio de la línea entre las medias de cada tratamiento, y a pesar de que los tres tratamientos tienen medias similares se puede observar que hay alguna diferencia entre ellas.

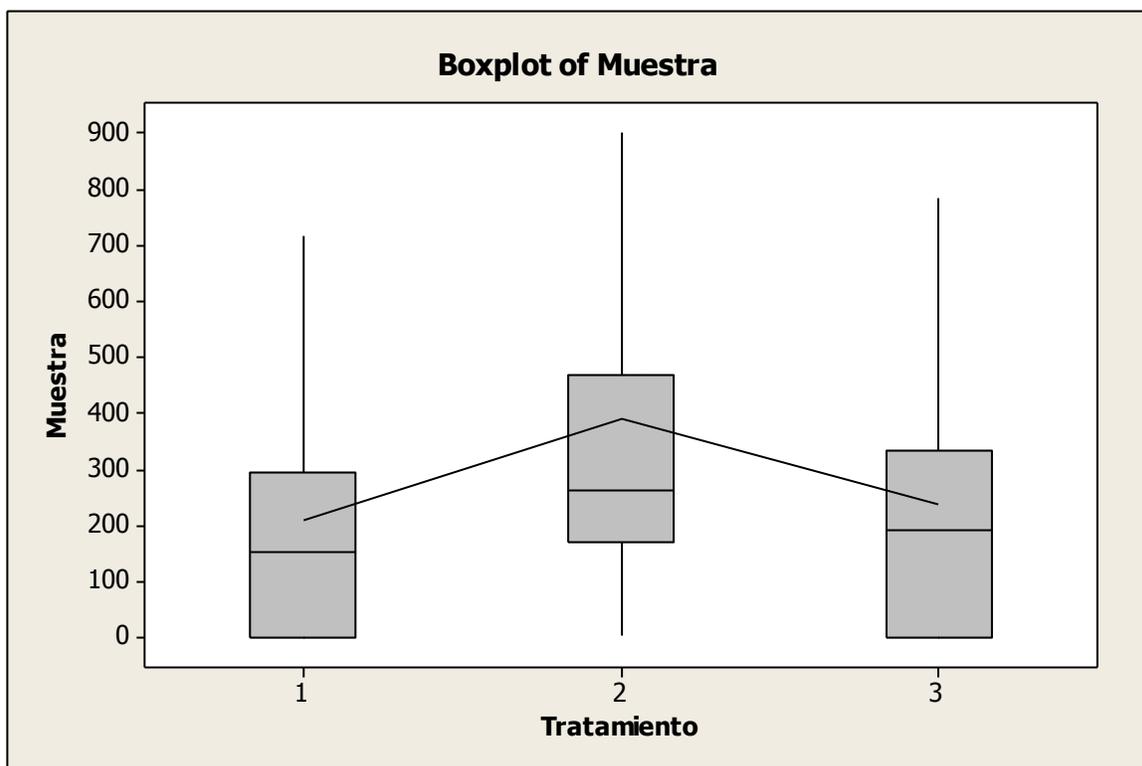


Figura 52. Comparación de medias entre tratamientos

**Tabla 18. ANOVA (ANDEVA)**

|                    | <b>DF</b> | <b>SS</b> | <b>MS</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| <b>Tratamiento</b> | 2         | 6841023   | 3420512   | 35,82    | 0,000    |
| <b>Error</b>       | 1116      | 106574967 | 95497     |          |          |
| <b>Total</b>       | 1118      | 113415991 |           |          |          |

S = 309,0 R-Sq = 6,03% R-Sq(adj) = 5,86%

(Cálculos estadísticos con un 95% de confiabilidad)

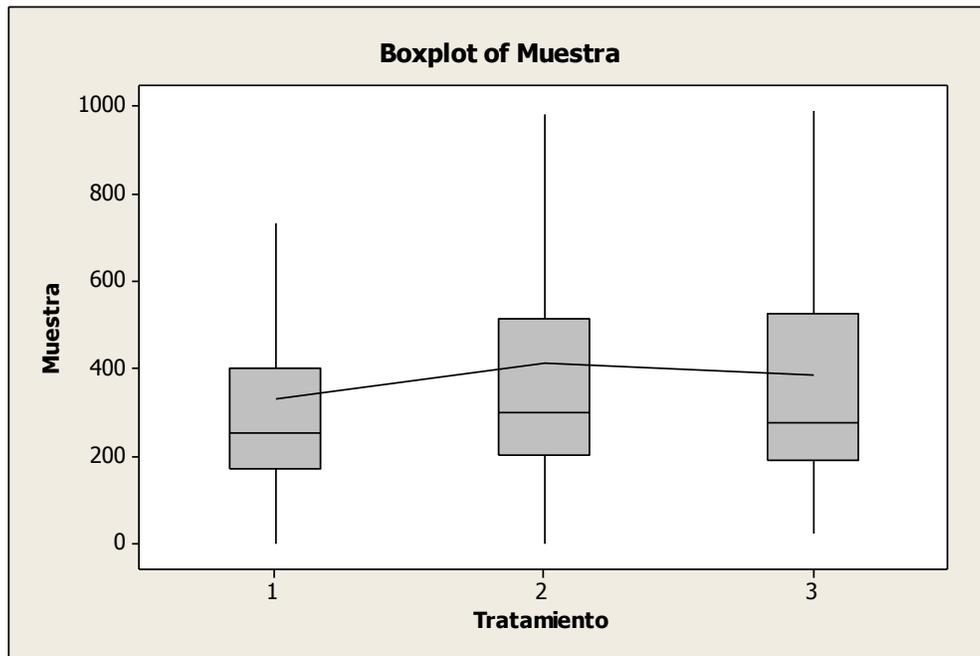
Según la prueba ANDEVA, el resultado del valor P (0,00), demuestra que si hay diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos, por lo tanto se aplicó el estadístico de la prueba de Tuckey para determinar cuáles son las diferencias entre tratamientos.

Por lo anterior, estadísticamente se puede concluir que:

- Los tratamientos de campo abierto y semiprotectido son estadísticamente iguales, no hay diferencias significativas entre ellos.
- Entre los tratamientos protegido y campo abierto si hay diferencia significativa, al igual que entre el protegido y semiprotectido, siendo el tratamiento de ambiente protegido el sistema de mayor producción
- Hay evidencia para rechazar la hipótesis nula, pues al menos uno de los tratamientos es diferente.

#### **8.1.1.2 Sistema manejo agronómico**

En la Figura 50 se observa la diferencia por medio de la línea entre las medias de cada tratamiento. Al igual que en el sistema anterior, a pesar de que los tres tratamientos tienen medias similares se puede observar que hay alguna diferencia entre ellas.



**Figura 53. Comparación de medias entre tratamientos.**

**Tabla 19. ANOVA (ANDEVA)**

|                    | DF  | SS       | MS     | F    | P     |
|--------------------|-----|----------|--------|------|-------|
| <b>Tratamiento</b> | 2   | 953961   | 476980 | 5,34 | 0,005 |
| <b>Error</b>       | 810 | 72367552 | 89343  |      |       |
| <b>Total</b>       | 812 | 73321513 |        |      |       |

S = 298,9 R-Sq = 1,30% R-Sq(adj) = 1,06%  
 (Cálculos estadísticos con un 95% de confiabilidad)

Se detectó que sí existen diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos, por lo tanto se aplicó el estadístico de la prueba de Tuckey para determinar cuáles son las diferencias entre tratamientos, llegando a concluir estadísticamente que:

- Los tratamientos de químico racional y químico comercial son estadísticamente iguales, no hay diferencias significativas entre ellos, y son los de mayor producción.
- Hay diferencia significativa entre el tratamiento MIP y químico comercial, por lo tanto hay evidencia para rechazar la hipótesis nula, pues al menos uno de los tratamientos es diferente.

### **8.1.1.3 Aceptación de consumidor**

Como se citaba anteriormente, el tomate cosechado fue dividido en dos grandes grupos: uno que pudiera ser comercializado en fresco y otro que se destinara a producción agroindustrial. Si bien se trató siempre de una variedad de tipo “bola” o para consumo fresco, el componente II de valor agregado se consideró para este proyecto dados los excedentes de producción que existen en el mercado nacional y el descenso de precios que estos ocasionan, siendo el producto en su mayoría aceptado para agroindustrialización.

Respecto al tomate para consumo fresco, es necesario observar y profundizar en futuros estudios sobre el efecto que tiene en la vida útil el tratamiento agronómico que se da en la precosecha, pues fue usual observar en este ejercicio que los tomates de tratamiento MIP tendieron a mostrar más daños, más descarte y menor vida útil. Sin embargo, al no tener este apartado un tratamiento estadístico, no podría asegurarse si se trata de una diferencia significativa. Por otro lado, si bien la vida útil puede verse afectada, el consumidor podría valorar de manera más favorable los tomates con menor aplicación de productos químicos, de acuerdo a tendencias de consumo más saludables que se vienen dando en los mercados locales y mundiales.

Ahora bien, el hecho de tener menor aplicación de productos químicos, es sabido que puede favorecer la presencia de ciertas plagas y/o enfermedades, lo que hace necesario reforzar prácticas del MIP como el combate biológico, autocida o etológico, así como el trapeo y otras prácticas culturales. El tema de la fertilización, sea esta química u orgánica, y el manejo ambiental si este fuera posible a partir de ambientes protegidos al menos, también debe ser observado de cerca para evitar algunos problemas fisiológicos como el de cierre, que si bien no necesariamente hace descartable el 100% de la fruta, sí genera la oferta de producto con una apariencia no aprobada por el consumidor o comprador de fruta fresca, o bien mayores tiempos de operación en planta de proceso al acondicionar la fruta y tener que cortar partes dañadas, afectando tiempo, costos y rendimientos.

### **8.1.1.4 Vida útil**

En general, se puede detectar una mayor vida útil en los tomates que fueron removidos del sol en un tiempo más corto después de la cosecha, con respecto a los que permanecieron al sol. Además, es usual notar a partir de la primera semana después de cosechados, la presencia de síntomas de daños, los cuales pudieron ocasionarse en la precosecha, la cosecha o durante su vida poscosecha.

Finalmente, parece existir mayor incidencia de daños en los tomates de manejo agronómico MIP que en los de manejo agronómico químico. Los fungicidas utilizados fueron clase IV con baja o ningún efecto residual en el ambiente, el factor común fue su toxicidad a peces y abejas.

Es necesario sugerir al productor y comercializador, el mantener una serie de prácticas del manejo poscosecha adecuadas. Usualmente la temperatura y la humedad relativa son dos de los factores más críticos a la hora de intentar prolongar la vida útil de un producto hortofrutícola. Para el caso del tomate, según estudios del Centro de Tecnología Poscosecha de la Universidad de California-Davis, es posible lograr una vida útil de 8-10 días en tomates que sean cosechados en grados 3-4, y mantenidos a temperaturas óptimas de 12,5°C. Posterior a ese periodo o con temperaturas más elevadas, la vida útil puede acortarse y detectar problemas patológicos principalmente. A temperaturas más bajas tienen a detectarse daños por frío (Kader & et.al, 2002). Lo anterior explica por qué tanto la muestra 1 como la 2 empezó a sufrir descartes después de la semana 1, ya que estos no estaban almacenados a 12,5°C sino a un aproximado de 20°C.

