



REPORTE TÉCNICO FINAL

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

1.1. DATOS DEL RESPONSABLE TÉCNICO

M.C. Lucila Juárez Mendoza

Profesora de Tiempo Completo / Jefa del Laboratorio de Biotecnología

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tehuacán

CVU 993199

1.2. TÍTULO DESCRIPTIVO DE LA PROPUESTA

Aprovechamiento integral de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para reducir las pérdidas postcosecha de productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO	Aprovechamiento integral de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) para reducir las pérdidas postcosecha de productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán
OBJETIVO GENERAL	Desarrollar un plan de aprovechamiento integral de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) utilizando técnicas de deshidratación (secado solar, secado en horno y secado por aspersión), para reducir las pérdidas postcosecha de productores agrícolas organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, considerando como enfoques bases: adopción de buenas prácticas agrícolas, manejo biorracional de cultivos, evaluación de las operaciones unitarias postcosecha involucradas, estudio de factibilidad técnica y financiera, evaluación del impacto ambiental, y establecimiento de estrategias de comercialización.





TIEMPO DE EJECUCIÓN	6 meses
RELEVANCIA DEL PROYECTO	<p>El estado de Puebla produce cerca de 125 mil toneladas de jitomate al año, con lo que se ubica en el séptimo lugar a nivel nacional. Sin embargo, el jitomate a pesar de ser uno de los frutos de mayor consumo en todo el mundo y de gran importancia económica en México, presenta grandes pérdidas postcosecha que merman la derrama económica. Incluso la pandemia por COVID-19, detuvo su comercialización regular durante 2020-2021. Por ejemplo, en zonas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán los productores agrícolas; ante el cierre total o parcial de mercados, restaurantes, y en general por bajas ventas; se vieron en la necesidad de regalar sus productos perecederos en calles del centro de la ciudad, e incluso productores agrícolas de Puebla donaron sus productos en estados vecinos como Veracruz y Oaxaca. Esto complicó la reactivación económica del campo local y el abasto durante 2021. Por ello, es necesario establecer estrategias de transformación y preservación de productos perecederos de importancia comercial que garanticen su aprovechamiento integral y generen un valor agregado mediante prácticas seguras e inocuas. La deshidratación ha sido una estrategia viable e inocua para procesar diversos productos agrícolas, que mediante su previo estudio en laboratorio puede llevarse a escalas piloto e industrial. Sin embargo, su evaluación en laboratorio no garantiza su adopción comunitaria, debe acompañarse de estudios de factibilidad técnica y financiera, evaluación del impacto ambiental, y establecimiento de estrategias de comercialización y adopción. El presente Plan de Manejo Integral incide directamente sobre productores de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, pero las buenas prácticas agrícolas y las operaciones unitarias propuestas pueden ser adoptadas y reproducidas por otros campesinos mediante manuales de operación y el asesoramiento técnico pertinente.</p>





**RESULTADOS E
IMPACTOS**

La propuesta impactó en tres aspectos claves: 1) Adopción de buenas prácticas agrícolas (BPAs) y manejo biorracional de cultivos; 2) Valor agregado de jitomates mediante deshidratación (secado solar, secado en horno y secado por aspersión); 3) Ingeniería de proyectos, enfocada a estudios de factibilidad técnica y financiera, del impacto ambiental, definición de estrategias de comercialización y planificación de la adopción/apropiación comunitaria. Esto permitió tener una estrategia sólida para el aprovechamiento integral del jitomate cultivado en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, obteniendo partículas secas sin afectar significativamente su composición nutrimental y bioactividad. Se realizaron pláticas y talleres presenciales a los productores para que adopten prácticas que permitan alcanzar un producto final inocuo, libre de agroquímicos tóxicos. Se definieron las condiciones de secado para minimizar el impacto sobre las propiedades nutrimentales y bioactivas del jitomate, maximizar el rendimiento del proceso y minimizar el consumo de energía. A su vez, se establecieron máquinas, equipos e insumos necesarios para la puesta en marcha de una planta productora en atención a los estudios de factibilidad técnica y financiera, y la evaluación del impacto ambiental. Para sensibilizar a los campesinos en la adopción de esta propuesta, se realizaron pláticas y talleres donde se demuestran las aplicaciones potenciales de las técnicas de deshidratación y del jitomate deshidratado y fresco como ingrediente de productos alimenticios funcionalizados (con harina de malanga y de plátano). Además de los resultados e impactos citados, el presente proyecto permitió la formación de 8 residentes profesionales del TecNM/I.T. Tehuacán, y se modernizó su infraestructura tecnológica, con lo cual podrá incrementar su capacidad de atención a problemas sociales de su entorno. También se logró fortalecer la vinculación entre el Instituto y los productores agrícolas de la región, a través de la difusión de los resultados alcanzados mediante pláticas y talleres, y un convenio.





3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

3.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza de mayor importancia a nivel nacional e internacional, debido a su amplio consumo, al área cosechada y al valor económico de la producción (González-Sánchez et al., 2019). Es un producto básico considerado saludable por su contenido en fibra, proteínas, potasio, vitaminas E, A, C, y es una de las principales fuentes de licopeno, el cual posee efectos antioxidantes, antiinflamatorios y quimioterapéuticos (Sidhu et al., 2019).

México es el principal proveedor a nivel mundial de jitomate con una participación en el mercado internacional de 25.11% del valor de las exportaciones mundiales. Durante el 2016 el jitomate mexicano cubrió el 90.67% de las importaciones de Estados Unidos y 65.31% de Canadá (SIAP, 2016). La producción que se comercializa internamente en los diferentes estados de México genera el 3.4% del producto interno bruto del país. El estado de Puebla produce anualmente cerca de 125 mil toneladas de jitomate al año, con lo que se ubica en el séptimo lugar a nivel nacional. Sin embargo, el jitomate a pesar de ser uno de los frutos de mayor consumo en todo el mundo y de gran importancia en México, presenta grandes pérdidas postcosecha (SIAP, 2016). Se estima que entre el 20 al 30% de las frutas y hortalizas que se ofrecen en los mercados de Puebla son desperdiciados, debido a que no se comercializan. De acuerdo con el Director General del Banco de Alimentos Puebla si se apilaran las cajas de jitomate que se desperdician al año se alcanzaría diez veces la altura de la Torre Latinoamericana.

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán es uno de los principales productores de jitomate del estado de Puebla y la producción de jitomate a través de invernaderos ha incrementado, más que a campo abierto. De acuerdo con Díaz et al., (2018), la inclinación de los productores a producir bajo invernadero puede explicarse por el nivel de tecnología que se utiliza durante el proceso de producción. En este sentido, Ortiz et al. (2013) encontraron que, a mayor adopción de tecnología, mayor es la productividad, expresado en mayor rendimiento e ingreso de las unidades productivas. Según los datos del INEGI (2018), el 72% de la producción de jitomate en el estado de Puebla es mediante invernadero. A partir de un estudio que se realizó sobre el efecto de las características tecnológicas de las unidades de producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero (manejo tecnológico y de equipamiento) y las características socioeconómicas de los productores (nivel de escolaridad, la experiencia en la producción bajo invernadero y el tamaño del invernadero) en cuatro municipios del estado de Puebla, se concluye que el nivel





tecnológico en las unidades de producción, así como el nivel escolar, la superficie cultivada y la experiencia en la producción bajo invernadero por parte de los productores, son factores estrechamente relacionados con la productividad del cultivo (Coxca et al., 2020). Las capacitaciones a los productores en materia de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) garantiza también que adopten medidas suficientes para asegurar un alto rendimiento en armonía con prácticas ecológicas, seguras, inocuas, libre de agroquímicos tóxicos y económicamente viables. Según la FAO, las BPA “consisten en la aplicación del conocimiento disponible a la utilización sostenible de los recursos naturales básicos para la producción, en forma benévola, de productos agrícolas alimentarios y no alimentarios, inocuos y saludables, a la vez que se procura la viabilidad económica y la estabilidad social”.

En este sentido, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental derivado del uso de fertilizantes, plaguicidas, pesticidas e insecticidas químicos para la protección de cultivos es necesario establecer estrategias para el control de las principales plagas de los cultivos de jitomate, utilizando agricultura biorracional (de origen fundamentalmente vegetal y microbiano). La agricultura biorracional comprende sustancias producidas por microorganismos, plantas o minerales, que se descomponen en pocas horas después de aplicarlos y son específicos para la plaga que se desea controlar (González-Maldonado et al., 2012).

Con relación a la línea de productos biorracionales producidas por microorganismos, se han realizado diversos estudios efectivos para el control de las principales plagas que atacan al tomate, destacan diferentes formulaciones comerciales de nematodos, la bacteria *Bacillus thuringiensis*, los hongos entomopatógenos, y los insecticidas piretroides de baja toxicidad. Al respecto, Jiménez et al., (2015) realizaron una prueba en laboratorio aplicando esporas de *Metharizium anisopliae* a concentraciones de 1×10^8 esporas/mL sobre larvas neonatas del gusano del fruto del tomate *H. virescens*, encontrando una mortalidad de insectos de 100% a las 48 h.

Arias-Mota et al., 2019 evaluaron la efectividad de la inoculación de hongos micorrícicos (micorrizas) (HMA) y solubilizadores de fósforo (HSF) sobre la micorrización, el contenido de fósforo en la parte aérea, la altura, y longitud de la raíz de las plantas de jitomate. Los tratamientos incluyeron tres cepas de hongos solubilizadores (*Aspergillus niger* An, *Penicillium brevicompactum* Pv y *Penicillium waksmanii* Pw), un consorcio de micorrizas y todas sus posibles combinaciones incluyendo un testigo (sin hongos). Los tratamientos en consorcio de HSF y HSF + HMA exhibieron 191% de incremento del fósforo foliar respecto a los testigos. Para la longitud de raíz el tratamiento HMA y el testigo presentaron los valores





más altos.

Gutierrez et al., 2020 evaluaron insecticidas biorracionales: *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Versa™), Piretrinas (Abatec™) y *Sterneinema carpocapsae* (Capsanem™) a dosis comerciales; y *Beauveria bassiana* (Vuill) para el control del gusano del fruto del tomate saladette. Estos resultados indicaron una mayor efectividad de los insecticidas biorracionales respecto al hongo entomopatógeno para el control de larvas del segundo instar de *H. virescens* en cultivo de tomate tipo utilizado en la industria alimenticia en Sinaloa, México. La bacteria *B. thuringiensis* causó 39.6% de larvas muertas, Piretrinas 32.3% y *S. carpocapsae* 23.3%, mientras que la cepa nativa de *B. bassiana* tuvo sólo 16%, y el control 2.6%, a las 72 horas de haber sido aplicados. El uso de una agricultura biorracional tienen un alto potencial para ser utilizada no sólo durante la producción de jitomate en el presente proyecto, sino para que productores del Valle de Tehuacán-Cuicatlán la adopten en su día a día.

Por otro lado, una fracción del jitomate que se produce en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán llega al mercado La Purísima, un mercado fijo ubicado en la ciudad de Tehuacán, que semanalmente funciona como un lugar central articulador de la economía del valle de Tehuacán-Cuicatlán y la Sierra Negra, por lo que su influencia es regional. Funciona como lugar confiable y cíclico para la obtención de recursos económicos para todo tipo de productores y vendedores de diversos productos agrícolas, entre ellos el jitomate. Sin embargo, productores que llegan al mercado La Purísima a comercializar el jitomate tuvieron una sobreproducción del fruto al inicio de la pandemia de COVID-19 que frenó repentinamente las ventas, provocando la caída en los precios de manera drástica al pasar de los \$30 a sólo \$9-8 pesos por kilogramo. La pandemia ocasionó que los productores del centro y sur del país sufrieran al vender el producto, ya que, si bien se siguió vendiendo, no se realizó como antes. Al menos unas 120 toneladas de cultivos quedaron varadas al no poder colocarse en mercados de la región de Tehuacán, lo que representó una pérdida casi por completo para los productores del campo, quienes optaron por disminuir el costo de jitomate y de otros productos agrícolas (calabacita, chile y granos como frijol y maíz), tal como informó Miguel Ángel Cabrera Castañeda, exlíder de la Confederación Nacional Campesina (CNC) en Tehuacán.

Ante tal situación, productores y vendedores que se instalan en el mercado de La Purísima y diversos tianguis de la ciudad, regalaron sus productos perecederos como el jitomate en calles del centro de la ciudad, asociado también a que autoridades municipales no les permitieron seguir vendiendo en su sitio por la alerta sanitaria del coronavirus. Debido a la





falta de trabajo se incrementaron “los recolectores”, que son personas que recorren el mercado-tianguis y se ofrecen a recoger la basura de los puestos y bienes de desecho (fruta en mal estado, jitomate magullado) que los intermediarios menores ya no quieren. A cambio de la limpieza reciben bienes que utilizan para alimentar a sus animales, y en ocasiones, para su consumo.

Por lo tanto, es importante desarrollar e implementar estrategias con los productores de jitomate para el manejo seguro, inocuo y sustentable de su sobreproducción, como brindar asesoría y capacitación en el uso adecuado de las tecnologías disponibles y asegurarles acceso a equipos necesarios para el aprovechamiento integral del jitomate. En este contexto, la deshidratación es un proceso utilizado para eliminar prácticamente la totalidad del agua de productos agrícolas mediante el calor, sin alterar significativamente los nutrientes, vitaminas y minerales de los mismos, concentrando su sabor y prolongando su vida útil por la disminución de la actividad de agua del producto (González- Sánchez et al., 2016). La técnica de la deshidratación es probablemente el método más antiguo de conservación de alimentos practicado por la humanidad, y actualmente existen diferentes procesos de deshidratación utilizados a nivel industrial como liofilización, secado osmótico, secado al vacío, por aire forzado o por deshidratación solar; el común denominador de estos procedimientos es la eliminación de agua del alimento a procesar (González- Sánchez et al., 2016). Según Global Industry Analysts (GIA), una empresa de investigación de mercados, las frutas deshidratadas se están convirtiendo en un producto de gran potencial de exportación en muchos mercados, por las ventajas que representan: fácil manejo, transporte y dosificación, de consumo directo e inocuo, de volumen de almacenamiento reducido. El estudio indica que al año 2020 tan sólo el consumo mundial de frutas deshidratadas creció a 4 millones de toneladas.

De acuerdo con datos obtenidos mediante búsqueda en Internet al 10 de mayo de 2021, el precio de mercado del jitomate en polvo al menudeo se encuentra entre \$255 y \$270 pesos mexicanos/kg cuando se oferta a granel, pero alcanza hasta \$500 pesos mexicanos/kg en marcas comerciales; la misma búsqueda arroja que el precio del producto con denominación de orgánico se puede encontrar desde \$730 hasta \$1,120 pesos mexicanos, dependiendo del gramaje de la presentación.

De igual manera, de acuerdo con el artículo 58-V del Código Fiscal de la Federación mexicano, se presume que las empresas industriales que se dedican a la producción de pastas alimenticias obtienen beneficios mínimos del 23% incluyendo costos de producción, de comercialización y otros, lo que implica que los costos totales antes de impuestos





representan un máximo del 77% del precio de venta.

