



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

BENEFICIO DE LOS RESIDUOS DE LA TUNA (*Opuntia ficus indica*, variedad Rojo vigor) PROVENIENTE DE SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA DEL MUNICIPIO DE ACATZINGO, PUEBLA

P R E S E N T A :

BIÓL. DULCE MARÍA HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ

DIRECTOR: DRA. MARÍA ELENA RAMOS CASSELLIS

CO-DIRECTOR: DR. ALFREDO ALEJANDRO GUZMÁN BECERRA



Revisada y autorizada

Revisada y autorizada

PUEBLA, PUEBLA

noviembre de 2021

Tabla de contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
I. INTRODUCCIÓN	6
II. JUSTIFICACIÓN	9
III. MARCO DE REFERENCIA	10
3.1 MARCO TEÓRICO	10
3.1.1 Antecedentes	10
3.2 MARCO CONCEPTUAL	14
3.2.1 Enfoque epistemológico	14
3.2.2 Paradigma	15
3.2.3 Tipo de investigación	15
3.2.4 Conceptos a utilizar	15
3.3 MARCO LEGAL	21
3.3.1 Alimentos	21
3.3.2 Residuos	23
IV. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	24
4.1 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	25
V. HIPÓTESIS	26
VI. OBJETIVOS	27
6.1.1 OBJETIVO GENERAL	27
6.1.2 OBJETIVOS PARTICULARES	27
VII. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	27
7.1 LOCALIZACIÓN	28
7.2 METODOLOGÍA	29
7.3 FASE DE CAMPO	30
7.3.1. Descripción del sistema de producción de la tuna	30
7.3.2 Traslado de muestras	34
7.4 FASE EXPERIMENTAL	34
7.4.1 Caracterización de residuos	34

7.5 PROPUESTA DE BENEFICIOS OBTENIDOS A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE LA TUNA -----	48
7.6 ANÁLISIS DE LOS DATOS-----	48
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	50
8.1 FASE DE CAMPO -----	50
<i>8.1.1. Descripción del sistema de producción de la tuna mediante el uso de la evaluación de cadenas agroalimentarias</i> -----	50
8.2 FASE EXPERIMENTAL -----	63
<i>8.2.1 Caracterización de residuos</i> -----	63
<i>8.2.2 Propuesta de beneficios obtenidos a partir de los residuos de la tuna</i> -----	81
IX. CONCLUSIONES -----	85
X. ANEXOS -----	87
XI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES -----	89
BIBLIOGRAFÍA -----	90

Índice de figuras

FIGURA 1 TUNA VARIEDAD ROJO VIGOR PRODUCIDA EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA.....	16
FIGURA 2 COMPOSICIÓN DE LA TUNA VARIEDAD ROJO VIGOR EN CORTE TRANSVERSAL	16
FIGURA 3 UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO, SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA.....	28
FIGURA 4 DIAGRAMA EN BLOQUES CON LA METODOLOGÍA A UTILIZAR EN LA INVESTIGACIÓN	29
FIGURA 5 RECOLECCIÓN DE DATOS EN FASE DE CAMPO	31
FIGURA 6 BÁSCULA ELECTRÓNICA MARCA EXPLORER PRO.....	35
FIGURA 7 UTILIZACIÓN DE TABLA DE PLÁSTICO Y CUCHILLO PARA SEPARAR LA CÁSCARA Y LA PULPA DE TUNA	36
FIGURA 8 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE TUNA EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA, ACATZINGO, PUEBLA	51
FIGURA 9 CULTIVO DE TUNA EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA	53
FIGURA 10 SUPERFICIE DE CULTIVO DE TUNA DE CADA PRODUCTOR EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA.....	54
FIGURA 11 VARIEDADES DE TUNA PRODUCIDAS EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA	55
FIGURA 12 TEMPORADA DE COSECHA DE TUNA EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA	56
FIGURA 13 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA TUNA PARA SU COSECHA EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA.....	58
FIGURA 14 EMPAQUES DE TUNA EN LA EMPRESA “LA FLOR DE VILLANUEVA”	58
FIGURA 15 ALMACENAMIENTO DE TUNA EN LA EMPRESA “LA FLOR DE VILLANUEVA”	59
FIGURA 16 USO DE LA TUNA QUE NO ES VENDIDA EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA	61
FIGURA 17 TUNA PRODUCIDA EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA CON DEFICIENCIAS DE CALIDAD	62
FIGURA 18 CÁSCARA DE TUNA DE LA VARIEDAD ROJO VIGOR DE SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA	68
FIGURA 19 PULPA DE TUNA DE LA VARIEDAD ROJO VIGOR DE SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA	68
FIGURA 20 PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES EN LA PULPA DE TUNA VARIEDAD ROJO VIGOR	69
FIGURA 21 ESCALDADO EN AGUA EN EBULLICIÓN DE LA CÁSCARA DE TUNA VARIEDAD ROJO VIGOR.....	70
FIGURA 22 ESCURRIMIENTO DE LA MUESTRA DE LA CÁSCARA DE TUNA VARIEDAD ROJO VIGOR.....	70
FIGURA 23 ESCALDADO CON AGUA FRÍA DE LA CÁSCARA DE TUNA VARIEDAD ROJO VIGOR	71
FIGURA 24 SECADO DE CÁSCARA DE LA CÁSCARA DE TUNA VARIEDAD ROJO VIGOR	72
FIGURA 25 CÁSCARA SECA DE LA CÁSCARA DE TUNA VARIEDAD ROJO VIGOR	72
FIGURA 26 CÁSCARA SECA DE LA CÁSCARA DE TUNA VARIEDAD ROJO VIGOR	72
FIGURA 27 MOLIDO DE LA CÁSCARA DE TUNA VARIEDAD ROJO VIGOR	74
FIGURA 28 CÁSCARA MOLIDA DE LA VARIEDAD ROJO VIGOR.....	74
FIGURA 29 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE TUNA EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA DEL MUNICIPIO DE ACATZINGO, PUEBLA	84

Índice de tablas

TABLA 1 VARIABLES CONTROL Y RESPUESTA	49
TABLA 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS TRES VARIEDADES DE TUNA CULTIVADAS EN SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA, ACATZINGO, PUEBLA.	57
TABLA 3 PESOS DE TUNAS QUE COMPONEN LAS MUESTRAS DEL MUESTREO 1.....	65
TABLA 4 PESOS DE TUNAS QUE COMPONEN LAS MUESTRAS DEL MUESTREO 2.....	66
TABLA 5 PROPORCIÓN DE CÁSCARA Y PULPA DE LA MUESTRA DE TUNA	67
TABLA 6 TEMPERATURA MEDIA Y HUMEDAD DE LOS DÍAS DE SECADO PARA LA MUESTRA 1	73
TABLA 7 TEMPERATURA MEDIA Y HUMEDAD DE LOS DÍAS DE SECADO PARA LA MUESTRA 2	73
TABLA 8 FIBRA TAMIZADA.....	75
TABLA 9 PARÁMETROS QUÍMICOS-PROXIMALES	75
TABLA 10 PROPIEDADES FUNCIONALES	77
TABLA 11 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CÁSCARA DE TUNA DE LA VARIEDAD ROJO VIGOR, PROVENIENTE DE SAN SEBASTIÁN VILLANUEVA, ACATZINGO, PUEBLA.....	79
TABLA 12 ANÁLISIS DE LOS DATOS	80
TABLA 13 USOS DE LA TUNA COMO RESIDUO	82

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el cultivo de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) es llevado a cabo en América, África, Europa, Asia y Oceanía en donde las aplicaciones de este cultivo tanto para los agricultores como para la comunidad científica han ido en incremento. Este cultivo se lleva a cabo en ambientes semiáridos lo que corresponde a más de 100 mil hectáreas que son ocupadas en 18 países alrededor del mundo, entre los que se puede mencionar Italia, Chile, Argentina, entre otros; en el caso específico de México, es el país que presenta la mayor superficie de cultivo de tuna con 51 mil 112 ha aproximadamente (FAO, 2018).

En México se producen aproximadamente 352 M T/A de tuna y se cuenta con alrededor de 20 mil productores de tuna donde el mayor volumen de producción se realiza en los estados de México, Zacatecas, Puebla e Hidalgo (FIRCO, 2017). Para el 2017, la exportación de tuna y xoconostle llegó a ser de 17 M T generando para el país ingresos económicos de hasta 8.9 millones de dólares (SIAP, 2018).

A nivel local, en el estado de Puebla, el municipio de Acatzingo en su localidad San Sebastián Villanueva son los principales productores de nopal y tuna en donde se concentra el 95% de la producción del estado (Mena, 2018), el resto de los pobladores se encargan de trabajar en servicios de comida, agua u otro servicio que hay en la comunidad (Herrera, 2018). En este sitio de estudio se siembran alrededor de 5 mil 500 ha de nopaleras y cada año se producen 75 M T de tuna (Santos, 2019). En esta área se producen varios tipos de tuna como la tuna cristalina, tuna roja San Martín y la variedad local Villanueva, de acuerdo con esto se puede decir que este producto tiene una gran importancia para la localidad ya que es su principal actividad económica y es una fuente importante de ingresos para las familias productoras.

Una parte importante en la que no se ha prestado mucha atención es en la disposición final de los residuos que genera la tuna ya que durante su proceso de selección y empaque para la venta y exportación hay una cierta cantidad que no tiene las

características necesarias de calidad por lo que no se venden, convirtiéndose en residuos que a su vez afectan el ambiente por su incorrecta disposición y por ende conlleva a pérdidas económicas (Camacho-Guerrero *et al.*, 2016). Es importante atacar este punto ya que los residuos y su mala disposición generan cambios en las condiciones del suelo, agua o aire, en algunas ocasiones estos residuos llegan a quemarse ocasionando la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera o contaminación de cuerpos de agua, por mencionar algunos; por otro lado, si los residuos se depositan en terrenos baldíos, durante la descomposición son liberados lixiviados los cuales se infiltran en el suelo afectando a las aguas subterráneas (Vargas-Corredor y Pérez-Pérez, 2018). Actualmente no se sabe la cantidad producida de este tipo de residuos en San Sebastián Villanueva a pesar de que este sitio como se ha mencionado anteriormente es el principal productor de tuna del estado por lo que es muy importante determinar este dato.

A través de los años, los residuos agroindustriales han llamado cada vez más la atención de los investigadores del mundo, esto se debe a que las partes que los conforman pueden llegar a ser aprovechados como materia prima y así generar productos de interés, además de minimizar el impacto ambiental causado por este tipo de residuos (Saval, 2012), por lo que se podría evitar la generación de estos residuos y al mismo tiempo se podría beneficiar económicamente a la comunidad.

Esta problemática es tomada en cuenta por la Organización de las Naciones Unidas con su aprobación de la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, ya que uno de los objetivos de este documento específicamente el número 12 Producción y consumo responsable, menciona que los impactos ambientales que causan los alimentos se generan en la producción de éstos dando como resultado una afectación al medio ambiente mediante el consumo de energía concerniente con los alimentos y la generación de residuos (ONU, 2015), por lo que se puede decir que es importante prestar atención al manejo de los residuos y así evitar problemas ambientales.

El objetivo de esta investigación es evaluar los beneficios de los residuos de la tuna a partir de sus propiedades funcionales y químicas para obtener alternativas de

transformación de éstos y generar productos valorizables, a través de herramientas de investigación utilizadas en campo y en laboratorio que ayudarán a lograrlo.

II. JUSTIFICACIÓN

Considerando que uno de los objetivos de Desarrollo Sostenible es el de tener una producción y consumo responsable (ONU, 2015), es importante que se desarrollen estrategias para lograrlo; esto para la industria agrónoma debe ser tomado en cuenta ya que se obtienen diferentes beneficios, para el ambiente al reducir la cantidad de residuos desechados y para la sociedad en el factor económico debido a que se pueden transformar los residuos en algún producto que tenga un valor agregado lo cual beneficia a la comunidad.

El cultivo de la tuna es la principal actividad económica para la comunidad de San Sebastián Villanueva, ya que les brinda beneficios económicos por su venta local y exportación a otros países, por esta razón es un producto con una gran importancia económica para las familias productoras de este cultivo siendo su base generadora de ingresos (Mena, 2018).

Debido a esta importancia en el aspecto económico, el proceso en el que hay que prestar atención es en la valorización de los residuos generados ya que se pueden evitar pérdidas económicas y al mismo tiempo se reducen los problemas ambientales generados por la incorrecta disposición de los mismos (Camacho-Guerrero *et al.*, 2016).

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Marco teórico

3.1.1 Antecedentes

3.1.1.1. Importancia de la tuna a nivel mundial

El cultivo de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) se realiza en todos los continentes del mundo, en donde los usos tradicionales de este cultivo son distintos entre cada país y por ende las aplicaciones para agricultores, ganaderos y la comunidad científica han ido en incremento. Este cultivo se realiza en áreas semiáridas en más de 100 mil ha en al menos 18 países alrededor del mundo. El país con la mayor superficie de cultivo de tuna es México con 51 mil 112 ha (FAO, 2018).

3.1.1.2 Importancia de la tuna en México

De acuerdo con el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), México produce aproximadamente 352 M T/A de tuna con un aproximado de 20 mil productores de tuna; teniendo el mayor volumen de producción en los estados de México, Zacatecas, Puebla e Hidalgo (FIRCO, 2017). Para el 2017, el volumen de exportación fue de 17 M T lo que genera para el país ingresos económicos de hasta 8.9 millones de dólares (SIAP, 2018).

3.1.1.3 Importancia de la tuna a nivel regional

En el estado de Puebla el municipio principal productor de nopal y tuna es Acatzingo, específicamente la localidad de San Sebastián Villanueva el cual concentra el 95% de la producción del estado (Mena, 2018). En esta localidad, el 95% de la población se dedica a la producción de la tuna, en donde se siembran alrededor de 5 mil 500 ha de nopaleras y cada año se producen 75 M T de tuna (Santos, 2019), por lo que se puede mencionar que este cultivo es una gran fuente de ingresos.

3.1.1.4 Importancia de la fibra dietética de los alimentos en la salud humana

De acuerdo con Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani (2010) la fibra dietética en sus dos clasificaciones, soluble e insoluble, ofrecen al cuerpo humano diversos beneficios al consumirla; por un lado, la fibra dietética soluble permite que haya una demora en la evacuación gástrica lo que conlleva a tener una digestión y absorción de alimentos más eficiente y se genera una sensación de saciedad; por otro lado, la fibra dietética insoluble brinda protección y minimiza problemas de estreñimiento y constipación debido a sus propiedades de retención de agua.

En el caso de enfermedades coronarias y cáncer se puede decir que el consumo constante de fibra dietética disminuye el riesgo de contraer este tipo de enfermedades según lo mencionan Lattimer y Haub (2010) en su estudio, donde también mencionan que el ingerir esta fibra se puedan reducir la obesidad y la diabetes.

Ramírez y Pacheco (2009) mencionan que el incluir en la dieta frutas y vegetales con altos contenidos de fibra dietética pueden generar impactos benéficos hacia la salud del ser humano debido a que colaboran en la prevención de enfermedades como la diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y la obesidad.

3.1.1.5 Aprovechamiento de residuos agroindustriales

De acuerdo con De Medeiros *et al.* (2020) hacen mención en su investigación que el bio compostaje hecho a partir de residuos de frutas y verduras como mango, melón, sandía, plátano, papaya, piña, pepinos, chayote, papas, entre otros; es un buen medio para el cultivo de microalgas permitiendo un buen crecimiento y mejorando la actividad antioxidante de los mismos, teniendo un potencial en la industria alimenticia por ser fuente de proteína.

Según Vargas *et al.* (2018), en su investigación que tuvo como objetivo el recabar información mediante una búsqueda bibliográfica sobre alternativas de aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente obtuvo como resultado cinco categorías para el empleo de estos residuos; siendo: 1) obtención de bioenergéticos, 2) procesos de compostaje, 3) aprovechamiento en la producción de

alimentos para animales, 4) elaboración de otros productos de interés y 5) recuperación de medios abióticos contaminados. Por lo que se puede apreciar que estos residuos pueden llegar a ser aprovechados de diferentes maneras y es importante que se tomen en cuenta para así reducir impactos negativos que puedan afectar al ambiente.

En cuanto a estudios realizados por Tejeda, Herrera y Núñez (2016) sobre la adsorción como medio removedor de plomo en aguas contaminadas encontraron que esto es posible a través de biomasa residual de cáscara de naranja y zuro de maíz, en donde compararon las biomásas en función de su tamaño de partícula y pH. En sus resultados obtuvieron que hay una mejor capacidad de adsorción en tamaños de partícula de 0,5 mm y 1 mm para cáscara de naranja y zuro de maíz respectivamente a un pH de 6, obteniendo una eficacia de remoción del 67,5% y 99,2% respectivamente.

Por otro lado, con la investigación de Ramírez-Cortina *et al.* (2012), ésta tuvo como objetivo el caracterizar física y químicamente el bagazo de agave para así encontrar una tecnología que lo incluyera en la alimentación de rumiantes. Realizó una prueba de digestibilidad para compararlo con otros forrajes e incluyó un pretratamiento con hidróxido de calcio con el fin de disminuir la cantidad de lignina presente y aumentar la digestibilidad. Como resultado obtuvo que con el tratamiento dado de hidróxido de calcio se aumentó la digestibilidad de 36 a 54.5% lo que indica que es viable agregarla en la alimentación de los rumiantes aparte de que este tratamiento aporta calcio lo que es favorecedor en el alimento animal. Se puede apreciar que existen alternativas para aprovechar los residuos del sector agroindustrial por lo que es muy importante prestarles atención a éstos y así poder obtener beneficios de ellos.

Yepes *et al.* (2008), en su investigación tuvieron como objetivo el conocer la problemática por la que atravesaba la ciudad de Medellín en cuanto a la generación de residuos agroindustriales que provienen del procesamiento de naranja, guayaba, guanábana y mango para posteriormente por medio de una caracterización fisicoquímica de éstos proponer alternativas de aprovechamiento. Las principales opciones incluyen el compostaje y la lombricultura disminuyendo así los gastos invertidos en la disposición final en rellenos sanitarios y el impacto ambiental producido.

3.1.1.6 Contaminación por residuos agroindustriales

Se hace referencia al cambio de las condiciones físicas, químicas o biológicas de los recursos agua, suelo o aire causadas por una disposición deficiente de los residuos agroindustriales; algunos de estos suelen quemarse por lo que llegan a generar la liberación de gases como el dióxido de carbono, contaminación de cuerpos de agua, presencia de olores originados por gases como el metano, proliferación de vectores de enfermedades, entre otros; otra manera de contaminar es depositándolos en terrenos baldíos lo que ocasiona que se produzca lixiviados por su degradación que se infiltran en el suelo perjudicando a los mantos acuíferos (Vargas-Corredor y Pérez-Pérez, 2018).

De acuerdo con Barragán *et al.* (2008), como resultado de procesos agroindustriales se obtienen residuos y si estos no se disponen adecuadamente generan problemas ambientales, por lo que las industrias deben atacar este problema de gestión; estos autores proponen numerosas maneras de aprovechamiento de este tipo de residuos para evitar impactos negativos al ambiente entre las que destacan procesos de remediación de suelos y tratamientos de aguas.

3.1.1.7 Aprovechamiento de los residuos de la tuna

De acuerdo con Camacho-Guerrero *et.al.* (2016), en su investigación que tuvo como objetivo el evaluar la composición bromatológica y propiedades funcionales de la cáscara de tuna blanca deshidratada y molida a través de técnicas específicas, obtuvieron que este residuo puede ser utilizado como complemento de alimentación humana, debido a su contenido nutricional y de acuerdo con sus propiedades funcionales se puede incorporar a productos cárnicos, de repostería y panadería para el mejoramiento de su calidad nutricional y de calidad. Esta investigación tiene una gran importancia ya que se centraron en destacar que los residuos de la cáscara de la tuna pueden tener un valor.

En otra investigación realizada por Díaz-Vela *et al.* (2016), mencionan que la cáscara de frutas como la tuna y la piña son importantes como fibra dietética, ya que tienen efectos positivos en productos cárnicos; en donde para llegar a esta conclusión analizaron una serie de tratamientos para localizar el efecto de estas cáscaras sobre las propiedades

fisicoquímicas, texturales y estructurales de un embutido el cual fue inoculado por una bacteria. De acuerdo con sus resultados concluyeron que, el producto cárnico presentaba una baja rancidez y esto se debió a la composición de la harina de cáscara de tuna ya que en cuanto a su composición ésta está formada por taninos, flavonoides y polifenoles y cuenta con una capacidad antioxidante lo que permite esta característica. Por lo que se puede apreciar que la cáscara de tuna tiene propiedades que, con otros alimentos puede fusionarse mejorando la calidad del producto.