Adicionalmente, debe observarse que existió una vida útil más corta y mayor descarte en la muestra 1, la cual se mantuvo más tiempo al sol después de cosechada. Esto se debió a que al estar expuesta a temperaturas más altas que la muestra 2, la tasa de respiración debió ser mayor, haciendo que se acelerara también su maduración y deterioro. Un indicador de este comportamiento fue la rapidez con que todos los tomates de la muestra 1 alcanzaron un grado de madurez 6-red, a diferencia de los tomates de la muestra 2. Paralelamente, el tratamiento poscosecha dado en ambos casos no incluyó lavados, lo que pudo hacer que gran parte de los daños patológicos que se observaron, vinieran de campo.

## **8.2 Componente II: Elaboración e innovación de productos de valor agregado a partir de tomate**

### **8.2.1 Evaluación de condiciones post-cosecha de las variedades de Tomate obtenidas**

A nivel comparativo de la materia prima recibida en planta, las características poscosecha usualmente fueron consistentes con tomates aptos para proceso, en grado de madurez máximo, con 4,6 °brix de sólidos solubles y 4,2 de pH para acidez. Respecto a los lotes de campo de los que provenían, se observó que los tomates provenientes del lote semiprotegido MIP mostraron mayor cantidad de sólidos

solubles, y menor acidez, pero igualmente fueron los que tuvieron menor firmeza. A nivel de proceso, indica que son tomates con mejores características pues mostraron más cantidad de sólidos solubles y un pH más alto lo que incidirá positivamente en los rendimientos y características sensoriales de los productos procesados. Sin embargo, en términos de consumo fresco, al ser los de menor firmeza (incidida posiblemente por una maduración más acelerada) resultaría en un producto con menor vida útil. No se podría concluir si dicho comportamiento es producto de grado de madurez (en caso que existieran diferencias entre las muestras, el ambiente (invernadero o semiprotegido) o al manejo (MIP o comercial) pues no se está valorando la existencia de diferencias significativas; sin embargo se podría recomendar analizar esto en estudios posteriores pues parece ser que el invernadero y el tratamiento convencional con químicos en general arrojó tomates más firmes y de mayor vida útil.

Respecto al contenido de licopeno en los productos elaborados, es importante considerar que de los tres productos que se analizaron, el tomate deshidratado mostró la mayor concentración, seguido por la pasta y en mucho menor cuantía la mermelada. Tras consulta al LAFIT, se hace indicación que se puede inferir que dada la inestabilidad de la molécula de licopeno, el tratamiento término, la formulación y el envase podrían estar incidiendo en una mayor o menor concentración del componente. Esto cobra más sentido cuando se analiza que el proceso del deshidratado tiene una larga duración pero a temperatura no mayor a los 70°C, y solo con adición de sal y algunos preservantes. Por el contrario, la mermelada y la pasta son llevadas por encima del punto de ebullición, e incluye la adición de un 40% del total de la masa de azúcar en el caso de la mermelada, pudiendo esta afectar la estabilidad de la molécula. Este factor será relevante en posibles estrategias de mercadeo futuras, donde se debe ser transparente con el productor al decir que ciertos tipos de proceso no garantizan un alimento alto en este antioxidante. Paralelamente y con otros proyectos se está haciendo una caracterización nutracéutica que incluye el licopeno para otras variedades de tomate, donde se podrá constatar el comportamiento de la molécula a nivel de procesamiento agroindustrial.

### **8.2.2 Productos de valor agregado**

Después de analizar los procesos desarrollados para la obtención de cada producto de valor agregado, a partir de transformación agroindustrial del tomate, el tiempo de elaboración y uso de equipos, el costo y la aceptación del consumidor, se puede resumir la información en la siguiente tabla:

**Tabla 20 Comparativo rendimientos y costos de los productos desarrollados**

| <b>Producto</b>                     | <b>Rendimiento.<br/>(%)</b> | <b>Costo<br/>por<br/>gramo<br/>(₡)</b> | <b>Contenido<br/>de licopeno<br/>mg/kg base<br/>seca</b> | <b>Aceptación<br/>% de “Me<br/>gusta<br/>mucho”</b> |
|-------------------------------------|-----------------------------|--|--|---|
| <b>Tomate<br/>Deshidratado</b>      | 4                           | 63,26                                  | 495,6  | 36  |
| <b>Salsa de Tomate<br/>con piña</b> | 62                          | 2,53                                   | --   | 36  |
| <b>Mermelada de<br/>Tomate</b>      | 58                          | 3,87                                   | 6,6  | 56  |
| <b>Pasta de Tomate</b>              | 22                          | 8,22                                   | 74,4   | --  |

Se puede observar que la mermelada de tomate es uno de los productos con mayor potencial para ser adoptado por productores pequeños y medianos, al tener el porcentaje más alto de encuestados que calificaran su sabor con el calificativo “me gusta mucho”, además de tener el segundo costo de producción más bajo y el segundo rendimiento de proceso más alto de los productos elaborados. Ahora bien, debe recordarse que no sería adecuado promocionar ese producto como uno de alto contenido de licopeno pues el tratamiento térmico y la formulación posiblemente son los factores que inciden en que se obtenga la menor concentración de licopeno de los productos elaborados.

La salsa de tomate con piña podría ser un segundo producto con potencial, al tener el costo de producción más bajo, y el más alto rendimiento, además de un 36% de aceptación de sabor. Queda la tarea de mejorar algunos aspectos sensoriales como apariencia, textura y olor que no fueron valorados tan satisfactoriamente por los encuestados, y deberá analizarse el contenido final de licopeno para conocer si esa podrá ser una herramienta mercadológica.

Tanto la pasta como el tomate deshidratado muestran los contenidos de licopeno más altos de los productos, lo que en términos de funcionalidad podría ser un atributo por explotar; sin embargo, tienen los costos de producción más altos y los rendimientos más bajos de los cuatro productos, sobre todo el tomate deshidratado. Sin embargo, a nivel de precios de mercado, podría considerarse que tras algunos ajustes y el mismo escalamiento, esta formulación podría ser competitiva. Esto se

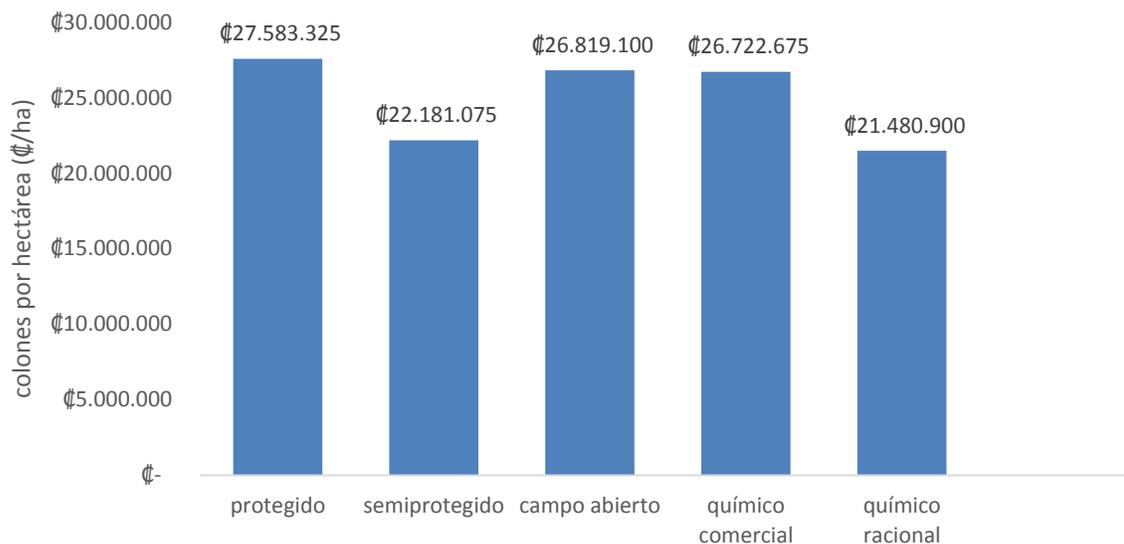
supone al hacer una observación en algunas cadenas de supermercados donde las latas de pasta con características muy similares a las de la pasta del proyecto, se venden a ₡20 /g. el costo de producción en el caso del proyecto ronda los ₡22 /g, lo que hace considerar que logrando obtener tomate en épocas de menor precio, escalando a producciones mayores, cuidando aspectos de rendimiento a partir del uso de tecnología como una marmita al vacío, podría mejorarse el costo de manera que el ejercicio de fijación de precio suponga alguna utilidad para el procesador y competitividad respecto al precio de mercado. Ahora bien, debe valorarse también que estos productos son hechos con tomate para consumo fresco o tipo bola, en el caso de uso de una variedad especializada para industrialización, el rendimiento también podría mejorar. No debe obviarse que el tomate deshidratado tiene un nicho de mercado muy específico (europeos-italianos particularmente) y la pasta puede consistir en un producto para un consumidor intermedio como pizzerías, sodas, restaurantes, servicios de alimentación, entre otros. Claramente la idea de negocio deberá madurarse y acompañar al productor hacia el emprendimiento.

Igualmente, a nivel de estructura general de costos, fue posible observar que el 40% de los mismos responden a insumos, lo que podría manejarse al revisar épocas de siembra donde la materia prima crítica (el tomate) se pueda adquirir a mejores precios que los obtenidos por los investigadores en la época en que se procesó. Adicionalmente, el costo de la electricidad, que representa un 10% del total del costo de producción, puede ser reconsiderado si la fuente energética para generación de calor fuera gas o si alguna modificación tecnológica permitiera usos de energía solar por ejemplo. En este caso a nivel de emprendimiento habría que valorar tiempos de retorno de la inversión de un sistema de paneles solares, pero podría resultar en una opción eventualmente. Por otro lado, en el caso del deshidratado queda la posibilidad de usar deshidratadores solares si la zona y pericia de construcción de los mismos lo permite.

### **8.3 Componente III: Gestión de costos**

En la gestión de costos es vital el registro que permita ejercer controles la operación, siendo esta una de las funciones de la gestión agroempresarial, y lamentablemente una de las debilidades sectoriales más relevantes. Por eso, es importante iniciar con un registro de los datos que luego pueda analizarse y apoyar una toma de decisión más respaldada y conciente por parte del productor, quien realmente debe considerarse a sí mismo como un agroempresario.

Como punto de partida para dichos análisis, y considerando la experiencia generada en el proyecto, se presenta la siguiente figura resumen respecto a los costos de producción por hectárea de tomate en cada tratamiento, de ambos sistemas establecidos.