Resulta por lo tanto interesante proponer estrategias de secado industrial de jitomate, dando valor agregado al fruto durante temporada de baja demanda. El efecto de los procesos de deshidratación (solar, liofilización, ósmosis, secado al vacío y descompresión instantánea controlada-DIC) sobre el color y compuestos bioactivos (vitamina C, licopeno, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante) de los frutos de jitomate deshidratados han sido objeto de estudio de diferentes autores (Delgado-Alvarado, 2016; Maguer et al., 1999). Estas investigaciones concluyen que la deshidratación solar y ósmosis permiten conservar el color, el licopeno y la vitamina C del jitomate; el procesamiento por DIC preservó los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante; mientras que la liofilización no mostró ventaja en conservar el color y los componentes bioactivos, respecto a la deshidratación solar y proceso DIC. La deshidratación solar ha ido en aumento debido a que en la actualidad se buscan tecnologías limpias e inocuas, que a su vez permitan disminuir el daño físico y fitoquímico.

El secado por aspersion del jitomate es otra técnica de procesamiento para mejorar la vida útil al reducir la actividad del agua mediante la eliminación de la humedad (Sidhu et al., 2019). El secado por aspersion es un método para producir polvo seco a partir de un alimento líquido en un solo paso de procesamiento mediante el secado rápido con aire caliente, lo que lo convierte en una operación unitaria única e importante (Fernández-Pérez et al., 2004). Hay muchos desafíos y problemas que se enfrentan durante el proceso de secado por aspersion de jitomate y el más importante es la adherencia. Se ha informado que el uso de maltodextrinas, gomas y almidones como agentes de encapsulación en el secado por atomización mejora la capacidad del proceso al reducir la pegajosidad y aumentar la estabilidad durante el almacenamiento.

Diversos autores han estudiado el efecto de las condiciones de operación de secado de pasta (Banat et al., 2002) y de jugo (Sidhu et al., 2019) de jitomate sobre el rendimiento del proceso y sobre los parámetros fisicoquímicos de las partículas secas. Los resultados para jugo de jitomate indicaron que la recuperación de tomate en polvo aumentó con un aumento en el porcentaje de maltodextrina y disminuyó con un aumento en las temperaturas de entrada al secador. La recuperación máxima de polvo fue 9.13% (con base en el peso de jugo de jitomate) con una relación de maltodextrina:jugo 50:50 y 150 °C como temperatura de entrada, mientras que la recuperación mínima de polvo fue 6.10% (con base en el peso de jugo de jitomate) con una relación de maltodextrina:jugo 30:70 y 160 °C de temperatura de entrada, respectivamente. Tanto la temperatura del aire de entrada como





el porcentaje de la relación jugo:maltodextrina afectaron los otros parámetros de calidad del polvo secado por aspersión. Sin embargo, el consumo de energía por kg de producto seco no ha sido estimado, lo cual es fundamental para fijar el precio del producto final.

El jitomate en polvo es fino, de color rojo mate con un suave sabor a tomate (Sidhu et al., 2019) y se puede utilizar como colorante y sustancia aromatizante en alimentos como pasta fresca, fideos, sopas, alimentos para bebés, masa de pan, pan de levadura, magdalenas y varios otros alimentos (Kaur et al., 2015). Por su baja actividad de agua, el jitomate en polvo o en rodajas deshidratadas tiene una vida útil más larga que el tomate fresco, el tomate enlatado, la salsa de tomate o el puré de tomate (Sidhu et al., 2019).

3.2. JUSTIFICACIÓN.

La condición biológica de los productos agrícolas, entre ellos el jitomate (hortaliza de fruto del género de las solanáceas), hace que posea una corta vida útil, con efectos en su comercialización y la competitividad de la agrocadena y sus actores. Al tratarse de un fruto con alta actividad de agua, se presentan características que favorecen que las abrasiones, compresiones y magulladuras sean motivo de daños y descartes de la hortaliza en su estado fresco. En México se desperdician anualmente 20 millones 400 mil toneladas de alimentos, lo que representa tirar a la basura 491 mil millones de pesos, destacó en el Senado Edda Fernández Luiselli, de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2017). De acuerdo con el informe del Banco Mundial, estos desperdicios de comida “generan gases de efecto invernadero, igual al que producen 15.7 millones de vehículos; y el agua que se desperdicia en la siembra y crecimiento de frutas y verduras, alcanza para darnos de beber a todos los mexicanos dos años y cuatro meses”. En América Latina, apuntó la FAO, se desperdicia la mitad de las frutas y hortalizas que se producen. Por ejemplo, señaló, en México se pierde entre 25 y 30% de jitomate y cuando cae el precio se desperdicia el 50% de la producción. Por lo tanto, un Plan de Manejo Integral para el aprovechamiento de jitomate no comercializado es de relevancia económica, ambiental y social.

Al escenario descrito en el párrafo anterior se sumó la pandemia por COVID-19, que en sus inicios impidió que los cultivos de jitomate se comercializaran como de costumbre, como ocurrió en las zonas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Puebla), como Cuayucatepec, Tepanco de López y Santiago Miahuatlán, debido al cierre de mercados y bajas ventas como consecuencia del cierre total o parcial de hoteles, restaurantes, cocinas económicas, ferias





gastronómicas (como la suspensión del Festival de Mole de Caderas 2020). Ante esta situación, Miguel Ángel Cabrera Castañeda, exlíder de la Confederación Nacional Campesina (CNC) en Tehuacán, consideró que el margen de utilidad para 2020 fue menor al esperado durante 2018 y 2019, lo que complicó la puesta en marcha del campo local y el abasto en el 2021.

El manejo de cultivo y la transformación inocuos y sustentables de jitomate, a través de prácticas agrícolas y tecnologías disponibles, escalables y amigables con el medio ambiente y la salud de los productores, pueden mejorar la disponibilidad de fruto durante la temporada de baja producción, dar valor agregado en temporada de alta producción y también alcanzar precios de remuneración para los productos de tomate procesados.

En primera instancia, la experiencia y capacitación del agricultor en la región es indispensable para adoptar métodos ecológicos y naturales, pues muchas veces no realizan BPA y manejos agrícolas biorracionales por desconocimiento, pero cuentan con el interés de mejorar su producción, buscando eliminar el uso de plaguicidas de origen tóxico, que tengan un impacto mínimo para el medio ambiente y los seres humanos, pues las tendencias en el mercado se lo están exigiendo. Los agricultores deben llevar a cabo un monitoreo minucioso de la presencia de insectos o plagas, con el fin de detectar cambios en las poblaciones o brotes sorpresivos de enfermedades, así como para aplicar sus conocimientos de las características climatológicas responsables de estas transformaciones año con año, ya que son factores que influyen en la efectividad de los productos. En este contexto, los fertilizantes, plaguicidas, pesticidas e insecticidas biorracionales (de origen fundamentalmente vegetal y microbiano) son una herramienta efectiva de control en todo programa moderno de manejo de plagas y enfermedades en los sistemas de producción agrícola. Además, tienen numerosas aplicaciones agrícolas debido a que funcionalmente favorecen la germinación de semillas, incrementan la floración, aumentan el crecimiento y desarrollo de los frutos, incrementan la biomasa, garantizan una reproducción exitosa en las plantas, mejoran la estructura física de los suelos e incrementan la fertilidad química de los mismos.

Así también, debe considerarse como una gran oportunidad la evolución en las preferencias de los consumidores, que se han desplazado hacia los alimentos listos para consumir, saludables y ricos en sabor con una vida útil mejorada, características que cumplen los frutos deshidratados como se ha mencionado.

Es cierto que es necesario establecer estrategias de preservación para productos perecederos que puedan ser adoptadas por productores de jitomate del Valle de Tehuacán-





Cuicatlán, como la deshidratación por convección forzada por las ventajas ya citadas. Sin embargo, para que su adopción por los productores agrícolas sea un éxito deben definirse planes estratégicos de acción que consideren la evaluación y adecuación de sus prácticas agrícolas para asegurar la inocuidad de la materia prima, tecnificación de al menos un centro de investigación próximo a su región para garantizar la disponibilidad de equipos y la puesta a punto del proceso, capacitación en el manejo de los equipos necesarios, evaluación técnica y financiera de la propuesta, evaluación del impacto ambiental para garantizar la sustentabilidad de la propuesta, definición de estrategias de comercialización para posicionar el producto y seguimiento de la adopción de la propuesta.

Con Planes de Manejo Integral que consideren los aspectos citados es posible hacer más eficientes, sustentables, seguros e inocuos los procesos en el cultivo, favorecer el aprovechamiento integral de los productos percederos mediante procesos bien evaluados y moverse de forma más conveniente en el mercado. Así se obtiene un producto de valor agregado inocuo (jitomate deshidratado en este caso) y se evita el desperdicio de los productos no comercializados. El jitomate deshidratado puede ser utilizado como ingrediente para impartir color y sabor a diferentes productos alimenticios y/o comidas (salsas, sopas, fideos, purés, etc.) que pueden ser de utilidad para el sector gastronómico del valle de Tehuacán-Cuicatlán y de otras regiones.

Es importante seguir sumando acciones para que los avances científicos y tecnológicos tengan un impacto directo en las comunidades agrícolas y campesinas del país. A nivel local y en su círculo cercano, cada uno puede contribuir a ello. Actualmente el TecNM/I.T. Tehuacán tiene vínculos con los productores de jitomate Frutos de Huerta Real S.P.R. de R.L. ubicados en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, quienes desean incursionar en la producción de jitomate deshidratado, puré de tomate y salsa cátsup, como alternativas para el aprovechamiento de su sobreproducción. El apoyo otorgado por CONACYT a la presente propuesta permite actualmente contar con los equipos y herramientas suficientes para incidir directamente en la resolución de este problema bajo el enfoque propuesto, y a su vez, brindó la oportunidad de que esta Institución de Educación Superior Pública modernizara su infraestructura y de esta manera ya está a disposición de más comunidades agrícolas interesadas en la deshidratación por convección forzada para el aprovechamiento de sus productos percederos no comercializados, como el durazno, la manzana, el aguacate y la naranja, por mencionar algunos productos de la región. De igual forma, la inclusión de estudiantes de diferentes áreas (Ing. Bioquímica con especialidad en alimentos y con especialidad en manejo ambiental, Contaduría Pública) del TecNM/I.T. Tehuacán al presente proyecto, garantizaron su formación profesional integral y los sensibilizó en





aspectos de incidencia social.

Por la naturaleza del proyecto, el grupo de trabajo se integró por un grupo social con experiencia en la producción de jitomate, docentes con experiencia en Ingeniería Agrónoma, Ingeniería Bioquímica (con especialidades en Tecnología de Alimentos e Ingeniería Ambiental), Ingeniería en Alimentos, Manejo de Recursos Agroalimentarios, Contaduría, Dirección y Finanzas. Los cuales dirigieron las actividades de los estudiantes involucrados en el proyecto.

3.3. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un plan de aprovechamiento integral de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) utilizando técnicas de deshidratación (secado solar, secado en horno y secado por aspersión), para reducir las pérdidas postcosecha de productores agrícolas organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, considerando como enfoques bases: adopción de buenas prácticas agrícolas, manejo biorracional de cultivos, evaluación de las operaciones unitarias postcosecha involucradas, estudio de factibilidad técnica y financiera, evaluación del impacto ambiental, y establecimiento de estrategias de comercialización.

3.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desarrollar capacitaciones para los productores agrícolas de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán para la adopción de Buenas Prácticas Agrícolas durante la siembra, trasplante, manejo de cultivo, cosecha y manejo postcosecha de jitomate en un sistema semihidropónico en el invernadero del Instituto Tecnológico de Tehuacán, con el interés particular de obtener materia prima inocua, libre de agroquímicos tóxicos (como el glifosato) y bajo un esquema sustentable que permita incrementar su productividad.
2. Desarrollar capacitaciones para los productores agrícolas de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán para la adopción de tratamientos alternativos al uso de agroquímicos en la etapa de producción del jitomate, con enfoque de agricultura biorracional, con el interés particular de incrementar la calidad de los frutos (tamaño, composición nutrimental, color, contenido de fitoquímicos) y la producción, así como disminuir la incidencia de plagas y/o enfermedades.





3. Caracterizar el jitomate no comercializado proveniente del productor agrícola Frutos de Huerta Real, S.P.R. de R.L., y el jitomate obtenido en el Invernadero del I.T. Tehuacán, en términos de calidad (color, tamaño, forma, firmeza); parámetros fisicoquímicos (índice de madurez, sólidos solubles totales, acidez titulable y pH), según la Norma Mexicana NMX-FF-031-1997.
4. Evaluar el efecto de las condiciones del secado en bandejas convencional (temperatura y flujo de aire de secado controladas), secado en bandejas solar y del secado por aspersion (temperaturas de entrada y de salida del aire de secado, material de soporte) sobre el consumo de energía, rendimiento del proceso y la retención de compuestos bioactivos (licopeno, vitamina C y fenoles totales) del jitomate.
5. Caracterizar la química proximal y las propiedades fisicoquímicas (tamaño de partícula, color, actividad de agua, contenido de humedad, tiempo de dispersión, fluidez y compresibilidad) de las partículas secas de jitomate obtenidas por secado en bandejas y secado por aspersion.
6. Desarrollar talleres para los productores agrícolas con la finalidad de sensibilizarlos en las aplicaciones potenciales del jitomate en polvo como ingrediente funcional para la elaboración de productos gastronómicos (puré de tomate, pastas, fideos).
7. Desarrollar ingeniería de proyectos para definir la ingeniería básica (capacidad y localización de la planta, definición del proceso, diagramas de flujo) y el manual de operación (operaciones de arranque, procedimientos de seguridad y protección, manejo de insumos y productos terminados).
8. Evaluar el impacto ambiental de una planta de deshidratado ubicada en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán para identificar la viabilidad ambiental del proyecto.
9. Desarrollar el estudio técnico y financiero de la propuesta, así como establecer estrategias de comercialización del jitomate en polvo.





3.4. ACERCAMIENTO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.4.1 Capacitaciones para los productores agrícolas de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán para la adopción de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y transición a la agricultura biorracional

Como estrategia para evaluar y adecuar las BPA en los productores de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, e incentivar la transición a la agricultura biorracional, se desarrollaron capacitaciones de manejo de cultivo, cosecha y manejo postcosecha de jitomate en el Invernadero que posee el TecNM/IT Tehuacán. Previo a las actividades prácticas se les impartieron pláticas a los productores para que generaran conciencia sobre los riesgos de utilizar agroquímicos tóxicos, como el glifosato. Estas actividades también permitieron compartir experiencias entre las comunidades agrícolas participantes para mejorar su productividad con enfoque sustentable y aplicando las BPA. A continuación, se describen las actividades realizadas.

Inspección de invernaderos: previo a la siembra de las plantas se inspeccionó el estado físico de los invernaderos y se repararon todas las perforaciones identificadas, posteriormente se realizó una verificación del sistema de riego y se cambiaron los componentes necesarios. Finalmente, se efectuó una limpieza profunda de los plásticos protectores, las mallas, cortinas y mamparas de las naves; se retiraron todas las hierbas y plantas que rodeaban los invernaderos y se verificó que no existieran nidos de insectos, tales como hormigas y arañas.

Manejo de la solución nutritiva: El material seleccionado para el sistema semihidropónico fue el tezontle, dicho material fue cernido (malla de 5x5 mm), desinfectado y colocado dentro de bolsas desinfectadas hasta ocupar 5/6 de la altura de la bolsa. Las bolsas (40x40 cm) fueron previamente perforadas en el fondo en 2 puntos opuestos para permitir el drenado. Las bolsas y el tezontle se desinfectaron por inmersión en una solución de cloro (1 mL de cloro por L de agua). Posteriormente las bolsas con tezontle se trasladaron a dos naves (8.11x12.00 m) y se dispusieron en grupos de 50 unidades cada uno (en un arreglo de 2 líneas de 25 bolsas cada una), los grupos estuvieron separados por 70 cm de espacio (corredores de servicio). Cada nave acogió en total 250 bolsas (5 grupos de 50 unidades). Diariamente las bolsas con tezontle fueron regadas con solución nutritiva (ver composición en Tabla 1), en una proporción de 1.5 L de solución nutritiva/día·bolsa. Como parte de las BPA, las bolsas fueron revisadas regularmente para evitar el crecimiento de plantas que fueran ajenas al proyecto. Cabe señalar que se contó con una tercera nave (4.5x7.5 m) con 100 bolsas con tezontle, agrupadas de la misma forma que en las otras naves.