3.1.1.8 Diseño de encuesta

En el proceso de elaboración de la encuesta a realizar se debe de tomar en cuenta lo siguiente: el cuestionario se realiza con preguntas previamente determinadas, en cuanto a las preguntas, éstas deben tener un orden, deben ser cerradas o tienen que dar respuestas inmediatas, tienen que ser entendibles, sin ambigüedades o con dobles sentidos y, por último, no deben hacerse preguntas que sean innecesarias o redundantes (López-Roldán y Fachelli, 2015).

3.2 Marco conceptual

3.2.1 Enfoque epistemológico

La epistemología es la ciencia encargada del entendimiento del conocimiento científico. Las concepciones epistemológicas dependen de un enfoque del mismo tipo, por lo que se debe tener en cuenta diferentes perspectivas, para que pueda ser evaluada por otras posturas. Referente a lo anterior, la investigación se trabajó con un enfoque epistemológico racionalista-realista, puesto que se trabajó con la realidad y el conocimiento obtenido fue por medio de conjeturas amplias sobre el objeto de estudio; del mismo modo, se realizará una metodología mixta, ya que se obtendrán datos cualitativos (sociales y culturales) y cuantitativos (económicas y ambientales) para desarrollar el proyecto, las cuales requieren trabajo de campo y laboratorio en donde se obtendrán mediciones y datos de interés (Padrón, 2007).

3.2.2 Paradigma

El paradigma en el que se basa esta investigación es el constructivista, debido a que, en el aspecto ontológico, la realidad en la que trabajan dependerá de cada actor que participe; en el aspecto epistemológico los conocimientos generados entre el objeto de estudio y el investigador se forman a partir de la interacción de los mismos; y finalmente en aspecto metodológico las construcciones obtenidas son definidas y comparadas por leyes con el fin de alcanzar la verdad (Moreno *et al.*, 2001).

3.2.3 Tipo de investigación

El tipo de investigación se enfoca en la manera en la que se pretende resolver o contribuir en el problema de interés y el alcance que tiene la investigación (Jiménez, 1998). Tomando en cuenta lo anterior, esta investigación es de tipo descriptivo porque se requiere saber de qué manera se pueden aprovechar los residuos de la tuna de acuerdo con las propiedades funcionales detectadas por medio de diferentes técnicas en laboratorio.

3.2.4 Conceptos a utilizar

3.2.4.1 Tuna

La tuna es la fruta del nopal que, dependiendo de la variedad, tiene diferencias en su color, forma y tamaño, contiene un gran número de semillas, gran contenido de carbohidratos y baja acidez; cuenta con una baja necesidad de agua como otras cactáceas por lo que es características de zonas áridas (Ochoa-Velasco y Guerrero-Beltrán, 2010).

3.2.4.1.1 Morfología de la tuna

La tuna es un fruto carnoso y pesa entre 67 a 216 g, está compuesta por un endocarpio y mesocarpio que comprende a la pulpa con semillas y el epicarpio que corresponde a la cáscara, misma que presenta espinas; la cáscara representa del 33 al 50% del peso total de la fruta, a lo que la pulpa y las semillas representan del 45 al 67% y del 2 al 10% respectivamente (Fig. 1 y 2) (Ochoa-Velasco y Guerrero-Beltrán, 2010).



Figura 1 Tuna variedad Rojo vigor producida en San Sebastián Villanueva

Fuente: Fotografía propia, 2020

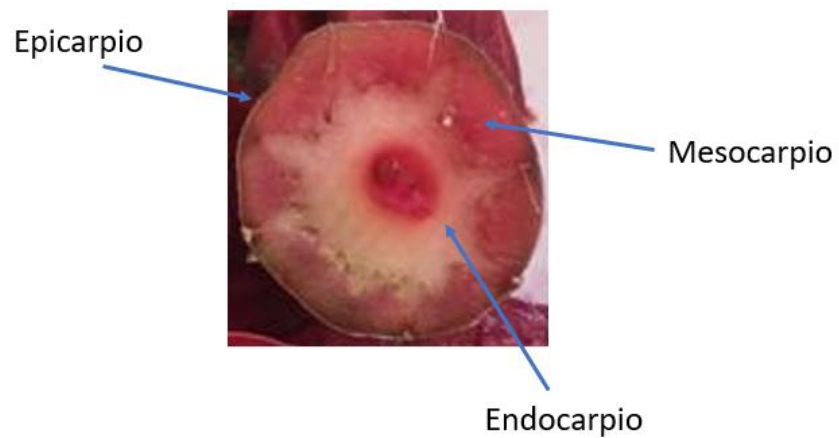


Figura 2 Composición de la tuna variedad Rojo vigor en corte transversal

Fuente: Fotografía propia, 2020

3.2.4.2 Agroindustria

Se refiere a la actividad económica en el que se involucran el proceso productivo agrícola y el de la industria con el fin de generar alimentos para su comercio (Cury *et al.*, 2017).

3.2.4.3 Residuo

El concepto de residuo a lo largo del tiempo ha tenido varios significados, actualmente se define como los materiales o productos que son desechados por su propietario, éstos pueden encontrarse ya sea en estado sólido o semisólido, como un líquido o gas vertido en recipientes, y que es susceptible de ser valorizado a tener algún tratamiento o disposición final (SEMARNAT, 2018), con base en esto, se establece una política nacional en donde se les otorga un valor económico y se impone la responsabilidad a los generadores de darles un tratamiento adecuado.

3.2.4.3.1 Clasificación de los Residuos

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (SEMARNAT, 2018) los residuos se clasifican de la siguiente manera:

Residuos de Manejo Especial: Son aquellos que se generan en los procesos productivos y que no cuentan con las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos; por otro lado, los residuos que se producen por grandes generadores de residuos sólidos urbanos también se consideran residuos de manejo especial.

Residuos Peligrosos: Son aquellos residuos que cuentan con alguna característica de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad o Biológico Infeccioso (CRETIB), así como también los envases, recipientes o donde se haya contenido el residuo y que hayan estado en contacto.

Residuos Sólidos Urbanos: Materiales producidos en casa habitación y que resultan del desecho de los materiales utilizados en actividades domésticas, así como también de los productos que consumen y sus envases o empaques; los residuos que provienen de actividades dentro de establecimientos o en la vía pública que generen residuos con características domiciliarias, y los que resultan del aseo de las vías y lugares públicos.

3.2.4.3.2 Manejo Integral de Residuos

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) (SEMARNAT, 2018) define al manejo integral de residuos como las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, realizadas adecuadamente ya sea de manera individual o en conjunto, con el fin de cumplir objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

3.2.4.3.3 Residuos agroindustriales

Este tipo de residuos son generados por el sector agroindustrial en donde estos son desechados ya sea en estado sólido o líquido y se obtienen a partir del consumo de productos primarios que ya no tienen utilidad para el proceso para el que fueron generados pero que a su vez pueden ser aprovechados o transformados obteniendo un producto con algún valor económico o social (Vargas-Corredor y Pérez-Pérez, 2018).

3.2.4.4 Aprovechamiento de residuos agroindustriales

Se refiere a desarrollar alternativas que originen una transformación de los recursos naturales de una manera sustentable de acuerdo con la composición de los productos (Vargas-Corredor y Pérez-Pérez, 2018).

3.2.4.5 Fibra dietética

La fibra dietética forma parte de los alimentos vegetales y está formada por celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina mismos que a su vez conforman la pared celular de este tipo de alimento (McPherson, 1982). Se puede clasificar en dos tipos de acuerdo con su solubilidad en agua, siendo soluble e insoluble; la fibra soluble está relacionada con propiedades de volumen, en el caso de la fibra insoluble ésta tiene relación con el fomentar o inhibir el crecimiento de bacterias en los intestinos o el colon (Liu *et. al.*, 2020).

3.2.4.6 Cadena de valor

Hace referencia al conjunto de actividades necesarias en el que un producto o servicio transita por distintas etapas, comprendiendo desde su origen hasta la entrega al consumidor y su disposición final terminado su uso (Padilla y Oddone, 2016).

3.2.4.7 Eslabón

Etapas dentro de una cadena de valor como el origen y diseño, producción del servicio, circulación del producto, consumo, manejo y disposición final (Padilla y Oddone, 2016).

3.2.4.8 Cadenas agroalimentarias

Comprende todas las etapas involucradas para la producción de alimentos, desde la producción al proceso de transformación, comercialización, mercadeo y consumo (FAO, 2021).

3.2.4.8.1 Evaluación de cadenas agroalimentarias

Identificar las operaciones e inconsistencias dentro del sistema de las cadenas agroalimentarias y que tienen repercusiones positivas o negativas en el rendimiento del cultivo o la calidad del producto (La Gra, Kitinoja y Alpízar, 2016).

3.2.4.8.2 Competitividad sistémica

Ésta surge desde la necesidad de una producción sostenible y la globalización actual a partir del uso de los recursos disponibles de una manera eficiente (Santacruz, Rodríguez y Aranda, 2019). Dentro de esta competitividad sistémica se pueden encontrar cuatro niveles que están interrelacionados y son macro, micro, meta y meso. El nivel meta de la competitividad se refiere al desarrollo de las capacidades nacionales de conducción donde la integración social es un determinante de este nivel, se incluyen las condiciones institucionales, así como también el consenso de desarrollo industrial y la integración competitiva que existe en mercados mundiales. El nivel macro de la competitividad se basa en el aseguramiento de las condiciones macroeconómicas dentro de un espacio territorial, esto hace posible que existan mercados con eficacia que aseguran la consignación de recursos de manera justa. En el nivel meso hay una relación de

elementos nacionales y territoriales, se otorgan apoyos a las empresas por su esfuerzo y lo conforman políticas para el surgimiento de ventajas dentro de la competitividad, ya sea por el entorno y las instituciones. El nivel micro tiene que ver con las necesidades en cuanto a tecnología e institucionales; este nivel está basado en la interacción (Ferrer, 2005).

3.2.4.9 Encuesta

Una encuesta es una técnica para recabar datos a través de preguntas en donde se utiliza como instrumento el cuestionario y así obtener conceptos de algún problema de investigación (López-Roldán y Fachelli, 2015). Es utilizada para conocer características y el comportamiento de grupos de interés para así poder llegar a una toma de decisiones (Kuznik *et al.*, 2010).

3.2.4.10 Muestreo no probabilístico

En este tipo de muestreo, la selección de los sujetos, a considerar muestra, serán elegidos conforme a criterios o características que el investigador contemple o crea importantes en el momento (Otzen y Manterola, 2017).

3.2.4.11 Muestreo no probabilístico por conveniencia

El tipo de muestreo por conveniencia es en donde se seleccionan los sujetos a los que se tenga una mayor accesibilidad o proximidad y, que acepten tomarse en cuenta para recabar la información (Otzen y Manterola, 2017).

3.2.4.12 Rendimiento

De acuerdo con la Real Academia Española, el rendimiento se refiere a la proporción que existe entre el producto en su totalidad y el resultado obtenido a través de algún medio (RAE, 2006).

3.2.4.13 Análisis químico proximal

Se refiere a la evaluación realizada con el fin de conocer la materia que compone a los alimentos, de donde se puede obtener humedad, cenizas, fibra, proteínas, extracto etéreo y digestibilidad (Gonzales *et al.*, 2016).

3.2.4.14 Normas Oficiales Mexicanas (NOM's):

El uso de las Normas Oficiales Mexicanas en materia ambiental es en donde se establecen las especificaciones, requisitos y procedimientos aplicados para el aprovechamiento de los recursos naturales y se llevan a cabo de una manera obligatoria por las Dependencias de la Administración Pública Federal (SEMARNAT, 2018).

3.2.4.15 Normas mexicanas (NMX's)

Las Normas Mexicanas (NMX) son de ámbito primordialmente voluntario realizadas por la Secretaría de Economía y Organismos Nacionales de Normalización (ONN); en donde se mencionan las especificaciones, métodos de prueba y características aplicables a un producto o proceso, entre otras más (Secretaría de Economía, 2016).

3.2.4.16 Digestibilidad de las fibras

Transformar los alimentos consumidos a través de procesos digestivos en sustancias que el cuerpo es capaz de asimilar (RAE, 2021).

3.3 Marco legal

En el aspecto legal, se cuenta con diferentes herramientas que toman en cuenta a los alimentos, la agroindustria y a sus residuos, entre las que se pueden mencionar:

3.3.1 Alimentos

Codex alimentarius. Frutas y hortalizas frescas: Existen lineamientos desarrollados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la

Organización Mundial de la Salud (2007) en este libro llamado *Codex alimentarius*. Frutas y hortalizas frescas, se menciona:

- Norma del Codex para la tuna. CODEX STAN 186-1993, Emd. 1-2005: Norma con especificaciones de clasificaciones de calidad para las variedades comerciales de tuna.

3.3.1.1 Análisis de alimentos

Para el análisis de los residuos de la tuna se utilizará la siguiente normatividad:

3.3.1.1.1 Análisis ponderales

NMX-FF-008-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Determinación de tamaño.

3.3.1.1.2 Análisis fisicoquímicos

NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos.

NMX-F-102-S-1978. Determinación de acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas.

NMX-F-103-1982. Determinación de grados Brix.

3.3.1.1.3 Análisis químico-proximales

NMX-F-083-1986. Determinación de humedad en productos alimenticios.

NMX-F-607-NORMEX-2013. Determinación de cenizas en alimentos.

NOM-F-086 -SSA1-1994. Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.

NMX-F-608-NORMEX-2011. Alimentos-determinación de proteínas en alimentos.

NMX-F-613-NORMEX-2017. Alimentos-determinación de fibra cruda en alimentos.

3.3.1.1.4 Análisis funcionales de las fibras

AOAC International: Esta asociación publica Métodos Oficiales de Análisis (OMA), en donde se pueden encontrar métodos estandarizados de análisis químico en temas de seguridad de alimentos (AOAC, 1995).

Determinación de fibra cruda: Por medio del método de hidrólisis ácido-alcalina 991.42 (AOAC, 1995)

3.3.2 Residuos

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR): En cuanto a los residuos existe la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de residuos en donde se manejan los lineamientos de protección ambiental desde una perspectiva de prevención y gestión integral de residuos aplicable en todo el territorio mexicano (SEMARNAT, 2018).

NOM-161-SEMARNAT-2011: Ya que los residuos agroindustriales son considerados residuos de manejo especial, éstos se regirán de acuerdo con esta NOM en donde se especifican los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial, así como también el determinar cuáles están sujetos a planes de manejo y el procedimiento para la elaboración de estos últimos (SEMARNAT, 2011).

IV. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la localidad de San Sebastián Villanueva perteneciente al municipio de Acatzingo en el estado de Puebla, de acuerdo con Santos (2019) la mayoría de los habitantes se dedican al cultivo de la tuna en donde alrededor del 95 por ciento de la población total se dedica a esta actividad. En cada cosecha de tuna hay cierta cantidad que no logra venderse o exportarse a causa de deficiencias en la calidad del producto, debido al ciclo de vida corto que tiene esta fruta, y de las pérdidas que hay en el momento de cosecha y empaque para su venta y exportación por lo que éstos se convierten en residuos siendo un problema grave, ya que no cuentan con una disposición adecuada generando problemas ambientales y pérdidas económicas al no vender esos productos (Camacho-Guerrero *et al.*, 2016).

Teniendo en cuenta que, según las estadísticas, esta es la actividad económica primaria de la que la gente obtiene sus ingresos, por lo que no puede dejarse de lado cuando se plantea que los residuos se están volviendo un problema al no tener una idea para aprovecharlos.

Para transformar estos residuos y convertirlos en algún recurso con valor es importante mencionar que existen diferentes maneras de lograrlo, de acuerdo con investigaciones realizadas por diversos autores se pudo obtener información acerca de los usos que tienen a través de sus propiedades funcionales convirtiendo estos residuos en productos con valor económico (Camacho-Guerrero *et al.*, 2016) y así beneficiar la economía de los productores al no tener pérdidas monetarias por no vender sus productos.

La presente investigación se trabajó con un enfoque epistemológico racionalista-realista donde se realizó una metodología mixta obteniendo datos cualitativos y cuantitativos para llevar a cabo este estudio (Padrón, 2007). El paradigma en el que la investigación se basó

es el constructivista, puesto que los conocimientos se formaron a partir de las interacciones entre el objeto de estudio y el investigador (Moreno Jiménez *et al.*, 2001).

4.1 Preguntas de investigación

¿Cómo es el sistema de la producción de la tuna?, ¿Cuáles son los residuos que se generan y en qué cantidad?, ¿Qué características físicas, químicas y funcionales presentan los residuos de la tuna? y, ¿Qué productos se pueden obtener mediante el aprovechamiento de los residuos de la tuna?

V. HIPÓTESIS

Los residuos de la tuna pueden ser aprovechados debido a las propiedades funcionales y químicas con las que cuentan, como una alternativa de transformación de éstos para la obtención de productos valorizables.

VI. OBJETIVOS

6.1.1 Objetivo general

Evaluar los beneficios de los residuos de la tuna a partir de sus propiedades funcionales y químicas, como una alternativa de transformación de éstos para la obtención de productos valorizables.

6.1.2 Objetivos particulares

- Describir el sistema de la producción de tuna por medio de diversas técnicas en la localidad de San Sebastián Villanueva, Acatzingo, Puebla.
- Identificar el tipo y cuantificar la cantidad de residuos de tuna generados en la localidad de San Sebastián Villanueva, Acatzingo, Puebla.
- Caracterizar los residuos a través de procesos ponderales, físicos, químicos y funcionales.
- Proponer alternativas de transformación de estos residuos en productos valorizables.

VII. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

7.1 Localización

El Sitio de estudio se encuentra en la junta auxiliar de San Sebastián Villanueva perteneciente al municipio de Acatzingo en el estado de Puebla (Fig. 3), este municipio cuenta con un rango en su temperatura que oscila entre 12 a 18°C y su precipitación va de 600 a 900 mm (INEGI, 2009) . Según INEGI en su censo realizado en el 2010, la localidad cuenta con una población total de 6 mil 866 personas (SEDESOL, 2013).