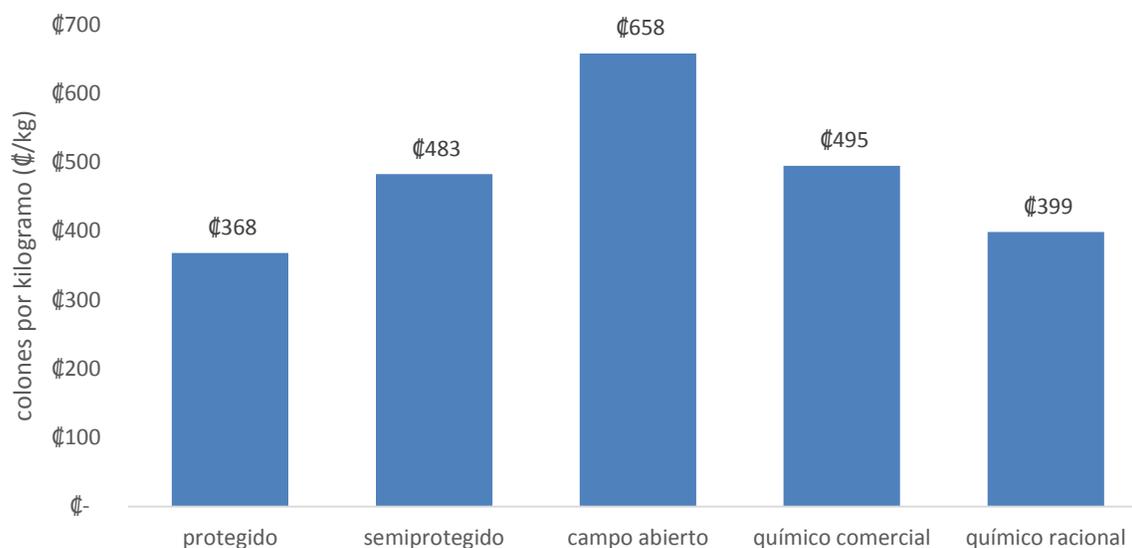
**Figura 54. Costo de producción por hectárea de tomate en los tratamientos establecidos.**

Según la anterior figura y los datos observados en el apartado de resultados el sistema de producción MIP bajo ambiente protegido es el que resulta en mayor costo de producción por área, influido principalmente por costos indirectos como los la depreciación (relacionada a costo de inversión en la instalación del invernadero), aunque con menor uso de algunos insumos y mano de obra.

Le siguen los tratamientos de producción de MIP de campo abierto y Químico Comercial de ambiente semiprotegido.

El primero reporta un costo levemente mayor que el segundo, principalmente por la mano de obra requerida para aplicar productos de control de plagas y enfermedades, labores de deshierba pues la maleza crece más en las entre calles al tener disponibilidad de agua en toda la superficie de la parcela y en labores de podas sanitarias, así como en el uso de insumos. El caso del tratamiento químico comercial resulta del costo de los insumos químicos, algunos de ellos más caros a nivel de mercado.

Ahora bien, recordando que el tratamiento MIP semiprotegido fue común a ambos sistemas, debe observarse que el costo de producción por hectárea entre este manejo agronómico y el manejo químico racional (en ambiente MIP también) fue muy similar entre ambos, pudiendo sugerir al productor que los manejo MIP y químico racional resultan en menor costo de producción que el manejo químico convencional, el cual a su vez podría suponer mayor impacto ambiental.



**Figura 55. Costo de producción por kilogramo de tomate en los tratamientos establecidos.**

En cuanto a los costos de producción por kilogramo de tomate producido, la mejor relación la ofrece el invernadero, pues este, a pesar de tener el sistema de producción por hectárea más costoso, también es el más productivo, con una inversión más elevada pero con un uso de insumos más amigables con el ambiente que se diluyen en una producción más elevada. La segunda mejor relación entre costo y producción la da el sistema químico comercial, pues sus costos de producción son menores que el del invernadero y con producciones mayores a otros tratamientos.

Las parcelas sembradas en ambiente semiprotegido con manejo químico comercial y MIP presentan relaciones similares siendo menor el costo por kilogramo de tomate la del MIP, evidenciando así un costo aceptable, aunque mayor que en los casos de invernadero y semiprotegido con tratamiento químico racional.

Finalmente, el tratamiento MIP a campo abierto resulta en el mayor costo de producción, dado el intensivo uso de insumos y mano de obra para control de plagas y enfermedades que afectan con mayor severidad y una producción más reducida que en todos los casos anteriores.

Debe hacerse la observación respecto a los porcentajes de composición del costo de producción, donde en el caso de invernadero se detectó el menor costo de mano de obra y el menor uso de insumos porcentualmente hablando, pues esto se relacionó a la existencia de barrera físicas y de BPA que permitieron una menor incidencia de estos rubros en el costo, por labores e insumos que fueron requeridos en menor cuantía como las deshierbas y las aplicaciones para control de fungicidas e insecticidas. Caso contrario ocurre en el campo abierto donde la aplicación de productos para tratar de controlar plagas fue más intensa (y aún así obtuvo la menor producción), y en el químico comercial, donde los insumos pudieron ser más costosos que algunos de los controladores del MIP y con una intensidad más tipo “receta” que tras observación.

El costo indirecto de depreciación representó un peso porcentual mayor en el caso del tratamiento protegido, pues la infraestructura por sí sola demanda un cálculo de depreciación que resulta mayor para este caso. Si bien no representa una salida de efectivo (no hay a quien pagarle a alguien la depreciación por así decirlo), deberá considerarse como una reserva que será útil en la economía del agronegocio pues los materiales irán presentando desgaste y luego será necesario cambiarlos una vez que su vida útil termine.

#### **8.4 Sostenibilidad:**

##### **8.4.1.1 Perspectiva económica y social en producción primaria**

Desde el punto de vista económico, siendo este uno de los pilares de la sostenibilidad, debe valorarse el uso de un sistema de manejo y otro con el fin de que el rendimiento económico y la influencia social que la actividad tiene al generar un ingreso hacia la economía familiar del productor sean positivas, sin descuidar la perspectiva ambiental. Para esto, se partió de una relación beneficio/costo.

**Tabla 21. Relación ingreso/costo de la producción de 1ha de tomate vendida a ₡10 000 / tina de 18kg**

|                      | <b>Protegido</b> | <b>Semi protegido</b> | <b>Campo abierto</b> | <b>Químico comercial</b> | <b>Químico racional</b> |
|----------------------|------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>ingreso/costo</b> | 1,51             | 1,15                  | 0,84                 | 1,12                     | 1,39                    |

La anterior tabla muestra el indicador de beneficio/costo o ingreso/ costo para cada uno de los tratamientos. La mejor relación la ofrece el ambiente protegido el cual agrónomicamente se manejó bajo esquema MIP, le sigue el químico racional semiprotegido, y con indicadores muy similares los tratamientos semiprotegidos de tipo MIP y de tipo químico comercial. En el caso de parcelas a campo abierto, con el precio de venta del tomate citado, se esperaría que se presenten pérdidas económicas, al tener un indicador <1.

**Tabla 22. Relación ingreso/costo de la producción de 1ha de tomate vendida a ₡26 000 / tina de 18kg**

|                      | <b>protegido</b> | <b>semiprotegido</b> | <b>campo abierto</b> | <b>químico comercial</b> | <b>químico racional</b> |
|----------------------|------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>ingreso/costo</b> | 3,92             | 2,99                 | 2,20                 | 2,92                     | 3,62                    |

Ahora bien, partiendo del supuesto de un mejor precio de venta del tomate, se puede esperar que los productores reporten utilidades en todos los casos, pero el beneficio percibido por cada colón de ingreso respecto a cada colón del costo de producción, mantiene la relación del caso anterior. Es decir, el sistema de ambiente protegido percibe el mayor beneficio por cada colón de costo de producción, seguido por el sistema químico racional, MIP semiprotegido, químico comercial semiprotegido y por último el campo abierto.

Lo anterior demuestra que instalaciones como los invernaderos, y programas de manejo racionales donde se determinen operaciones de acuerdo a criterios técnico-económicos pueden resultar en mejores relaciones económicas, y por tanto mejores posibilidades de ingreso a la economía familiar agrícola, que manejos con baja inversión en infraestructura como el campo abierto o uso no racional de agroquímicos.

Cabe anotar que en estos cálculos solo se trabajó con costos reales de producción, sin haber considerado externalidades que la economía ambiental podría incorporar, encareciendo así sistemas donde el costo ambiental de degradación de sustancias, contaminación de cuerpos de agua, exposición de colaboradores a posibles peligros para la salud y disrupción de la biodiversidad local fuera mayor al ser menos amigable social y ambientalmente.

#### **8.4.1.2 Perspectiva técnico-ambiental en producción primaria**

En el caso de los residuos generados en campo, es factible observar que para la mayoría de ellos existe un tratamiento propio del SiGA-TEC y el MADI sea por disposición o reciclaje, mismos que en el esquema de BPA que el MAG promueve son considerados y factibles. También se puede dar reutilización en otras actividades de campo. Respecto al uso de las bandas plásticas, sí es importante hacer un llamado de atención al hecho de que al usar el plástico conocido como tomatero, se debe cambiar el mismo constantemente pues el viento y la lluvia llevan a que se rompa fácilmente. Cuando se evalúan maneras de disponer el plástico para que quede ajustado, o se considere usar plástico de mayor densidad, el mismo es posible que sea reutilizado en varias siembras, disminuyendo así la generación de este residuo.

Respecto a las posibilidades de producción y calidad de la fruta es factible, según los resultados de este proyecto migrar hacia sistemas de producción con uso de agroquímicos de manera racional, en combinación de insumos sintéticos y biológicos, siempre y cuando se sigan protocolos claros de determinación de umbrales económicos que hacen necesaria la intervención del productor, y la incorporación de variadas estrategias de control de plagas y enfermedades que el MIP promueve, como el trampeo, el uso de feromonas, barreras, etc.

En cuanto al ambiente de producción, el uso de barreras físicas como las ofrecidas por los invernaderos y bandas plásticas mejoran la calidad de fruta y la producción, lo cual es fácilmente detectable al notar que la parcela sembrada a campo abierto terminó producción antes, con volúmenes menores y con afección de patologías. El invernadero, aunque por factores metabólicos (como fotosíntesis) inicia producción con menores cantidades que los ensayos fuera de este, sostiene por más tiempo la producción, con cantidades mayores e incluso relaciones económicas más atractivas para el ingreso del productor.

#### **8.4.1.3 Perspectiva técnico-económica en agroindustrialización**

En cuanto a las medidas aplicadas en PPA sobre la estrategia de P+L, estas deben ser siempre monitoreadas para valorar su impacto y posibilidad de implantación permanente de la práctica, incluyendo el entrenamiento respectivo para el personal de apoyo o asistencia. Es importante recalcar que actualmente en Costa Rica no representaría mayor ahorro económico el reducir el consumo de agua, pero en términos de Buenas Prácticas Ambientales y de Manufactura, así como de Responsabilidad Social, la necesidad de reducir el consumo de este recurso era imperante. En el caso de traslado o transferencia del proceso al productor, en una eventual instalación de una planta de proceso, habría que valorar si la zona cuenta o no con alcantarillado, lo que supondría costos por el uso del servicio o bien por la necesidad de establecer un sistema de tratamiento de aguas de vertido para lograr el aval ambiental que dejara operar la planta.