Tabla 1. Composición de la solución nutritiva utilizada en el presente proyecto.

Componente	Concentración
Nitrato de calcio	0.86 g/L
Nitrato de potasio	0.57 g/L
Sulfato de potasio	0.17 g/L
Sulfato de magnesio	0.25 g/L
Ácido fosfórico	0.13 mL/L
Ácido sulfúrico	0.05 mL/L
Mezcla de Nitrógeno + Óxido de Fósforo + Óxido Potasio + Micronutrientes (Harvest More® 20-30-10)	0.02 g/L

Experiencia de cultivo: 600 plántulas de jitomate con 30 días de edad (altura aproximada: 10-15 cm) fueron adquiridas en RSI Invernaderos S.A. de C.V. (Tehuacán, Puebla, México), las cuales se recibieron en almacigueros de 200 plántulas. Al momento de recibirlas inmediatamente se introdujeron al invernadero para su aclimatación. Al día siguiente de su recepción, las raíces de las plántulas fueron sumergidas durante 15 s en una solución fungicida (PreVicur® diluido a 4 mL/L) y otros 15 s en una solución de un promotor del desarrollo radicular (Root-Factor® diluido a 4 mL/L). Posteriormente fueron trasplantadas en las bolsas con tezontle, para ello se realizaron orificios de 10 cm de profundidad en el centro de la superficie de cada bolsa. La densidad de siembra fue de 2.6 plantas por m².

Manejo biorracional del cultivo: En las dos naves con 250 plántulas se aplicaron 4 tratamientos biorracionales (*Beauveria bassiana*, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, micorrizas) y una mezcla biorracional (micorrizas, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*), mientras que en la tercera nave se manejó un cultivo testigo tratado con un agroquímico (ENGEO®; insecticida de amplio espectro de acción). La aplicación de los tratamientos se llevó a cabo por método Drench y aspersion foliar. La reproducción de los microorganismos y la dosis de los tratamientos se realizaron de acuerdo con las recomendaciones del proveedor de los tratamientos biorracionales y del agroquímico. Se llevó a cabo el registro de aplicaciones de los tratamientos, de la presencia de plagas y/o enfermedades, días para floración, días de producción (desde el inicio al término de cosecha), rendimiento de producción. Se valorará para trabajos futuros utilizar otros químicos testigos, debido a que cada tratamiento biorracional propuesto tiene sus fines específicos. Por el momento se considera que esta propuesta experimental fue suficiente para transmitir a los agricultores los beneficios de las BPA y la agricultura biorracional.





Cosecha: Los frutos fueron cosechados en estado 2, Verde Quebrante (Breaker), que es cuando presentan su primer color externo rosa o amarillo. Las muestras se transportaron del lugar de cosecha al lugar de evaluación en rejas de plástico a temperatura ambiente, especialmente para no propiciar una aceleración en su maduración. Este procedimiento se realizó en diferentes cortes del ciclo de cosecha (total de cortes realizados: 16, en intervalos de 7 días). Se señala que la primera cosecha se realizó después de 75 días de haberse realizado el trasplante, tiempo suficiente para observar frutos en estado 2.

Mantenimiento del cultivo: Entre cada cosecha se realizaron raleos para descartar aquellos jitomates con defectos en el crecimiento (tamaño reducido, malformaciones, deficiencia de calcio), procurando conservar 5 jitomates por racimo para que éstos alcanzaran características comerciales (tamaño, forma, peso, color). Después de la cosecha se realizaron podas de hojas por debajo del racimo más cercano al suelo.

Pláticas y talleres a productores agrícolas: Se organizaron diferentes pláticas presenciales, con las debidas medidas de sanitarias, hacia productores agrícolas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y de la Sierra Negra, en donde se abordaron los siguientes tópicos:

- Presentación de los alcances del protocolo de investigación “Aprovechamiento integral de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para reducir las pérdidas postcosecha de productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán”, beneficiado por CONACYT (No. de registro del proyecto 316025).
- Impacto de las buenas prácticas agrícolas (BPA) sobre el manejo de plagas y el éxito comercial del cultivo.
- Agricultura biorracional: un enfoque para desplazar el uso de agroquímicos tóxicos.

Una vez realizadas las pláticas, se llevaron a cabo talleres presenciales en los invernaderos del I.T. Tehuacán, que permitieron integrar a los agricultores en los siguientes aspectos:

- Cuidados generales de un invernadero, del personal, del cultivo y seguimiento de BPA.
- Preparación, manejo y aplicación de tratamientos biorracionales.
- Impacto de los tratamientos biorracionales sobre los frutos y las raíces.

Este acercamiento con las comunidades agrícolas permitió también identificar otras necesidades, las cuales serán atendidas por el equipo de trabajo en futuros proyectos de investigación. Por ejemplo, aprovechamiento integral de manzana, durazno, aguacate y naranja de la región.





3.4.2 Caracterización del jitomate en función de sus características de calidad y fisicoquímicas

Los jitomates de la cosecha del Invernadero del TecNM/IT Tehuacán (obtenidos bajo diferentes tratamientos) y de la empresa Frutos de Huerta Real, S.P.R. de R.L. fueron sometidos a las siguientes prácticas y análisis.

Recepción y pesaje: Los tomates fueron trasladados al laboratorio de biotecnología del TecNM/IT Tehuacán, se pesaron y fueron almacenados a temperatura ambiente (20-25 °C) hasta su posterior comercialización y/o análisis.

Rendimiento por cosecha: Durante 16 cosechas se estimó el rendimiento de producción del cultivo, para ello en cada cosecha se registró la masa total de jitomate cosechado por tratamiento y se correlacionó con la densidad de plantas/ha.

Selección y clasificación: En esta etapa se desecharon los frutos que no cumplieron con los términos de calidad según la Norma Mexicana NMX-FF-031-1997-SCFI. En particular, se realizaron los siguientes análisis durante 3 cosechas seguidas:

- Tamaño y forma. Se realizó la medición del diámetro polar y del diámetro ecuatorial, al dividir estos datos se obtuvo el índice para clasificación de forma de acuerdo con la NMX -FF-031-1997-SCFI.
- Firmeza: Esta característica se determinó utilizando la técnica destructiva de firmeza, midiendo la fuerza necesaria para ocasionar la ruptura de los tejidos de la epidermis con un penetrómetro de Frutas GY-3 (0.5-12 kg/cm²), adaptado con un puntal cónico de 11 mm.
- Color: El color se evaluó percibiéndolo visualmente utilizando información de colores que maneja la NMX-FF-031-1997-SCFI, que coincide con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, 2020. Con esa información se pueden observar los cambios de color durante la maduración del tomate fresco para mercado, dándonos parámetros referenciales. Los resultados se compararon con mediciones realizadas con un colorímetro digital portátil (3nh Global, NR-110/145) en escala LCH a partir de muestra triturada: 3 jitomates fueron triturados en licuadora y una alícuota se depositó en la celda de lectura del colorímetro de acuerdo con las especificaciones del fabricante, e inmediatamente se realizó la medición. Esta misma muestra se utilizó para análisis de humedad, sólidos solubles totales, pH.
- La humedad se determinó con una termobalanza (Sartorius, MA160) con el método estándar precargado en el equipo (130 °C hasta masa constante).





- Sólidos Solubles Totales (SST): Para determinar los SST se utilizó un refractómetro portátil (ATAGO, Master-M).
- pH del jitomate: se midió el pH del jugo de jitomate con un potenciómetro digital (ROCA, PHS-3CU), el cual fue calibrado con soluciones buffer de acuerdo con lo solicitado por el equipo al inicio del día. El electrodo se lavó con agua destilada entre cada lectura.
- Acidez titulable: La acidez titulable se determinó utilizando el método propuesto por Sidhu *et al.*, (2019). 1 mL de jugo fue filtrado en papel Watman No. 4, se añadieron 10 mL de alcohol etílico al 90% en un matraz Erlenmeyer y se mezcló mediante agitación. La titulación se llevó a cabo frente a NaOH 0.1 N utilizando cinco gotas de fenolftaleína como indicador hasta que apareció el color rosa. Se corrió un blanco utilizando 10 mL de alcohol etílico al 90%. El porcentaje de acidez se estimó con la siguiente ecuación:

$$Acidez (\%) = \frac{6.4 \cdot N \cdot A}{V} \quad (1)$$

donde N = normalidad de la solución de NaOH, A = volumen de la solución estándar de NaOH utilizada en la titulación (mL), V = volumen de extracto tomado (mL).

- Índice de madurez: Este índice se calculó con las valoraciones del porcentaje de sólidos solubles totales (SST) y el porcentaje de acidez titulable como se muestra en la relación siguiente:

$$IM = \frac{\% S.S.T}{\% \text{ Ácido Titulable}} \quad (2)$$

Análisis fisicoquímicos: se realizaron durante 3 cosechas seguidas los siguientes análisis:

- Preparación de muestras de jitomate fresco: 3 jitomates fueron procesados con un extractor de jugos (Oster®, FPSTJE317R) a nivel de potencia I del equipo, el jugo resultante se filtró a vacío con papel Watman No. 4. Al jugo filtrado se le determinó densidad (m/v) y sólidos totales con una termobalanza (Sartorius, MA160) y se destinó a análisis de fenoles totales. Otros 3 jitomates fueron triturados en licuadora, al jugo resultante se le determinó sólidos totales con termobalanza, y se destinaron a análisis de licopeno, β-caroteno y ácido ascórbico.
- Cuantificación de fenoles totales: El análisis se realizó de acuerdo con lo descrito por Vázquez-León *et al.*, (2017). Se transfirieron 100 μL de jugo filtrado a un matraz volumétrico de 10 mL y se añadieron 6 mL de agua y 0.5 mL de reactivo de fenol de Folin-Ciocalteu y posteriormente fueron agitados. Después de 5 minutos, se añadieron 1.5 mL de solución de carbonato de sodio (20% p/v). La mezcla de reacción se aforó a 10 mL con agua y se agitó nuevamente. La solución se mantuvo en





oscuridad durante 2 h a 25 ± 1 °C. La absorbancia se registró a 760 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (Thermo Scientific™, Genesys 150). El contenido de fenoles totales se expresó como equivalentes de ácido gálico en gramos por 100 g de base seca (g EAG/100 g bs). La curva de calibración se realizó con una solución madre de ácido gálico ($1 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) con agua, que se diluyó para dar 0.80, 0.40, 0.20, 0.10, 0.05 y $0.025 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$.

- o Cuantificación de licopeno y β -caroteno: Se determinó según el método de Nagata y Yamashita (1992), mencionado por Barros *et al.*, 2007, con ligeras modificaciones. Para el análisis, 100 mg de sólidos secos de jugo de jitomate (se estimó la masa total de la muestra con los datos de sólidos totales obtenidos por termobalanza) fueron mezclados con 10 mL de acetona-hexano (4:6 v/v), entonces se llevó a extracción asistida por ultrasonido (Cole-Parmer, CPX750) durante 2 min a 25 °C, finalmente se dejó sedimentar y el sobrenadante se separó por decantación. La absorbancia del sobrenadante se midió a 453, 505, 645 y 663 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (Thermo Scientific™, Genesys 150). Los contenidos de licopeno y β -caroteno se estimaron de acuerdo con las ecuaciones reportadas por Nagata y Yamashita (1992):
 licopeno (mg/100 mL) = $-0.0458A_{663} + 0.204A_{645} + 0.372A_{505} - 0.0806A_{453}$

$$\beta\text{-caroteno (mg/100 mL)} = 0.216A_{663} - 1.22A_{645} - 0.304A_{505} + 0.452A_{453}$$

Los resultados se expresaron como mg de licopeno (o de β -caroteno)/100 g bs.

- o Cuantificación de ácido ascórbico: La determinación del ácido ascórbico se llevó a cabo siguiendo el método oficial AOAC 967.21 (AOAC, 2006) (método de titulación con indofenol). Se homogeneizaron 300 mg de sólidos secos de cada muestra (se estimó la masa total de la muestra con los datos de sólidos totales obtenidos por termobalanza) en 10 mL de solución de ácido metafosfórico (15 g de ácido metafosfórico y 40 mL de ácido acético aforados a 500 mL con agua destilada). Las mezclas se llevaron a extracción asistida por ultrasonido (Cole-Parmer, CPX750) durante 2 min a 25 °C. Posteriormente las muestras se centrifugaron a 2000 rpm durante 5 min (LW Scientific, DSC- 1512SD). Se titularon 7 mL de cada sobrenadante con una solución de 2,6-diclorofenol-indofenol en presencia de bicarbonato de sodio (50 mg de 2,6-diclorofenol-indofenol y 42 mg de bicarbonato de sodio aforados a 200 mL con agua destilada) hasta alcanzar un punto final rosa. Los datos se compararon con una solución estándar de ácido ascórbico ($1 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido ascórbico por cada 100 g bs ($\text{mg EAA}\cdot 100 \text{ g bs}^{-1}$).





Análisis estadístico: Con los datos obtenidos del rendimiento de cultivo se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) utilizando Minitab (Versión 18, Minitab Pensilvania, EE. UU.), con el fin de determinar si hay diferencias significativas entre las medias de las cosechas y tratamientos. Para el resto de las respuestas, se realizó un análisis estadístico en función de 3 factores de bloqueo identificados: ubicación de la nave (1 y 2), fila de cultivo (ubicación del tratamiento dentro de la nave) y fecha de cosecha. Los tratamientos principales fueron: *Beauveria bassiana* (Bb), *Trichoderma harzianum* (Th), *Bacillus subtilis* (Bs), micorrizas (Mc) y una mezcla biorracional (micorrizas+*Trichoderma harzianum*+*Bacillus subtilis*) (Mz). Las medias fueron posteriormente comparadas contra el cultivo testigo (Tq) manejado con BPA, mediante ANOVA seguida de la prueba de pares por Tukey cuando se identificaron diferencias significativas entre medias de tratamientos.

3.4.3 Deshidratación del jitomate

Se realizó la deshidratación de jitomate a través de tres técnicas: secado en horno (Lobo Hornos Industriales S.A. de C.V., Horno Intermitente 50-145), secado solar semi-industrial (SAECSA, Deshidratador Solar Plus SAE-DSBR) y secado por aspersion (Büchi, B-290). La finalidad fue comparar los métodos en términos de rendimiento del proceso, tiempo de operación e impacto sobre compuestos bioactivos (licopeno, β -caroteno, ácido ascórbico y fenoles totales). Primeramente, se describen los procesos de secado, posteriormente se especifican los análisis fisicoquímicos realizados.

- **Secado en horno y secado solar**

Lavado y troceado: Se realizó el lavado de los frutos para remover polvo y otras materias, posteriormente se dejaron escurrir y se llevó a cabo el troceado para facilitar el secado generando una mayor área de transferencia de calor y masa. Con ayuda de un rebanador manual de frutas se realizaron cortes de 5 mm de espesor.