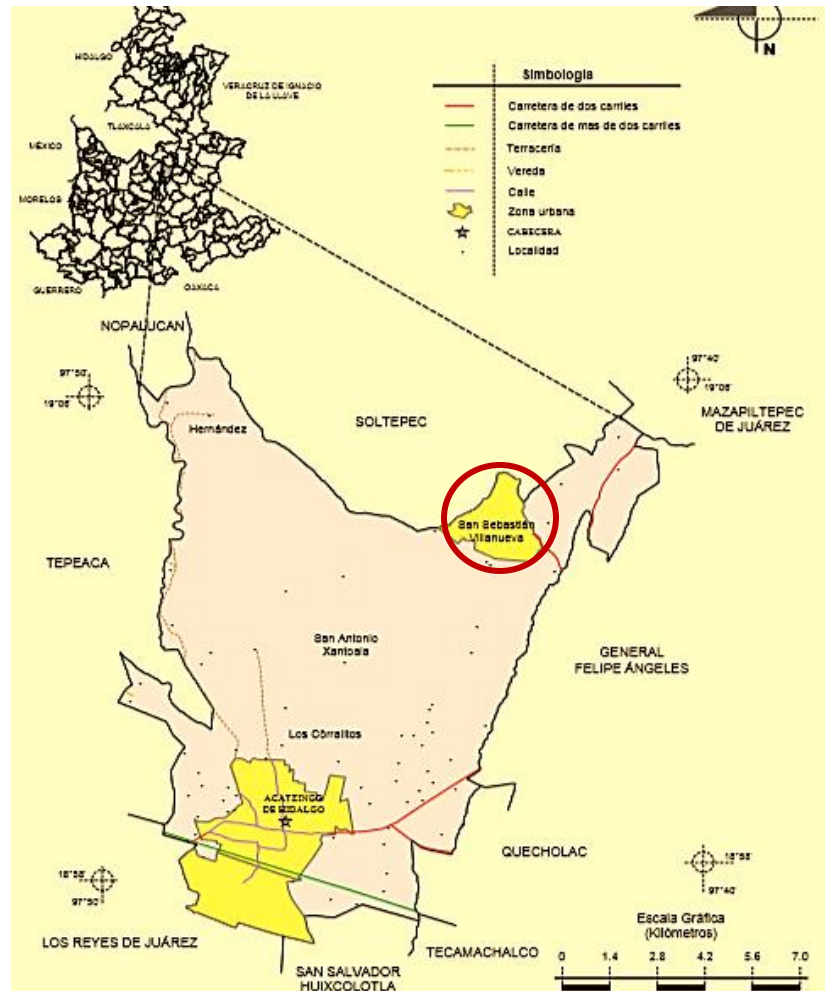


Figura 3 Ubicación del sitio de estudio, San Sebastián Villanueva

Fuente: INEGI, 2009

7.2 Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación, se consideró el siguiente diagrama en bloques el cual contiene la metodología realizada:

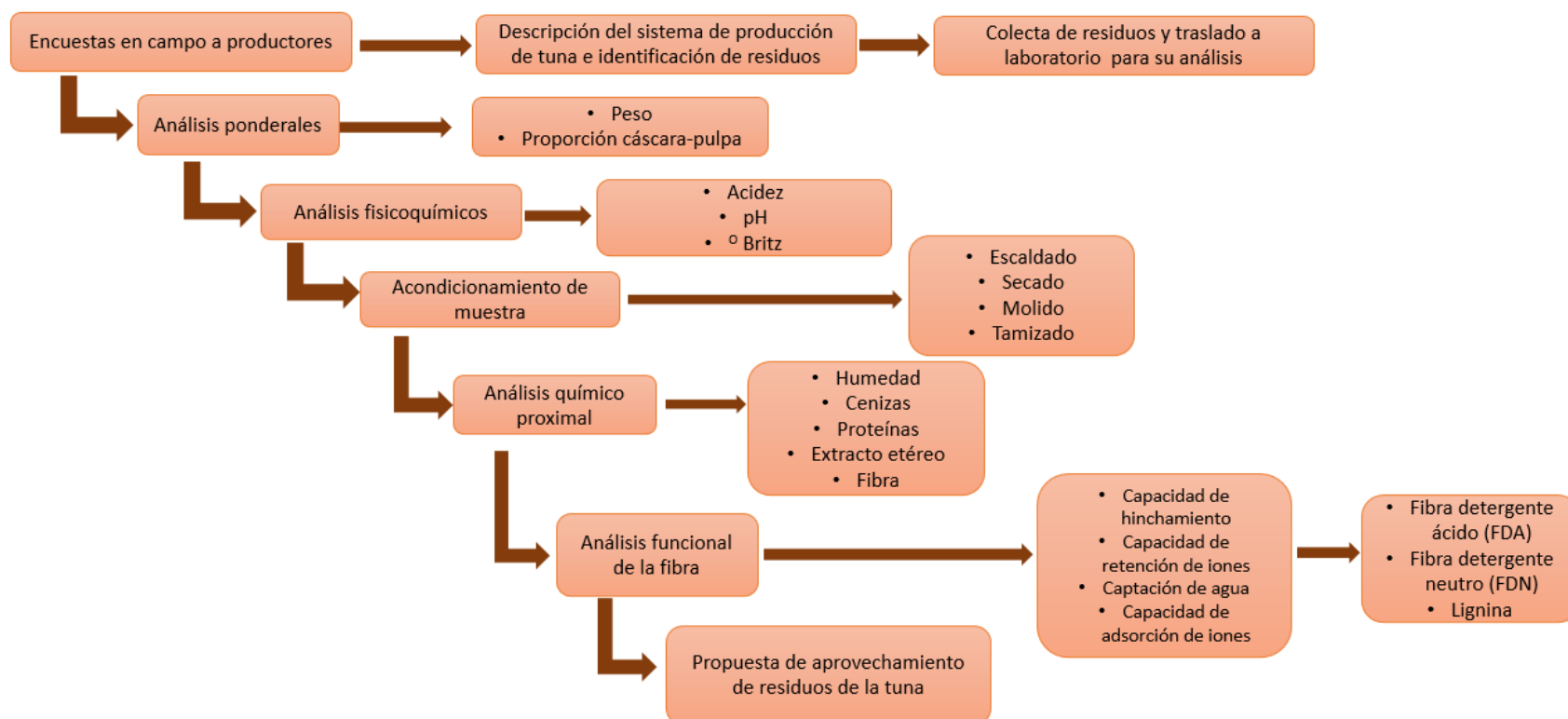


Figura 4 Diagrama en bloques con la metodología a utilizar en la investigación

Fuente: Elaboración propia, 2019

7.3 Fase de campo

7.3.1. Descripción del sistema de producción de la tuna

Para obtener información y así posteriormente describir el sistema de producción de la tuna, se utilizaron cuatro distintas técnicas (Figura 5), mismas que se desarrollarán a continuación:

7.3.1.1 Búsqueda de referencias electrónicas

La recolección de información sobre datos relacionados con la producción de tuna en esta localidad también se realizó a través de una búsqueda en sitios web, portales de internet y páginas web oficiales y confiables, en donde fueron encontrados datos de producción, de la cantidad de productores y empresas comercializadoras de tuna de esta localidad (Martín y Lafuente, 2017).

7.3.1.2 Observación directa

Se realizó una observación directa en un cultivo y comercializadora de la localidad en donde se obtuvo información sobre las acciones que ejecutan durante los procesos que implica la producción de tuna hasta llegar a su comercialización (Rekalde *et al.*, 2014), así como también saber las variedades de tuna que cultivan y sus principales problemas en cuanto a los residuos que se generan de este producto.

7.3.1.3 Contacto telefónico

Se buscó a un productor mayoritario de la localidad de San Sebastián Villanueva quien tuvo la disponibilidad de brindar información para esta investigación. Se obtuvo información sobre los procesos que lleva a cabo para obtener el producto tuna, desde su cosecha hasta su comercialización, esto se recabó mediante una encuesta en donde se utilizó como herramienta una cédula (Anexo 1) (INCA Rural, 2010) formada por una mezcla de preguntas dicotómicas, abiertas y de opción múltiple, los datos recabados fueron sobre tipo de producción; época de producción y cosechas; cantidad de producto cosechado; presencia o ausencia de plagas; proceso de comercialización de la tuna; proceso de selección y empaque de la tuna; y así como también la cantidad de tuna considerada residuo.

7.3.1.4 Encuestas

Por último, para esta técnica de recolección de datos se utilizó como instrumento una cédula (Anexo 1) que se realizó cara a cara con el encuestado (INCA Rural, 2010). Para la aplicación de dicha encuesta se eligió una prueba no probabilística por conveniencia que fue realizada a once productores de la comunidad con los que se tuvo la accesibilidad de contactarlos y tuvieron la disponibilidad de proporcionar la información requerida.

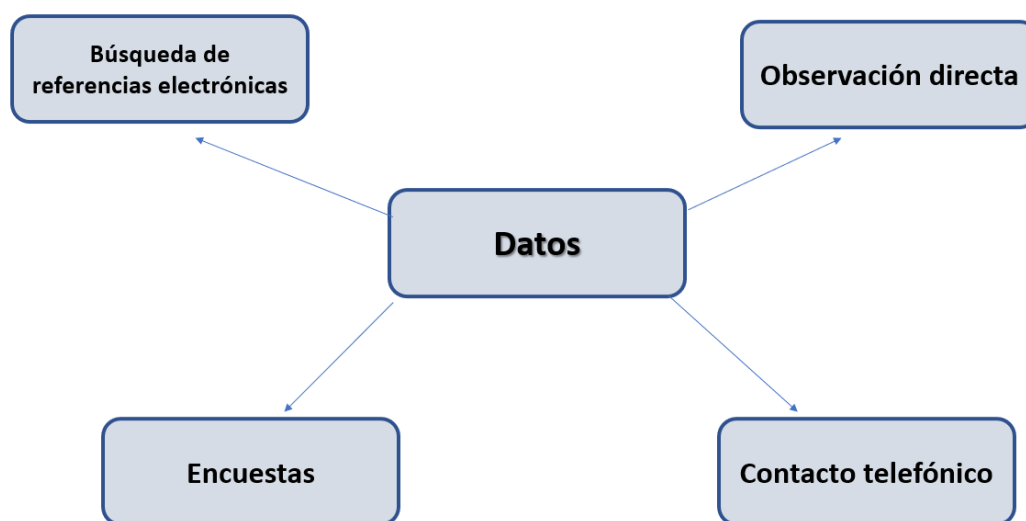


Figura 5 Recolección de datos en fase de campo

Fuente: Elaboración propia, 2020

7.3.1.5 Descripción del sistema mediante el uso de la evaluación de cadenas agroalimentarias

Reunida la información recabada por las cuatro técnicas aplicadas en campo, se procedió a recurrir a la metodología de Evaluación de cadenas agroalimentarias (La Gra *et al.*, 2016) para describir el sistema de producción de tuna y así como también identificar los actores involucrados en él; fueron tomados en cuenta 26 componentes principales que tienen una perspectiva de pérdidas de alimentos. Los componentes fueron repartidos en los procesos de la precosecha y poscosecha que a su vez se encuentran divididos en indicar si tales componentes tienen alguna relación con la preproducción, producción,

mercadeo y manejo poscosecha. A continuación, se describirá cada uno de los componentes que involucra la evaluación de cadenas agroalimentarias:

Componente 1. Importancia relativa del producto: Se determinó analizando la producción, importación o exportación y planes nacionales o regionales de desarrollo; esto con el fin de identificar la importancia relativa del producto dentro de la economía nacional.

Componente 2. Políticas del sector público: Fue necesario reconocer las políticas del sector público que afectan de manera positiva o negativa ya sea la producción, precio, calidad del producto o los ingresos de los productores.

Componente 3. Instituciones relevantes: Se reconocieron de las instituciones que afectan positiva o negativamente sobre la productividad, calidad, precios de cultivos y las pérdidas, durante la precosecha y poscosecha.

Componente 4. Servicios de apoyo: Se describieron los servicios de apoyo otorgados por las instituciones que fueron reconocidas en el componente 3, así como también se determinó su impacto en los procesos de producción, manejo de poscosecha y comercialización de la tuna.

Componente 5. Organizaciones agropecuarias: Se identificaron las organizaciones agropecuarias en la zona estudiada.

Componente 6: Requerimientos y restricciones del ambiente: Se identificaron las limitaciones que las condiciones ambientales ejercen sobre la baja calidad o rendimiento del cultivo de la tuna.

Componente 7: Disponibilidad de semillas y material genético: Se identificaron las fuentes de semillas y así saber si éstas tienen relación en cuanto a la cantidad y calidad sobre la producción.

Componente 8: Prácticas culturales del agricultor: Se identificaron las prácticas culturales realizadas por los productores y si éstas afectan la calidad de la producción.

Componente 9. Plagas y enfermedades: Identificar las plagas o enfermedades que puede presentar el cultivo y si impactan económicamente al productor.

Componente 10. Tratamientos de precosecha: Se identificaron los tratamientos físicos y químicos que son utilizados en la precosecha y si afectan la calidad en la poscosecha.

Componente 11. Costos de producción: Se tomaron en cuenta los costos de insumos y mano de obra, así como su administración dentro de la cadena agroalimentaria.

Componente 12. Cosecha: Se identificaron las prácticas realizadas para la cosecha de la tuna.

Componente 13. Selección, tamaño, grado e inspección: Se identificó el lugar y acciones de la selección, clasificación e inspección.

Componente 14. Tratamiento físico y químico de la poscosecha: Se describieron los tratamientos físicos y químicos que son utilizados durante la poscosecha.

Componente 15. Empaque: Se determinaron las características y métodos del empacamiento del producto.

Componente 16. Refrigeración: Fueron identificados el tipo de refrigeración utilizado y así como también los métodos y equipos utilizados durante esta etapa.

Componente 17. Almacenamiento: Se identificaron las características del lugar de almacenamiento.

Componente 18. Transporte: Se identificaron los transportes utilizados para transportar el producto a los centros de venta.

Componente 19. Retrasos: Se identificaron si hay retrasos y en el caso de que existan, las causas de éstos.

Componente 20. Otras operaciones: Se identificaron si hay operaciones que afectan las pérdidas de poscosecha en la cadena.

Componente 21. Agroprocesamiento: Se identificaron si hay acciones de procesamiento a la que es sometido el producto para cambiar su aspecto física o químicamente y convertirlo el algún producto más comerciable.

Componente 22. Intermediarios: Se identificaron los tipos de intermediarios que son partícipes en la comercialización del producto.

Componente 23. Información de mercados: Se identificó la información sobre el precio y mercados que son disponibles para la oferta del producto.

Componente 24. Demanda del consumidor: Se identificaron a los consumidores del producto, así como sus preferencias por el mismo.

Componente 25. Exportaciones: Se identificó qué variedad puede ser exportada y las características que debe cumplir, así como también el país de destino.

Componente 26. Costos de poscosecha y mercadeo: Se identificaron los costos de manejo y comercialización poscosecha.

7.3.2 Traslado de muestras

Se seleccionó el sitio para las colectas de muestras de tuna que no cumplieron con las especificaciones necesarias para su venta o exportación. La tuna que fue donada se trasladó en automóvil particular al Laboratorio de procesamiento de alimentos perteneciente a la Facultad de Ingeniería en Alimentos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) para su análisis.

7.4 Fase experimental

7.4.1 Caracterización de residuos

A las muestras obtenidas se les realizaron la siguiente serie de análisis:

7.4.1.1 Análisis ponderales

De las 5 muestras obtenidas se tomaron los valores del peso total que ocupa el residuo, el promedio del peso de las tunas que componen las muestras y la relación de la proporción cáscara- pulpa de toda la muestra, se realizó lo siguiente:

7.4.1.1.1 Peso

Para obtener el pesaje total de cada muestra y la media ($\bar{X}$) del peso de las tunas que las conforman, se utilizó como referencia la NMX-FF-008-1982, donde se utilizó una balanza de precisión electrónica marca Explorer Pro con unidades en g (Fig. 6), cada muestra se colocó encima del platillo de la balanza y el resultado fue registrado en g.



Figura 6 Báscula electrónica marca Explorer Pro

Fuente: Fotografía propia, 2020

7.4.1.1.2 Rendimiento de proporción de cáscara y pulpa

Cada tuna fue cortada de manera manual con un cuchillo de acero inoxidable y una tabla de plástico (Fig. 7), se separó la cáscara realizando tres cortes de los cuales dos se hicieron en los polos de la fruta, evitando que se incluyera la pulpa y el tercer corte se realizó de extremo a extremo de los polos para posteriormente separar la cáscara de la pulpa y proseguir al pesaje de estos dos (Cerezal y Duarte, 2005). La cáscara obtenida se cortó en cuadros de 5 x 5 cm aproximadamente para poder realizar el escaldado (Camacho-Guerrero *et al.*, 2016). La cáscara y la pulpa obtenidas se pesaron en la balanza anteriormente mencionada de acuerdo con la NMX-FF-008-1982.



Figura 7 Utilización de tabla de plástico y cuchillo para separar la cáscara y la pulpa de tuna

Fuente: Fotografía propia, 2020

Las muestras extraídas se clasificaron en pulpa sin cáscara con semillas (Ps) y cáscara ©. Posteriormente se determinó el rendimiento de estos componentes, el resultado se expresa en porcentaje y se utilizó la siguiente fórmula (Cerezal y Duarte, 2005):

$$R = \frac{Pf}{Pi} * 100$$

Donde:

R= Rendimiento

Pf= Masa de componente en g

Pi= Masa de fruto entero en g

7.4.1.2 Análisis fisicoquímicos

Para los análisis fisicoquímicos se utilizó muestra de Ps donde se determinó lo siguiente:

7.4.1.2.1 Determinación de pH

Para la determinación de pH se calibró el potenciómetro con soluciones reguladoras de pH 4, pH 7 y pH 10; posteriormente se tomó una porción de la muestra homogeneizada

y mezclándose con un agitador manteniendo una temperatura $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Se sumergieron los electrodos del potenciómetro en la muestra de manera que quedaran cubiertos completamente y se hizo la medición del pH. Finalmente, los electrodos se lavaron con agua (NMX-F-317-S, 1978).

7.4.1.2.2 Acidez

Se tomaron 400 g de muestra y con un mortero se convirtieron en pulpa fina, sin moler las semillas. Se calibró el potenciómetro con una solución tampón, los electrodos fueron lavados con agua destilada hasta que la lectura en agua recién hervida y enfriada fuera de pH 6.0. Se tomaron 25 mL de muestra y se colocaron en un vaso de precipitado de 400 mL, se diluyó con 50 mL de agua destilada recién hervida, enfriada y neutralizada. Se introdujeron los electrodos en la muestra y se agitó con moderación agregando solución 0.1N de hidróxido de sodio hasta alcanzar un pH cercano a 6.0, se continuó agregando la solución de hidróxido de sodio hasta alcanzar un pH 7.0. Terminando la titulación fue agregado el hidróxido de sodio en porciones de 4 gotas a la vez hasta alcanzar un pH 8.3. Se anotó la lectura de pH y el volumen total de hidróxido de sodio utilizado después de cada adición (NMX-F-102-S, 1978).

El ácido que predomina en la tuna es el ácido ascórbico mismo que le confiere la propiedad de beneficiar la salud humana (Ochoa-Velasco y Guerrero-Beltrán, 2010).

Para determinar el porcentaje de acidez se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{N \cdot VD \cdot \text{Meq}}{M}$$

Donde:

N: Normalidad del reactivo

VD: Volumen del reactivo descargado

Meq: Miliequivalentes del ácido dominante ácido ascórbico 0.1761

M: Tamaño de la muestra en g o mL

7.4.1.2.3 ° Brix

Se colocó un refractómetro Abbé en una posición en donde la luz natural se difundiera. Posteriormente, se hizo circular agua a 20°C a través de los prismas, se limpió el refractómetro con alcohol y éter de petróleo antes de hacer la lectura. Para cargar el refractómetro se abrió el doble prisma girando el tornillo correspondiente colocando unas gotas de muestra sobre el prisma, posteriormente se cerró y ajustó. Se movió el brazo giratorio del aparato hacia delante y hacia atrás hasta que el campo visual se dividiera en dos partes, una luminosa y otra oscura; la línea que divide estas dos partes se llama línea margen, misma que fue ajustada y posterior a esto se leyó el porcentaje de sólidos en la escala Brix (NMX-F-103, 1982).

7.4.1.3. Acondicionamiento de la muestra para la obtención de harina

Para el acondicionamiento de la muestra se utilizaron muestras de C y se realizó lo siguiente:

7.4.1.3.1 Escaldado

La cáscara cortada se sumergió en agua en ebullición a 95°C durante 5 min, pasado este tiempo se sacó y se colocó en agua fría durante otros 5 min y se dejó secar (Shivhare *et al.*, 2009). Este proceso se utiliza para que se liberen los azúcares que aún tenga la muestra.

7.4.1.3.2 Secado

Las muestras fueron colocadas por separado en bandejas pequeñas para evitar que tengan contacto entre ellas y se distribuyeron en un secador solar acondicionado. Se anotó la humedad fresca en porcentaje de la muestra, se secó a una temperatura de 60 a 70°C y se midió el peso de las muestras cada 30 min hasta que la humedad seca en porcentaje fue de 12% (Almada *et al.*, 2005). La velocidad del secado fue obtenida por medio de una curva de contenido de humedad y tiempo de secado. Debe de evitarse la luz solar directa debido a que se reduce el contenido de vitaminas y afecta el color de la muestra (Espinoza, 2016).

7.4.1.3.3 Molido

Para la reducción de tamaño de las muestras se utilizó un molino de granos eléctrico marca Hamilton Beach con aspas de acero inoxidable hasta obtener una mezcla homogénea (Macas, 2018), las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico herméticas para su almacenamiento.