Respecto al cambio en la tecnología, se determinó que el costo energético de todo el proceso, incluyendo el uso de la marmita convencional supone un gasto de ₡5.422,59. Por el contrario, el mismo proceso utilizando la marmita al vacío supone un gasto de ₡1.878,99. Adicionalmente, el tiempo que se requiere que los colaboradores ejecuten la labor de cocción en uno y otro sistema, hace que el costo de mano de obra pase de ₡11.245,50 en el caso de uso de marmita convencional, a 6.806,49 al recortarse el tiempo de operación en la marmita al vacío en más de dos horas (150 minutos aproximadamente).

Adicionalmente, podría representar ventajas para los colaboradores ya que hay menor posibilidad de quemaduras en brazos, como potencialmente podría suceder en la marmita abierta convencional, y menores incapacidades o fatiga a futuro por problemas ergonómicos causados por las horas de pie en el proceso. La observación de seguridad laboral y BPM como uso de calzado adecuado, alfombras antifatiga y equipo de resguardo deberán mantenerse en todo momento independientemente de la tecnología seleccionada para esta operación. Finalmente, si bien esta marmita opera con combustible fósil, el tiempo de encendido para lograr el objetivo de esta operación es reducido. En este caso, la sostenibilidad económica de la actividad se podrá ver favorecida de manera que la actividad se mantenga en operación con los impactos sociales que se podrían suponer (empleo, rentabilidad al productor, calidad, de vida, etc).

## 9 Recomendaciones

- En el caso de aplicar sistemas de manejo agronómico tipo MIP, es necesario intensificar el uso de varias estrategias en conjunto por lo que se sugiere seguir validando en el país el sistema, así como profundizar estudios en la búsqueda de empaques y productos amigables de con el ambiente, con buen potencial productivo (efectividad y eficacia).
- Se recomienda analizar en estudios posteriores la incidencia en vida útil y características poscosecha de variedades de tomate sembradas en el país, respecto a su siembra en invernadero y tratamiento convencional con químicos, pues parece preliminarmente que arrojaron tomates más firmes y de mayor vida útil.
- Quedan posibilidades de explorar en futuros proyectos el efecto de algunos materiales o variedades que muestren mayor vida útil y su relación con características de calidad valoradas por el consumidor, así como el uso de productos inocuos que permitan alargar vida útil. Un ejemplo de este último es el estudio de varios autores en el uso de una película de suero lácteo para alargar la vida útil del tomate. (Galiotta, Harte, Molinari, Capdevielle, & Diano, 2005). En este caso, una película de suero de leche y monoestearato de glicerilo acetilado fue aplicada a tomates que se almacenaron a 15°C y 90%HR, logrando mayor días de vida útil que los tomates no recubiertos, exhibiendo menor pérdida de peso, y menor velocidad de maduración, entre otros indicadores.
- Paralelamente y con otros proyectos en que la Escuela de Agronegocios participa, se está haciendo una caracterización nutracéutica que incluye el licopeno para otras variedades de tomate, donde se podrá constatar el comportamiento de la molécula a nivel de procesamiento agroindustrial.
- Se recomienda para estudios posteriores la utilización del tomate deshidratado y la pasta en formulaciones donde se reconstituya para valorar si será rentable su uso.
- Es vital que los productores tanto a nivel de producción primaria como de agroindustria fortalezcan sus capacidades agroempresariales, con el fin de aplicar análisis de mercado, canales de comercialización, costeo y valor

agregado a su producción, de manera que ejerzan un mejor control en sus operaciones y tomen decisiones más sólidas

- A nivel de costeo, es importante recordar que en este proyecto solo se trabajó con costos reales de producción, pudiendo considerar en otros trabajos externalidades que la economía ambiental podría incorporar, como el costo ambiental de degradación de sustancias, contaminación de cuerpos de agua o por partículas al aire, exposición de colaboradores a posibles peligros para la salud y interrupción de la biodiversidad local fuera mayor al ser menos amigable social y ambientalmente.
- La decisión del productor sobre el sistema de producción según manejo y ambiente, deberá estar incida respecto a sus posibilidades de inversión, de comercialización, “expertise”, zona productiva y variedad empleada, sin embargo siempre se recomienda seleccionar una u otra opción basados en principios ético-ambientales y económicos.

## **10 Agradecimientos**

Los investigadores desean externar un sincero agradecimiento a la Gerencia del Programa Nacional de Tomate del MAG, y a los miembros del PITTA Tomate por su apoyo, confianza y retroalimentación a lo largo de este proyecto.

Igualmente se extiende un profundo a agradecimiento a los estudiantes asistentes (Dayana Benavides, Allan Villegas, Cipriano Aguirre, Álvaro Berrocal, Vicky Torres) y personal administrativo (Bernardo Quesada, Minor Olivares y Rolando Picado) quienes a lo largo de los cuatro semestres de duración del proyecto aportaron su esfuerzo y observaciones, lo cual enriqueció la experiencia de investigación como tal, y el aprendizaje continuo de todos los involucrados.

Finalmente, se agradece a la Dirección de Escuela, y la Dirección de Proyectos por la guía durante este proceso, que para todos los investigadores constituyó la primera experiencia formal de investigación en el TEC.

## 12 Bibliografía

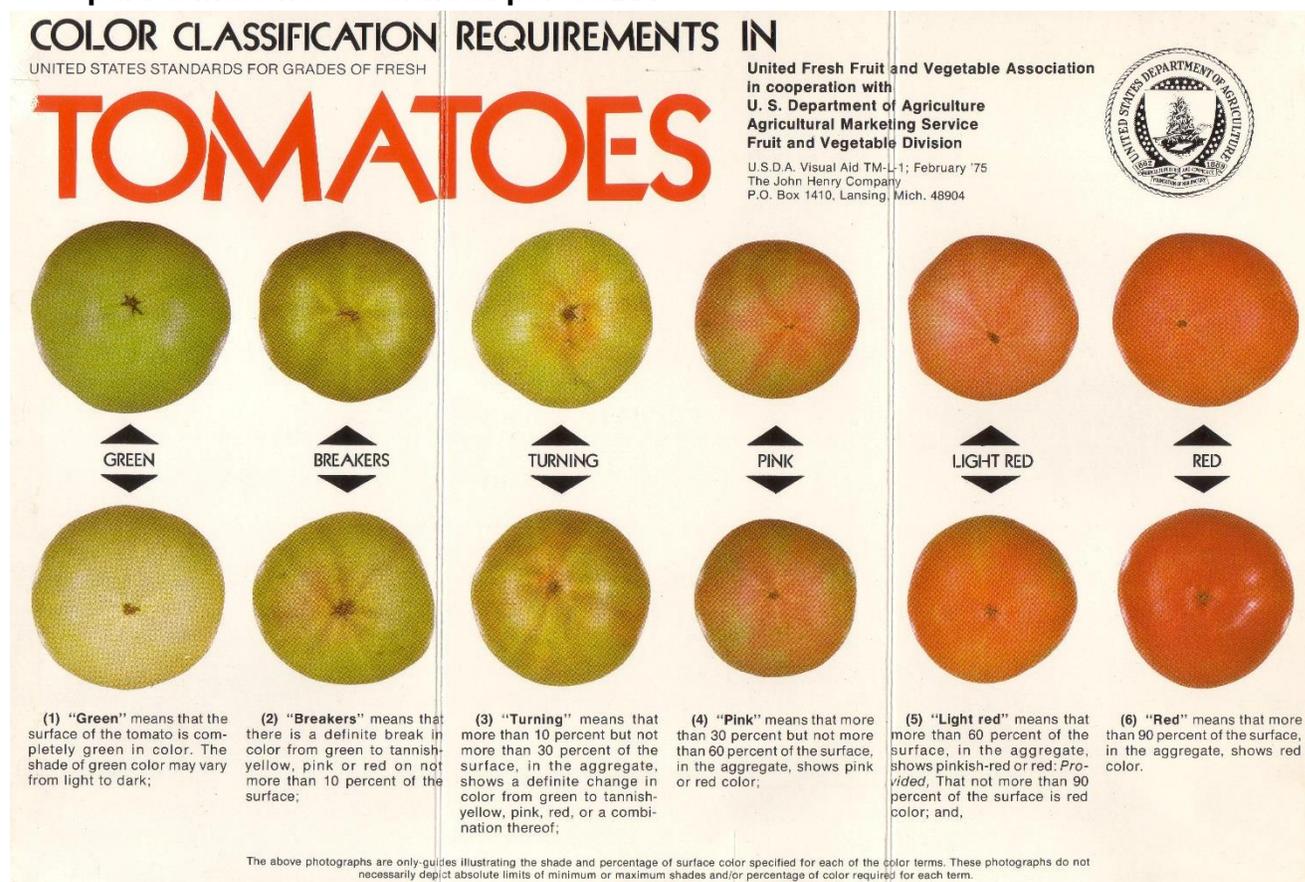
- AMS-USDA. (1991). Maturity and Quality-tomato. USA: USDA.
- Badilla-Sánchez, M. (Mayo de 2014). Técnico Electricidad, Departamento de Administración de Mantenimiento TEC . (M. Gamboa-Murillo, & L. Brenes-Peralta, Entrevistadores)
- Benavides, D. (2013). Informe de Análisis Sensorial. Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica: Asistencia-Escuela de Agronegocios.
- Carvajal, Y., & Rodríguez, G. (2013). Informe análisis licopeno para TEC-Agronegocios. Heredia: Laboratorio de Fitoquímica LAFIT-UNA.
- CICR. (2012). Centro Nacional de Producción Más Limpia Costa Rica. Recuperado el 9 de Marzo de 2014, de [http://www.cicr.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=27&Itemid](http://www.cicr.com/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid)
- Donovan, J. (2006). Identificación de las Oportunidades de Mercado y Mercadeo en Cadenas de Valor. (C. p. (CeCoEco), Ed.) Turrialba: CATIE.
- Espinoza, C. (2006). Costos Industriales . En C. Espinoza, Costos Industriales (pág. 577). Cartago : Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- FAO. (1995). El Desarrollo Sostenible / La radio y procesos participativos de desarrollo sostenible en la region Amazonica. Recuperado el 10 de Marzo de 2013, de Depósito de Documentos de la FAO: <http://www.fao.org/docrep/x5600s/x5600s05.htm>
- Fernández, J. (2014). Variedad de Tomate Divine Ripe. Coordinador programa hortícola, Oficina Nacional de Semillas . San José , Costa Rica : ONS.
- Galiotta, G., Harte, F., Molinari, D., Capdevielle, R., & Diano, W. (2005). Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 6, núm. 2, pp. 117-123,.
- Gamboa, M. (2012). Cultivo del Tomate en Costa Rica, Productos a partir de tomate, características y posibilidades de innovación,. 2do Congreso Nacional de Tomate. Tecnológico de Costa Rica- Programa Nacional de Tomate, Cartago Costa Rica.
- Hidalgo Segura, A. (2011). Estrategia de Producción Más Limpia . San José, Costa Rica: Centro de Producción más Limpia, Cámara de Industrias.
- HTA Green Houses & Supplies. (Agosto de 2014). Clip para tutor 23mm. Obtenido de [http://www.hta.mx/\\_mgxroot/page\\_accesorios\\_para\\_tutor\\_clip\\_para\\_jitomate\\_23mm.html](http://www.hta.mx/_mgxroot/page_accesorios_para_tutor_clip_para_jitomate_23mm.html)