Deshidratación: Se realizó en un secador de bandejas convencional (flujo de aire y temperatura controlados) con lotes de 6 kg de producto en húmedo por experimento. El jitomate se deshidrató a 3 temperaturas (50, 60 y 70 °C) y un flujo de aire (1.5 m/s), para evaluar el efecto sobre sus compuestos bioactivos (licopeno, ácido ascórbico y fenoles) y tiempo de procesamiento. Las pruebas de secado se realizaron por triplicado. Otros 3 lotes de 6 kg cada uno se procesaron en el secador solar, bajo registro de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo del entorno. Para este secado no se establece diseño experimental, pues se depende de las condiciones ambientales; sólo se repitió la experiencia 3 veces.





Ambos procesos se detuvieron cuando se alcanzó masa constante, para ello se colocaron muestras testigo de peso conocido en el centro de tres bandejas, colocadas en la parte superior (Muestra 1), centro (Muestra 2) e inferior (Muestra 3) de la cámara de secado, y cada cierto tiempo se determinó el peso remanente. Con los datos obtenidos se construyeron curvas de humedad.

Envasado: El producto se colocó en bolsas FOODSAVER-8X10" y se sellaron utilizando una selladora al vacío FOODSAVER® FM 5200 para evitar vapor de agua y oxígeno en el interior de los empaques.

Almacenamiento: Los productos sellados fueron almacenados en un cuarto a temperatura ambiente (22-24 °C) hasta su posterior análisis fisicoquímico.

Análisis estadístico: Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) utilizando Minitab (Versión 18, Minitab Pensilvania, EE. UU.), con el fin de determinar si hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Se utilizó la prueba de Tukey para identificar diferencias entre tratamientos. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas a un valor de probabilidad inferior al 5% ($p < 0.05$), lo que asegura un intervalo de confianza del 95% para la media de un grupo.

- **Secado por aspersion**

Molienda en húmedo: Los jitomates fueron molidos utilizando un extractor de jugos (Oster®, FPSTJE317R) a nivel de potencia I del equipo. El jugo resultante fue tamizado utilizando una malla No. 18 (1 mm) de acero inoxidable para evitar taponamientos en la tobera del secador por alguna semilla de jitomate.

Determinación de sólidos del jugo de jitomate: Los sólidos solubles totales (SST, ° Brix) y los sólidos totales se determinaron con la ayuda de un refractómetro portátil y una termobalanza (Sartorius, MA160), respectivamente. Como los sólidos totales fueron inferiores al 7% se decidió concentrar el jugo de jitomate en un evaporador rotatorio (Büchi, R-300) a 50 °C (presión de vacío controlada automáticamente por el equipo), hasta alcanzar 20% de sólidos totales.

Materiales de soporte y preparación de la mezcla de alimentación: La Cuenca del Papaloapan cuenta con cultivos de malanga y plátano macho, los cuales son ricos en almidón y que en temporada de alta producción se reportan grandes pérdidas postcosecha. En el presente trabajo se decidió evaluar la posibilidad de utilizarlos como materiales de soporte durante el secado por aspersion de jugo de jitomate. Para este fin se procedió a cosechar plátano macho en estado inmaduro y malanga con 9 meses de edad,





ambos productos se trocearon y se secaron en horno a 55 °C hasta alcanzar masa constante (8 h aproximadamente), posteriormente se molieron en un molino de discos y se tamizaron en malla No. 100 de acero inoxidable. Se utilizó maltodextrina DE10 como testigo, pues es un material ampliamente utilizado en secado por aspersión de diferentes productos alimenticios. El jugo filtrado y concentrado se mezcló con estos materiales por separado de acuerdo con las proporciones citadas en la Tabla 2, para asegurar su incorporación el producto fue agitado durante 60 min a 35 °C, pasado ese tiempo se atemperó y se procedió a realizar el secado por aspersión.

TABLA 2. Diseño experimental para evaluar el proceso de secado por aspersión de jugo de jitomate.

VARIABLES DE PROCESO	NIVELES EVALUADOS*		
Tipo de material de soporte (MS)	MD	HM	HP
g de MS por cada g de sólidos de jugo alimentado (g/g)	0.5		1.0
Temperatura de entrada del aire de secado (°C)	120		140
Temperatura de salida del aire de secado (°C)	70		80

MS: material de soporte; MD: maltodextrina DE10; HM: harina de malanga; HP: harina de plátano macho.

Secado por aspersión: Se utilizó un secador por aspersión escala laboratorio (Büchi, B-290), el cual funciona bajo el mismo principio de un atomizador de flujo a co-corriente, esto es, la aspersión de la mezcla de alimentación y el flujo de gas de secado ocurren en la misma dirección. El secador utilizó una boquilla de diámetro estándar de 0.7 mm y un tapón de rosca de boquilla de 1.5 mm de diámetro. Se utilizó aire como gas de secado. En todos los casos, el flujo de aire se mantuvo fijo a 35 mm en el indicador rotámetro de gas, lo cual corresponde a 538 L·h⁻¹ según las especificaciones del fabricante. La presión de atomización fue de 6x10⁵ Pa. El secado por aspersión se realizó a diferentes temperaturas de entrada (Tent) y salida (Tsal) del gas de secado, y diferentes concentraciones de material de soporte, atendiendo un diseño experimental 3x2³ (Tabla 2). Las mezclas de alimentación se alimentaron con una bomba peristáltica con caudal variable para controlar la respectiva Tsal, durante todo el secado se mantuvo en agitación la mezcla de alimentación.





Envasado: Las partículas secas del jugo de jitomate se colocaron en bolsas FOODSAVER-8X10” y se sellaron utilizando una selladora al vacío FOODSAVER® FM 5200.

Almacenamiento: Los productos sellados fueron almacenados en un cuarto a temperatura ambiente hasta su posterior análisis fisicoquímico.

Análisis estadístico de los resultados de secado por aspersion: Para cada tipo de material de soporte utilizado, las variables de respuesta (y_i) se ajustaron al siguiente modelo donde se incluyeron los términos lineales y de interacción:

$$y_i = \beta_{i0} + \beta_{i1}x_{i1} + \beta_{i2}x_{i2} + \beta_{i3}x_{i3} + \beta_{i12}x_{i1}x_{i2} + \beta_{i13}x_{i1}x_{i3} + \beta_{i23}x_{i2}x_{i3} \quad (3)$$

donde β_{ij} son los coeficientes de regresión; x_{i1} , x_{i2} y x_{i3} son las variables independientes codificadas; y_i es la variable de respuesta i . Los β_{ij} fueron calculados con regresión lineal multivariable. Los términos significantes ($p < 0.05$) en el modelo para cada variable de respuesta i fueron determinados por análisis de varianza multivariado (MANOVA). Se utilizó Minitab (Versión 18, Minitab Pensilvania, EE. UU.) para el análisis estadístico. Las variables independientes evaluadas fueron la temperatura de entrada del aire de secado (T_{ent} , x_{i1}), la temperatura de salida del aire de secado (T_{sal} , x_{i2}) y los g de material de soporte (MS) por g de sólidos de jugo (SJ) en la alimentación (g MS/g SJ; x_{i3}). Cuando fue necesario las diferencias significativas entre los valores medios se determinaron mediante la prueba de pares de Tukey, a un nivel de significancia de $p < 0.05$.

- **Análisis fisicoquímicos**

Contenido de humedad: El contenido de agua en las muestras secas de jitomate se determinó en una termobalanza (Sartorius, MA160) con el método estándar precargado en el equipo (130 °C hasta masa constante). Los resultados se expresaron como porcentaje de humedad en base húmeda (%H bh).

Medición de color: El color de las partículas secas se midió directamente con un colorímetro portátil (3nh Global, NR-110/145) en escala LCH.

Determinación de Fenoles totales: El análisis se realizó de acuerdo con lo detallado por Vázquez-León et al., (2017), método descrito previamente en la Sección 3.4.2. Sólo que, en este caso 100 mg de masa seca (en base a los datos de humedad obtenidos por termobalanza) fueron suspendidos en 10 mL de solución etanol-agua (50:50 v/v) para el caso de las muestras secadas al sol y mediante aspersion con harina de plátano y harina de malanga, mientras que para las muestras secadas por aspersion con maltodextrina se utilizó agua destilada. Posteriormente las mezclas fueron tratadas con ultrasonido (Cole-





Parmer, CPX750) por 2 minutos a 25 °C para la extracción de los componentes. Finalizada la extracción, las muestras fueron centrifugadas (LW Scientific, DSC-1512SD) a 2000 rpm durante 5 min, del sobrenadante se tomó la alícuota para el análisis.

Cuantificación de ácido ascórbico: se realizó de acuerdo con lo especificado en la sección 3.4.2.

Cuantificación de licopeno y β -caroteno: se realizó de acuerdo con lo especificado en la sección 3.4.2.

- Rendimiento de los procesos y consumo de energía eléctrica

El rendimiento de los procesos de secado se calculó como la relación entre la masa seca total del producto recuperado y los sólidos totales de la alimentación. El consumo de energía eléctrica se definió considerando las especificaciones técnicas de los equipos, el tiempo de proceso y los sólidos secos recuperados para estandarizar su comparación entre los métodos de secado.

3.4.4 Sensibilización de los productores de jitomate sobre las aplicaciones potenciales del jitomate fresco y en polvo

Mediante pláticas y talleres con los productores de jitomate se evaluó la aplicación potencial del jitomate fresco y seco como ingrediente para la elaboración de productos gastronómicos, específicamente puré y salsa cátsup. Con esto ellos percibieron que no sólo pueden vender el fruto, sino que tienen al alcance la posibilidad de aprovechar sus excedentes mediante la transformación de sus productos agrícolas.

Para alcanzar este objetivo se realizaron dispersiones de polvo de jitomate en agua al 10% de sólidos totales (o jugo fresco concentrado al 10% de sólidos totales), y se adicionaron harinas de malanga y de plátano diferentes proporciones (0.5 y 1.0 g de harina por cada g de sólidos de jitomate). Las dispersiones se llevaron a calentamiento a 85 °C durante 15 min y se dejó enfriar a temperatura ambiente, el resultado de la gelatinización del almidón permitió obtener productos espesos, a los que se les evaluó color y percepción sensorial. Como testigo se analizaron muestras comerciales de puré y salsa cátsup, aunque de estos últimos también se realizaron análisis del perfil reológico, con la intención de realizar una evaluación formal del efecto de la adición de harinas de malanga y de plátano a diferentes concentraciones sobre las características reológicas de los purés y salsas cátsup desarrollados, y definir entonces las dosis que permitan alcanzar propiedades reológicas





comerciales. Desafortunadamente la estudiante a cargo enfermó de COVID-19 y esta parte del proyecto se detuvo, pero la residente profesional ha decidido continuar con su tesis para titularse como Ingeniera Bioquímica con este proyecto. Hasta el momento pudo realizar perfil de pasting de las formulaciones bajo el siguiente protocolo:

Perfil de pasting: El perfil de pasting de las formulaciones se analizó en un reómetro (TA Instruments, Discovery HR-2 Hybrid) equipado con una celda de pasting de almidón (Smart Swap™, SPC 110533) de acuerdo con Ramírez-Hernández et al., (2020) con ligeras modificaciones. Se utilizaron tres ciclos de barrido (calentamiento-isoterma-enfriamiento). La temperatura se acondicionó por 60 s a 25 °C y se aumentó a 15 °C·min⁻¹ hasta 90 °C, donde se mantuvo por 360 s y luego se dejó enfriar hasta 25 °C a 30 °C·min⁻¹. Para la obtención de los resultados se utilizó el software Trios versión 4 (TA Instruments).

Los análisis realizados a los productos comerciales de puré y salsa cátsup fueron los siguientes:

Viscoelasticidad: La evaluación de las propiedades reológicas se efectuó empleando un reómetro (TA Instruments, Discovery HR-2 Hybrid) equipado con una geometría de placa plana (Smart Swap™, SST ST 40 mm Sandblasted Plate). Las muestras se cargaron en el centro de la celda de calentamiento y se dejaron equilibrar durante 5 min a 25 °C. Los experimentos se realizaron utilizando dos pasos de mediciones reológicas: (1) barridos de deformación y (2) barridos de frecuencia. Los barridos de deformación (0.1 y 100 %) de las muestras se evaluaron a 25 °C, y una frecuencia constante de 0.1 Hz. Estos experimentos se realizaron para determinar la máxima deformación alcanzable por todas las muestras en la región viscoelástica lineal (RVL). Los barridos de frecuencia de las muestras se evaluaron a 25 °C. Los resultados obtenidos se caracterizaron por G' y G'' en función de la frecuencia en el rango de 0.01 a 100 Hz, a una deformación constante (0.2 %).

Curvas de flujo: En un reómetro (TA Instruments, Discovery HR-2 Hybrid) equipado con una geometría de placa plana (Smart Swap™, SST ST 40 mm Sandblasted Plate) se realizaron ensayos estáticos de viscosidad vs velocidad de cizalla en un intervalo de 0,001-100 s⁻¹ para conocer el comportamiento en flujo que presentan las muestras e identificar posibles zonas newtonianas.

Estos mismos ensayos se realizarán para las formulaciones desarrolladas con harinas de malanga y plátano, y los resultados se reportarán en la tesis de la estudiante.





3.4.5 Ingeniería de proyectos

Se definieron los recursos necesarios para la puesta en marcha de una planta deshidratadora de frutas y hortalizas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, tomando como base los datos obtenidos con la deshidratación de jitomate, en términos de rendimiento del proceso. Los aspectos abordados fueron:

- o Con los datos de producción agrícola de jitomate se determinó la capacidad de la planta,
- o De acuerdo con la ubicación de los productores, los accesos de comunicación y la disponibilidad de recursos como luz, alcantarillado y agua, se estableció la localización de la planta.
- o Se definieron los pasos del proceso ubicándolos en su respectivo diagrama de flujo, y especificando equipos y balances de materia.
- o Se realizó una definición del producto final.
- o Además, se creó un manual de operación donde se definen las operaciones de arranque, los procedimientos de seguridad y protección que por norma deberá cumplir la planta, el manejo de insumos y de productos terminados.

3.4.6 Evaluación del impacto ambiental

El impacto ambiental que puede causar la realización del presente proyecto, de acuerdo con el Art. 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), no es necesario evaluarlo a partir de un estudio formal de impacto ambiental, ya que no se encuentra en el listado de obras o actividades que requieran de autorización en materia de impacto ambiental de la SEMARNAT. Pero se consideró el adecuado manejo y disposición de los residuos que resulten durante el proceso, que principalmente son de tipo orgánico, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables y considerando la reutilización de los residuos generados.

Por otra parte, para que un proyecto sea sustentable debe considerar además de la factibilidad económica y el beneficio social, el aprovechamiento razonable de los recursos naturales. Por ello, en el presente proyecto se hizo uso de una evaluación del mismo apoyándose de expertos del área ambiental.

En la presente propuesta, mediante escrito se definieron aquellas Normas Oficiales Mexicanas u otras disposiciones que los productores agrícolas deban implementar para





cumplir con las regulaciones de las emisiones, las descargas, el aprovechamiento de recursos naturales y, en general, todos los impactos ambientales relevantes que puedan producir las obras o actividades.

3.4.7 Estudio de factibilidad técnica y financiera de la propuesta, y establecimiento de estrategias de comercialización del jitomate en polvo

A partir de este estudio se definió si la propuesta puede ponerse en marcha y sobre todo mantenerse. Para ello, se verificó que las pruebas experimentales se hayan realizado en estricto apego a la metodología científica, se investigó si el producto final es de aceptación plena por parte de los consumidores finales, se definió el nivel de producción base y las posibilidades de crecimiento, se establecieron mecanismos para que los productores agrícolas puedan acceder a recursos para su tecnificación industrial o semi-industrial, se verificó que se investigaran proveedores de equipos e insumos para cotizaciones formales.