Posterior al molido se determinó el rendimiento que tuvo la harina de tuna, el resultado se expresa en porcentaje y se utilizó la siguiente fórmula (Cerezal y Duarte, 2005):

$$R = \frac{Pf}{Pi} * 100$$

Donde:

R= Rendimiento

Pf= Masa de harina resultante en g

Pi= Masa de cáscara seca en g

7.4.1.3.4 Tamizado

Se tomó una muestra de 100 g y fue cernida por medio de un tamiz de malla Tyler U.S.A. de número 6 (equivalente a 3.2 mm) la muestra retenida fue pesada por una balanza digital electrónica portátil gramera marca Archy y se colocó en una bolsa hermética para su almacenamiento, posteriormente la muestra que pasó por el tamiz fue nuevamente cernida ahora por el tamiz de malla Tyler U.S.A. de número 18 (equivalente a 1 mm) donde lo retenido fue pesado y clasificado como muestra con tamaño de 3mm y lo cernido como muestra con tamaño de 1mm; toda muestra cernida y retenida fue pesada y de esta manera se obtuvieron dos tamaños de partícula (Ramos *et al.*, 2014) esto con el fin de determinar si hay algún efecto en las propiedades de las harinas resultantes en relación con el tamaño de estas dos partículas obtenidas.

7.4.1.4 Análisis químicos proximales

La obtención de los análisis químicos proximales se realizó en muestra seca y se determinó lo siguiente:

7.4.1.4.1 Determinación de humedad

Este parámetro se realizó con base en la metodología de arena y gasa por tratamiento térmico; para preparar las cápsulas de vidrio a utilizar se les colocó una gasa recortada al tamaño del fondo de éstas y una varilla de vidrio de 4 mm de diámetro, se secaron previamente las cápsulas entreabiertas junto con su gasa, la varilla y su tapa durante 2 h a 100°C, posteriormente se taparon y colocaron en un desecador y se enfriaron a temperatura ambiente, posteriormente se pesó con precisión de 0.1 mg (M1). Se colocaron 5 g de muestra tapando la cápsula y de igual manera se pesó con precisión de 0.1mg (M2). Se mezcló la muestra con unas gotas de agua destilada y se colocó sobre la gasa. Se evaporó a sequedad sin tapa a baño maría y se removió el contenido de la cápsula de vez en cuando al inicio y más frecuente al final durante la evaporación evitando las pérdidas de sustancia. Las cápsulas fueron introducidas a la estufa y se secaron durante 4 h a 100°C, después se abrió la estufa y se taparon las cápsulas colocándolas en un desecador y se enfriaron a temperatura ambiente, se pesaron con precisión de 0.1 mg (M3) (Secretaría de Salud, 1994). Este parámetro se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100$$

Donde:

M1= Peso de la cápsula con la gasa en g

M2= Peso de la cápsula con la gasa y la muestra húmeda en g

M3= Peso de la cápsula con la gasa y la muestra seca en g

7.4.1.4.2 Determinación de cenizas

Se determinó con la NMX-F-607-NORMEX-2013, se colocaron de 3 a 5 g de muestra a analizar en un crisol de porcelana; posteriormente el crisol con muestra se colocó en una parrilla eléctrica con regulador de temperatura y se quemó lentamente la muestra hasta que ya no desprendiera humos. El crisol fue colocado en una mufla y se llevó a cabo la calcinación completa. Se dejó enfriar en la mufla y se transfirió al desecador para su enfriamiento, por último, se pesó la masa del crisol con ceniza (NMX-F-607-NORMEX-2013, 2013). Este parámetro se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P(g) - p(g)) \times 100}{M(g)}$$

Donde:

P= Masa del crisol de porcelana con las cenizas en g

p= Masa del crisol de porcelana vacío en g

M= Masa de la muestra en g

7.4.1.4.3 Determinación de proteína

De acuerdo con el método Kjeldahl, se pesó un gramo de muestra y se colocó en un tubo digestión Kjeldahl junto con unas perlas de vidrio y una pastilla de catalizador, se agregaron 10 mL de ácido sulfúrico concentrado; el tubo de digestión se colocó en un módulo digestor conectándose una bomba de vacío y un colector de humo, se encendió el módulo de digestión a una temperatura de 400 °C por 90 min, dejándose enfriar la muestra a temperatura ambiente. Se colocaron lentamente 50 mL de agua destilada sobre las paredes del tubo con la muestra y se agregaron 25 mL de ácido bórico al 4.0% en un matraz Erlenmeyer de 250 mL junto con 3 gotas de rojo de metilo. El tubo con la muestra digerida se colocó en el lado izquierdo del módulo destilador, el matraz anteriormente preparado con ácido bórico y el indicador fueron colocados en la parte derecha del módulo destilador y se adicionaron 40 mL de hidróxido sódico mediante el botón Reagent 2 del módulo y se encendió. Al terminar de recoger el amoníaco que se

formó en la disolución de ácido bórico se valoró el destilado con ácido clorhídrico 0.1 N hasta el retroviraje del indicador (NMX-F-608-NORMEX, 2011). El porcentaje de nitrógeno se determinó mediante la ecuación:

$$\% N = \frac{1.4(V_1 - V_0)N}{P}$$

Donde:

V₁= Volumen de HCl consumido en la valoración en mL

V₀= Volumen de HCl consumido en la valoración de un blanco en mL

N= Normalidad del HCl

P= Peso de la muestra en g

El porcentaje de proteína fue calculado mediante el porcentaje de nitrógeno obtenido multiplicado por un factor de conversión de 6.25 N (%).

7.4.1.4.4 Determinación de extracto etéreo

Se colocaron 2 g de muestra finamente dividida en un cartucho de extracción y se agregaron 2 g de sulfato de sodio mezclándolos con un agitador de vidrio, posteriormente se adicionó 2 g de arena de mar mezclándolos nuevamente con el agitador, se colocó el cartucho en un vaso de precipitado de 50 mL y se secó en una estufa a 100°C durante 6 h, la mezcla resultante fue cubierta con una porción de algodón. El cartucho se situó dentro del extractor Soxhlet y fue llevado a peso constante un matraz con cuerpos de ebulición por calentamiento a 100-110°C y se ajustó en la parte inferior. El vaso donde la muestra fue secada se lavó con varias porciones de éter y se le adicionaron los lavados al extractor, fue agregado éter obteniendo de 2 a 3 descargas del extractor. Se colocó un refrigerante al extractor y el agua se puso a circular, se calentó hasta que se obtuvo una frecuencia de 3-6 gotas por seg. La extracción se realizó durante 4 a 6 h. Se detuvo el calentamiento y se quitó el extractor del matraz colocándose una gota de éter del extractor a un vidrio de reloj, en el caso de que se observara una mancha de grasa cuando se haya evaporado el éter es necesario colocar el Soxhlet al matraz y continuar con la extracción. Finalmente se evaporó suavemente el éter del matraz y se secó a una temperatura de 100°C en la estufa hasta que se obtuvo un peso constante, se enfrió en

un desecador y se pesó (Secretaría de Salud, 1994) . Este parámetro se pudo calcular con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de extracto etéreo} = \frac{(P - p)}{M} \times 100$$

Donde:

P= Masa del matraz con grasa en g

p= Masa del matraz con cuerpos de ebullición a peso constante en g

M= Masa de la muestra en g

7.4.1.4.5 Determinación de fibra cruda

Se extrajo la grasa de 2 g de muestra con una fibra de papel y se vertió en un vaso de 600 mL. Se le agregó 1 g de asbesto preparado y 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25% en ebullición. Se colocó el vaso en un aparato de digestión para fibra cruda sobre la placa caliente preajustada del mismo para que ebuliera por 30 min. Posteriormente se filtró a través de papel para fibra cruda. El vaso se enjuagó con 60 mL de agua en ebullición y se colocó sobre el papel satinado. El residuo fue lavado hasta que el agua de lavado tuviera un pH igual al del agua destilada. Se traspasó el residuo al vaso con 200 mL de NaOH al 1.25% en ebullición y se calentó a ebullición 30 min. El vaso se filtró en un embudo Büchner con papel filtro de cenizas y se lavó con agua hasta que el agua de lavado tuvo un pH igual al del agua destilada. Se transfirió el residuo a un crisol de porcelana a masa constante y se secó a 130°C durante 2 h. Se dejó enfriar y se determinó su masa. Se calcinó a 600°C durante 30 min, se dejó enfriar y se determinó su masa (NMX-F-613-NORMEX-2017, 2017). Este parámetro se pudo calcular con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de fibra cruda} = \frac{(P_s(g) - P_p(g)) - (P_c(g) - P_{cp}(g))}{M(g)} \times 100$$

Donde:

Ps= Masa del residuo seco a 130°C

Pp= Masa del pape filtro

Pc= Masa de las cenizas

Pcp= Masa de las cenizas del papel

M= Masa de la muestra

7.4.1.5 Análisis funcional de la fibra

7.4.1.5.1 Análisis de propiedades funcionales

Para la obtención de estos análisis se determinaron las siguientes capacidades de las fibras:

7.4.1.5.1.1 Capacidad de hinchamiento (CH):

Se pesó un gramo de la muestra y se colocó en una probeta graduada de 25 mL midiendo el volumen ocupado por las fibras (V_0) (mL), se adicionaron 5 mL de agua destilada y se agitó durante 5 min. Se dejó en reposo durante 24 h a temperatura ambiente y posteriormente se midió el volumen final de la muestra (V_f) (mL) (Valencia y Román, 2006). Esta capacidad se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{V_f (ml) - V_0 (ml)}{\text{Peso muestra (g)}}$$

7.4.1.5.1.2 Capacidad de absorción de agua (CAA):

Se colocaron 0.25 g de la muestra en un tubo Falcón (P_i), se agregaron 2.5 mL de agua y se agitó por un periodo de 30 min. Posteriormente se centrifugó durante 10 min a 3000 rpm, se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento obtenido (P_f) (Rincón Reyna *et al.*, 2016). Esta capacidad de absorción de agua (g de H₂O/g de muestra seca) se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$CAA = \frac{\text{Peso } f (g) - \text{Peso } i (g)}{\text{Peso muestra (g)}}$$

7.4.1.5.1.3 Capacidad de absorción de aceite (CAa):

Se colocaron 0.25 g de la muestra en un tubo Falcón (Pi), se agregaron 2.5 mL de aceite de cacahuete y se agitó durante 30 min. Posteriormente se centrifugó por 10 min a 3000 rpm, fue retirado el sobrenadante y se pesó el sedimento obtenido (Pf) (Rincón Reyna *et al.*, 2016). Esta capacidad de absorción de aceite (g de aceite/g de muestra seca) se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$CAa = \frac{\text{Peso f (g)} - \text{Peso i (g)}}{\text{Peso muestra (g)}}$$

7.4.1.5.1.4 Capacidad de captación de iones (CCI):

Se pesó un g de la muestra y se agregaron 10mL de cloroamida (HCl_2N), se dejó en reposo durante 24 h y pasado este tiempo se lavó la muestra con solución de cloruro de sodio (NaCl) para eliminar el exceso de ácido. Posteriormente se depositó la muestra en un matraz Erlenmeyer y se le adicionaron 10 mL de agua destilada junto con 3 gotas de fenolftaleína para poder determinar los iones captados por titulación con Hidróxido sódico (NaOH 1N) (Rincón Reyna *et al.*, 2016). Esta capacidad de captación se expresa en miliequivalentes de H^+ y se determinó con la siguiente fórmula:

$$CCI = \left[\frac{P_{\text{muestra}}}{(n \text{ equiv HCl})(L \text{ gastados})} \right] / 1000$$

7.4.1.5.2 Fibra detergente neutro (FDN)

Se pesó una bolsa con filtro y se tomó registro (W1), posterior a esto se taró la balanza. Se pesaron 0.5 g de muestra secada por aire (W2) y se pasó por una pantalla de 1 mm. Fueron pesadas dos bolsas en blanco y se incluyó en la digestión y así determinar la corrección de la bolsa en blanco (C1). Se sellaron las bolsas cerradas con un sellador térmico a los 0.5 cm del borde superior para encapsular la muestra, las muestras fueron distribuidas dentro de las bolsas de filtro moviendo éstas últimas para evitar que se formen grumos. Las bolsas fueron colocadas en las bandejas de suspensión y se apilaron para después ir nivelando cada nivel a 120 grados. Se agregaron 2000 mL de solución

detergente neutro en el recipiente analizador de fibra y se añadieron 20 g de sulfito de sodio a dicha solución. Se colocó el suspendedor de bolsas con las muestras en el recipiente analizador junto con la solución detergente neutra, agitando y calentando durante 60 minutos. Terminado el tiempo, se diluyeron las aguas residuales con agua fría, posterior a esto se agregaron 2000 mL de agua caliente, se agitó nuevamente sin calor durante 5 minutos y se enjuago 3 veces más. Las bolsas se dejaron secar al aire y luego se secaron en un horno a 90° durante 4 horas. Las bolsas fueron sacadas del horno, se dejaron enfriar y se pesaron (W3) (ANKOM Technology, 2021). El porcentaje de fibra detergente neutra fue calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\% FDN = \frac{100 \times (W3 - (W1 * C1))}{W2}$$

Donde:

W1= Peso de la tara de la bolsa

W2= Peso de la muestra

W3= Peso seco de la bolsa después del proceso de extracción

C1= Corrección de la bolsa en blanco

7.4.1.5.3 Fibra detergente ácido (FDA)

Se pesó una bolsa con filtro y se tomó registro (W1), posterior a esto se taró la balanza. Se pesaron 0.5 g de muestra secada por aire (W2) y se pasó por una pantalla de 1 mm. Fueron pesadas dos bolsas en blanco y se incluyó en la digestión y así determinar la corrección de la bolsa en blanco (C1). Se sellaron las bolsas cerradas con un sellador térmico a los 0.5 cm del borde superior para encapsular la muestra, las muestras fueron distribuidas dentro de las bolsas de filtro moviendo éstas últimas para evitar que se formen grumos. Las bolsas fueron colocadas en las bandejas de suspensión y se apilaron para después ir nivelando cada nivel a 120 grados. Se agregaron 2000 mL de solución detergente ácido en el recipiente analizador de fibra. Se colocó el suspendedor de bolsas con las muestras en el recipiente analizador junto con la solución detergente ácido, agitando y calentando durante 60 minutos. Terminado el tiempo, se diluyeron las aguas

residuales con agua fría, posterior a esto se agregaron 2000 mL de agua caliente, se agitó nuevamente sin calor durante 5 minutos y se enjuago 3 veces más. Las bolsas se dejaron secar al aire y luego se secaron en un horno a 90° durante 4 horas. Las bolsas fueron sacadas del horno, se dejaron enfriar y se pesaron (W3) (ANKOM Technology, 2021). El porcentaje de fibra detergente neutra fue calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\% FDN = \frac{100 \times (W3 - (W1 * C1))}{W2}$$

Donde:

W1= Peso de la tara de la bolsa

W2= Peso de la muestra

W3= Peso seco de la bolsa después del proceso de extracción

C1= Corrección de la bolsa en blanco

7.4.1.5.4 Lignina detergente ácido

Se pesó 1 g de muestra en un vaso de precipitado de 50 mL. Fueron agregados 15 mL de ácido sulfúrico al 72% a una temperatura de 13°C agitando de manera vigorosa por un minuto. Luego de esto se dejó reposar por 2 h con una agitación frecuente y a una temperatura de 19°C. En un matraz de Erlenmeyer de capacidad de 1 L se trasvasó la muestra y se diluyó el ácido a 3% agregando 560 mL de agua destilada, se llevó a ebullición la muestra por 4 horas con un condensador de reflujo. Terminado el tiempo se dejó enfriar la muestra hasta que el material soluble se decantó, se filtró con papel filtro mismo que se secó en un horno por un tiempo de 4 h a 105°C. El papel filtro fue retirado del horno y se dejó enfriar en un desecador durante 3 h hasta alcanzar peso constante para después pesarlo (Torres, Montero, Beleño, Toscano y Pérez, 2015). El porcentaje de lignina se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% Lignina = \frac{A - B}{C} * 100$$

Donde:

A= Peso de la muestra secada al horno en el papel filtro (g).

B= Peso del pale filtro secado al horno (g).

C= Peso de la muestra libre de extractos secada al horno (g).

7.5 Propuesta de beneficios obtenidos a partir de los residuos de la tuna

Posterior a los análisis realizados para caracterizar los residuos de la tuna, se procedió a realizar propuestas para el aprovechamiento de estos residuos a partir de las propiedades funcionales de los dos tipos de harina obtenidos con diferente tamaño de partícula.

7.6 Análisis de los datos

Los resultados obtenidos en las encuestas en la fase de campo se analizaron para obtener una estadística descriptiva de los datos por medio del programa Excel de Windows versión10.

Las determinaciones fisicoquímicas y bromatológicas se realizaron por triplicado, y los valores que se presentan corresponden al promedio.

Los resultados recabados en los análisis de propiedades funcionales se analizaron mediante pruebas de T de Student para muestras independientes donde se determinó si existen o no diferencias significativas entre el tamaño de partícula de la harina y las propiedades funcionales de las fibras, por medio del programa IBM SPSS Statistics versión 25. Las diferencias de las medias se determinaron con un $\alpha=0.05$.

De acuerdo con las variables con las que se trabajó para determinar las propiedades funcionales, se obtuvieron variables respuesta, mismas que se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 1 Variables control y respuesta

Residuo	Variables control	Variables respuesta
Cáscara (C)	Humedad (%) 13	- Capacidad de hinchamiento - Capacidad de absorción de agua - Capacidad de absorción de aceite - Capacidad de captación de iones
	Temperatura (°C) 30	
	Tamaño de partícula (mm) 3.2 1	

Fuente: Elaboración propia, 2020

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Fase de campo

8.1.1. Descripción del sistema de producción de la tuna mediante el uso de la evaluación de cadenas agroalimentarias

Recabada la información mediante las 4 técnicas aplicadas en campo y de acuerdo con la metodología de evaluación de cadenas agroalimentarias para la identificación de problemas y proyectos de La Gra *et al.* (2016) se pudo describir el sistema de producción de la tuna (Figura 8). La llamada telefónica se le realizó al Ing. Néstor Carpio Flores (Anexo 1) (INCA Rural, 2010) quien tuvo entera disponibilidad de contestarla, el día 29 de mayo de 2020; por otro lado, también fueron ejecutadas las encuestas a 11 productores de tuna de la comunidad, dicha encuesta constó de una cédula de 33 preguntas dicotómicas, abiertas y de opción múltiple (INCA Rural, 2010) (Anexo 1). Fueron llevados a cabo dos visitas de campo los días 30 de agosto de 2019 y el 6 de noviembre de 2020 para realizar la observación directa a cultivo y comercializadora de tuna.