- Izquierdo, J., Rodríguez, M., & Durán, M. (2007). Manual "Buenas Prácticas Agrícolas para la Agricultura Familiar". FAO, América Latina y el Caribe.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el Cultivo de Tomate bajo condiciones protegidas. Antioquia, Colombia : FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- JASEC. (mayo de 2014). Junta Administrativa de Servicio Eléctricos de Cartago. Obtenido de <http://www.jasec.co.cr/index.php/residenciales-servicios/energia/tarifas-vigentes-luz>
- Kader, A., & et.al. (2002). Postharvest Technology of Horticultural Crops. California, USA: UC Davis Postharvest Technology Center.
- Laleye, L., Al Hammadi, S., Jobe, B., & Rao, M. (2010). Assessment of lycopene content of fresh tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and tomato products in the United Arab Emirates. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.8, 142-147.
- Leer, M., & Chem, B. (2001). Separation of lycopene and its cis isomers by liquid chromatography.
- López, L. (2012). Actualidad de la Agrocadena del Cultivo de Tomate en Costa Rica. 2do Congreso Nacional de Tomate. Tecnológico de Costa Rica- Programa Nacional de Tomate, Cartago Costa Rica.
- López, L. (1 de Diciembre de 2013). El Cultivo de Tomate en Costa Rica. (investigadores Tomate-Agronegocios TEC, Entrevistador)
- MAG. (s.f.). Biblioteca Virtual: Manual de Manejo Poscosecha de Tomate. Obtenido de Norma Oficial de Tomate para consumo fresco- Presidencia de la República y MEIC 1998: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec-poscosecha-tomate-cap-VI-VIII-anexo.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-poscosecha-tomate-cap-VI-VIII-anexo.pdf)
- MAG-UCR-FITTACORI. (2002). Biblioteca Virtual: Manual de Manejo Poscosecha de Tomate. Obtenido de Norma Oficial de Tomate para consumo fresco- Presidencia de la República y MEIC 1998: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec-poscosecha-tomate-cap-VI-VIII-anexo.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-poscosecha-tomate-cap-VI-VIII-anexo.pdf)
- Masis, R. (Mayo de 2014). Técnico Eléctrico, Departamento de Administración de Mantenimiento TEC . (M. Gamboa - Murillo, & L. Brenes-Pealta, Entrevistadores)
- Ministerio de Trabajo de Costa Rica . (julio de 2014). Salarios mínimos . Obtenido de [http://www.mtss.go.cr/images/stories/Lista\\_salarios-2014-1semestre.pdf](http://www.mtss.go.cr/images/stories/Lista_salarios-2014-1semestre.pdf)

- Monge, J. (7 de Abril de 2014). Sistema de Riego por Goteo, Ingeniero Agrícola y Gerente AgroRiegos S.A. (L. Brenes, Entrevistador)
- Municipalidad de Cartago . (mayo de 2014). Municipalidad de Cartago . Obtenido de <http://www.muni-carta.go.cr/servicios/catalogo-de-servicios-requisitos-tarifas-y-formularios/24-acueductos/46-detalles.html>
- OLEFINAS. (Agosto de 2014). Lámina . Obtenido de Sector Agrícolas: <http://www.olefinas.com/index.php/es/productos-gricolas/sueloaviertoprod/laminastomatoes>
- PITTA Tomate. (2014). Reuniones Varias 2012-2014. INTA-MAG. San José, Costa Rica.
- Polimeni, R. (1994). Contabilidad de Costos. Colombia: McGraw-Hill.
- Polimini. (1997). Contabilidad de Costos. En R. Polimeni, Contabilidad de Costos (pág. 896). Colombia: McGraw-Hill.
- Rayburn, G. (2000). Contabilidad y Administracion de Costos . Mexico: McGraw-Hill.
- Robles, C. (2009). Antología de Costos Aplicados. Antología de Costos Aplicados. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica .
- Rodriguez, G., & Carvajal, Y. (2013). Resultados análisis de Licopeno TEC. Heredia, Costa Rica : Laboratorio de Fitoquímica-LAFIT, UNA.
- Rojas, J. E. (2014). Monografia.com. Obtenido de Monografia.com: <http://www.monografias.com/trabajos52/costos-agricolas/costos-agricolas.shtml#costos>
- Semillas DGR. (20 de Junio de 2014). Catálogo de Semillas de Tomate Tipo Bola. Obtenido de <http://semillasdgr.com/catalogo.html>
- Suslow, T., & Cantwell, M. (2013). Jitomate (tomate) Recomendaciones para mantener la calidad. Obtenido de [postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Tomate\\_\\_Jitomate](http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Tomate__Jitomate)
- Ureña, G. (2012). SITUACION ACTUAL Y POSIBLES OPORTUNIDADES DE MERCADO DEL MERCADO DE TOMATE. 2do Congreso Nacional de Tomate. Tecnológico de Costa Rica-Programa Nacional de Tomate, Cartago Costa Rica .

## 13 Anexos

### 13.1 Anexo 1: Grado de maduración según la tabla de grados de madurez para tomate fresco avalada por USDA



Fuente: (AMS-USDA, 1991)

## 13.2 Anexo 2: Norma Oficial de Tomate para consumo en estado fresco

### **MANUAL DE MANEJO POSCOSECHA DE TOMATE**

#### **ANEXO REGLAMENTO DE LA NORMA DE CALIDAD**

En los mercados de exportación las exigencias de calidad son muy estrictas y los países productores comercializan tomate de muy buena calidad. Los productores nacionales tienen que darle mucha importancia a este aspecto y para ello se sugiere que los involucrados en el proceso de producción y comercialización conozcan el Reglamento Técnico de Tomate, del Órgano de Reglamentación Técnica de la Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medidas del Ministerio de Economía, Industria y Comercio.

Al agricultor lo beneficia porque establece las características de tomates de primera, segunda y tercera calidad. Le da al productor armas para que lleve a los mercados el tomate bien clasificado y con lo mejor de su producto. De manera que, si a nuestro país llega en un futuro tomate del exterior, la buena calidad que produzca el agricultor nacional hará que los intermediarios lo sigan prefiriendo y le sigan comprando un buen producto.

El intermediario también debe conocer el Reglamento, para adquirir y vender el producto ya sea nacional o importado. A continuación se presenta la Norma citada.

#### **1. REGLAMENTO DE LA NORMA DE CALIDAD OFICIAL DEL MINISTERIO DE ECONOMIA, INDUSTRIA Y COMERCIO (MEIC) DE COSTA RICA. 1989. No.18814 MEC**

#### **EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA Y EL MINISTRO DE ECONOMIA, INDUSTRIA Y COMERCIO**

En uso de las potestades que les confiere el artículo 140, inciso 3 y 18 de la Constitución Política y de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 5292 del 9 de agosto de 1973

#### **DECRETAN:**

Artículo 1.-Aprobar la siguiente

#### **NORMA OFICIAL DE TOMATE PARA CONSUMO EN ESTADO FRESCO**

#### **1 AMBITO DE APLICACION**

Esta norma tiene por objeto establecer las características y calidades que debe presentar el tomate, para ser consumido en estado fresco.

## **MANUAL DE MANEJO POSCOSECHA DE TOMATE**

### **2. DEFINICIONES**

2.1 Tomate: es el fruto proveniente de las variedades (cultivares) de *Lycopersicon esculentum*.

2.2 Grados de madurez:

2.2.1 Tomate sazón: es el fruto que ha llegado a su madurez fisiológica y que presenta una coloración generalmente verde, debido a falta de maduración.

2.2.2 Tomate pintón: presenta una coloración variable, entre el verde, amarillo, rosado y rojo, pudiéndose presentar estos colores en el mismo fruto, en proceso de maduración.

2.2.3 Tomate rojo: fruto de color rojo, aunque de consistencia firme, completamente maduro.

2.3 Daños serios:

2.3.1 Enfermedades causadas por microorganismos.

2.3.2 Daños o presencia de insectos.

2.3.3 Escaldaduras (separación de la piel para efectos diversos).

2.3.4 Daños mecánicos serios.

2.3.5 Rajaduras no cicatrizadas.

2.3.6 Daños por frío.

2.3.7 Daños por deshidratación del fruto.

2.4 Daños menores

2.4.1 Rajaduras por crecimiento (radiales y concéntricas).

2.4.2 Grietas apicales (cara de gato).

2.4.3 Cicatrices epidérmicas.

2.4.4 Quemaduras de sol.

2.4.5 Decoloraciones externas.

2.4.6 Malformaciones.

2.4.7 Tomates huecos (cavidades en una o más celdas que afectan la apariencia).

2.4.8 Lesiones o magulladuras (daños mecánicos leves).

### **3 FACTORES ESENCIALES DE COMPOSICION Y CALIDAD**

3.1 Características

3.1.1 Características generales: los tomates propios para el consumo, deben provenir de variedades legítimas y sanas. Debe ser fresco y de cosecha reciente. El tomate, debe estar suficientemente maduro, firme, compacto y

#### **MANUAL DE MANEJO POSCOSECHA DE TOMATE**

sin indicios de maduración excesiva. También debe ser sano, libre de microorganismos, enfermedades e insectos que le causen daño. No debe presentar grietas, cicatrices, rajaduras, ni quemaduras. Debe estar limpio, libre de residuos de productos agroquímicos o cualquier cuerpo extraño y debe corresponder a las indicaciones de calidad.

#### 3.1.2 Características organolépticas.

3.1.2.1 Aspecto: el fruto es una baya dividida en dos o más secciones internas (lóculos) que contienen gran cantidad de semillas. Es de consistencia firme, generalmente de forma redondeada, de coloración rojiza, amarilla o verdosa; con un diámetro que varía de 3 a 12 cm y con un peso que puede llegar hasta 400 g.

3.1.2.2 Color: variable, dependiendo del grado de maduración, siendo este desde verdoso-amarillo, hasta el rojo intenso.

3.1.2.3 Olor: propio.

3.1.2.4 Sabor: propio.

#### 3.2 Clasificación por grados de calidad

3.2.1 Primera: consiste en tomates con características varietales similares, coloración uniforme en cada unidad de empaque, que estén limpios, en un punto de madurez entre sazón y maduro, plenamente desarrollados y bien formados. El fruto debe presentar un tamaño mínimo de 8 cm de diámetro y un peso mínimo de 200 g. Debe estar libre de pudriciones, daños de insectos, enfermedades, daños mecánicos, rajaduras o cicatrices profundas. Se acepta un 10% por número o masa debido a daños menores y por variaciones de tamaño, forma y color. No se admiten daños serios.

3.2.1.1 Extra: se considera calidad extra la primera, sin tolerancia a los defectos, con un grado de madurez verde maduro (color verde blanquecino) y con una variación del 5% en tamaño y peso.