De igual forma, se planteó si el proyecto es factible económicamente a partir de los costos y ventas proyectados. Esto permite justificar si la inversión realizada es congruente con la ganancia que se generará. Las herramientas de Contaduría en este plano cobraron vital relevancia para una proyección cronológica numérica y definición del período de recuperación.

El informe del residente profesional a cargo de esta actividad incluye además estrategias de comercialización.

4. GRUPO DE TRABAJO.

M.C. Lucila Juárez Mendoza,

- Información relevante de la participante:**

Docente y jefa del Laboratorio de Biotecnología del TecNM/IT Tehuacán. Cuenta con experiencia en el manejo de frutas y hortalizas en campo e invernadero. Ha colaborado en la resolución de problemas técnicos de diferentes grupos sociales del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Cuenta bajo su resguardo invernaderos tipo cenital, 1 banda seleccionadora de jitomate, 1 procesador ultrasónico, 1 espectrofotómetro UV-Vis, 1 colorímetro portátil digital,





1 termobalanza, 2 selladoras al vacío y diferentes materiales, insumos y equipos menores que fueron útiles para la realización de la presente propuesta.

• **Actividades específicas que realizó dentro del proyecto:**

Fungió como responsable técnico del proyecto, por lo cual estuvo involucrada en las distintas actividades citadas en el resto de los miembros del grupo de trabajo. Directamente se encargó del reclutamiento de estudiantes de Licenciaturas en Ingeniería Bioquímica (con especialidad en Alimentos y Ambiental), y Contaduría, que imparte el TecNM/IT Tehuacán. Extendió la invitación mediante convocatoria pública a aquellos estudiantes que con los créditos suficientes para realizar sus estancias profesionales, o que no hayan podido realizar sus estancias durante la contingencia sanitaria por COVID-19. A los estudiantes que atendieron la convocatoria, se les dieron a conocer los objetivos y el alcance del proyecto “Aprovechamiento integral de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para reducir las pérdidas postcosecha de productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán”. Se ofertaron 8 espacios, para cumplir con los objetivos específicos de la propuesta.

La selección de los estudiantes participantes se basó en su desempeño académico y en una entrevista. La M.C. Lucila Juárez Mendoza, en conjunto con los estudiantes, armó los planes de trabajo y dió un seguimiento continuo a los residentes profesionales para que cumplieran con las actividades programadas. Finalizadas las residencias profesionales, se encargó de dar continuidad a los estudiantes para que opten por la titulación mediante tesis. Cabe resaltar que a la fecha de entrega del presente informe todos se han inclinado por la titulación mediante tesis.

De igual manera, en conjunto con los estudiantes y los profesores asociados, la M.C. Juárez Mendoza armó las pláticas y talleres, los cuales fueron dirigidos a productores agrícolas de la región del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Durante las pláticas y talleres, coordinó las actividades de los estudiantes y de los profesores involucrados para que participaran activamente.

• **Productos que generó:**

Se encargó directamente de 4 productos: 1 cuadernillo de capacitación sobre buenas prácticas agrícolas durante el manejo del cultivo y cosecha del jitomate; 1 cuadernillo de capacitación sobre manejo biorracional de cultivos; 1 plática sobre las aplicaciones potenciales del jitomate deshidratado en el mercado gastronómico local y/o regional; y la formalización de 1 convenio de colaboración con los productores de jitomate.





I.A. José Luis Ruan Cervantes

- **Información relevante del participante:**

Ingeniero Agrónomo especialista en suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo y actualmente Técnico del TecNM/I.T. Tehuacán. Cuenta con experiencia en asesoría, desarrollo e implementación de invernaderos para la producción y exportación de jitomate y otros productos agrícolas y pecuarios. Además, conoce las necesidades de los productores agrícolas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán ya que fue delegado Regional-Zinacatepec de la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 2003-2011.

- **Actividades específicas que realizó dentro del proyecto:**

Convocó y mantuvo comunicación directa con los productores agrícolas involucrados, trabajó directamente con el cultivo de jitomate en invernadero, organizó talleres sobre buenas prácticas agrícolas (BPA) y prácticas agrícolas biorracionales, e intervino en la caracterización del jitomate producido en el invernadero y del proveniente de los productores agrícolas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Así mismo, fue el responsable de brindar asesoría a los productores en materia de búsqueda de apoyos económicos de secretarías gubernamentales para tecnificación de sus cultivos, esto último en congruencia con su experiencia como delegado regional-Zinacatepec de la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla.

- **Productos que generó:**

Generó 5 productos: la dirección de 2 residentes profesionales de licenciatura en Ingeniería Bioquímica, cuyos trabajos involucraron la adopción de agricultura biorracional y aplicación de BPA durante el manejo del cultivo, respectivamente; 2 cuadernillos de capacitación sobre BPA y sobre agricultura biorracional (ambos en colaboración con la M.C. Juárez Mendoza); 1 plática sobre búsqueda de apoyos económicos gubernamentales para la tecnificación de cultivos.

Dr. Lucio Abel Vázquez León

- **Información relevante del participante:**

Catedrático CONACYT comisionado a la Universidad del Papaloapan (UNPA) Campus Tuxtepec. Candidato a Investigador Nacional, que se especializa en extracción de compuestos bioactivos de materiales vegetales, en manejo de recursos agroindustriales, en





encapsulación de agentes activos mediante secado por aspersión y en ingeniería de alimentos funcionales.

• **Actividades específicas que realizó dentro del proyecto:**

Participó activamente en el asesoramiento de 2 residentes profesionales de licenciatura en Ingeniería Bioquímica, los cuales trabajaron con el secado en horno, secado solar y con secado por aspersión del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Dentro de las actividades que supervisó destacan:

- Evaluación del efecto de las condiciones de operación de las técnicas de secado evaluadas sobre el rendimiento del proceso y la retención de compuestos bioactivos (licopeno, vitamina C, carotenoides y fenoles totales) del jitomate.
- Caracterización de las propiedades fisicoquímicas (color, contenido de humedad) de las partículas secas de jitomate obtenidas.

• **Productos que generó:**

Se responsabilizó de 4 productos: 2 residentes profesionales de licenciatura en Ingeniería Bioquímica, la redacción de 1 artículo científico para la difusión del conocimiento adquirido en alguna revista científica internacional indexada al JCR y 1 cuadernillo de capacitación para la deshidratación de jitomate mediante las técnicas evaluadas.

Dra. Violeta Carpintero Tepole

• **Información relevante del participante:**

Docente del TecNM/I.T. Tehuacán. Especialista de las áreas de ingeniería de alimentos, tecnología de membranas y actualmente trabaja en el desarrollo de alimentos funcionales. Cuenta con experiencia internacional en la implementación de procesos a escala piloto para obtener productos de interés farmacéutico, la cual adquirió mientras laboró durante 2012 y 2015 en Fresenius Kabi (Bad Homburg, Alemania). Así también completó su formación académica con una estancia postdoctoral en 2017-2018 en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) de la UNAM (CDMX), donde adquirió experiencia en el desarrollo de procesos a escala piloto para obtener, a partir de materiales vegetales, ingredientes con aplicaciones potenciales en la industria alimentaria como aditivos funcionales.





• **Actividades específicas que realizó dentro del proyecto:**

Participó activamente en el asesoramiento de dos residentes profesionales en Ingeniería Bioquímica, los cuales trabajaron en la evaluación del potencial de las partículas secas de jitomate como ingrediente funcional en la preparación de productos gastronómicos, y en el desarrollo de Ingeniería de proyectos para definir las especificaciones de una planta deshidratadora de frutas y hortalizas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Dentro de las actividades que supervisó destacan:

- Caracterización de la química proximal de las partículas secas de jitomate obtenidas por secado.
- Desarrollo de pláticas y talleres para los productores agrícolas en materia de deshidratación de jitomate mediante secado en bandejas (convencional y solar) y secado por aspersion, en colaboración con el Dr. Vázquez León.
- Desarrollo de pláticas para los productores agrícolas con la finalidad de sensibilizarlos en las aplicaciones potenciales del jitomate en polvo como ingrediente funcional para la elaboración de productos gastronómicos (puré de tomates, salsa cátsup).
- Desarrollo de ingeniería de proyectos para definir la ingeniería básica (capacidad y localización de la planta, definición del proceso, diagramas de flujo) y el manual de operación (operaciones de arranque, procedimientos de seguridad y protección, manejo de insumos y productos terminados).

• **Productos que generó:**

Se encargó de 4 productos: 1 cuadernillo de capacitación para los productores agrícolas en materia de las aplicaciones potenciales del jitomate, y las harinas de malanga y de plátano, en el desarrollo de alimentos funcionales (en colaboración con la M.C. Juárez Mendoza), 2 residentes profesionales de licenciatura en Ingeniería Bioquímica y redacción de 1 artículo científico sobre las propiedades nutrimentales del producto deshidratado y su potencial como ingrediente funcional.

Dr. Luis Carlos Ortuño Barba

• **Información relevante del participante:**

Docente de tiempo completo del TecNM/I.T. Tehuacán. Especialista de las áreas de Impuestos, finanzas corporativas, valuación de empresas y gobierno corporativo. Cuenta





con experiencia en la elaboración y evaluación de proyectos de inversión, así como en la realización de estudios de factibilidad, sustentabilidad y desarrollo estratégico.

• **Actividades específicas que realizó dentro del proyecto:**

Participó como inspector de que las pruebas experimentales para evaluar las operaciones unitarias se realizaran con transparencia y apego a la metodología científica. Veló por los intereses particulares de los grupos sociales al investigar si el producto final propuesto es de aceptación comercial, definió el nivel de producción base y las posibilidades de crecimiento de acuerdo con las tendencias del mercado, evaluó si la instalación de una deshidratadora de frutas y hortalizas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán es factible económicamente a partir de los costos y ventas proyectados, y estableció las estrategias de comercialización pertinentes. En concreto, se encargó de supervisar las siguientes actividades:

- Desarrollo del estudio técnico y financiero de la propuesta, a partir de este estudio se determinó la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.
- Desarrollo de estrategias de comercialización del jitomate deshidratado, en colaboración con el Ing. Ruan Cervantes.
- Búsqueda de apoyos económicos gubernamentales para la tecnificación de cultivos, en colaboración con el Ing. Ruan Cervantes.³

• **Productos que generó:**

Se responsabilizó de 4 productos: la dirección de un residente profesional de licenciatura en Contaduría Pública, cuyo trabajo involucró la parte del estudio técnico y financiero; la elaboración de un convenio de colaboración con productores de jitomates del Valle de Tehuacán-Cuicatlán; 1 plática sobre estrategias de comercialización del jitomate deshidratado con base en su experiencia y en coordinación con el Ing. Ruan Cervantes; 1 taller sobre búsqueda de apoyos económicos gubernamentales para la tecnificación de cultivos, en colaboración con el Ing. Ruan Cervantes.

M.C. Francisco Ramón Díaz Arriaga

• **Información relevante del participante:**

Docente y Jefe del Departamento de Química y Bioquímica del TecNM/IT Tehuacán. Cuenta con experiencia en biotecnología e ingeniería ambiental y en la formalización de convenios





con grupos sociales. Ha participado en la resolución de problemas técnicos de diferentes grupos sociales del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

• **Actividades específicas que realizó dentro del proyecto:**

Fungió como el enlace entre el TecNM/IT Tehuacán y los productores de jitomate involucrados. En virtud de esta encomienda, se encargó de consolidar y formalizar un convenio de colaboración entre el TecNM/IT Tehuacán y Frutos de Huerta Real, S.P.R. de R.L. interesados en la transferencia tecnológica de la propuesta, para garantizar la transparencia del presente proyecto y garantizar futuros trabajos de colaboración, en beneficio de los agricultores de la región y los estudiantes del tecnológico.

Así mismo sirvió como mediador entre la Administración del Instituto, los estudiantes involucrados en el proyecto, los docentes participantes y los productores beneficiados, gestionando los medios que garantizaron una eficaz comunicación y coordinación entre todas las partes involucradas.

El M.C. Díaz Arriaga, coordinó las fechas y los lugares donde se llevarán a cabo las pláticas y talleres, en acuerdo previo con los grupos sociales e instructores. Fue el responsable directo de garantizar que se contaran con los insumos y recursos suficientes para que las actividades del proyecto fluyeran exitosamente. Así también, queda como el encargado de coordinar eventos futuros donde los participantes del proyecto puedan exponer sus resultados y experiencias, garantizando la adecuada difusión de este a través de los medios o plataformas necesarios: plataforma digital, prensa local y/o redes sociales.

En específico también supervisó las siguientes actividades:

- Evaluación del impacto ambiental de una planta de deshidratado de frutas y hortalizas ubicada en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán para identificar la viabilidad ambiental de la puesta en marcha y operación del proyecto.

• **Productos que generó:**

Se encargó de 4 productos: 1 residente profesional de Ing. Bioquímica con especialidad en Ambiental, 1 plática a productores agrícolas en materia de gestión ambiental, la formalización de 1 convenio de colaboración con los productores de jitomate, y la difusión de los resultados del presente proyecto a través de los canales pertinentes.





5. PRODUCTOS OBTENIDOS.

El presente proyecto permitió desarrollar un plan de aprovechamiento integral de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) utilizando técnicas de deshidratación (secado solar, secado en horno y secado por aspersión), para reducir las pérdidas postcosecha de productores agrícolas organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, considerando como enfoques bases: adopción de buenas prácticas agrícolas, manejo biorracional de cultivos, evaluación de las operaciones unitarias postcosecha involucradas, estudio de factibilidad técnica y financiera, evaluación del impacto ambiental, y establecimiento de estrategias de comercialización. En la Tabla 3 se presenta el grado de avance por cada objetivo específico planteado (metas) en el presente proyecto, así como los productos desarrollados por cada uno de ellos. En términos generales, se consideran como productos o entregables la formación de capital humano (residentes profesionales), cuadernillos de capacitación, pláticas y talleres de formación para productores agrícolas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y la Sierra Negra, un convenio de colaboración con un grupo campesino y la difusión de los resultados del proyecto a través de artículos científicos y medios de comunicación (redes sociales, periódicos y/o radio).

De los productos esperados, la formación de capital humano (residentes profesionales) fue indispensable para el desarrollo en tiempo y forma de la parte práctica del proyecto, por lo tanto, se realizan ciertas precisiones:

- Los residentes profesionales se integraron a todas las actividades del presente proyecto, con ello se pretendió una formación integral y acrecentar el compromiso con el buen término del proyecto.
- Las actividades específicas de cada residente profesional del proyecto se describen brevemente en el Anexo 1 del presente informe. En dicho anexo se muestra la correlación de cada residente profesional con cada objetivo específico del proyecto.
- Todos los residentes profesionales optaron por la titulación mediante tesis, por lo tanto, a la fecha el equipo de trabajo se encuentra revisando y retroalimentando a los estudiantes para que culminen su manuscrito a la brevedad.



Tabla 3. Productos y/o entregables por objetivos específicos del proyecto 316025.