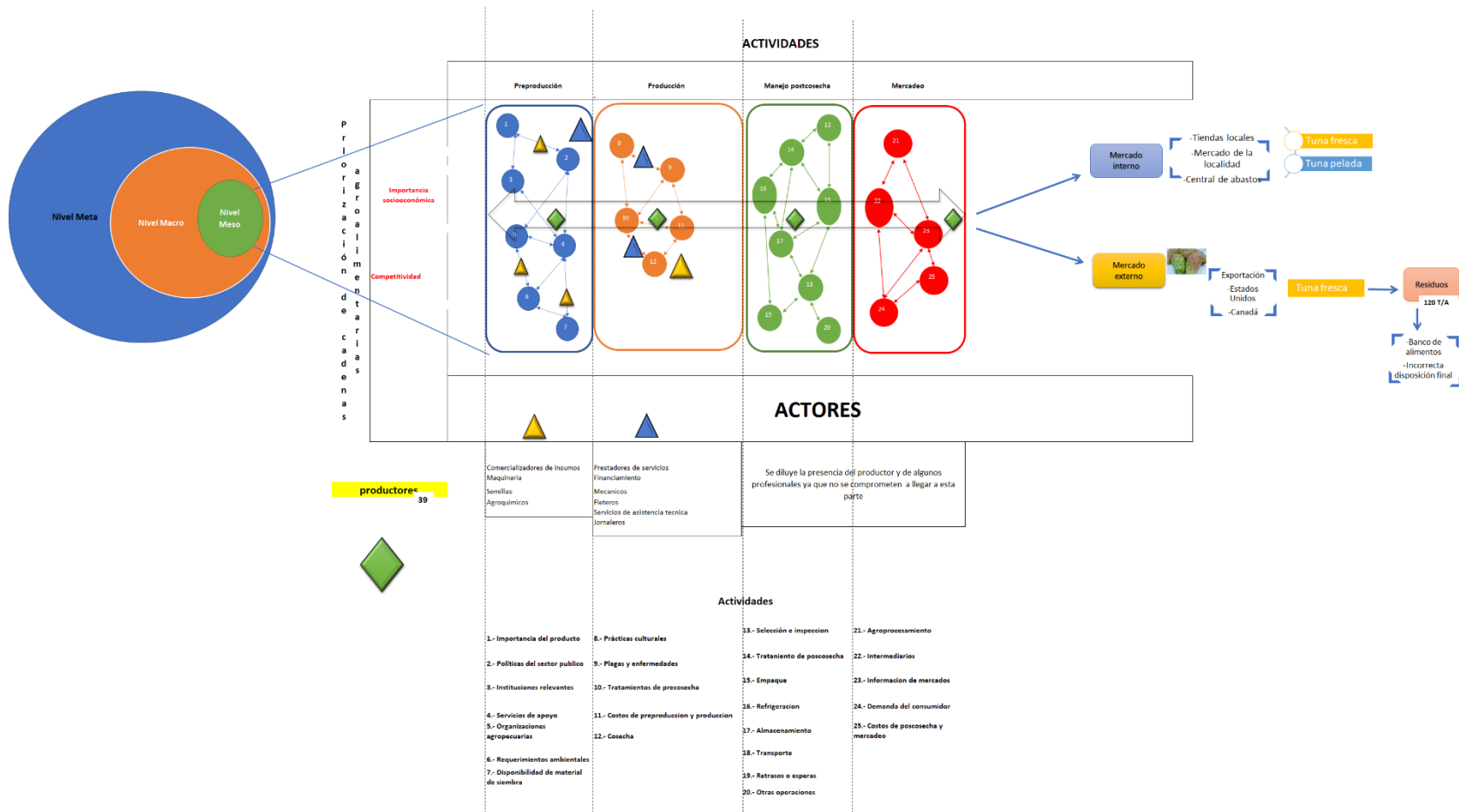


Figura 8 Descripción del sistema de producción de tuna en San Sebastián Villanueva, Acatzingo, Puebla

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo con la información obtenida se prosiguió a realizar la evaluación de cadenas agroalimentarias para la identificación de problemas y proyectos donde se puede decir que esta investigación se situó en el nivel meso de la competitividad sistémica de las cadenas agroalimentarias de donde se partió y se prosiguió a construir nuestra descripción del sistema de producción a partir de la metodología de Priorización de cadenas agroalimentarias (García, Pérez, y Chalate 2008) en conjunto con la metodología de Evaluación de cadenas agroalimentarias para la identificación de problemas y proyectos (La Gra, Kitinoja, y Alpízar, 2016).

La metodología de priorización toma en cuenta la importancia socioeconómica y competitividad de la cadena estudiada. De acuerdo con la metodología de evaluación de cadenas agroalimentarias, el sistema de producción de la tuna está dividido en 4 grupos llamados: Preproducción, Producción, Manejo poscosecha y Mercadeo; en estos grupos se reconocieron los actores participantes donde el principal es el productor de tuna; en el sitio de estudio hay un registro de 39 productores de tuna de acuerdo con SAGARPA (2012), estos actores se involucran en los 4 eslabones de la cadena agroalimentaria; también fueron reconocidos otros actores: se identificaron a los proveedores de insumos tales como de semillas, maquinaria o agroquímicos, los prestadores de servicios, de financiamiento, mecánicos, servicios de asistencia técnica o jornaleros; estos actores están involucrados en los procesos de Preproducción y Producción ya que en ambos es necesario su aporte y seguimiento para que la producción se lleve a cabo de manera eficiente. Para los otros dos procesos posteriores los únicos actores participantes son los Productores y esto se debe a que los demás actores no se comprometen con llegar hasta estas dos fases.

Dentro de cada proceso están repartidos los componentes que funcionan para evaluar esta cadena, en donde del componente 1 al 7 se sitúan en el proceso de Preproducción; en este apartado y en cuanto a la información recabada puedo mencionar que dentro de la relevancia del producto, la página oficial de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) indica que el 50% de la producción

de tuna del estado de Puebla se comercializa en la región de San Sebastián Villanueva; del total de la tuna producida en esta región, alrededor del 70% pertenece a la variedad de Blanca Villanueva, siguiéndole las variedades Cristalina y rojas (Fig. 9); para el 2004, la comunidad contaba con 645 productores de nopal-tuna y con 39 empresas comercializadoras de tuna (SAGARPA, 2012).



Figura 9 Cultivo de tuna en San Sebastián Villanueva

Fuente: Fotografía propia, 2020

En el caso de la disponibilidad de material, en cuanto a la superficie con la que cuenta cada productor, se obtuvo que 5 de ellos cuentan con una ha cada uno para su producción de tuna, 4 productores cuentan con 2 ha cada uno, un productor tiene 3 ha y un productor tiene 50 ha para producir esta fruta (Fig. 10).



Figura 10 Superficie de cultivo de tuna de cada productor en San Sebastián Villanueva

Fuente: Elaboración propia, 2020

Al cuestionar a los productores sobre el tipo de variedad que cultivan, se pudo obtener que el 73% del total de encuestados produce únicamente la variedad de tuna Cristalina, mientras que el 27% restante se divide entre los productores que únicamente tienen la variedad de tuna Villanueva, otros que producen en conjunto las variedades Cristalina y Villanueva y los que producen los tres tipos de variedades que corresponde a Cristalina, Villanueva y Rojo vigor, cada uno con 9% respectivamente (Fig. 11).

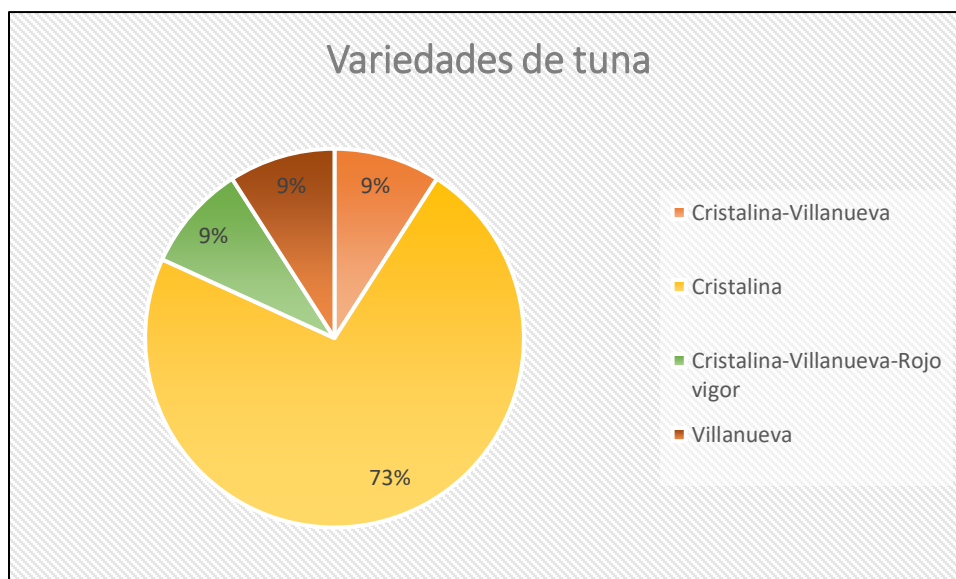


Figura 11 Variedades de tuna producidas en San Sebastián Villanueva

Fuente: Elaboración propia, 2020

Calixto (2011) hace mención que la variedad Cristalina tiene un mayor tamaño, en promedio es de 200 g y tiene una mayor vida de anaquel a diferencia de la variedad Blanca Villanueva. Del mismo modo, Fernández Montes *et al.* (2000) hacen mención que la variedad Cristalina es la que produce los frutos de mayor tamaño y es muy productiva con alrededor de 20 T/A, por lo que se puede decir que estas pueden ser las razones por las que se cultivan más esta variedad por parte de los productores.

Del componente 8 al 12 fueron situados en el proceso de producción, donde en el caso de plagas y enfermedades, las plagas que atacan los cultivos de tuna y la manera en que las combaten, los resultados arrojaron que el 100% de los encuestados mencionó que la plaga que se les presenta es la de Grana cochinilla (*Dactylopius opuntiae*) y la manera de combatirla es mediante Clorpirifos etil. De acuerdo con Luna Vázquez *et al.* (2012), esta plaga es muy común en zonas con nopaleras, lo que implica que es resistente a factores climáticos adversos y su tasa de reproducción es muy alta, causando así problemas al cultivo tanto en pencas como en los frutos y en las plantas jóvenes puede ocasionar la muerte, siendo esta la razón por la que es tan común encontrarla en este

cultivo. La norma de Codex Stan 185-1993 para la tuna del *Codex Alimentarius*, no especifica alguna concentración permisible de contaminantes o de residuos de plaguicidas (FAO & OMS, 2007).

En el tema de tratamientos precosecha, se cuestionó sobre el tipo de fertilización que utilizan en su cultivo de nopal tunero en donde se obtuvo que el 100% de los encuestados utilizan una fertilización mixta, esto es, que utilizan tanto abono orgánico y químicos para fertilizar el suelo de su cultivo. En las investigaciones de Márquez-Berber *et al.* (2012) encontraron que, en cuanto a la fertilización mixta, los fertilizantes minerales liberan nutrientes a la planta y ésta los aprovecha de inmediato y con los fertilizantes orgánicos como el estiércol se proporciona nutrimentos de una manera continua a la planta, siendo este tipo de fertilización benéfica para el cultivo de nopal tunero.

En el caso de la cosecha se cuestionó sobre la temporada en que la realizan los productores, se obtuvo que el 91% de los productores realizan sus cosechas en el periodo de mayo a octubre y el 9% restante realiza sus cosechas en el periodo de abril a noviembre (Fig. 12).



Figura 12 Temporada de cosecha de tuna en San Sebastián Villanueva

Fuente: Elaboración propia, 2020

La cosecha la realizan manualmente con cuchillo en donde las características principales a observar para poder cosechar la fruta son dos: el color y el llenado del receptáculo de la tuna. De acuerdo con las características de cada variedad, el Ing. Carpio menciona que cada una tiene sus características propias y se pueden observar a continuación:

Tabla 2 Características de las tres variedades de tuna cultivadas en San Sebastián Villanueva, Acatzingo, Puebla.

Variedad	Temporada de cosecha	Sabor	Vida de anaquel (días)	Exportación
Blanca Villanueva	Mayo-julio	Dulce	10	No
Cristalina	Julio-noviembre	Dulce	20	No
Rojo vigor	Mayo-agosto	Menos dulce	30	Si

Fuente: Elaboración propia, 2020

En el caso de los componentes del 13 al 20 se situaron en el proceso de poscosecha; en el aspecto de selección e inspección, al cuestionar sobre las características que los productores toman en cuenta para cosechar la fruta, se les mencionaron varias opciones entre las que están: tamaño, brillo, peso, sabor y receptáculo floral, en donde el 91% de los encuestados considera primordial el tamaño de la fruta para su cosecha y el 9% restante considera el receptáculo floral (Fig. 13) como característica principal.

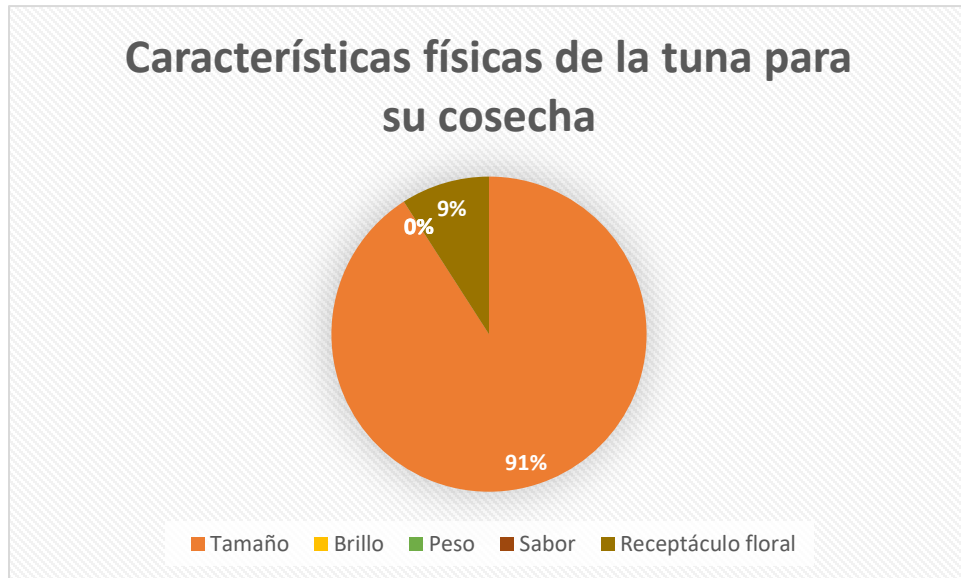


Figura 13 Características físicas de la tuna para su cosecha en San Sebastián Villanueva

Fuente: Elaboración propia, 2020

En el caso del aspecto de empaque, se obtuvo que la fruta debe cumplir con ciertas características como el que esté libre de daños y plagas y que no esté mojada (Fig. 14).



Figura 14 Empaques de tuna en la empresa “La Flor de Villanueva”

Fuente: Fotografía propia, 2020

En el almacenamiento, en cuanto a las condiciones que debe de tener el lugar para mantener la tuna después de su cosecha, el lugar debe ser fresco y debe estar protegido de la humedad y del sol. La tuna es almacenada en cajas de plástico de 22 kg (Fig. 15), se hizo mención sobre la preferencia de este tipo de cajas debido a que anteriormente utilizaban cajas de madera, pero el mismo material astillaba la fruta o las cajas no eran resistentes y solían romperse afectando al producto.



Figura 15 Almacenamiento de tuna en la empresa “La Flor de Villanueva”

Fuente: Fotografía propia, 2020

Y por último, en el proceso de Mercadeo se situaron los componentes del 21 al 25; en donde en el caso de información de mercados, hay dos opciones de comercialización, una de ellas es el mercado interno que corresponde a la venta del producto, en tiendas locales, el mercado de la localidad o la central de abastos; las presentaciones del producto para su venta es en tuna fresca o tuna pelada; en el caso del mercado externo éste se refiere a la Exportación, en donde el producto se exporta a Estados Unidos y Canadá, la presentación de venta del producto es como tuna fresca y es aquí en donde se origina una gran cantidad de residuos, mismos que o se dirigen a algún banco de alimentos como donación o se disponen en terrenos baldíos en la comunidad para que se descompongan; la cantidad producida de residuos de tuna en presentación de fruto fresco completo es de 120 T/A.

Cabe resaltar que no hay más actores involucrados en estos los procesos de Manejo de poscosecha y Mercadeo más que los productores, siendo esto contraproducente puesto que puede reducir la cantidad de residuos al poner más atención a estos procesos debido a que en el último es en donde se originan los residuos.

En el tema de demanda del consumidor se deriva la cuestión de generación de residuos por no lograr vender la fruta completamente por lo que se cuestionó sobre la característica principal por la cual no logran vender su producto y éste termina convirtiéndose en un desecho, a lo que el 100% de los encuestados consideran que esta característica es el tamaño de éste lo cual es pequeño, por lo tanto, el producto no logra ser vendido.

El uso que los productores le dan a la fruta que no es vendida se dividió en dos respuestas (Fig. 16): 91% de los productores la utilizan como abono en sus cultivos y el 9% de los encuestados entierra su producto sin saber qué otro uso poder darle a este residuo debido a que como se mencionaba anteriormente la cantidad de este es elevado, aproximadamente 120 T/A, por lo que refiere que por esta razón entierra el producto para que se descomponga por sí solo. Es importante mencionar que de acuerdo con esta cantidad de residuo que se produce anualmente, éste es considerado un Residuo de Manejo especial de acuerdo con la NOM-161-SEMARNAT-2011, debido a que esta Norma Oficial Mexicana considera este tipo de residuos a aquellos que su volumen de producción supere las 10 toneladas anuales (SEMARNAT, 2011) por lo que se puede decir que entran en esta categoría.



Figura 16 Uso de la tuna que no es vendida en San Sebastián Villanueva

Fuente: Elaboración propia, 2020

En cuanto al producto que no logran vender, mencionan que es porque tiene deficiencias en tamaño o color o porque presentan magulladuras (Fig. 17). Las variedades que logran venderse por completo son la Blanca Villanueva y la Cristalina puesto que su venta es local y se vende en tiendas de autoservicios o central de abastos; la variedad que es más difícil de distribuir es la Roja vigor debido a que ésta no cuenta con una venta exitosa localmente por el desconocimiento de la gente en el centro y sur de México y a su vez, se debe mencionar que esta tuna es la que se puede exportar por su característica de mayor vida de anaquel, los países a los cuales se exporta esta variedad son Estados Unidos y Canadá, por lo que al ser exportada los lineamientos de calidad son más rigurosos y solamente la tuna de primera calidad se vende lo que implica que el producto de esta variedad que ya es de segunda calidad no pueda comercializarse.

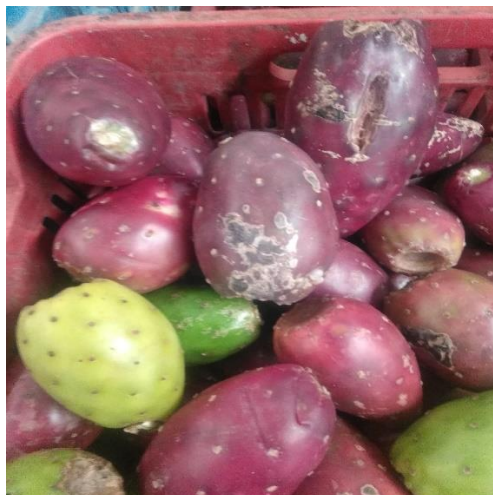


Figura 17 Tuna producida en San Sebastián Villanueva con deficiencias de calidad

Fuente: Fotografía propia, 2020

Es muy importante prestar atención a la cantidad de producto que no se logra exportar o vender de la variedad Rojo vigor, debido a que el Ing. Carpio menciona que ésta comprende aproximadamente el 20% del total de producción de esta variedad de tuna, por lo que, de acuerdo con los datos que el productor mencionaba que producen de esta variedad, 600 T/A de tuna variedad Rojo vigor, el total que se les queda de producto es de 120 T/A de producto. Esto es una cantidad bastante grande lo que considera una gran pérdida económica, ya que para no desperdiciar toda esta cantidad de producto se menciona que una parte se dona a bancos de alimento, pero lo restante lo desechan en terrenos privados en donde entierran la fruta para su descomposición, lo que está generando a su vez contaminación a los mantos freáticos por la liberación de lixiviados.

En cuanto al uso que se le puede dar a los residuos de la tuna, Camacho-Guerrero *et al.* (2016), realizaron una investigación para determinar la composición bromatológica y propiedades funcionales de la cáscara de la tuna blanca y comprobaron que presenta un contenido de fibra cruda, proteína, capacidad emulsificante, capacidad de absorción de grasa y de retención de humedad ideales para aprovechar nutrientes y utilizarlas en la industria de carnes y en la panificación.

Por otro lado, en investigaciones de Ocampo-Olalde *et al.* (2015), mencionan que el componente de la tuna, la cáscara, tiene concentraciones de fibra altas, así como también contiene antioxidantes lo que la hace buena opción para transformarla en harina y posteriormente utilizarla como complemento de alimentos cárnicos como las salchichas mejorando su calidad. En la investigación de Miranda (2012) encontró que la cáscara de tuna pretratada con formaldehído es un buen bioadsorbente mismo que remueve plomo (II) en el 98,5% aproximadamente.

Para finalizar en el aspecto de costos de poscosecha y mercadeo, se obtuvo que el precio de la venta del producto ya empacado varía dependiendo de la temporada, se inicia con precios altos y va disminuyendo conforme avanza la producción de tuna, en promedio el precio es de 5 o 6 pesos por kg.

8.2 Fase experimental

8.2.1 Caracterización de residuos

8.2.1.1 Análisis ponderales

El residuo de tuna fue donado por la empresa “La Flor de Villanueva”, éste fue de la variedad Rojo vigor ya que es la variedad que les sobra al no poder exportarla por las altas especificaciones de calidad solicitadas para esta acción y al no poder venderla en el comercio local por el escaso interés que tiene la comunidad en consumirla. Se llevaron a cabo dos muestreos, realizados el 30 de agosto de 2019 y el 6 de noviembre de 2020, la tuna de cada muestreo fue trasladada en automóvil particular en dos cajas de plástico al Laboratorio de procesamiento de alimentos perteneciente a la Facultad de Ingeniería en Alimentos de la BUAP. Ambos muestreos fueron divididos en 5 muestras obteniéndose un total de 10 muestras de tuna. Con una balanza de precisión electrónica marca Explorer Pro se obtuvo el peso total de cada muestreo y, de cada muestra se determinó su peso total, la media del peso de las tunas que las componían y la proporción de cáscara y pulpa que conforman la fruta; con una cinta métrica se obtuvo la media del tamaño de las tunas que componen las muestras.