3.2.2 Segunda: esta clase está formada por frutos razonablemente bien formados, con características representativas de la variedad, coloración uniforme en cada unidad de empaque, limpios, bien desarrollados, con un tamaño mayor de 5 cm y menor de 8 cm de diámetro y un peso de hasta 200 g. Deben estar

#### **MANUAL DE MANEJO POSCOSECHA DE TOMATE**

libres de pudriciones y no seriamente dañados por enfermedades, insectos o daños mecánicos, con algunos daños menores de deficiencias nutricionales (cara de gato no muy profundos, cicatrices leves, decoloraciones). Se establece una tolerancia del 15% debido a daños, de los cuales, un máximo del 3% puede ser de daños serios, excepto pudriciones.

- 3.2.3 Tercera: conformada por tomates de características diversas, con un punto de madurez entre sazón y maduro, limpios y que puedan estar deformados. Deben estar libres de pudrición y no muy seriamente dañados por frío, sol, enfermedades, insectos o daños mecánicos. Se clasifican en esta clase los tomates con un tamaño pequeño (menor de 5 cm de diámetro), con un grado de madurez uniforme en cada unidad de empaque. Se establece una tolerancia del 20% debido a daños, de los cuales un 5% pueden ser daños serios, excepto pudrición, y hasta un máximo de 2% por ablandamiento. Además, se incluyen en esta clasificación los tomates que por su forma no clasifiquen en las clases anteriores.

#### **4 ADITIVOS Y CONTAMINANTES**

- 4.1 **Aditivos:** se permiten los recomendados por el Ministerio de Salud y el Ministerio de Agricultura y Ganadería, y deben declararse en la etiquetas en caso de ser utilizados.
- 4.2 **Contaminantes:** los tomates no deben sobrepasar las dosis máximas establecidas por los Ministerios de Salud y el de Agricultura y Ganadería, o en su defecto, por normas internacionales, entre ellas las del Codex Alimentarius.

#### **5 ACONDICIONAMIENTO**

El tomate debe ser acondicionado de manera que quede al abrigo de contaminaciones y se asegure su protección, con ventilación adecuada. La comercialización del tomate se efectúa, generalmente por medio de cajas. El contenido de cada caja debe ser uniforme, con frutas de la misma calidad y estar completamente limpio de residuos, suciedades y contaminantes.

#### **6 ROTULACION**

En caso de empaque, la etiqueta debe especificar la denominación TOMATE, así como el grado de calidad. Las tintas de las etiquetas nunca deben estar en contacto con las frutas.

**MANUAL DE MANEJO POSCOSECHA DE TOMATE**

Debe cumplir además con lo estipulado en la Norma Oficial de Etiquetas para Productos Alimenticios.

**7 ENSAYOS A REALIZAR**

- 7.1 Características organolépticas: aspecto, olor, color y sabor.
- 7.2 Clasificación.
- 7.3 Plaguicidas y aditivos permitidos.

Artículo 2.–Serán sancionados de acuerdo con las leyes penales quienes incumplan con lo dispuesto en la presente Norma.

Artículo 3.–Rige a partir de su publicación.

Dado en la Presidencia de la República.–San José, a los dos días del mes de febrero de mil novecientos ochenta y nueve.

OSCAR ARIAS SANCHEZ

El Ministro de Economía y Comercio  
ANTONIO BURGUES TERAN

Nota: El reglamento técnico de tomate está siendo revisado por una comisión nacional integrada por el MAG, UCR y el CNP, a la vez realizan un estudio de caracterización que da el sustento técnico a las modificaciones que se hagan al presente reglamento.

## 14 Apéndices

### 14.1 Apéndice 1: Cuadros de costos de los productos de valor agregado

Tomate deshidratado

| Producto           | Cantidades (kg) | Costo producto (kg) | Costo Total |
|--------------------|-----------------|---------------------|-------------|
| Tomate Divine Ripe | 4,62            | 700,00              | 3.235,40    |
| Desecho            | 0,78            |                     | 0,00        |
| Total              | 3,84            |                     | 0,00        |
| Agua               | 12,00           | 100,00              | 1.200,00    |
| NaCl               | 0,39            | 250,00              | 97,50       |

Suma de Costos Insumos

4.532,90

| Equipo utilizado                              | Tiempo (min) | Tiempo (Horas) | Consumo K Watts | Consumo Kwatts / Hora | Tarifa KW/Hora | Costo ¢         |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| Marmita (Deshidratación osmótica y escaldado) | 35,00        | 0,58           | 12,00           | 7,00                  | 101,00         | 707,00          |
| Deshidratador                                 | 1.080,00     | 18,00          | 0,60            | 10,80                 | 101,00         | 1.090,80        |
| <b>TOTAL</b>                                  | 18,58        |                | 12,60           |                       |                | <b>1.797,80</b> |

| Agua utilizada      | Cantidad de litros | m <sup>3</sup> | costo fijo de agua |
|---------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 5,45                |                    |                | ¢/ m <sup>3</sup>  |
| Lavado (insumos)    | 81,75              | 0,08           | 560,00             |
| Escaldado           | 163,50             | 0,16           |                    |
| Lavado (maquinaria) | 163,50             | 0,16           |                    |
| <b>TOTAL</b>        |                    | 0,41           | <b>560,00</b>      |

Precio empaques (unidad) 100,00  
 (Empaque Alta Densidad cerca de 100 colones cada bolsa  
 pequeña de 5X8)

Precio Bolsa Empaque 403,00

| MO Utilizada                        | Tiempo (min) | Tarifa MO ¢/min | Cargas sociales ¢ | Tarifa Total MO ¢/min | Costo Total MO ¢/min |
|-------------------------------------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------------------|
| (TSC)                               |              |                 |                   |                       |                      |
| Recibo                              | 15,00        | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 443,90               |
| Selección                           | 15,00        | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 443,90               |
| Lavado                              | 15,00        | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 443,90               |
| Picado (corte transversal)          | 30,00        | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 887,80               |
| Pesado Tomate (calculo de Salmuera) | 2,00         | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 59,19                |
| Cálculo de Salmuera                 | 2,00         | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 59,19                |
| Calentamiento de Salmuera           | 10,00        | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 295,93               |
| Deshidratado Osmótico               | 30,00        | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 887,80               |
| Acomodo de bandejas (deshidratador) | 15,00        | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 443,90               |
| Deshidratado (máquina)              | 20,00        | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 591,87               |
| Empaque                             | 10,00        | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 295,93               |
| Lavado equipo (final)               | 30,00        | 20,29           | 9,30              | 29,59                 | 887,80               |
| Total Horas                         | <b>3,23</b>  |                 |                   |                       |                      |
| <b>TOTAL</b>                        |              |                 |                   |                       | <b>5.741,12</b>      |

Salsa de Tomate con Piña

| Producto            | Cantidades (kg) | Costo producto (kg) | Costo Total |
|---------------------|-----------------|---------------------|-------------|
| Tomate Troceado     | 7,67            | 700,00              | 5.369,00    |
| Piña (30%)          | 2,30            | 300,00              | 690,30      |
| Laurel              | 0,01            | 50.000,00           | 460,20      |
| Orégano             | 0,01            | 50.000,00           | 364,33      |
| Total               | 11,04           |                     |             |
| Goma Xanthan        | 0,01            | 3.000,00            | 16,56       |
| Benzoato de Sodio   | 0,01            | 4.000,00            | 22,09       |
| Masa Total Producto | 11,05           |                     | 0,00        |

Suma de Materia Prima e Insumos

6.922,47

| Equipo utilizado        | Tiempo (min) | Tiempo (Horas) | Consumo K Watts | Consumo Kwatts / Hora | Tarifa KW/Hora | Costo ¢         |
|-------------------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| Cubeteado (Robot Coupe) | 25,00        | 0,42           | 1,38            | 0,58                  | 101,00         | 58,08           |
| Marmita (cocción)       | 57,00        | 0,95           | 12,00           | 11,40                 | 101,00         | 1.151,40        |
| Selladora (envasado)    | 10,00        | 0,17           | 0,40            | 0,07                  | 101,00         | 6,73            |
| <b>TOTAL</b>            | 1,53         |                | 13,78           |                       |                | <b>1.216,21</b> |

| Agua utilizada      | Cantidad de litros | m <sup>3</sup> | costo fijo de agua |
|---------------------|--------------------|----------------|--------------------|
|                     |                    |                |                    |
| 5,45                |                    |                | ¢/ m <sup>3</sup>  |
| Lavado (Tomate)     | 81,75              | 0,08           | 560,00             |
| Lavado (Piña)       | 81,75              | 0,08           |                    |
| Escaldado           | 10,00              | 0,01           |                    |
| Lavado (maquinaria) | 163,50             | 0,16           |                    |
| <b>TOTAL</b>        |                    | 0,34           | <b>560,00</b>      |

Precio empaques (unidad) 70,00

(doy pack 250 ml 1000 unidades 70000)

70,00

Precio Bolsa Empaque 1.918,16

| <b>MO Utilizada</b>                       | <b>Tiempo (min)</b> | <b>Tarifa MO ¢/min</b> | <b>Cargas sociales ¢</b> | <b>Tarifa Total MO ¢/min</b> | <b>Costo Total MO ¢/min</b> |
|---|---------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| (TSC)                                     |                     |                        |                          |                              |                             |
| Recibo (Tomate y Piña)                    | 15,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 443,90                      |
| Selección (Tomate)                        | 10,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 295,93                      |
| Lavado (Tomate)                           | 15,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 443,90                      |
| Pesado (Tomate)                           | 5,00                | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 147,97                      |
| Cubeteado (Tomate)                        | 10,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 295,93                      |
| Selección (Piña)                          | 10,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 295,93                      |
| Lavado (Piña)                             | 15,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 443,90                      |
| Pelado y Cubeteado (Piña)                 | 25,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 739,84                      |
| Pesado (Piña)                             | 2,00                | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 59,19                       |
| Pesado Especies                           | 2,00                | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 59,19                       |
| Adición de Especies                       | 2,00                | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 59,19                       |
| Pesado de sal, vinagre, azúcar y aditivos | 20,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 591,87                      |
| Adición Sal                               | 2,00                | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 59,19                       |
| Adición Vinagre                           | 2,00                | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 59,19                       |
| Adición Azúcar                            | 7,00                | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 207,15                      |
| Cocción                                   | 45,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 1.331,70                    |
| Medición Brix y pH                        | 2,00                | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 59,19                       |
| Adición Goma Xanthan                      | 2,00                | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 59,19                       |
| Adición de Benzoato de Sodio              | 2,00                | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 59,19                       |
| Envasado                                  | 10,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 295,93                      |
| Lavado equipo (final)                     | 30,00               | 20,29                  | 9,30                     | 29,59                        | 887,80                      |
| Total Horas                               | <b>3,63</b>         |                        |                          |                              |                             |
| <b>TOTAL</b>                              |                     |                        |                          |                              | <b>6.895,27</b>             |

Mermelada de tomate

| Producto            | Cantidades (kg) | Costo producto (kg) | Costo Total |
|---------------------|-----------------|---------------------|-------------|
| Tomate D´Vine Ripe  | 5,96            | 700,00              | 4.172,00    |
| Clavo de olor       | 0,01            | 50.000,00           | 447,00      |
| Azucar              | 2,38            | 600,00              | 1.430,40    |
| Total               | 8,35            |                     | 0,00        |
| Pectina             | 0,08            | 5.000,00            | 417,65      |
| Acido Cítrico       | 0,01            | 2.000,00            | 16,71       |
| Benzoato de Sodio   | 0,00            | 4.000,00            | 16,89       |
| Masa Total Producto | 8,45            |                     | 0,00        |