Metas / Objetivos específicos	Entregables	Nombre archivo anexo	Logro (%)
1. Desarrollar capacitaciones para los productores agrícolas de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán para la adopción de Buenas Prácticas Agrícolas durante la siembra, trasplante, manejo de cultivo, cosecha y manejo postcosecha de jitomate en un sistema semihidropónico en el invernadero del Instituto Tecnológico de Tehuacán, con el interés particular de obtener materia prima inocua, libre de agroquímicos tóxicos (como el glifosato) y bajo un esquema sustentable que permita incrementar su productividad.	Entregable 1.1. Residente profesional de licenciatura en Ingeniería Bioquímica con especialidad en Ambiental, cuyo trabajo involucró la parte de implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) en la siembra, trasplante, manejo de cultivo y cosecha del jitomate.	1. Residencia profesional BPA.pdf	100
	Entregable 1.2. Cuadernillo de capacitación sobre implementación de BPA en cultivos de jitomate, con la finalidad de incentivar un manejo de jitomate libre de agroquímicos tóxicos, como el glifosato.	2. Capacitación BPA.pdf	100
2. Desarrollar capacitaciones para los productores agrícolas de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán para la adopción de tratamientos alternativos al uso de agroquímicos en la etapa de producción del jitomate, con enfoque de agricultura biorracional, con el interés particular de incrementar la calidad de los frutos (tamaño, composición nutrimental, color, contenido de fitoquímicos) y la producción, así como disminuir la incidencia de plagas y/o enfermedades.	Entregable 2.1 Residente profesional de licenciatura en Ingeniería Bioquímica con especialidad en Ambiental, cuyo trabajo involucró la parte de prácticas agrícolas biorracionales durante la producción de jitomate	3. Residencia profesional BIORRACIONAL.pdf	100
	Entregable 2.2 Cuadernillo de capacitación sobre el manejo de tratamientos biorracionales, con la finalidad de incentivar la transición a una agricultura biorracional para disminuir el uso de agroquímicos tóxicos.	4. Capacitación BIORRACIONAL.pdf	100
3. Caracterizar el jitomate no comercializado proveniente del productor agrícola Frutos de Huerta Real, S.P.R. de R.L., y el jitomate obtenido en el Invernadero del I.T. Tehuacán, en términos de calidad (color, tamaño, forma, firmeza); parámetros fisicoquímicos (índice de madurez, sólidos solubles totales, acidez titulable y pH), según la Norma Mexicana NMX-FF-031-1997.	Entregable 3.1 Residente profesional de licenciatura en Ingeniería Bioquímica con especialidad en Ambiental, cuyo trabajo involucró la parte de implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) durante el manejo postcosecha del jitomate, con apego a Normas Oficiales Mexicanas. Se especifica que es el mismo residente profesional contemplado en el numeral 1.1.	1. Residencia profesional BPA.pdf	100
	Entregable 3.2 Cuadernillo de capacitación en términos de BPA durante el manejo postcosecha, con su respectiva implementación, con apego a estándares de calidad según Normas Oficiales Mexicanas para hortalizas frescas como el jitomate, en términos de: color, tamaño, forma, firmeza, índice de madurez, sólidos solubles totales, acidez titulable y pH.	2. Capacitación BPA.pdf	100



Tabla 3. Continuación.

Metas / Objetivos específicos	Entregables	Nombre archivo anexo	Logro (%)
4. Evaluar el efecto de las condiciones del secado en bandejas convencional (temperatura y flujo de aire de secado controladas), secado en bandejas solar y del secado por aspersión (temperaturas de entrada y de salida del aire de secado, material de soporte) sobre el consumo de energía, rendimiento del proceso y la retención de compuestos bioactivos (licopeno, vitamina C y fenoles totales) del jitomate.	Entregable 4.1 Residente profesional de licenciatura en Ingeniería Bioquímica con especialidad en Alimentos, el cual evaluó el secado en bandejas (convencional y solar) de jitomate, en términos de consumo de energía, rendimientos del proceso, y la retención de compuestos bioactivos.	5. Residencia profesional SECADO.pdf	100
	Entregable 4.2 Residente profesional de licenciatura en Ingeniería Bioquímica con especialidad en Alimentos, que se dedicó a evaluar el secado por aspersión de jugo de jitomate, en términos de consumo de energía, rendimientos del proceso, y la retención de compuestos bioactivos.	6. Residencia profesional SECADO POR ASPERSIÓN.pdf	100
	Entregable 4.3 Borrador de 1 artículo científico para la difusión del conocimiento adquirido en revista científica internacional indexada al JCR.	7. PT Spray drying tomate.pdf	100
	Entregable 4.4 Cuadernillo de capacitación para la deshidratación de jitomate mediante secado en bandejas (convencional y solar) y secado por aspersión.	8. Capacitación SECADO.pdf	100
5. Caracterizar la química proximal y las propiedades fisicoquímicas (tamaño de partícula, color, actividad de agua, contenido de humedad, tiempo de dispersión, fluidez y compresibilidad) de las partículas secas de jitomate obtenidas por secado en bandejas y secado por aspersión.	Entregable 5.1 Química proximal del jitomate que se incluirá en el reporte de residencias o tesis citada en el numeral 6.1.	9. Residencia profesional FUNCIONALIZACIÓN.pdf	100
	Entregable 5.2 Las propiedades fisicoquímicas se reportan en los trabajos citados en los numerales 4.1 y 4.2.	5. Residencia profesional SECADO.pdf y 6. Residencia profesional SECADO POR ASPERSIÓN.pdf	100



Tabla 3. Continuación.

6. Desarrollar talleres para los productores agrícolas con la finalidad de sensibilizarlos en las aplicaciones potenciales del jitomate en polvo como ingrediente funcional para la elaboración de productos gastronómicos (puré de tomate, pastas, fideos).	Entregable 6.1 Residente profesional de licenciatura en Ingeniería Bioquímica con especialidad en Alimentos, cuyo trabajo se enfocó a evaluar el perfil nutrimental y las aplicaciones potenciales del jitomate fresco y deshidratado en el desarrollo de alimentos funcionales (puré, salsa catsup).	9. Residencia profesional FUNCIONALIZACIÓN.pdf	100
	Entregable 6.2 Borrador de 1 artículo científico para la difusión del conocimiento adquirido en revista científica internacional indexada al JCR	10. JFMC functional food tomate.pdf	100
	Entregable 6.3 Cuadernillo de capacitación para el aprovechamiento de jitomate fresco y deshidratado en el desarrollo de alimentos funcionales.	11. Capacitación FUNCIONALIZACIÓN.pdf	100
7. Desarrollar ingeniería de proyectos para definir la ingeniería básica (capacidad y localización de la planta, definición del proceso, diagramas de flujo) y el manual de operación (operaciones de arranque, procedimientos de seguridad y protección, manejo de insumos y productos terminados).	Entregable 7.1 Residente profesional de licenciatura en Ingeniería Bioquímica con especialidad en Ambiental, que se enfocó al desarrollo de Ingeniería de proyectos para definir las especificaciones de una planta deshidratadora. La herramienta permitirá que los productores agrícolas de la zona tengan una idea general de los requerimientos de una planta de este tipo.	12. Residencia profesional PLANTA DESHIDRATADORA.pdf	100
8. Evaluar el impacto ambiental de una planta de deshidratado ubicada en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán para identificar la viabilidad ambiental del proyecto.	Entregable 8.1 Residente profesional de Ing. Bioquímica con especialidad en Ambiental, quien realizó la evaluación del impacto ambiental de la planta deshidratadora propuesta.	13. Residencia profesional IMPACTO AMBIENTAL.pdf	100
	Entregable 8.2 Capacitación para productores agrícolas en materia de gestión ambiental de una planta deshidratadora.	14. Memoria fotográfica.pdf	100



Tabla 3. Continuación.

Metas / Objetivos específicos	Entregables	Nombre archivo anexo	Logro (%)
9. Desarrollar el estudio técnico y financiero de la propuesta, así como establecer estrategias de comercialización del jitomate en polvo.	Entregable 9.1 Residente profesional de Contaduría, quien realizó el estudio técnico y financiero de la puesta en marcha de la estrategia de aprovechamiento integral propuesta, en el presente proyecto.	15. Residente profesional ESTUDIO FINANCIERO.pdf	100
	Entregable 9.2 Reporte sobre las estrategias de comercialización pertinentes, que se incluye en el trabajo del residente profesional citado en el numeral 9.1	15. Residente profesional ESTUDIO FINANCIERO.pdf	100
	Entregable 9.3 Taller sobre búsqueda de apoyos económicos gubernamentales para la tecnificación de cultivos y para la construcción de una planta deshidratadora de frutas y hortalizas.	14. Memoria fotográfica.pdf	100
	Entregable 9.4 Convenio de colaboración con productores de jitomates del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.	16. CONVENIO ITTehuacán-Productores de jitomate.pdf	100
	Entregable 9.5 Difusión de la factibilidad o resultados del proyecto en medios de comunicación locales y/o digitales.	14. Memoria fotográfica.pdf	100

Porcentaje promedio del logro del proyecto en función de los objetivos específicos y entregables: 94.91%





En la Tabla 3 se reportan los entregables asociados a cada objetivo específico, así como el documento probatorio correspondiente. A continuación, se hace una breve descripción del contenido de estos documentos:

1. Residencia profesional BPA.pdf. Se adjunta acta de calificaciones de la residencia profesional de Diego Flores González, así como el avance de tesis “Buenas Prácticas Agrícolas en cultivos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) utilizando un sistema semihidropónico libre de agroquímicos tóxicos (como el glifosato): incidencia sobre productores organizados del Valle de Tehuacán- Cuicatlán”, en donde presenta los resultados obtenidos durante su participación en el presente proyecto.
2. Capacitación BPA.pdf. Cuadernillo de capacitación de buenas prácticas agrícolas aplicado en la producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) mediante sistema semihidropónico, como estrategia para la eliminación del uso de agroquímicos tóxicos, como el glifosato. Cabe señalar que lo especificado en el cuadernillo se transfirió a productores agrícolas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y Sierra Negra, a través de pláticas y talleres realizadas en las instalaciones del TecNM/I.T. Tehuacán.
3. Residencia profesional BIORRACIONAL.pdf. Se adjunta acta de calificaciones de la residencia profesional de Arturo Ortiz Olascoaga, así como el avance de tesis “Agricultura biorracional como alternativa al uso de agroquímicos tóxicos en cultivos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.): incidencia sobre productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.”.
4. Capacitación BIORRACIONAL.pdf. Cuadernillo de capacitación sobre agricultura biorracional aplicado en la producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) mediante sistema semihidropónico, como estrategia para la eliminación del uso de agroquímicos tóxicos. Se señala que lo descrito en el cuadernillo fue transferido a campesinos del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y Sierra Negra, a través de pláticas y talleres realizadas en las instalaciones del TecNM/I.T. Tehuacán.
5. Residencia profesional SECADO.pdf. Se adjunta acta de calificaciones de la residencia profesional de Alejandra González Martínez, así como el avance de tesis “Efecto de las condiciones del secado por charolas y solar sobre el rendimiento y retención de compuestos bioactivos del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán”.
6. Residencia profesional SECADO POR ASPERSIÓN.pdf. Se adjunta acta de calificaciones de la residencia profesional de Jacqueline Concepción Antonio García,





así como el avance de tesis “Efecto de las condiciones del secado por aspersión sobre el rendimiento y retención de compuestos bioactivos del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán”.

7. PT Spray drying tomato.pdf. Se adjunta borrador del artículo científico para la difusión del conocimiento adquirido durante el secado por aspersión del jugo de jitomate.
8. Capacitación SECADO.pdf. Cuadernillo de capacitación sobre secado solar y secado en horno de frutos de jitomate, y sobre secado por aspersión de jugo de jitomate. Se señala que lo descrito en el manual fue transferido a un grupo campesino del Valle de Tehuacán-Cuicatlán a través de pláticas y talleres en las instalaciones del TecNM/I.T. Tehuacán.
9. Residencia profesional FUNCIONALIZACIÓN.pdf. Se adjunta acta de calificaciones de la residencia profesional de Julia Rodríguez Hernández, así como el avance de tesis “Harina de malanga y de plátano como ingredientes funcionales en puré de tomate y salsa cátsup”.
10. JFMC functional food tomato.pdf. Se adjunta borrador del artículo científico para la difusión del conocimiento adquirido durante la funcionalización de puré de tomate y de salsa cátsup con harinas de malanga y de plátano.
11. Capacitación FUNCIONALIZACIÓN.pdf. Cuadernillo de capacitación sobre la funcionalización de puré de tomate y de salsa cátsup con harinas de malanga y de plátano.
12. Residencia profesional PLANTA DESHIDRATADORA.pdf. Se adjunta acta de calificaciones de la residencia profesional de Anayancy Vázquez Hernández, así como el avance de tesis “Escalamiento de una planta deshidratadora de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para reducir las pérdidas postcosecha de productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán”.
13. Residencia profesional IMPACTO AMBIENTAL.pdf. Se adjunta acta de calificaciones de la residencia profesional de Lisset Adriana Pacheco Lima, así como el avance de tesis “Impacto ambiental de una planta deshidratadora de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) ubicada en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán”.
14. Memoria fotográfica.pdf. Se adjunta registro fotográfico de todas las actividades desarrolladas en el presente proyecto de investigación.





15. Residente profesional ESTUDIO FINANCIERO.pdf. Se adjunta avance de tesis del residente profesional Miguel Ángel Temaxte Cuevas, titulada “Estudio financiero y estrategias de comercialización del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en polvo de productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán”.
16. CONVENIO ITTehuacán-Productores de jitomate.pdf. Se adjunta convenio firmado entre el Instituto Tecnológico de Tehuacán y productores organizados de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, para dar fe de la intención de colaboración entre ambas partes para dar continuidad a este y otros proyectos.

El porcentaje promedio del logro del presente proyecto, en función de los objetivos específicos y entregables programados, fue del 94.91% (Ver Tabla 3). Este porcentaje fue debido a lo siguiente:

Objetivo 4. El avance del 87.5% de este objetivo se debe a que sólo se cuenta con el 50% del entregable 4.3 (Borrador de 1 artículo científico para la difusión del conocimiento adquirido en revista científica internacional indexada al JCR), esto es, se cuentan con todos los resultados experimentales, así como la redacción de la sección de materiales y métodos. Esto debido a que los equipos de secado se recibieron e instalaron en diciembre 2021, permitiendo sólo avanzar con la parte experimental. Cabe señalar que el secador por aspersión es un producto de importación, mientras que el horno de secado y el secador solar fueron fabricados en México al comprobarse el pago por parte del Instituto.

Objetivos 5 y 6. Desafortunadamente la residente profesional encargada de los entregables 5.1 (80% de avance), 6.1 (80% de avance) y 6.2 (50% de avance), enfermó de COVID-19, por lo que todas las actividades experimentales relacionadas con estos objetivos fueron suspendidas. Sin embargo, actualmente la estudiante se encuentra continuando con su parte experimental y los resultados se integrarán en su tesis, pues ha optado por esta modalidad para titularse como Ingeniera Bioquímica.





6. BENEFICIOS, RESULTADOS Y USUARIOS FINALES.

La propuesta impactó en tres aspectos claves:

- 1) Adopción de buenas prácticas agrícolas (BPAs) y manejo biorracional de cultivos;
- 2) Valor agregado de jitomates mediante deshidratación (secado solar, secado en horno y secado por aspersión);
- 3) Ingeniería de proyectos, enfocada a estudios de factibilidad técnica y financiera, del impacto ambiental, definición de estrategias de comercialización y planificación de la adopción/apropiación comunitaria.

Este enfoque permitió tener una estrategia sólida para el aprovechamiento integral del jitomate cultivado en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, obteniendo jitomate deshidratado sin afectar significativamente su composición nutrimental y bioactividad.

Para lograr el **resultado 1**, se organizaron diferentes pláticas presenciales, con las debidas medidas de sanitarias, hacia productores agrícolas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y de la Sierra Negra, en donde se abordaron los siguientes tópicos:

- Presentación de los alcances del protocolo de investigación “Aprovechamiento integral de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para reducir las pérdidas postcosecha de productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán”, beneficiado por CONACYT (No. de registro del proyecto 316025).
- Impacto de las buenas prácticas agrícolas (BPA) sobre el manejo de plagas y el éxito comercial del cultivo.
- Agricultura biorracional: un enfoque para desplazar el uso de agroquímicos tóxicos.