8.2.1.1.1 Peso

Se obtuvo que el total de residuo del muestreo 1 fue de 12.176 kg, la media ($\bar{x}$) del peso de las tunas que componían las muestras fue de 161.61 g, la media ($\bar{x}$) del tamaño de las tunas que componían las muestras fue de 8.32 cm (Tabla 3). El total de residuo del muestreo 2 fue de 12.439 kg, la media ($\bar{x}$) del peso de las tunas que componían las muestras fue 168.10 de g, la media ($\bar{x}$) del tamaño de las tunas que componían las muestras fue de 8.34 cm (Tabla 4).

Tabla 3 Pesos de tunas que componen las muestras del muestreo 1

Muestreo 1 (30 de agosto de 2019)

Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3			Muestra 4			Muestra 5		
Tunas	Peso	Tamaño	Tunas	Peso	Tamaño	Tunas	Peso	Tamaño	Tunas	Peso	Tamaño	Tunas	Peso	Tamaño
1	159.95	6.8	1	164.59	9.4	1	162.31	8.5	1	158.87	6.8	1	158.88	8.2
2	161.38	7.2	2	163.38	6.9	2	161.15	8.6	2	159.36	8.6	2	157.24	8.7
3	169.15	9.1	3	163.89	8.6	3	159.23	9.5	3	161.25	8.3	3	158.32	8.3
4	159.71	6.3	4	164.71	7.9	4	160.14	7.4	4	159.89	6.7	4	160.89	9.4
5	165.21	7.1	5	165.56	9.9	5	161.11	7.1	5	161.02	8.5	5	157.87	7.6
6	162.56	8.2	6	165.48	9.5	6	161.25	9.1	6	160.46	9.1	6	160.97	7.1
7	159.97	8.6	7	163.79	8.9	7	160.28	8.6	7	161.3	9.2	7	159.93	8.9
8	161.47	9.5	8	164.93	10.0	8	159.13	8.5	8	160.78	8.6	8	158.75	6.8
9	165.14	9.8	9	164.71	8.2	9	161.28	9.8	9	159.53	7.6	9	158.43	8.2
10	165.38	8.4	10	164.81	8.4	10	160.15	6.8	10	160.63	8.5	10	158.81	9.0
11	161.23	7.9	11	166.86	7.6	11	162.71	9.1	11	158.05	7.1	11	160.31	7.8
12	163.45	8.1	12	165.62	7.2	12	162.28	6.3	12	158.23	8.4	Total	1750.4	
Total	1954.6		13	162.48	8.3	13	159.39	8.7	13	161.36	9.2	$\bar{X}$	159.009	8.1818
$\bar{X}$	162.883	8.0833	14	164.55	8.1	14	159.79	8.9	14	159.29	10.0			
			15	163.74	9.1	Total	2250.2		15	160.97	9.9			
			16	165.95	9.6	$\bar{X}$	160.729	8.35	16	161.84	8.2			
			17	162.88	8.4				17	160.63	6.9			
			18	163.57	8.2				18	160.22	8.4			
			Total	2961.5					19	159.32	8.3			
			$\bar{X}$	164.528	8.5667				Total	3043				
									$\bar{X}$	160.158	8.3316			

Fuente: Elaboración propia, 2020

Tabla 4 Pesos de tunas que componen las muestras del muestreo 2

Muestreo 2 (6 de noviembre de 2020)

Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3			Muestra 4			Muestra 5		
Tunas	Peso	Tamaño	Tunas	Peso	Tamaño	Tunas	Peso	Tamaño	Tunas	Peso	Tamaño	Tunas	Peso	Tamaño
1	144.65	9.65	1	150.96	7.4	1	158.32	6.9	1	158.96	9.8	1	160.23	8.1
2	165.14	9.8	2	146.86	6.5	2	164.52	8.5	2	161.38	6.8	2	189.63	8.4
3	184.83	9.3	3	189.36	10	3	187.63	10	3	181.23	8.4	3	181.23	6.8
4	214.01	10	4	164.0	8.9	4	189.52	7.6	4	174.28	8.9	4	172.38	7.2
5	160.51	8	5	146.27	8.7	5	189.23	7.1	5	171.23	8.6	5	160.38	7.9
6	144.77	9	6	153.89	7.5	6	162.32	9.5	6	164.56	9.1	6	181.23	7.1
7	180.13	10	7	133.47	7.6	7	187.63	9.1	7	169.58	7.5	7	159.92	8.5
8	150.87	7	8	160.87	9.8	8	160.23	8.2	8	181.27	6.9	8	187.45	8.1
9	161.80	9.2	9	151.35	8	9	185.63	8.6	9	162.32	10	9	189.51	7.9
10	145.25	7.5	10	122.38	7.2	10	184.12	7.6	10	160.63	8.4	10	198.21	7.1
11	147.01	7.5	11	148.36	9.5	11	162.38	9.1	11	174.39	7.1	11	161.89	9.9
12	147.05	10	12	152.06	7.5	12	169.69	7.4	12	180.12	8.4	Total	1942.06	
Total	1946.02		13	185.36	8.2	13	182.31	7.8	13	184.29	9.2	$\bar{X}$	178.017	7.9091
$\bar{X}$	162.168	8.9125	14	175.21	7.6	14	174.63	9.8	14	164.58	7.1			
			15	164.23	9.2	Total	2458.16		15	159.69	7.6			
			16	187.32	8.6	$\bar{X}$	175.583	8.3714	16	159.63	8.3			
			17	162.88	7.3				17	187.69	9.6			
			18	154.31	8.9				18	161.32	8.3			
			Total	2849.14					19	187.39	8.1			
			$\bar{X}$	158.286	8.2444				Total	3244.54				
									$\bar{X}$	170.765	8.3211			

Fuente: Elaboración propia, 2020

8.2.1.1.2 Rendimiento de cáscara y pulpa

Después de realizar el procedimiento de separación de cáscara y de pulpa (Fig. 18 y 19) se obtuvieron los resultados del rendimiento de cáscara y pulpa de la fruta, mismos que pueden apreciarse en la siguiente tabla:

Tabla 5 Proporción de cáscara y pulpa de la muestra de tuna

Componente de la tuna	Muestra 1	Rendimiento (%)	Muestra 2	Rendimiento (%)	Muestra 3	Rendimiento (%)	Muestra 4	Rendimiento (%)	Muestra 5	Rendimiento (%)
Cáscara	469.6	23.16	737.4	24.19	520.2	22.76	679.5	21.97	346.9	19.82
Pulpa	1485	73.24	2224.1	72.96	1730	75.71	2363.5	76.44	1403.5	78.77
Total	1954.6 ± 2.869		2961.5 ± 1.128		2250.2 ± 1.179		3043 ± 1.09		1750.4 ± 1.303	

Los datos están representados con base a la media del análisis de n=12 (muestra 1), n=18 (muestra 2), n=14 (muestra 3), n=19 (muestra 4) y n=11 (muestra 5).

De acuerdo con los resultados de la Tabla 5, se puede apreciar que el rendimiento en pulpa es el mayor, la media ($\bar{x}$) del rendimiento en pulpa de las cinco muestras observadas es de 74.58%, por otro lado, la media ($\bar{x}$) del rendimiento en cáscara de las muestras observadas es de 22.38%. Cerezal y Duarte (2005) informaron que en la variedad de tuna con la que trabajaron en su investigación en Chile, los rendimientos de pulpa y de cáscara que obtuvieron fue de 56.7% y 43.3% respectivamente; de acuerdo con los resultados de la variedad de tuna trabajada en esta investigación se puede observar que el rendimiento de la pulpa es 17.88% mayor por lo que se puede decir que en cuanto al rendimiento de este componente la tuna *Opuntia ficus indica* variedad Rojo vigor es mayor, mismo que se está desperdiciando y es importante evitar. Por otro lado, al comparar los rendimientos de cáscara, semilla y pulpa de la tuna con otro tipo de fruta como el mango, en las investigaciones de Guzmán *et al.* (2013), obtuvieron que el 23% del total de la fruta correspondía a cáscara y semilla mientras que de pulpa el 76.1%, siendo esto interesante debido a que el mango es una fruta tropical y tiene proporciones muy similares a la tuna en cuanto a sus proporciones a pesar de ser frutas que crecen en ambientes muy distintos.



Figura 18 Cáscara de tuna de la variedad Rojo vigor de San Sebastián Villanueva

Fuente: Fotografía propia, 2020



Figura 19 Pulpa de tuna de la variedad Rojo vigor de San Sebastián Villanueva

Fuente: Fotografía propia, 2020

8.2.1.2 Análisis fisicoquímicos

Para obtener los análisis fisicoquímicos la muestra se homogeneizó con agua destilada (2:10 p/v) la determinación de estos parámetros se realizó por triplicado. El resultado del análisis de pH fue de 5.5 que de acuerdo con investigaciones de Aquino *et al.* (2012) el dato concuerda estando dentro del rango que obtuvieron para seis variedades de tunas color rojo-violeta que estudiaron. En comparación con otras cáscaras de frutas la tuna está por encima de la toronja (pH 4.64), mango (pH 5.51), piña (pH 4.16) y manzana (pH 4.40), está por debajo de la jícama (pH 6.04) y plátano (pH 6.34), siendo similar con la zanahoria (pH 5.69) y la hoja de maguey (pH 5.18) (Chávez-Zepeda *et al.*, 2009).

El porcentaje de acidez en la pulpa que se obtuvo fue de 0.0025% meq de ácido ascórbico lo que a comparación de las investigaciones de Piga (2004) es más bajo de lo que él menciona puesto que su rango comprende de 0.05% a 0.18% de acidez; de acuerdo con Chávez-Zepeda *et al.* (2009), la acidez cambia dependiendo de la madurez del fruto, mientras más madura sea la fruta, es menos ácida por lo que este puede ser un factor de las diferencias en este parámetro. El porcentaje de sólidos solubles resultó ser de 11° Bx (Fig. 20); al compararlo con la investigación de Piga (2004) nuestro resultado concuerda con lo que él menciona, los azúcares contenidos en la tuna oscilan entre 10 ° y 17 ° Brix, donde la glucosa es la predominante lo que hace que la pulpa de esta fruta sea dulce.

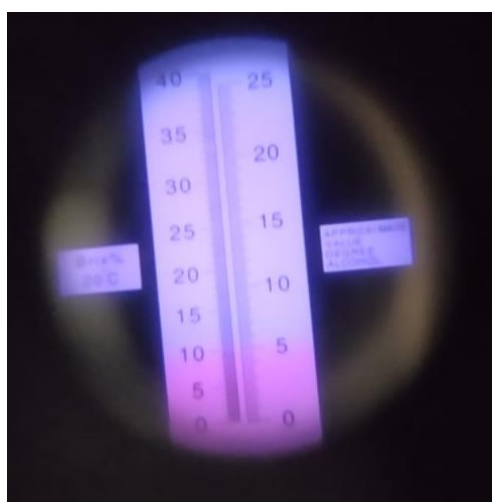


Figura 20 Porcentaje de sólidos solubles en la pulpa de tuna variedad Rojo vigor

Fuente: Fotografía propia, 2020

De acuerdo con investigaciones de Gonçalves, Lorenzo y Trindade (2021) la pulpa de la tuna de variedades amarilla y roja puede ser utilizada como conservante de alimentos cárnicos, debido a que inhibe el crecimiento de microorganismos como *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y especies de *Enterobacteriaceae* y *Pseudomonas*, mismas que son responsables de enfermedades causadas por los alimentos, de esta manera puede sustituir al nitrito de sodio que es el conservante sintético utilizado en estos productos.

8.2.1.3 Acondicionamiento de la muestra para la obtención de harina

8.2.1.3.1 Escaldado

El escaldado fue realizado para las dos primeras muestras de cáscara obtenido del procedimiento de separación de cáscara y pulpa de la tuna (Tabla 5) donde se sumergieron 469.6 y 737.4 g de cáscara en agua en ebullición a 95°C durante 5 min (Fig. 21), posteriormente la muestra se exprimió con una manta de cielo de 1mm de paso (Fig. 22) en donde se pudo observar que la muestra soltó mucílago de color rojo, esta sustancia tuvo una consistencia viscosa y esto se debe a la presencia de pectinas lo que hace que pueda utilizarse en la elaboración de jugos y jaleas (Sáenz, 2006); por último, la muestra se sumergió en agua fría a una temperatura de 4°C durante unos 5 min (Fig. 23) para posteriormente ponerla a secar.



Figura 21 Escaldado en agua en ebullición de la cáscara de tuna variedad Rojo vigor

Fuente: Fotografía propia, 2020



Figura 22 Escurrimiento de la muestra de la cáscara de tuna variedad Rojo vigor

Fuente: Fotografía propia, 2020



Figura 23 Escaldado con agua fría de la cáscara de tuna variedad Rojo vigor

Fuente: Fotografía propia, 2020

8.2.1.3.2 Secado

Se acondicionó un secador solar, mismo que estaba hecho con una malla de 1mm de paso y una charola de acero inoxidable (Fig. 24). Se colocaron 469.6 g de cáscara fresca en el secador solar, los días de secado para esta muestra fueron del 7 al 10 de noviembre de 2020 cumpliendo 36 h de secado; la temperatura y la humedad de los días en el que se llevó el proceso de secado fueron registradas (Tabla 6); la muestra se mantuvo vigilada y se procuró que no fuera dañada por el viento, insecto o algún otro factor que alterara el proceso. Como resultado se obtuvo cáscara seca que tuvo como porcentaje de humedad del 12% (Fig. 25 y 26). Es importante mencionar que se pudo observar que el color característico de la cáscara se mantuvo y no cambió conforme se realizaba el secado, esto se debe a que tanto la cáscara como la pulpa de tuna roja contiene pigmentos betalaínas mismos que son los responsables del color característico de esta fruta y de determinar la presencia de antioxidantes en la misma (Ramírez-Ramos *et al.*, 2015). De acuerdo con la investigación de Ocampo-Olalde *et al.* (2015), mencionan que las tunas de color rojo por el contenido de sus pigmentos pueden favorecer los tonos rojos de los productos cárnicos.



Figura 24 Secado de cáscara de la cáscara de tuna variedad Rojo vigor

Fuente: Fotografía propia, 2020



Figura 25 Cáscara seca de la cáscara de tuna variedad Rojo vigor

Fuente: Fotografía propia, 2020



Figura 26 Cáscara seca de la cáscara de tuna variedad Rojo vigor

Fuente: Fotografía propia, 2020

Tabla 6 Temperatura media y humedad de los días de secado para la muestra 1

Día	Temperatura ambiente (°C)	Humedad (%)
7 de noviembre	29	13.7
8 de noviembre	30	13.1
9 de noviembre	32	13.5
10 de noviembre	30	13.3

Fuente: Elaboración propia, recopilado de MeteoRed (2020)

Una segunda muestra de 737.4 g se sometió al secado; los días que comprendieron esta acción fueron el 13,14,16 y 17 de noviembre de 2020 cumpliendo un total de 36 h de secado; la temperatura y la humedad de los días en el que se llevó el proceso de secado fueron registradas (Tabla 7); de igual manera, la muestra se mantuvo vigilada procurando que no fuera dañada por algún factor y esto alterara el proceso de secado.

El peso total de ambas muestras (peso fresco de cáscara) resultó ser de 1202 g, mismas que se sometieron a su secado.

Tabla 7 Temperatura media y humedad de los días de secado para la muestra 2

Día	Temperatura ambiente (°C)	Humedad (%)
13 de noviembre	30	13.4
14 de noviembre	32	13.2
16 de noviembre	30	13.2
17 de noviembre	28	13.1

Fuente: Elaboración propia, recopilado de MeteoRed (2020)

8.2.1.3.3 Molido

Las cáscaras secas se redujeron de tamaño en un molino eléctrico para granos de marca Hamilton Beach (Fig. 27) de donde se obtuvieron 139.2 g de harina de la muestra 1 y 208.8 g de harina de la muestra 2. Se obtuvo el rendimiento de la harina mismo que resultó ser del 29% siendo mayor en comparación con el rendimiento de harina de plátano y maracuyá con las que trabajaron Calderón y Noriega (2017), siendo éstos del 6.02 y 5

% respectivamente, lo que hace notar que el rendimiento de la cáscara de tuna de la variedad rojo vigor es mayor que de otras frutas y se está desperdiciando sin aprovecharlo.

Se observó que la muestra conservó su color rojo brillante (Fig. 28), esto se debe a que la tuna contiene betalaínas que debido a sus componentes de éstas puede servir como colorante natural en las industrias farmacéutica, cosmética y alimenticia (Flores, 2019).



Figura 27 Molido de la cáscara de tuna variedad Rojo vigor

Fuente: Fotografía propia, 2020



Figura 28 Cáscara molida de la variedad Rojo vigor

Fuente: Fotografía propia, 2020

8.2.1.3.4 Tamizado

Se tomaron 100 g de muestra mismos que fueron cernidos por los dos tamices de diferentes tamaños (3.2 y 1 mm) y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 8 Fibra tamizada

Fibra	Peso (g)	Porcentaje (%)
1 mm	81.36	82
3.2 mm	14.44	14
Retenido	4.2	4
Total	100	100

Fuente: Elaboración propia, 2020

De acuerdo con la investigación de Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani (2010) el tamaño de partícula es un factor importante debido a que dependiendo de éste será el proceso o alimento al que se pueda incorporar la fibra obtenida y del mismo modo, las propiedades funcionales cambian de acuerdo con la granulometría de la fibra.

8.2.1.4 Análisis químico-proximales

Los resultados obtenidos de los análisis químico-proximales son los siguientes:

Tabla 9 Parámetros químicos-proximales

Parámetro	Concentración obtenida %(g/100g)
Humedad	9.201 ± 0.02
Cenizas	10.803 ± 0.15
Proteínas. Factor de conversión 6.25N	3.238 ± 0.05
Extracto etéreo	0.644 ± 0.03
Fibra cruda	8.537 ± 0.012
Carbohidratos por diferencia	67.577 ± 0.031

Los datos están representados con base a la media del análisis de n=3

El contenido de humedad en la cáscara de tuna obtenida en este estudio resultó ser alto comparado con el que contiene la cáscara de tuna deshidratada utilizada en la

investigación de Camacho-Guerrero *et al.* (2016) la cual presenta un 3.558 %(g/100g) de humedad, este parámetro es un factor que tiene que ver con el mantenimiento de la calidad del producto en su almacenamiento por ende va a tener relación con el crecimiento de patógenos en el producto. En investigaciones de Chávez-Zepeda *et al.* (2009), obtuvieron la cáscara de piña contiene una cantidad similar de humedad puesto que el valor de ésta fue de 9.62%.

Por otro lado, el parámetro de cenizas es un valor alto de 10.803 %(g/100g), este parámetro es un indicador sobre la cantidad de residuo inorgánico presente en la muestra (Murrieta, 2017), por lo que, en otras palabras, representa la cantidad de minerales de interés nutricional como el calcio, fósforo, entre otros en el alimento. Chávez-Zepeda *et al.* (2009) obtuvieron un resultado similar en cuanto al contenido de cenizas en cáscara de zanahoria con el 10.96%(g/100g).

El resultado de proteína en este estudio fue de 3.238 %(g/100g) lo que de acuerdo con investigaciones de Cota-Sánchez (2016) nuestro resultado presenta un alto contenido, haciendo de este residuo una fuente de proteína. Por otro lado, en comparación con otras frutas en el estudio de Chávez-Zepeda *et al.* (2009) la cáscara de tuna presenta un mayor contenido de proteína que la cáscara de toronja, mango, piña, jícama, plátano, manzana y hoja de maguey siendo estos menores de 1.5%. En comparación con estudios sobre cáscara de granada en la investigación de Maillard *et al.* (2019), ésta presenta valores similares con 3.34 %(g/100g) lo que las hace ser residuos ricos en proteína.