Suma de Costos Mat  
Prima e Insumos

6.500,64

| Equipo utilizado     | Tiempo (min) | Tiempo (Horas) | Consumo K Watts | Consumo Kwatts / Hora | Tarifa KW/Hora | Costo ¢         |
|----------------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| Marmita (escaldado)  | 35,00        | 0,58           | 12,00           | 7,00                  | 101,00         | 707,00          |
| Licuadaora           | 25,00        | 0,42           | 1,38            | 0,58                  | 101,00         | 58,08           |
| Marmita (cocción)    | 57,00        | 0,95           | 12,00           | 11,40                 | 101,00         | 1.151,40        |
| Selladora (envasado) | 10,00        | 0,17           | 0,40            | 0,07                  | 101,00         | 6,73            |
| <b>TOTAL</b>         | 2,12         |                | 25,78           |                       |                | <b>1.923,21</b> |

| Agua utilizada      | Cantidad de litros | m <sup>3</sup> | costo fijo de agua |
|---------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 5,45                |                    |                | ¢/ m <sup>3</sup>  |
| Lavado (insumos)    | 81,75              | 0,08           | 560,00             |
| Escaldado           | 10,00              | 0,01           |                    |
| Lavado (maquinaria) | 163,50             | 0,16           |                    |
| <b>TOTAL</b>        |                    | 0,26           | <b>560,00</b>      |

Precio Bolsa Empaque

1.372,12

| <b>MO Utilizada</b>          | <b>Tiempo<br/>(min)</b> | <b>Tarifa MO<br/>₡/ min</b> | <b>Cargas<br/>sociales<br/>₡</b> | <b>Tarifa<br/>Total MO<br/>₡/min</b> | <b>Costo<br/>Total MO<br/>₡/min</b> |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>(TSC)</b>                 |                         |                             |                                  |                                      |                                     |
| Recibo                       | 15,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 443,90                              |
| Selección                    | 15,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 443,90                              |
| Lavado                       | 15,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 443,90                              |
| Pesado                       | 5,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 147,97                              |
| Picado (corte en cruz)       | 10,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 295,93                              |
| Escaldado                    | 15,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 443,90                              |
| Elim. manual cáscara         | 20,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 591,87                              |
| Troceado                     | 20,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 591,87                              |
| Licuadao                     | 25,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 739,84                              |
| Pesado                       | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Adición Azúcar               | 7,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 207,15                              |
| Adición Clavo Olor           | 3,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 88,78                               |
| Cocción                      | 57,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 1.686,82                            |
| Medición Brix y pH           | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Adición Pectina              | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Adición de Benzoato de Sodio | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Medición Brix y pH           | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Envasado                     | 10,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 295,93                              |
| Lavado equipo (final)        | 30,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 887,80                              |
| Total Horas                  | <b>4,28</b>             |                             |                                  |                                      |                                     |
| <b>TOTAL</b>                 |                         |                             |                                  |                                      | <b>7.605,51</b>                     |

Pasta de Tomate

| Producto          | Cantidades (kg) | Costo producto (kg) | Costo Total |
|-------------------|-----------------|---------------------|-------------|
| tomate despulpado | 12,75           | 700,00              | 8.925,00    |
| Acido Citrico     | 0,00            | 2.000,00            | 7,65        |
| Benzoato de Sodio | 0,01            | 4.000,00            | 25,50       |
| Sal               | 0,06            | 500,00              | 31,88       |

Masa Total 12,82  
 Producto 0,00

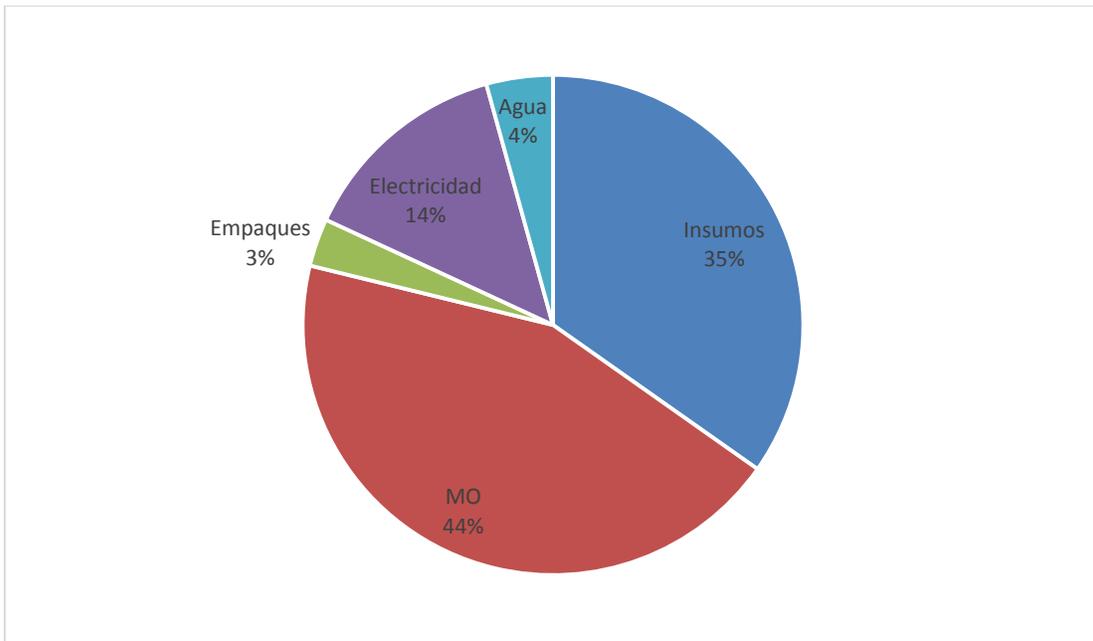
Suma de Costos **8.990,03**

| Equipo utilizado     | Tiempo (min) | Tiempo (Horas) | Consumo K Watts | Consumo Kwatts / Hora | Tarifa KW/Hora | Costo ¢         |
|----------------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| Marmita (escaldado)  | 35,00        | 0,58           | 12,00           | 7,00                  | 101,00         | 707,00          |
| Despulpador          | 7,00         | 0,12           | 5,33            | 0,62                  | 101,00         | 62,86           |
| Marmita (cocción)    | 80,00        | 1,33           | 1,20            | 1,60                  | 689,00         | 1.102,40        |
| Selladora (envasado) | 10,00        | 0,17           | 0,40            | 0,07                  | 101,00         | 6,73            |
| <b>TOTAL</b>         | 2,20         |                | 18,93           |                       |                | <b>1.878,99</b> |

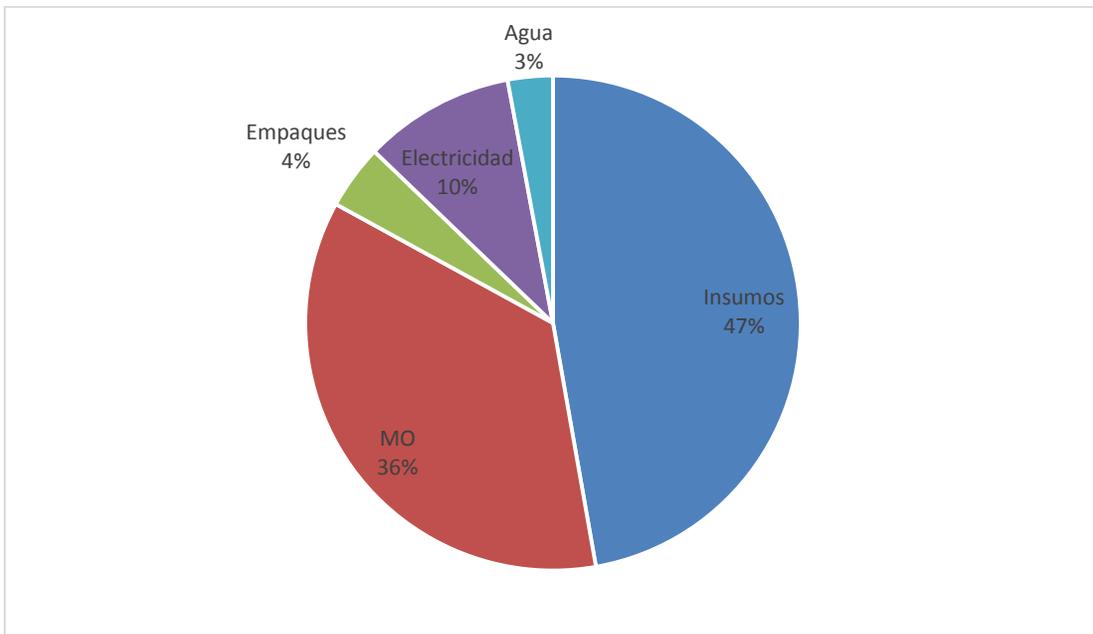
| Agua utilizada                       | Cantidad de litros | m <sup>3</sup> | costo fijo de agua |
|--------------------------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 5,45                                 |                    |                | ¢/ m <sup>3</sup>  |
| Lavado (insumos) (caudal 5,45 / min) | 81,75              | 0,08           | 560,00             |
| Escaldado                            | 87,20              | 0,09           |                    |
| Lavado (maquinaria)                  | 163,50             | 0,16           |                    |
| <b>TOTAL</b>                         |                    | 0,33           | <b>560,00</b>      |