Una vez realizadas las pláticas, se llevaron a cabo talleres presenciales en los invernaderos del I.T. Tehuacán, que permitieron integrar a los agricultores en los siguientes aspectos:

- Cuidados generales de un invernadero, del personal, del cultivo y seguimiento de BPA.
- Preparación, manejo y aplicación de tratamientos biorracionales.
- Impacto de los tratamientos biorracionales sobre los frutos y las raíces.

Este acercamiento con las comunidades agrícolas permitió también identificar otras necesidades, las cuales serán atendidas por el equipo de trabajo en futuros proyectos de investigación. Por ejemplo, aprovechamiento integral de manzana, durazno, aguacate y naranja de la región. Así mismo, los productores reconocieron la importancia de manejar





correctamente su producción desde la siembra, manejo del cultivo, cosecha del jitomate y manejo postcosecha; de tal manera que se comprometieron en adoptar prácticas que permitan alcanzar un producto final inocuo, libre de agroquímicos tóxicos.

Para garantizar el **resultado 2**; después de evaluar diferentes condiciones de secado (secado en horno, secado solar, secado por aspersion) para identificar aquellas que minimizaron el impacto sobre las propiedades nutrimentales y bioactivas del jitomate, maximizaron el rendimiento del proceso y minimizaron el consumo de energía; se procedió a compartir las experiencias de secado con productores agrícolas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán a través de pláticas y talleres presenciales realizadas en las Instalaciones del Instituto Tecnológico de Tehuacán, en donde se abordaron los siguientes temas:

- o Presentación del personal académico y de investigación, de los estudiantes involucrados en el proyecto y de la infraestructura tecnológica con los que cuenta el I.T. Tehuacán para la atención de problemas agroindustriales.
- o Descripción técnica y puesta en marcha de los siguientes equipos: evaporador rotatorio, horno de secado, secador solar y secado por aspersion. El objetivo fue que los productores agrícolas percibieran la capacidad con la que cuenta el Instituto para el desarrollo e innovación de nuevos productos a partir de los excedentes de su producción agrícola.

A partir de este acercamiento se logró concretar un convenio de colaboración entre el I.T. Tehuacán y el grupo social organizado Frutos de Huerta Real, S.P.R. de R.L, en el cual se establece que para la atención de las necesidades de este grupo se aceptarán residentes profesionales en sus instalaciones, los cuales estarán trabajando en el manejo de los cultivos con aplicación de BPA y en el desarrollo de nuevos productos, bajo la dirección del personal académico y de investigación del I.T. Tehuacán.

Para lograr el **resultado 3**, se establecieron cuadernillos de capacitación enfocados a buenas prácticas agrícolas, manejo bioarracional de cultivos, deshidratación de jitomate (en horno, solar, y por aspersion), y desarrollo de productos alimentarios a partir de jitomate (funcionalizados con harina de malanga y de plátano, como fuentes de proteínas y almidón resistente, respectivamente). A su vez, se establecieron máquinas, equipos e insumos necesarios para la puesta en marcha de una planta productora en atención a los estudios de factibilidad técnica y financiera, y la evaluación del impacto ambiental. Para sensibilizar a los campesinos en la adopción de esta propuesta integral, se realizaron diferentes pláticas ya citadas líneas arriba.





Además de los resultados e impactos citados, el presente proyecto permitió la formación de 8 residentes profesionales del TecNM/I.T. Tehuacán, y se modernizó la infraestructura tecnológica del Instituto, con lo cual podrá incrementar su capacidad de atención a problemas sociales de su entorno. En general, se logró fortalecer la vinculación entre el Instituto y los productores agrícolas de la región, a través de la difusión de los resultados alcanzados mediante pláticas y talleres, y un convenio.

7. PROBLEMÁTICAS Y DIFICULTADES ENCONTRADAS DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

Las fortalezas y debilidades identificadas en el presente proyecto se presentan en la Tabla 4, con esta información se plantearon estrategias para asegurar el éxito del proyecto (ver Tabla 4). Sin embargo, tres amenazas afectaron el porcentaje del logro del presente proyecto:

- 1) contingencia sanitaria por cuarta ola de COVID-19 (se cerraron las instalaciones del Instituto),
- 2) contagios en el equipo de trabajo (se detuvieron actividades experimentales),
- 3) y retrasos en la entrega y montaje de equipos solicitados (se inició tarde con las evaluaciones de secado).

A pesar de estas dificultades, el equipo de trabajo considera que los productos alcanzados demuestran que el plan de trabajo propuesto fue un éxito, pues abrió las puertas a mayor vinculación y atención de grupos sociales de la zona de incidencia del Instituto, con una mayor capacidad de resolución de problemas con la nueva infraestructura con la que ahora dispone el TecNM/I.T. Tehuacán, y con los nuevos profesionistas que se formaron durante la realización del presente proyecto.





Tabla 4. Análisis FODA y estrategias de acción del proyecto 316025.

<p>Análisis interno</p> <p>Análisis entorno</p>	<p>Fortalezas</p> <ol style="list-style-type: none"> Alta producción regional de jitomate. Capacidad tecnológica institucional a escala laboratorio. Casos de éxito en la deshidratación por convección forzada. Producción de jitomate en invernadero institucional. 	<p>Debilidades</p> <ol style="list-style-type: none"> Falta de equipamiento moderno de capacidades semi-industriales. Falta de planes de manejo integral orgánicos y de agricultura biorracional en la región. Tiempos de entrega y de montaje de equipos de secado.
<p>Oportunidades</p> <ol style="list-style-type: none"> Acceso a un cada vez mayor mercado de frutos deshidratados. Adopción de buenas prácticas agrícolas (BPA´s) por campesinos y transición a la agricultura biorracional. Acceso a equipamiento moderno y de capacidades semi-industriales por apoyo CONACyT. 	<p>Estrategias FO</p> <ol style="list-style-type: none"> Pláticas y talleres en BPA´s y agricultura biorracional, con elaboración de cuadernillos. Diseño de procesos de producción considerando know how y equipo adecuado. 	<p>Estrategias DO</p> <ol style="list-style-type: none"> Programa colaborativo Institución-Productores-CONACyT Planes de manejo integral orgánicos y agricultura biorracional basados en BPA´s. Plan de contingencia para minimizar impacto por retraso en entrega y montaje de equipos solicitados.
<p>Amenazas</p> <ol style="list-style-type: none"> Adopción comunitaria no garantizada. Precio elevado de jitomate en el mercado. Periodos de contingencia sanitaria por COVID-19. 	<p>Estrategias FA</p> <ol style="list-style-type: none"> Promoción de casos de éxito para motivar la adopción comunitaria de uso del jitomate deshidratado. Aprovechamiento de capacidad de producción regional de jitomate en periodos de baja demanda en su uso convencional. Programación de las actividades de producción de invernadero dirigida a proceso de secado. 	<p>Estrategias DA</p> <ol style="list-style-type: none"> Establecimiento de cadenas de valor con usuarios potenciales del jitomate deshidratado. Sensibilización comunitaria en el uso del polvo de jitomate. Planes de manejo integral orgánicos y de agricultura biorracional con énfasis en beneficios para la salud del consumidor.





8. VINCULACIÓN Y ARTICULACIÓN AL IMPLEMENTAR EL MODELO PENTAHÉLICE.

El modelo de triple hélice (Gobierno-Academia-Industria) permite incorporar al gobierno y los efectos de políticas públicas en el desarrollo de ciencia y tecnología. Este no es un aspecto aislado pues encuentra sus bases en la evolución del modelo económico aplicado en las economías de los países tanto desarrollados como en vías de desarrollo (Borbón y Arvizu, 2015). El modelo de triple hélice centra el análisis en las relaciones e interacciones mutuas entre las universidades y los entornos científicos, las empresas e industrias y las administraciones o gobiernos. Atiende a las interacciones y comunicaciones entre integrantes e instituciones de los tres actores, pues asume que la innovación surge de las interacciones mutuas entre ellas: el potencial para el conocimiento innovador, los recursos económicos y las posibilidades de mercado, y las normas e incentivos de las políticas públicas de innovación (Etzkowitz, 2003). Si bien la triple hélice fue planteada como un modelo de innovación para el desarrollo económico y social a partir de las interacciones entre los tres actores ya mencionados, hoy surgen nuevos esquemas que buscan hacer más específica la participación de los actores al incluir nuevos elementos en la fórmula: sociedad y medio ambiente, como en el caso del plan de trabajo del CONACYT. Bajo este modelo pentahélice se pretende que el gobierno, empresas, la academia, la sociedad y el medio ambiente colaboren de manera conjunta para atender los problemas urgentes del país.

En específico, en el presente plan de trabajo un equipo de académicos e investigadores decidió modernizar la infraestructura física del I.T. Tehuacán a través de la gestión de recursos gubernamentales para así incrementar su capacidad científica y tecnológica; y con ello poder ofrecer a la sociedad y a la industria mayores alternativas de resolución de problemas en el sector agroindustrial, con enfoques que permitan garantizar la sostenibilidad social, económica y ambiental. Afortunadamente la solicitud fue aprobada por CONACYT, y hoy el Instituto suma a su infraestructura física: un secador por aspersión, un evaporador rotatorio, un secador solar híbrido, un secador en bandejas, un penetrómetro, y tamices. El siguiente paso fue involucrar a actores sociales e industriales en las actividades del presente proyecto, como resultado el Instituto recibió en sus instalaciones a grupos sociales campesinos del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y de la Sierra Negra. Su visita permitió compartir con ellos experiencias teóricas y prácticas sobre el manejo de sus cultivos con buenas prácticas agrícolas y una agricultura biorracional; así como percibir el impacto ambiental de su implementación, e identificar sus necesidades en cuanto al manejo y aprovechamiento de otros productos agrícolas, como el durazno, la manzana, el aguacate, por citar algunos. De igual manera, se logró la integración del grupo Frutos de Huerta Real, S.P.R. de R.L., quienes desean incursionar en la producción de jitomate deshidratado, puré





de tomate y salsa cátsup, como alternativas sostenibles para el aprovechamiento de su sobreproducción y/o frutos sanos que no cumplan con los criterios de comercialización (tamaño, forma, color); como producto se consolidó un convenio de colaboración.

9. FINANCIAMIENTO SOLICITADO Y EJERCIDO

El financiamiento solicitado en la presente propuesta se centró en la modalidad de apoyo “Infraestructura, incluyendo Proyectos de modernización tecnológica”, para abordar con éxito la línea de investigación-acción “Planes de manejo integral”. En lo específico, el presente proyecto planteó el aprovechamiento de jitomate poscosecha del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, altamente percedero y con sobreproducción para la disminución del desperdicio, a través de la conservación, transformación y agregación de valor mediante desarrollos tecnológicos existentes en materia de secado de frutas y hortalizas, con un enfoque que permitió alcanzar un producto final inocuo, libre de agroquímicos tóxicos y minimizando el impacto sobre las propiedades nutrimentales y bioactivas del jitomate. Sin embargo, cabe señalar que la viabilidad técnica de la propuesta no fue completamente dependiente de la adquisición de la tecnología de secado que se solicitó. El TecNM/I.T. Tehuacán cuenta con equipos de secado escala laboratorio, cuyas capacidades de producción limitan su operación a cuestiones demostrativas, académicas y de investigación a microescala; además, cuentan con más de 20 años de servicio.

A través del presente financiamiento se pretendió contar con infraestructura moderna con mayor capacidad de producción que, junto con la difusión de este caso de éxito, despierte el interés de productores agrícolas de nuestra región de impacto. Es importante señalar que se buscan capacidades semi-industriales (escala piloto) pues se pretende ponerlos a disposición de productores agrícolas para desarrollar futuros proyectos de aprovechamiento integral de sus frutas y hortalizas, que serán réplicas de la presente propuesta. Muchas veces, el desconocimiento sobre estas operaciones unitarias frena la búsqueda de un crecimiento tecnológico de nuestro campo mexicano. En la Tabla 5 se presenta el presupuesto total solicitado y ejercido para el desarrollo del presente proyecto, así como la justificación de cada rubro solicitado. Cabe señalar que no se realizó ningún ajuste al presupuesto autorizado. Por otro lado, el apoyo institucional fue en especie: ya se contaba con insumos para poner en marcha los invernaderos, el área de mantenimiento apoyó con las adecuaciones eléctricas necesarias para los equipos adquiridos, se brindó acceso a los laboratorios del Instituto Tecnológico de Tehuacán, así como se autorizó el uso de equipos e instrumentos necesarios para la realización del presente proyecto.



Tabla 5. Presupuesto total solicitado y ejercido para el desarrollo del proyecto 316025 y su justificación.

Tipo de gasto:	Gasto corriente				Justificación
	Rubro	Monto solicitado al fondo	Transferencia entre rubros	Monto concurrente	
129 Becas	\$ 64,000.00	\$ -	\$ -	\$ 64,000.00	Por la naturaleza multidisciplinaria del proyecto, se realizó el reclutamiento de 8 estudiantes del TecNM/IT Tehuacán de diferentes áreas (Ing. Bioquímica con especialidad en Alimentos y en Ambiental, y de Contaduría) mediante una convocatoria pública. Por lo que el recurso de becas fue asignado a los 8 estudiantes seleccionados de dicha convocatoria, que en su momento cumplieron con los créditos suficientes para realizar sus estancias profesionales, en donde realizan trabajos de campo, laboratorio y análisis de resultados.
350 Gasto Auditoria informe Financiero	\$ 15,000.00	\$ -	\$ -	\$ 15,000.00	Pago realizado por los servicios de auditoría para la validación del informe financiero final del proyecto.
365 Reactivos e insumos	\$ 52,354.27	\$ -	\$ -	\$ 52,354.27	Este recurso se destinó a la adquisición de los reactivos y disolventes (reactivo Folin-Citocalteu, ácido gálico, ácido metafosfórico, 2,6-Dicloroindofenol, metanol, etanol, hexano, acetona, entre otros) para la determinación por espectrofotometría de compuestos bioactivos (fenoles totales, ácido ascórbico y licopeno) presentes en el jitomate fresco y las partículas secas.