En cuanto al contenido de extracto etéreo obtenido en este estudio (0.644 %(g/100g)), éste se encuentra por debajo de los resultados en la cáscara de tuna con la que trabajaron Chávez-Zepeda *et al.* (2.48 %(g/100g)) (2009); por lo que se puede decir que en cuanto a la cáscara de tuna de la variedad Rojo vigor ésta presenta bajo contenido de grasas por ende no es una buena fuente de energía extra o de ácidos grasos esenciales. De acuerdo con Maillard *et al.* (2019), la cáscara de tuna en comparación con la cáscara de granada es similar en este parámetro con un valor de 0.97 %(g/100g)) lo cual indica que ambas son residuos con escaso contenido de grasas.

El valor de fibra cruda obtenido indica ser alto (8.537 %(g/100g)) comparado con la investigación de Camacho-Guerrero *et al.* (2016) (7.92 %(g/100g)), por lo que se puede decir que la cáscara de tuna de la variedad trabajada en este estudio es una buena opción para añadir a la alimentación humana debido al aporte de fibra que posee.

El contenido de carbohidratos para la cáscara de tuna fue de 67.577 %(g/100g) los cuales se obtuvieron por diferencia, los carbohidratos son moléculas de azúcar presentes en los alimentos, en el caso de la cáscara de granada en investigaciones de Maillard *et al.* (2018), los carbohidratos identificados fueron de 18.7 %(g/100g) por lo que se puede observar que difiere con respecto a la cáscara de tuna de la variedad Rojo vigor y que esta última tiene 5 veces más contenido de carbohidratos, lo cual indica que es un residuo que aporta una gran fuente de energía .

8.2.1.5 Análisis funcional de la fibra

De acuerdo con la metodología para obtener los parámetros de propiedades funcionales de las fibras se obtuvo lo siguiente:

Tabla 10 Propiedades funcionales

Propiedad funcional	Tamaño de partícula (mm)	
	1	3.2
Capacidad de hinchamiento (CH) (mL agua/g muestra seca)	3.49 ± 0.05	3.45 ± 0.1
Capacidad de absorción de agua (CAA) (L agua/ g muestra seca)	2.845 ± 0.22	2.655 ± 0.46
Capacidad de absorción de aceite (CAa) (g aceite/g muestra seca)	1.573 ± 0.011	1.466 ± 0.151
Capacidad de captación de iones (CCI) (meq H ⁺)	0.0056 ± 0.00026	0.0049 ± 0.00020

Los datos están representados con base a la media del análisis de n=3.

La capacidad de hinchamiento presentó un valor de 3.49 mL/g lo que, en comparación con el resultado obtenido por Valencia y Román (2006) en fibra de avena, ellos obtuvieron un valor menor, lo que indica que la fibra de cáscara de tuna de esta investigación atribuye una mejor capacidad de aumentar su tamaño cuando hay un exceso de agua ocasionando que se produzca saciedad y el incremento del bolo fecal a diferencia de la fibra de avena.

Del mismo modo para el caso del parámetro de capacidad de absorción de agua, de acuerdo con Aguilera (2009) en su trabajo con harinas de leguminosas, obtuvo valores similares en cuanto a este parámetro por lo que hace mención que estas harinas podrían ser utilizadas en alimentos cárnicos debido a las propiedades que le otorga ya sea de consistencia, viscosidad o adhesión; por otro lado es importante mencionar que la capacidad de absorción de agua demuestra la habilidad de los alimentos para retener agua durante la aplicación de fuerzas gravitacionales o de compresión (Díaz-Vela *et al.*, 2016) y que de este parámetro depende el efecto que haga la fibra en el cuerpo humano y la incorporación a un alimento (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani, 2010).

En el caso de capacidad de absorción de aceite el valor obtenido es de 1.573 g aceite/g muestra seca y en comparación con el estudio de Abarca *et al.* (2010) el valor de esta capacidad fue de 1.17 g aceite/g muestra seca, por lo que en este estudio este parámetro es un poco más alto, lo que indica que la cáscara de tuna variedad Rojo vigor utilizada para esta investigación posee un mejor valor para la absorción de aceite haciendo posible su uso en la elaboración de embutidos donde mantendría la estabilidad del producto cocido.

Las harinas que presentan una alta capacidad de absorción de agua y de aceite pueden ser agregadas para la elaboración de carnes, embutidos y panes (Camacho-Guerrero *et al.*, 2016). De acuerdo con estudios realizados por Aguilera (2009) a harinas de leguminosas encontraron valores similares para este parámetro, por lo que indican que estas harinas pueden ser utilizadas como insumo en productos fritos consiguiendo así una sensación de menos grasa en el alimento.

La capacidad de captación de iones resultó ser baja en comparación con un estudio de Rincón *et al.* (2016) donde ellos obtuvieron un valor de 0.97 meq H⁺ para el mesocarpio de coco; por otro lado, Miranda (2012) menciona que la cáscara de tuna tiene propiedades de bioadsorbente debido a su capacidad de intercambio iónico y a sus componentes, pectina y lignina, que son biopolímeros relacionados con la eliminación de metales pesados, obtuvo que la cáscara de tuna tratada con formaldehído la hace un buen bioadsorbente, el cual removió el 98,5% de plomo.

Por otro lado, se obtuvieron los resultados sobre la composición química de la cáscara de tuna en donde se registró lo siguiente:

Tabla 11 Composición química de la cáscara de tuna de la variedad Rojo vigor, proveniente de San Sebastián Villanueva, Acatzingo, Puebla

Composición química de la cáscara de tuna roja	Porcentaje (%)
Fibra detergente neutra	22.57 ± 2.22
Fibra detergente ácido	45.18 ± 0.75
Lignina	9.54 ± 0.17

Los datos están representados con base a la media del análisis de n=3.

Fuente: Elaboración propia, 2021

En el caso de la fibra detergente neutra, esto se refiere a la determinación de fibras vegetales presentes en el alimento analizado, en donde son separados aquellos componentes solubles de aquellos que no lo son en su totalidad, en cambio, la fibra detergente ácido proporciona el resultado de un aproximado del grado de digestibilidad de las fibras analizadas (Olvera, Martínez y Real de León, 1993). De acuerdo con Bakr (2019) y sus resultados obtenidos para reemplazar alfalfa por cáscaras de tuna como alimento para conejo, obtuvo que es mejor emplear el 75% de cáscara de tuna y el 25% restante con alfalfa en la dieta de estos animales debido a que se obtienen beneficios en el caso del rendimiento de crecimiento y la digestibilidad de nutrientes.

Por otro lado, Badr, Bakr y El-Shinnawy (2017) en su estudio, comprobaron que la cáscara de Opuntia en conjunto con elementos como el bersín y la paja de arroz, presentan características nutricionales favorables y pueden ser utilizadas como alimento en rumiantes debido a la alta digestibilidad que presenta, lo cual mejora la productividad del ganado.

8.2.1.5.1 Análisis de los datos

Los resultados recabados en los análisis de propiedades funcionales fueron analizados mediante pruebas de T de Student para muestras independientes donde se obtuvo lo siguiente:

Tabla 12 Análisis de los datos

Propiedad funcional	Media de tamaño de partícula ($\bar{X}$)		<i>p-valor</i>
	1 mm	3.2 mm	
Capacidad de hinchamiento	3.4833	3.45	0.643
Absorción de agua	2.86	2.4467	0.123
Absorción de aceite	1.5733	1.4667	0.291
Captación de iones	0.0005412	0.000656067	0.037

Existen diferencias entre el tamaño de partícula y la propiedad funcional de captación de iones ($t=3.085$, $gl=4$, $p\text{-valor } (0.037) \leq 0.05$)

De acuerdo con los resultados obtenidos se determinó que, si existen diferencias entre el tamaño de partícula y la propiedad funcional de captación de iones ($p \leq 0.05$), siendo éste el único grupo en donde el tamaño de partícula trabajado si afecta a esta propiedad, mientras más pequeño sea el tamaño de la partícula es menor la captación de iones, por lo que, la harina de 3.2 mm presenta mejor captación de iones.

8.2.2 Propuesta de beneficios obtenidos a partir de los residuos de la tuna

De acuerdo con los resultados en la fase experimental se pueden mencionar distintos beneficios que pueden obtenerse a través de los residuos de la tuna que comprende a la pulpa y cáscara, esto se puede observar a continuación:

Tabla 13 Usos de la tuna como residuo

Residuo	Propuesta de la investigación	Propuesta de autores
Pulpa	Conservador natural de productos cárnicos	Gonçalves, Lorenzo y Trindade (2021). Puede ser utilizada como conservante de alimentos cárnicos, debido a que inhibe el crecimiento de bacterias que originan enfermedades causadas por los alimentos.
Cáscara	Elaboración de: Embutidos y panes Bioadsorbente de metales: plomo Alimento para animales: conejos y rumiantes	- Bakr (2019). Puede utilizarse como alimento para conejos en conjunto con la alfalfa, aporta beneficios en el rendimiento de crecimiento y digestibilidad de nutrientes en estos animales. - Badr, Bakr y El-Shinnawy (2017). Puede utilizarse como complemento de alimento en rumiantes debido a la alta digestibilidad que presenta, lo cual mejora la productividad del ganado. - Camacho-Guerrero <i>et al.</i> (2016). Pueden ser agregadas para la elaboración de carnes, embutidos y panes. - Ocampo <i>et al.</i> (2015). Puede ser utilizada como ingrediente funcional en embutidos como las salchichas debido a su contenido alto de fibra. - Aguilera (2009). Puede ser utilizada en alimentos cárnicos debido a las propiedades que le otorga de consistencia, viscosidad y adhesión, así como también puede ser adicionado como insumo en productos fritos consiguiendo así una sensación de menos grasa en el alimento. - Miranda (2012): Puede utilizarse como bioadsorbente de metales como el plomo (II) en aguas contaminadas.

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de campo se pudo realizar un diagrama en el que se describió el sistema de producción de tuna en San Sebastián Villanueva, en donde se menciona la cantidad total anual de residuos generados durante el proceso de mercadeo; con el resultado anterior en conjunto con las propuestas basadas en los resultados de la fase experimental, el diagrama de la descripción del sistema de producción de tuna se pudo completar (Figura 29); es muy importante mencionar la relevancia que implica el que los residuos de tuna después de su tratamiento pueden regresar a manos de los productores, de manera que ellos pueden aprovecharlos y comercializarlos a algún público interesado en los usos propuestos beneficiándolos puesto que minimizan sus pérdidas económicas y en el caso del medio ambiente se disminuyen los impactos causados por la mala disposición que se está implementando en estos residuos y se reduciría la contaminación causada por este acto.

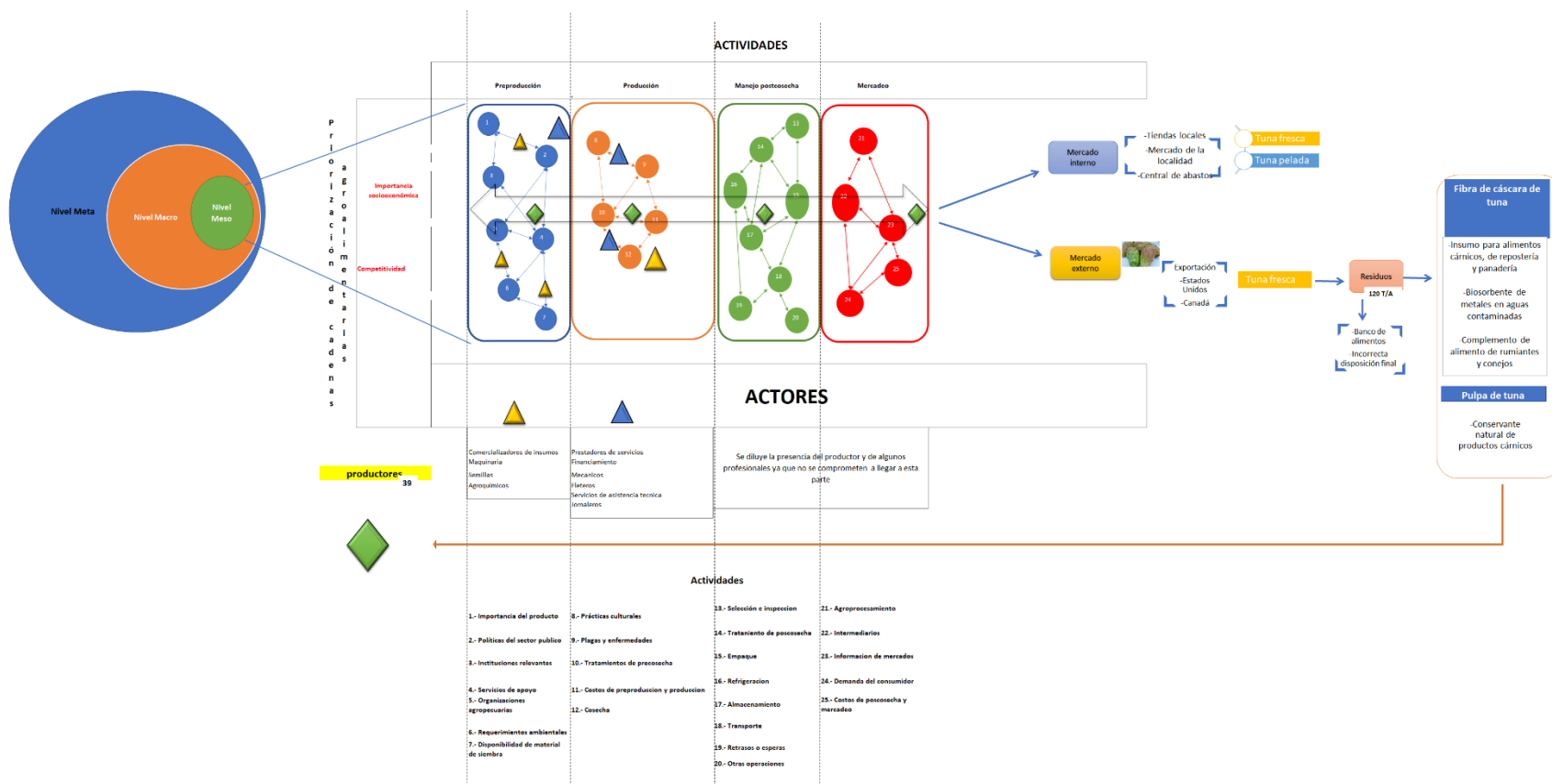


Figura 29 Descripción del sistema de producción de tuna en San Sebastián Villanueva del municipio de Acatzingo, Puebla

Fuente: Elaboración propia, 2021

IX. CONCLUSIONES

Finalmente, de acuerdo con los resultados se puede sintetizar que:

El sistema de producción de tuna en la localidad de San Sebastián Villanueva en Acatzingo, Puebla comprende cuatro procesos: Preproducción, Producción, Manejo Poscosecha y Mercadeo y se encontró que en el último proceso se genera una alta cantidad de residuos orgánicos que tienen una mala disposición.

Se cuantificaron los residuos procedentes del proceso de Mercadeo que son cáscara de tuna y pulpa; estos residuos generados comprenden 150 toneladas anuales aproximadamente, por lo que deben ser considerados residuos de manejo especial de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.

Se clasificaron y cuantificaron la cantidad de residuos obteniéndose un rendimiento de la pulpa, el cual fue del 74.58%, mientras que el de la cáscara es del 22.38% de la misma, en este sentido se puede decir que es un fruto de buen tamaño y la parte comestible abarca la mayoría del fruto.

Se caracterizaron los residuos de la tuna de donde se obtuvo pH, acidez y °Brix, donde destacó el parámetro de pH que indica que la pulpa de la tuna de la variedad Rojo vigor puede ser utilizada como conservante natural de alimentos cárnicos ya que inhibe el crecimiento de microorganismos causantes de enfermedades por alimentos, además puede sustituir al nitrito de sodio que es un conservante sintético utilizado en este tipo de alimentos. En el caso de los análisis químicos se obtuvo que la harina de cáscara de tuna es fuente de proteína, cuenta con minerales de interés nutricional como el calcio y fósforo, y además contiene alto porcentaje de fibra lo que sin duda indica que es un recurso que puede beneficiar la salud humana al prevenir diabetes, enfermedades cardiovasculares, estreñimiento y la obesidad.

De las evidencias de los análisis anteriores, una de las alternativas que sobresale es la harina de cáscara de tuna debido a que mejora la calidad de productos embutidos, carnes y de panadería; además posee propiedades de bioadsorbente por lo que puede remover metales como el plomo en aguas contaminadas y también puede emplearse dentro de la

dieta de animales como rumiantes y conejos en donde beneficia al rendimiento de crecimiento de los animales y a la digestibilidad del alimento que consume.

X. ANEXOS

Anexo 1. Cédula de campo para la obtención de información sobre el sistema de producción de tuna

		Cédula de campo para la obtención de información sobre el sistema de producción de tuna.			
1. Información general de identificación de la cédula					
1.1 Identificación de la cédula					
Fecha: _____		No. de cédula: _____			
2. Información general del encuestado					
2.1 Datos del encuestado					
Nombre: _____					
Actividad económica actual: _____		Agricultura: _____	Ganadería: _____	Comercio: _____	Otra (especifique): _____
3. Información sobre la producción de tuna					
3.1 Datos de cultivo					
3.1.1 ¿Cuál es la superficie total que utiliza para cultivar tuna? _____					
3.1.2 ¿Cuál es la temporada de cosecha? _____					
3.1.3 ¿Qué variedades de tuna tiene y por qué escogió esas? _____					
Resistencia a plagas y enfermedades _____		Calidad _____	Sabor _____	Tamaño _____	Peso _____
3.1.4 ¿Qué método de cosecha utiliza? _____		Manual _____	Mecánico _____		
3.1.5 ¿Cuántas veces cosecha al año? _____					
3.1.6 ¿Cuál es la época del año con mayor producción? _____					
3.1.7 ¿Cuánta producción cosecha al año de cada variedad que tiene? _____					
3.1.8 ¿Qué característica considera para la cosecha de las tunas? Enumere la característica más importante a la menos importan					
Color _____	Tamaño _____	Peso _____	Brillo _____	Sabor _____	Otra _____ Menciónela _____
3.1.9 ¿Cómo almacena la cosecha? _____					
3.1.10 ¿Cuáles son sus condiciones de almacenamiento? _____					
3.1.11 ¿Tiene problemas de plagas o enfermedades durante el almacenamiento? _____					
3.1.12 ¿Cómo combate las enfermedades y plagas durante el almacenamiento? _____					
3.1.13 ¿Qué tipo de riego utiliza y cada cuánto lo hace? _____					
Rodado _____	Cañón central _____	Por goteo _____	Microaspersión _____	Otro _____	Menciónelo _____
3.1.14 ¿Fertiliza su cultivo de tuna? Si _____ No _____					
3.1.15 ¿Qué tipo de fertilizante utiliza, es químico o abono? _____					
3.1.16 ¿En qué época del año aplica el fertilizante? _____					
3.1.17 ¿Sus cultivos presentan plagas? Si _____ No _____					
3.1.18 ¿Qué tipo de plagas son las que se presentan con más frecuencia y qué daños ocasiona? _____					
3.1.19 ¿En qué época se presenta la plaga? _____					
3.1.20 ¿Qué tipo de plaguicida utiliza? _____					
4. Información sobre el proceso de empaque de la tuna					
4.1 Datos de proceso de selección y empaque					
4.1.1 ¿Qué características debe tener la tuna para poder empacarla? _____					
4.1.2 ¿Cuál es el procedimiento para el empaque de la tuna? _____					
5. Información sobre la comercialización de tuna					
5.1 Datos de comercialización					
5.1.1 ¿Cuánto de su producción destina para su autoconsumo y venta? _____					
5.1.2 ¿Cuál es el precio de venta? _____					
5.1.3 ¿A quién o en dónde lo vende? _____					
6. Información sobre residuos de la tuna					
6.1 Datos de generación de residuos de tuna					
6.1.1 ¿Qué características tiene el producto que no vende? _____					
6.1.2 ¿Cuál es la razón principal por la que no se logra vender el producto? _____					
6.1.3 ¿Cuántos kg de tuna por cosecha no se vende? _____					
6.1.4 ¿Qué le hace a la tuna que no es vendida? _____					
6.1.5 ¿Cuál es la variedad de tuna que le sobra más? _____					
6.1.6 ¿Estaría dispuesto a aprovechar la tuna que no es vendida y de qué manera piensa que podría hacerlo? _____					
7. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos					
7.1 Datos de análisis fisicoquímicos y microbiológicos al producto					
7.1.1 ¿Le han realizado algún tipo de análisis al producto? _____		Si _____	No _____		
7.1.2 ¿Qué tipo de análisis le han realizado? _____		Microbiológico _____	Nutricional _____		

XI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	2019					2020											2021											
	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.
Actividad																												
Elaboración de protocolo																												
Presentación de protocolo a comité																												
Asistencia a congreso																												
Fase de campo																												
Fase de laboratorio																												
Escritura de tesis																												
Predefensa de tesis																												
Defensa de tesis																												

Bibliografía

- Abarca, D., Martínez, R., Muñoz, J., Torres, M., & Vargas, G. (noviembre de 2010). Residuos de Café, Cacao y Cladodio de Tuna: Fuentes Promisorias de Fibra Dietaria. *Revista Tecnológica ESPOL*, 63-69.
- Aguilera Gutiérrez, Y. (2009). *Tesis Doctoral. Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecno-Funcionales*. España: Universidad Autónoma de Madrid.
- Almada, M., Cáceres, M. S., Machaín-Singer, M., & Pulfer, J. C. (2005). *Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes*. Paraguay: Fundación Celestina Pérez de Almada.
- ANKOM Technology. (2021). *Analytical Methods DELTA*. Obtenido de ANKOM Technology: <https://www.ankom.com/analytical-methods-support/fiber-analyzer-delta>
- AOAC. (1995). *Association of Official Analytical Chemist* (Vol. 16). USA: AOAC Internacional. Recuperado el 19 de enero de 2020, de AOAC International: <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-21st-edition-2019/>
- Aquino Bolaños, E. N., Chavarría Moctezuma, Y., Chávez Servia, J. L., Guzmán Gerónimo, R. I., Silva Hernández, E. R., & Verdalet Guzmán, I. (mayo-agosto de 2012). Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. *Investigación y ciencia*(55), 3-10.
- Badr, A. M., Bakr, A. A., & El-Shinnawy, M. M. (2017). Prediction the nutritive value of prickly pear peels as a natural unconventional feed resource for feeding ruminants from chemical composition an in vitro digestibility using Daisy II incubator. *Egyptian Journal Nutrition and Feeds*, 20(2).