Costo por kg **6.651,59**

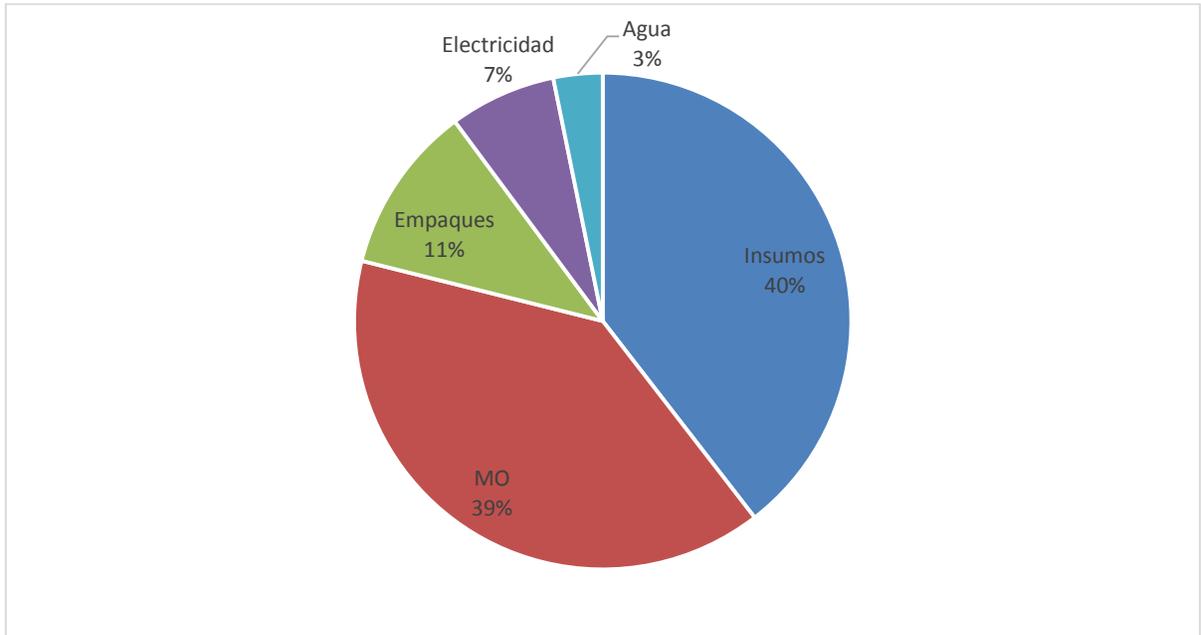
| <b>MO Utilizada</b>             | <b>Tiempo<br/>(min)</b> | <b>Tarifa MO<br/>₡/ min</b> | <b>Cargas<br/>sociales<br/>₡</b> | <b>Tarifa<br/>Total MO<br/>₡/min</b> | <b>Costo<br/>Total MO<br/>₡/min</b> |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>(TSC)</b>                    |                         |                             |                                  |                                      |                                     |
| Recibo                          | 15,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 443,90                              |
| Selección                       | 15,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 443,90                              |
| Lavado                          | 20,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 591,87                              |
| Troceado                        | 25,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 739,84                              |
| Pesado                          | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Escaldado                       | 16,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 473,49                              |
| Despulpado                      | 7,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 207,15                              |
| Pesado                          | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Cocción (evaporado)             | 80,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 2.367,47                            |
| Medición Brix y pH              | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Adición Sal                     | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Adición de Benzoato<br>de Sodio | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Medición Brix y pH              | 2,00                    | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 59,19                               |
| Envasado                        | 10,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 295,93                              |
| Lavado equipo (final)           | 30,00                   | 20,29                       | 9,30                             | 29,59                                | 887,80                              |
| Total Horas                     | <b>3,83</b>             |                             |                                  |                                      |                                     |
| <b>TOTAL</b>                    |                         |                             |                                  |                                      | <b>6.806,49</b>                     |



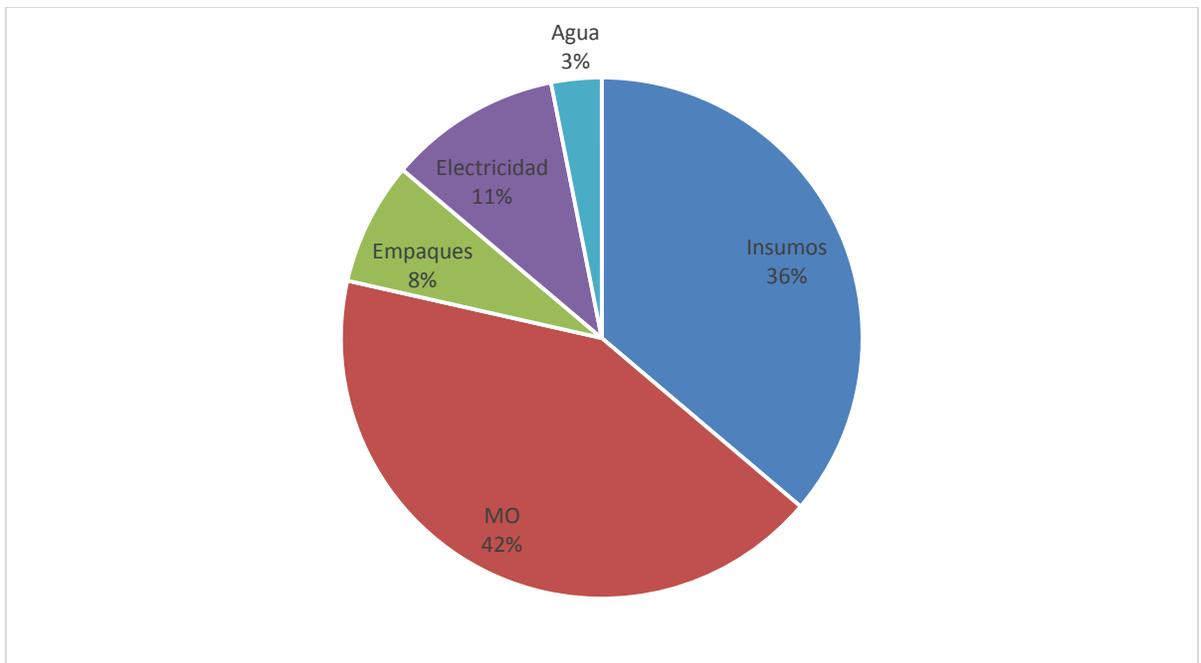
Estructura de costos para el tomate deshidratado



Estructura de costos para la pasta de tomate



Estructura de costos para la salsa de tomate con piña



Estructura de costos para la mermelada de tomate

## 14.2 Apéndice 2: Encuesta de aceptación de producto

**Escuela de Agronegocios Proyecto TOMATE**  
**Encuesta de productos a partir de TOMATE**

|                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| Mermelada 1       | <input type="checkbox"/> |
| Mermelada 2       | <input type="checkbox"/> |
| Tomate Agri Dulce | <input type="checkbox"/> |

Durante la degustación del producto le solicitamos amablemente responder las siguientes preguntas:

1. Califique el Olor del producto:  
   

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

  
Comentarios: \_\_\_\_\_
2. Califique la Apariencia del producto:  
   

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

  
Comentarios: \_\_\_\_\_
3. Califique el Color del producto:  
   

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

  
Comentarios: \_\_\_\_\_
4. Califique el Sabor del producto:  
   

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

  
Comentarios: \_\_\_\_\_
5. Califique la Textura del producto:  
   

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

  
Comentarios: \_\_\_\_\_

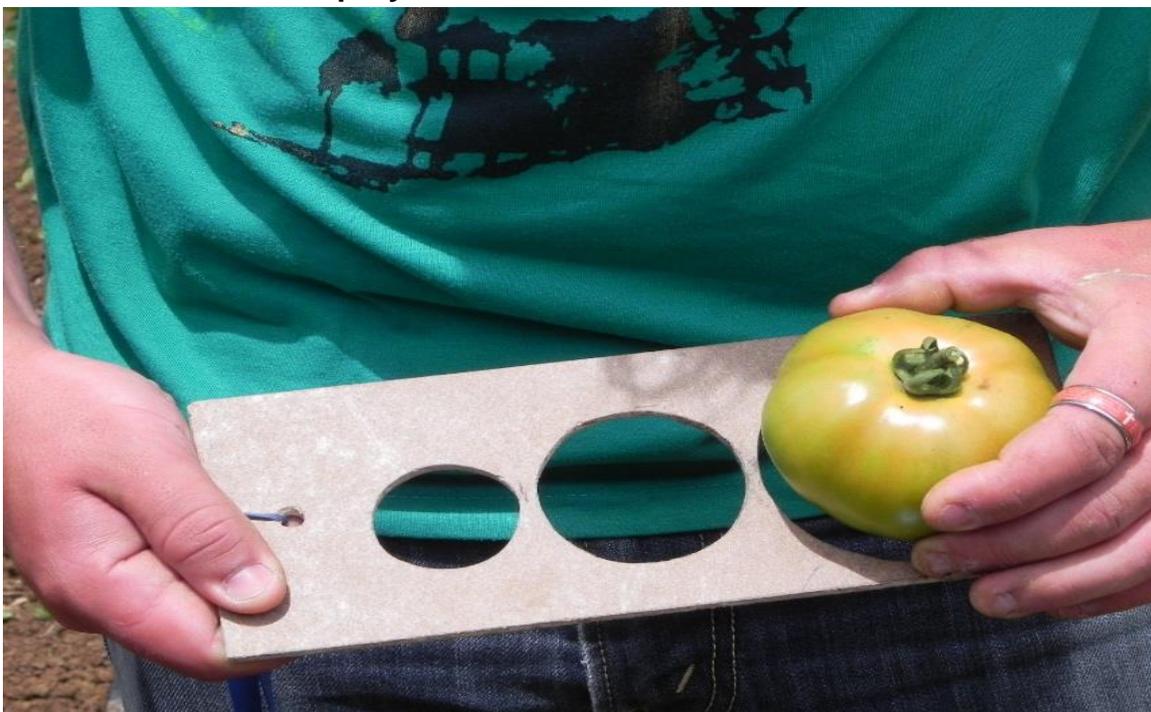


### 14.3 Apéndice 3: Ejemplo de hojas para registro de costos en campo

| INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA   |          |          |           |          |          |       |
|---------------------------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|-------|
| ESCUELA DE INGENIERIA EN AGROPECUARIA |          |          |           |          |          |       |
| INFORME DE CONSUMO DE PRODUCTOS       |          |          |           |          |          |       |
| CULTIVO TOMATE ABIERTO                |          |          |           |          |          |       |
| SEMANA del 27de Febrero al 2 de Marzo |          |          |           |          |          |       |
| PRODUCTO                              | LUNES    | MARTES   | MIERCOLES | JUEVES   | VIERNES  | TOTAL |
|                                       | Cantidad | Cantidad | Cantidad  | Cantidad | Cantidad |       |
|                                       |          |          |           |          |          |       |
|                                       |          |          |           |          |          |       |
|                                       |          |          |           |          |          |       |
|                                       |          |          |           |          |          |       |
|                                       |          |          |           |          |          |       |
|                                       |          |          |           |          |          |       |
|                                       |          |          |           |          |          |       |

| INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA   |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
|---------------------------------------|-------|-----|-------|--------|-----|-------|-----------|-----|-------|--------|-----|-------|---------|-----|-------|--------------|
| ESCUELA DE INGENIERIA EN AGROPECUARIA |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
| INFORME DE labores                    |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
| CULTIVO TOMATE CAMPO ABIERTO          |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
| SEMANA del 07 de mayo al 11 de mayo   |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
| Actividad                             | LUNES |     |       | MARTES |     |       | MIERCOLES |     |       | JUEVES |     |       | VIERNES |     |       | TOTAL TIEMPO |
|                                       | Inic  | fin | total | Inic   | fin | total | Inic      | fin | total | Inic   | fin | total | Inic    | fin | total |              |
| Bernardo aplico trichoderma sp        |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
| Aplicaron peróxido de hidrogeno       |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
| Bernardo aplico thichoderma           |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
| Siembra de tomate                     |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
| Fertilización                         |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
| Riego por goteo                       |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |
| Aplicación insecticida                |       |     |       |        |     |       |           |     |       |        |     |       |         |     |       |              |

#### 14.4 Apéndice 4: Imágenes de patologías, fisiopatologías y prácticas detectadas en el proyecto.



Clasificación de tomate por grados de calidad según norma costarricense



Pesado de tomate según norma



Tomate cosechado, distintos grados de madurez



Daños leves en cáscara, cicatrices



Daño fisiológico, rajadura radial



Daño por roce de cinta de amarra



Gusano cogollero



Spodoptera sp en fruto