Tabla 5. Continuación

Tipo de gasto:	Gasto de inversión				
Rubro	Monto solicitado al fondo	Transferencia entre rubros	Monto concurrente	Monto ejercido	Justificación
362 Refacciones y Accesorios	\$ 18,300.64	\$ -	\$ -	\$ 18,300.64	Monto utilizado para la compra de un penetrómetro de frutas (\$8,410.00) y 3 tamices de acero inoxidable (\$9,890.64). El penetrómetro con capacidad de medición de 0.5-12 kg/cm ² y con un puntal cónico de 11 mm, fue útil para las mediciones de firmeza de los jitomates. Mientras que los tamices de diferente tamaño de poro (No. 20, 30 y 100) se utilizaron para el tamizado del jugo de jitomate, como etapa preparativa antes de pasar al secado por aspersión, y para el tamizado de harinas de malanga y plátano; los cuales se propusieron como materiales de soporte durante el secado por aspersión de jugo de jitomate.
410 Equipo y accesorios de laboratorio	\$1,600,345.09	\$ -	\$ -	\$1,600,345.09	<p>Secador solar Plus SAECSA. Importe \$101,431.15 Este recurso se utilizó para adquirir un deshidratador solar Plus para la obtención de las rodajas secas de jitomate. El secador solar Plus permite el deshidratado diario de cualquier tipo de alimento en cantidades que van hasta 20 kg de producto fresco. El sistema está compuesto por un área de captación de radiación solar de 2.6 m², construido por una cubierta doble de cristal que transfiere el calor mediante un sistema recirculador ubicado en el interior de la cámara, alcanzando temperaturas de hasta 90 °C y con un panel de control digital para la automatización de la temperatura y humedad. El secado solar ha sido de las operaciones de secado predilectas para aquellos que desean incursionar en la deshidratación de frutas y hortalizas.</p> <p>Horno intermitente para deshidratado. Importe \$68,000.00 Se adquirió un secador por convección forzada, el cual cuenta con la capacidad de procesar hasta 20-30 kg de producto fresco, las muestras son depositadas en bandejas con mallas de acero inoxidable de 0.45 m x 0.65 m. Alcanza temperaturas máximas de 160 °C.</p>



Tabla 5. Continuación

Rubro	Monto solicitado al fondo	Transferencia entre rubros	Monto concurrente	Monto ejercido	Justificación
					<p>Secador por aspersión B-290 Büchi. Importe \$1,172,987.94 Este recurso permitió adquirir un secador por aspersión escala laboratorio, el cual se utiliza en campos tan diversos como la industria láctea, alimentaria y química, donde ha ganado renombre por su desempeño. El secador por aspersión B-290 de Büchi está diseñado para que su escalamiento sea lineal en secadores por aspersión piloto y semi-industriales, por lo tanto, su transferencia tecnológica se facilita. En el presente proyecto se utilizó para secar jugo de jitomate, el cual se mezcló previamente con maltodextrina, harina de plátano y malanga, para aprovecharse como materiales de soporte.</p> <p>Evaporador rotatorio R-300 Büchi. Importe \$257,926.00 La humedad de los jitomates frescos oscila entre 90 y 95%, por lo tanto, se requirió concentrar el jugo de jitomate previo al secado por aspersión. El evaporador rotatorio que se adquirió permitió ajustar el contenido de sólidos del jugo de jitomate antes del secado por aspersión, además, sus aplicaciones son diversas: separación de disolventes miscibles, destilación, etc.</p>
TOTAL	\$1,750,000.00	\$ -	\$ -	\$1,750,000.00	





10. REFERENCIAS.

1. AOAC. 2006. Official Methods of Analysis. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
2. Banat, F., Jumah, R., Al-Asheh, S. y Hammad, S. (2002). Effect of operating parameters on the spray drying of tomato paste. *Engineering in life sciences*, 2(12), 403-407.
3. Barros, L., Ferreira, M. J., Queiros, B., Ferreira, I. C. y Baptista, P. (2007). Total phenols, ascorbic acid, β -carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. *Food chemistry*, 103(2), 413-419.
4. Borbón, Carlos y Arvizu, Marisol. (2015). Contraste empírico de la transferencia de tecnología en tres empresas de agricultura protegida en México. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 7 (3). ISSN 2007 - 0705. pp: 364 – 388.
5. Coxca, M. M., Villanueva, J. L. J., Jiménez, J. M., López, A. M. y Mendoza, J. O. (2020). Caracterización tecnológica de las unidades de producción de tomate bajo invernadero en Puebla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(5), 979-992.
6. Delgado-Alvarado, A. (2016). Efecto del proceso de deshidratación en el color y compuestos bioactivos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agro Productividad*, 9(4).
7. Etzkowitz, H. (2003). Innovation in innovation: the triple helix of university-industry-government relations. *Social Science Information*, 293-337.
8. Fernández-Pérez, V., Tapiador, J., Martín, A. y Luque de Castro, M. D. (2004). Optimization of the drying step for preparing a new commercial powdered soup. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 361-368. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.05.001>.
9. González-Maldonado, M. B. y García-Gutiérrez, C. (2012). Uso de biorracionales para el control de plagas de hortalizas en el norte de Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3), 31-45.
10. González-Sánchez, T., Delgado-Alvarado, A., Herrera-Cabrera, B. E. y Pérez-Luna, G. (2016). Efecto del proceso de deshidratación en el color y compuestos Bioactivos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *AGROProductividad*, 9(4).
11. Gutiérrez, C. G., Bojórquez, A. D. A., Castro, L. A. G., Montoya, N. V. y Jiménez, M. A. (2020). Evaluación de insecticidas biorracionales y *Beauveria bassiana* (Vuill) para el control del gusano del fruto del tomate. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17(1), 17-25.
12. INEGI. 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2017/>.
13. Jiménez, M. A., Gutiérrez, C. G., García, N. M. R., Meyer, M. L. y Hernández, J. C. S. (2015).





- Formulación de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra *Heliothis virescens* (Fabricius). Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 31(3), 219-226.
14. Kaur, S., Kumar, S. y Bhat, Z. F. (2015). Utilization of pomegranate seed powder and tomato powder in the development of fiber-enriched chicken nuggets. Nutrition & Food Science, 45(5), 793–807. <https://doi.org/10.1108/NFS-05-2015-0066>
 15. Ortiz-Jiménez, B.; Jiménez-Sánchez, L.; Morales-Guerra, M.; Quispe-Limaylla, A.; Turrent-Fernández, A.; Rendón-Sánchez, G. y Rendón-Medel, R. 2013. Nivel de adopción de tecnologías para la producción de jitomate en productores de pequeña escala en el estado de Oaxaca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4(3):447-460.
 16. Padilla, L. E.; Rumayor, A.; Pérez, O. y Reyes, E. 2010. Competitiveness of Zacatecas (México) Protected agriculture: the fresh tomato industry. Inter. Food Agribusiness Managem. Review. 1(13):45-64.
 17. Ramírez-Hernández, A.; Hernández-Mota, C.E.; Páramo-Calderón, D.E.; González-García, G.; Báez-García, E.; Rangel-Porras, G.; Vargas-Torres, A.; Aparicio-Saguilán, A. (2020). Thermal, morphological and structural characterization of a copolymer of starch and polyethylene. Carbohydrate Research 488.
 18. Shi, J., Le Maguer, M., Kakuda, Y., Liptay, A. y Niekamp, F. (1999). Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. Food Research International, 32(1), 15-21.
 19. Sidhu, G. K., Singh, M. y Kaur, P. (2019). Effect of operational parameters on physicochemical quality and recovery of spray-dried tomato powder. Journal of Food Processing and Preservation, 43(10), e14120.
 20. SIAP. 2016. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Agricultura protegida. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>
 21. Vázquez-León, L. A.; Páramo-Calderón, D. E.; Robles-Olvera, V. J.; Valdés-Rodríguez, O. A.; Pérez-Vázquez, A.; García-Alvarado, M. A.; Rodríguez-Jimenes, G. C. (2017). Variation in bioactive compounds and antiradical activity of *Moringa oleifera* leaves: influence of climatic factors, tree age, and soil parameters. European Food Research and Technology, 243, 1593–1608.





Anexo 1. Relación de residentes profesionales y actividades realizadas

Estudiante: Diego Flores González

Supervisor de las actividades: I.A. José Luis Ruan Cervantes

Título del trabajo: Buenas Prácticas Agrícolas en cultivos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) utilizando un sistema semihidropónico libre de agroquímicos tóxicos (como el glifosato): incidencia sobre productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Objetivo general: Desarrollar un programa de buenas prácticas agrícolas aplicado en la producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) mediante sistema semihidropónico, y transferido a productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, como estrategia para la eliminación del uso de agroquímicos tóxicos, como el glifosato.

OE*	Actividades
1 y 3	Revisión de literatura relacionada con las buenas prácticas agrícolas (BPA).
	Siembra y trasplante de las plantas de jitomate en invernadero del TecNM/I.T. Tehuacán
	Manejo de cultivo con agroquímico comercial y bajo BPA.
	Registro de datos de días de floración, enfermedades, plagas, producción.
	Pláticas/capacitaciones/talleres sobre BPA a productores de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.
	Cosecha en Invernadero del TecNM/I.T. Tehuacán, y recepción del jitomate de Frutos de Huerta Real, S.P.R. de R.L., para caracterización de los frutos en términos de calidad (color, tamaño, forma, firmeza) y parámetros fisicoquímicos (índice de madurez, sólidos solubles totales, acidez titulable y pH)
	Redacción del informe técnico y de la memoria fotográfica.

*Objetivo (s) específico (s) del proyecto correlacionados con las actividades de los residentes profesionales.





Estudiante: Arturo Ortiz Olascoaga

Supervisor de las actividades: I.A. José Luis Ruan Cervantes

Título del trabajo: Agricultura biorracional como alternativa al uso de agroquímicos tóxicos en cultivos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.): incidencia sobre productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Objetivo general: Desarrollar un programa de agricultura biorracional aplicado en la producción de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) mediante sistema semihidropónico, y transferido a productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, como estrategia para la eliminación del uso de agroquímicos tóxicos, como el glifosato.

OE*	Actividades
2	Revisión de literatura relacionada con las prácticas agrícolas biorracionales (PAB).
	Siembra y trasplante de las plantas de jitomate en invernadero del TecNM/I.T. Tehuacán
	Manejo de cultivo con tratamientos biorracionales (<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , micorrizas).
	Registro de datos de días de floración, enfermedades, plagas, producción.
	Pláticas/capacitaciones/talleres sobre PAB a productores de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.
	Cosecha en Invernadero del TecNM/I.T. Tehuacán, para caracterización de los frutos en términos de calidad (color, tamaño, forma, firmeza) y parámetros fisicoquímicos (índice de madurez, sólidos solubles totales, acidez titulable y pH).
	Redacción del informe técnico y de la memoria fotográfica.

*Objetivo (s) específico (s) del proyecto correlacionados con las actividades de los residentes profesionales.





Estudiante: Alejandra González Martínez

Supervisor de las actividades: Dr. Lucio Abel Vázquez León

Título del trabajo: Efecto de las condiciones del secado por charolas y solar sobre el rendimiento y retención de compuestos bioactivos del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Objetivo general: Evaluar el efecto de las condiciones del secado por charolas y solar sobre el rendimiento y retención de compuestos bioactivos del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

OE*	Actividades
4 y 5	Revisión de literatura sobre secado solar y secado en charolas aplicado a frutas.
	Recepción del jitomate de Frutos de Huerta Real, S.P.R. de R.L., y realización de las pruebas del secado según diseño experimental.
	Pláticas/capacitaciones/talleres sobre secado por aspersión a productores de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.
	Análisis fisicoquímicos para determinar la retención de compuestos (vitamina C, licopeno, fenoles totales) del jitomate deshidratado.
	Determinación de las propiedades fisicoquímicas (tamaño de partícula, color, actividad de agua, contenido de humedad, tiempo de dispersión, fluidez y compresibilidad) de las partículas secas de jitomate obtenidas bajo condiciones de máximo rendimiento, menor consumo de energía, máxima retención de compuestos bioactivos.
	Redacción del informe técnico y de la memoria fotográfica.

*Objetivo (s) específico (s) del proyecto correlacionados con las actividades de los residentes profesionales.





Estudiante: Jacqueline Concepción Antonio García

Supervisor de las actividades: Dr. Lucio Abel Vázquez León

Título del trabajo: Efecto de las condiciones del secado por aspersion sobre el rendimiento y retención de compuestos bioactivos del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Objetivo general: Evaluar el efecto de las condiciones del secado por aspersion sobre el rendimiento y retención de compuestos bioactivos del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

OE*	Actividades
4 y 5	Revisión de literatura sobre secado por aspersion aplicado a jugos de frutas.
	Recepción del jitomate de Frutos de Huerta Real, S.P.R. de R.L.,y realización de las pruebas del secado por aspersion según diseño experimental.
	Pláticas/capacitaciones/talleres sobre sobre secado por aspersion a productores de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.
	Análisis fisicoquímicos para determinar la retención de compuestos (vitamina C, licopeno, fenoles totales) del jitomate deshidratado.
	Determinación de las propiedades fisicoquímicas (tamaño de partícula, color, actividad de agua, contenido de humedad, tiempo de dispersión, fluidez y compresibilidad) de las partículas secas de jitomate obtenidas bajo condiciones de máximo rendimiento, menor consumo de energía, máxima retención de compuestos bioactivos.
	Redacción del informe técnico y de la memoria fotográfica.

*Objetivo (s) específico (s) del proyecto correlacionados con las actividades de los residentes profesionales.





Estudiante: Julia Rodríguez Hernández

Supervisor de las actividades: Dra. Violeta Carpintero Tepole

Título del trabajo: Aplicaciones potenciales de partículas secas de jitomate como ingrediente funcional para la elaboración de productos gastronómicos (puré de tomate, pastas, fideos) en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Objetivo general: Evaluar la aplicación de partículas secas de jitomate como ingrediente funcional para la elaboración de productos gastronómicos (puré de tomate, pastas, fideos) en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

OE*	Actividades
5 y 6	Revisión de literatura sobre química proximal y análisis sensorial de productos elaborados a base de ingredientes deshidratados.
	Evaluación sensorial de productos elaborados a partir de jitomate en polvo, con productores de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.
	Pláticas/capacitaciones/talleres a productores de jitomate del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, sobre las aplicaciones potenciales del jitomate en polvo como ingrediente funcional.
	Redacción del informe técnico y de la memoria fotográfica.

*Objetivo (s) específico (s) del proyecto correlacionados con las actividades de los residentes profesionales.





Estudiante: Anayancy Vázquez Hernández

Supervisor de las actividades: Dra. Violeta Carpintero Tepole

Título del trabajo: Escalamiento de una planta deshidratadora de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) para reducir las pérdidas postcosecha de productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Objetivo general: Desarrollar ingeniería de proyectos para el diseño de una planta deshidratadora de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) como estrategia para reducir las pérdidas postcosecha de productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

OE*	Actividades
7	Revisión de literatura sobre ingeniería de proyectos.
	Vinculación con la fase experimental y de producción de jitomate deshidratado.
	Planificación de la producción y diseño de planta.
	Difusión del diseño de planta hacia los productores agrícolas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.
	Redacción del informe técnico.

*Objetivo (s) específico (s) del proyecto correlacionados con las actividades de los residentes profesionales.





Estudiante: Lisset Adriana Pacheco Lima

Supervisor de las actividades: M.C. Francisco Ramón Díaz Arriaga

Título del trabajo: Impacto ambiental de una planta deshidratadora de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) ubicada en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán

Objetivo general: Evaluar el impacto ambiental de una planta deshidratadora de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) ubicada en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

OE*	Actividades
8	Establecer procedimientos para el control de las operaciones que generan impacto ambiental.
	Pláticas/capacitaciones/ talleres sobre el impacto ambiental del Plan de Manejo Integral propuesto a productores de jitomate del Valle de Tehuacán - Cuicatlán.
	Redacción del informe técnico del residente profesional.

*Objetivo (s) específico (s) del proyecto correlacionados con las actividades de los residentes profesionales.





Estudiante: Miguel Ángel Temaxte Cuevas

Supervisor de las actividades: Dr. Luis Carlos Ortuño Barba

Título del trabajo: Estudio financiero y estrategias de comercialización del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en polvo de productores organizados del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

Objetivo general: Valuar el proyecto de referencia para determinar costos y proyectar beneficios de acuerdo con distintas estrategias de comercialización.

OE*	Actividades
9	Recopilación de información interna del proyecto.
	Recopilación de información de mercado del producto
	Costeo de producto.
	Benchmarking de estrategias de comercialización
	Proyectar información
	Valuar proyecto mediante flujos de caja

*Objetivo (s) específico (s) del proyecto correlacionados con las actividades de los residentes profesionales.