- Bakr, A. A. (2019). Impact of partial replacement of alfalfa hay with prickly pear peels (PPPS) on productive performance of rabbits. *Egyptian Journal Nutrition and Feeds*, 535-550.
- Barragán Huerta, B. E., Téllez Díaz, Y. A., & Laguna Trinidad, A. (2008). Utilización de residuos agroindustriales. *Revista Sistemas Ambientales*, 2(1), 44-50.
- Calderón Yagual, V. G., & Noriega Rubio, V. E. (2017). *Obtención de harina de los residuos de frutas con mayor poder antioxidante y antimicrobiano (maracuyá, cacao y plátano)*. Ecuador: Universidad Estatal de Guayaquil.
- Calixto Escobar, N.-H. (2011). *Fruta con sabor a México: Agroproductores la Flor de Villanueva S.P.R. De R.I.* México: CONACYT-SAGARPA.
- Camacho-Guerrero, J. C., Chavarría-Martínez, E., Candelas-Cadillo, M. G., Ramírez-Baca, P., & Martínez-Rodríguez, F. J. (2016). Composición bromatológica y propiedades funcionales de la cáscara de tuna blanca deshidratada (*Opuntia ficus-indica*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 633-637.
- Cerezal, P., & Duarte, G. (2005). Algunas características de tunas (*Opuntia ficus-índica* (L.) Miller) cosechadas en el altiplano andino de la 2da Región de Chile. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 34-60.
- Chavarrías, M. (19 de septiembre de 2013). *El pH de los alimentos y la seguridad alimentaria*. Obtenido de Consumer: [https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-ph-de-los-alimentos-y-la-seguridad-alimentaria.html#:~:text=Con%20un%20pH%20bajo%20\(condiciones,de%20bacterias%20crece%20muy%20bien](https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-ph-de-los-alimentos-y-la-seguridad-alimentaria.html#:~:text=Con%20un%20pH%20bajo%20(condiciones,de%20bacterias%20crece%20muy%20bien).
- Chávez-Zepeda, L., Cruz-Méndez, G., Gracia de Caza, L., Díaz-Vela, J., & Pérez-Chabela, M. (2009). Utilización de subproductos agroindustriales como fuente de fibra para productos cárnicos. *Nacameh*, 3(2), 71-82.

- Cota-Sánchez, J. H. (2016). Nutritional Composition of the Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica*) Fruit. En M. Simmonds, & V. Preedy (Edits.), *Nutritional Composition of Fruit Cultivars* (First edition ed., págs. 691-712). Academic Press.
- Cury R, K., Aguas M., Y., Martínez M., A., Olivero V., R., & Chams Ch., L. (2017). Residuos agroindustriales, su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 122-132.
- De Medeiros, V. P., Colombo Pimentel, T., Ribeiro Varandas, R. C., Alves dos Santos, S., de Souza Pedrosa, G. T., da Costa Sassi, C. F., . . . Magnani, M. (2020). Exploiting the use of agro-industrial residues from fruit and vegetables as alternative microalgae culture medium. *Food Research International*.
- Díaz-Vela, J., Totosa, A., & Pérez-Chabela, M. L. (2016). Efecto de harinas de cáscara de tuna y piña sobre las características fisicoquímicas y texturales de salchichas cocidas inoculadas con bacterias ácido lácticas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 851-856.
- Espinoza S., J. (agosto de 2016). Innovación en el deshidratado solar. *Ingeniare*, 24, 72-80.
- FAO & OMS. (2007). *Codex alimentarius. Frutas y Hortalizas frescas*. (Primera, Ed.) Roma: FAO & OMS.
- FAO. (2004). *Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas*. Roma: Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria.
- FAO. (2018). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. (P. Inglese, C. Mondragón Jacobo, A. Nefzaoui, S. Carmen, Edits., & C. Mondragón Jacobo, Trad.) Roma. Recuperado el 27 de agosto de 2019
- FAO. (2021). *Cadenas agroalimentarias*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/energy/agrifood-chains/es/>

- Fernández Montes, M. R., Mondragón Jacobo, C., Luna Vázquez, J., Gutiérrez Acosta, F., Sáenz Quintero, L. A., Zegbe Domínguez, J. A., . . . Martínez González, J. C. (2000). *Principales cultivares mexicanos de nopal tunero*. México: INIFAP.
- Ferrer, J. (2005). Competitividad sistémica. Niveles analíticos para el fortalecimiento de sectores de actividad económica. *Revista de Ciencias sociales*, 11(1), 149-166.
- FIRCO. (06 de septiembre de 2017). *La TUNA, una fruta muy mexicana*. Recuperado el 10 de septiembre de 2019, de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/firco/articulos/la-tuna-una-fruta-muy-mexicana?idiom=es>
- Flores Mancha, M. A., Rentería Monterrubio, A. L., Sánchez Vega, R., & Chávez Martinez, A. (2019). Estructura y estabilidad de las betelaínas. *Interciencia*, 318-325.
- García Díaz, J. J., Pérez Hernández, P., & Chalate Molina, H. (2008). *Priorización de las principales cadenas agroalimentarias del estado de Veracruz*. Veracruz: Colegio de Posgraduados.
- García Pantaleón, D. M., Flores Ortiz, M., Moreno Álvarez, M. J., Belén Camacho, D. R., Medina Martínez, C. A., & Padrón Pereira, C. A. (2009). Chemical, biochemical, and fatty acids composition of seeds of *Opuntia boldinghii* Britton et Rose. *Journal Of The Professional Association For Cactus Development*(11), 45-52.
- Gonçalves, L. A., Lorenzo, J. M., & Trindade, M. A. (2021). Fruit and Agro-Industrial Waste Extracts as Potential Antimicrobials in Meat Products: A Brief Review. *Foods*, 10(1469).
- Gonzales, A., Gutierrez, S., Bustos, N., & Hernandes, J. (2016). *Análisis químico*. Recuperado el 19 de enero de 2020, de StuDocu: <https://www.studocu.com/en/document/universidad-de-pamplona/quimica-analitica/essays/analisis-quimico-proximal/4409335/view>

- Guzmán, O., Lemus, C., Bugarin, J., & Ly, J. (2013). Composición y características químicas de mangos (*Mangifera indica* L.) destinados a la alimentación animal en Nayarit, México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(3), 273-277.
- Herrera, M. (09 de marzo de 2018). *En San Sebastián Villanueva, tuna como ninguna*. Obtenido de La Campiña: <https://revistalacampina.mx/2018/03/09/en-san-sebastian-villanueva-tuna-como-ninguna/>
- Herrero Martínez, J. M., Simó Alfonso, E. F., Cervera Sanz, M. L., Armenta Estrela, S., Esteve Turrillas, F. A., Lerma García, M. J., . . . Vergara Barberán, M. (2020). *Determinación de proteínas en pasta por el método Kjeldahl*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=Q0yT6qtj0cg>
- INCA Rural. (2010). *Estrategia de desarrollo territorial. Orientaciones metodológicas para el diseño de proyectos estratégicos territoriales*. México: SAGARPA.
- INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Acatzingo, Puebla*. Recuperado el 19 de noviembre de 2019, de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21004.pdf
- Jiménez Paneque, R. (1998). *Metodologías de la investigación. Elementos básicos para la investigación clínica*. La Habana: Ciencias Médicas del Centro Nacional de información de Ciencias Médicas.
- Kuznik, A., Hurtado Albir, A., & Espinal Berenguer, A. (2010). El uso de la encuesta de tipo social en Traductología. Características metodológicas. *MonTI. Monografías de Traducción e Interpretación*(2), 315-344.
- La Gra, J., Kitinoja, L., & Alpízar, K. (2016). *Metodología de Evaluación de Cadenas Agroalimentarias para la identificación de problemas y proyectos: un primer paso para la disminución de pérdidas de alimentos*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

- Lattimer, J. M., & Haub, M. D. (2010). Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. *Nutrients*, 1266-1289. doi:10.3390/nu2121266
- Liu, M., Li, X., Zhou, S., Wang, T. T., Zhou, S., Yang, K., . . . Wang, J. (2020). Dietary fiber isolated from sweet potato residues promotes a healthy gut microbiome profile. *Food & Function*, 689-699. doi:10.1039/C9FO01009B
- López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa* (Primera ed.). Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Luna Vázquez, J., Zegbe Domínguez, J. A., Mena Covarrubias, J., & Rivera Lozano, M. T. (2012). *Manejo de plantaciones de nopal tunero en el altiplano potosino* (Primera ed.). San Luis Potosí, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Macas Rivera, W. J. (julio de 2018). *Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8977>
- Maillard Berdeja, K. V., Ponce Alquicira, E., & Schettino Bermúdez, B. S. (2018). Cáscara de granada (*Punica granatum* L.): potencial uso como fuente de ingredientes funcionales en productos cárnicos emulsionados cocidos. *Nacameh*, 12(2), 30-41.
- Maillard Berdeja, K., Pérez Chabela, M., Ponce Alquicira, E., & Schettino Bermúdez, B. (2019). Caracterización bromatológica y microbiológica de la cáscara de granada (*Punica granatum* L.) como fuente de ingredientes funcionales. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 799-804.
- Márquez-Berber, S. R., Torcuato-Calderón, C., Almaguer-Vargas, G., Colinas-León, M. T., & Khalil Gardezi, A. (2012). El sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, Estado de México. Problemática y alternativa. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(1), 81-93.

- Martín, S. G., & Lafuente, V. (enero/abril de 2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investigación Bibliotecológica*, 31(71), 151-180.
- Matos-Chamorro, A., & Chambilla-Mamani, E. (2010). Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 4-17.
- McPherson Kay, R. (1982). Dietary fiber. *Journal of Lipid Research*, 23, 221-242. Obtenido de <https://www.jlr.org/action/showPdf?pii=S0022-2275%2820%2938151-7>
- Mena, M. (19 de septiembre de 2018). Crece producción de tuna en el estado. *El Sol de Puebla*. Recuperado el 10 de septiembre de 2019, de <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/crece-produccion-de-tuna-en-el-estado-2006259.html>
- MeteoRed. (23 de noviembre de 2020). *Histórico del clima en Heróica Puebla de Zaragoza*. Obtenido de MeteoRed: <https://www.meteored.mx/heroica-puebla-de-zaragoza/historico>
- Miranda, R. L. (2012). *Biosorción de plomo (III), presente en soluciones acuosas, con cáscara de tuna (Opuntia ficus indica)*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- Montes, F. (2004). *Estadística básica*. España: Universidad de Valencia.
- Moreno Jiménez, J. M., Aguarón Joven, J., & Escobar Urmeneta, M. T. (2001). Metodología científica en valoración y selección ambiental. *Pesquisa Operacional*-3, 21(1), 1-16.
- Murrieta, K. G. (2017). *Manual de prácticas de la EE de "Análisis de Alimentos"*. Veracruz: Universidad Veracruzana.

NMX-F-083. (1986). *Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios*. Ciudad de México: Dirección General de Normas.

NMX-F-102-S. (1978). *Determinación de acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas*. México: Dirección General de Normas.

NMX-F-103. (1982). *Determinación de grados Brix*. México: Dirección General de Normas.

NMX-F-317-S. (1978). *Determinación de pH en alimentos*. México: Dirección General de Normas.

NMX-F-607-NORMEX-2013. (2013). *Determinación de cenizas en alimentos*. México: Diario Oficial de la Federación.

NMX-F-608-NORMEX. (2011). *Determinación de proteínas en alimentos*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.

NMX-F-613-NORMEX-2017. (2017). *Determinación de fibra cruda en alimentos*. México: Diario Oficial de la Federación.

NMX-FF-008. (1982). *Productos alimenticios no industrializados para uso humano – Fruta fresca – Determinación de tamaño en base al peso unitario*. México: Diario Oficial de la Federación.

Ocampo-Olalde, R., Delgado-Suárez, E. J., & Gutiérrez-Pabello, J. Á. (2015). Harina de cáscara de tuna como fuente de fibra y su efecto sobre las características físico-químicas y sensoriales de salchichas bajas en sodio y grasa. *Nacameh*, 9(2), 54-65.

Ochoa-Velasco, C. E., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2010). La tuna: una perspectiva de su producción, propiedades y métodos de su conservación. *Tema selectos de Ingeniería en Alimentos*, 49-63.

- Olvera Novoa, M. Á., Martínez Palacios, C. A., & Real de León, E. (1993). *Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos*. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/3/ab489s/AB489S04.htm>
- ONU. (2015). *17 objetivos para cambiar nuestro mundo*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232.
- Padilla Pérez, R., & Oddone, N. (2016). *Manual para el fortalecimiento de cadenas de valor*. Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Padrón, J. (2007). Tendencias Epistemológicas de la Investigación Científica en el Siglo XXI . *Cinta de Moebio* 28, 1-28.
- Piga, A. (octubre de 2004). Cactus Pear: A Fruit of Nutraceutical and Functional Importance. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 9-22.
- RAE. (2006). *Diccionario esencial de la lengua española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://www.rae.es/desen/rendimiento>
- RAE. (2021). *Digerir*. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/digerir>
- Ramírez, A., & Pacheco de Delahaye, E. (2009). Propiedades funcionales de las harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34(4), 293-298. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911575012.pdf>
- Ramírez-Cortina, C. R., Alonso-Gutiérrez, M. S., & Rigal, L. (2012). Valorización de residuos agroindustriales del tequila para alimentación de rumiantes. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* , 449-457.

- Ramírez-Ramos, M., García-Mateos, M. d., Corrales-García, J., Ybarra-Moncada, C., & Castillo-González, A. M. (2015). Compuestos antioxidantes en variedades pigmentadas de tuna (*Opuntia* sp.). *Fitotec*, 38(4), 349-357.
- Ramos Cassellis, M. E., Sánchez Pardo, M. E., Rojas López, M., & Mora Escobedo, R. (2014). Structural, physicochemical and functional properties of industrial residues of pineapple (*Ananas comosus*). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 633-641.
- Rekalde, I., Vizcarra, M. T., & Macazaga, A. M. (2014). La observación como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y fomentar procesos participativos. *Educación XX1*, 17(1), 201-220.
- Rincón Reyna, J., Rincón Reyna, P. G., Torres Maravilla, E., Mondragón Rojas, A. G., Sánchez Pardo, M. E., Arana Cuenca, A., . . . Jiménez García, E. (2016). Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra de mesocarpio de coco (*Cocos nucifera* L.). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 279-284.
- Sáenz, C. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. Roma: FAO.
- SAGARPA. (2012). *Plan rector del sistema producto nopal tuna en el estado de Puebla*.
Obtenido de
http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/estatales/EPT%20COMITE%20SISTEMA%20PRODUCTO%20NOPAL%20TUNA%20PUEBLA/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_NOPAL_PUEBLA_2012.pdf
- Santacruz Castro, A. M., Rodríguez Borray, G. A., & Aranda Camacho, Y. V. (julio de 2019). Competitividad sistémica del sistema agroalimentario localizado (SIAL) de la piña de El Peñón (Departamento de Bolívar, Colombia). *Agroalimentaria*, 25(49), 89-105.

Santos, E. (22 de septiembre de 2019). San Sebastián Villanueva, el corazón tunero de México. *El Popular*. Obtenido de <https://www.elpopular.mx/2019/09/22/municipios/san-sebastian-villanueva-el-corazon-tunero-de-mexico>

Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro. *Revista de Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería A.C.*, 16(2), 14-46.

Secretaría de Economía. (17 de marzo de 2016). *Competitividad y Normatividad/ Normalización*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion>

Secretaría de Salud. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales*. México: Diario Oficial de la Federación.

Secretaría de Salud. (1994). *Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa*. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/116ssa14.html>

SEDESOL. (2013). *Unidad de Microrregiones Cédulas de Información Municipal (SCIM)*. Recuperado el 19 de noviembre de 2019, de SEDESOL: <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=nacion&ent=21&mun=004>

SEMARNAT. (2011). *NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado...* México: DIARIO Oficial de la Federación.

- SEMARNAT. (2018). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos de 2003 (última actualización)*. México, México: Diario Oficial de la Federación.
- SEMARNAT. (28 de marzo de 2018). *Leyes y Normas del Sector Medio Ambiente*. Recuperado el 08 de octubre de 2019, de Gobierno de México: <http://www.semarnat.gob.mx/gobmx/biblioteca/nom.html>
- Shivhare, U., Gupta, M., Basu, S., & Raghavan, G. (2009). Optimization of blanching process for carrots. *Journal of Food Process Engineering*, 587-605.
- SIAP. (18 de junio de 2018). *En 2017, la producción nacional de tuna y xoconostle fue superior a 470 mil toneladas*. Recuperado el 13 de noviembre de 2019, de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/siap/articulos/en-2017-la-produccion-nacional-de-tuna-y-xoconostle-fue-superior-a-470-mil-toneladas>
- Tejeda Tovar, C., Herrera, A., & Núñez Zarur, J. (enero-junio de 2016). Remoción de plomo por biomasas residuales de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) y zuro de maíz (*Zea mays*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación científica*, 169-178. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n1/v19n1a20.pdf>
- Terán, Y., Navas, D., Petit, D., Garrido, E., & D'Aubeterre, R. (2015). Análisis de las características fisico-químicas del fruto de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, cosechados en Lara, Venezuela. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 69-74.
- Torres Ramos, R., Montero Alpírez, G., Beleño Cabarca, M. T., Toscano Palomar, L., & Pérez Pelayo, L. J. (2015). Lignina obtenida de residuos agrícolas como biocombustible de tercera generación. *Ciencia y Tecnología*, 151-164.
- Valencia G, F. E., & Román M., M. (2006). Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. *Vitae*, 13(2), 54-60. Obtenido de [scielo.org.co/pdf/vitae/v13n2/v13n2a07.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n2/v13n2a07.pdf)

- Valencia G., F. E., & Román M., M. O. (2006). Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. *Vitae*, 13(2), 54-60.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*(74), 3583-3597. Obtenido de [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(91\)78551-2/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(91)78551-2/pdf)
- Vargas-Corredor, Y. A., & Pérez-Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(2), 59-72.
- Yepes, S. M., Montoya Naranjo, L. J., & Orozco Sánchez, F. (2008). Valorización de reisuos agroindustriales -frutas- en Medellín y el sur del Valle del Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(1), 4442-4431.