

**UNIVERSIDA PÚBLICA DE EL ALTO  
VICERRECTORADO  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN  
EMPRESARIAL**



**“DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y  
ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (*Opuntia ficus  
indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI DEL  
DEPARTAMENTO DE LA PAZ”**

Resolución HCC N° 137/2021

**EQUIPO DE INVESTIGADORES:**

M. Sc. Ing. Milton Víctor Pinto Porcel  
Univ. Jorge Luis Villa Cruz  
Univ. Marco Antonio Mayta Escobar

EL ALTO – BOLIVIA  
2022

# UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

## AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico  
**RECTOR**

Dr. Efraín Chambi Vargas Ph. D.  
**VICERRECTOR**

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.  
**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Ing. Roger Omar Llanque Villavicencio  
**DECANO DE ÁREA INGENIERIA DESARROLLO TECNOLÓGICO PRODUCTIVO**

M. Sc. Ing. Ronaldo René Nina Tinta  
**DIRECTOR DE CARRERA INGENIERIA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL**

## CONVENIO INTERINSTITUCIONAL

INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL (IPE) – GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE SAPAHAQUI

Registro SENAPI: Resolución Administrativa Nro.1-2958/2022

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre. 2022  
El Alto – Bolivia

## PRESENTACIÓN

---

La Universidad Pública de El Alto UPEA en el marco del Acuerdo entre el gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui y la Carrera Ingeniería en Producción Empresarial (IPE) presenta a la comunidad universitaria y científica del departamento de La Paz, los resultados del proyecto de investigación “DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ”, realizado en la gestión 2022.

El nopal, o tuna como se la conoce en nuestro medio, es una especie naturalizada en los valles interandinos de la Provincia Loayza departamento de La Paz, que necesita atención debido a su importancia como especie rústica, resistente a altas temperaturas y periodos prolongados de sequía. En comunidades rurales y ciudades cercanas solo se consume el fruto de nopal, la tuna, sin embargo, posee innumerables usos en la alimentación, medicina, cosmetología y la agroindustria en general, estos usos son desconocidos por los productores y consumidores locales. Este proyecto rescata del olvido a esta importante especie, generando información primaria, directamente de áreas de producción, con participación activa de productores de tuna, que juntamente con investigadores de la Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial y técnicos del Municipio de Sapahaqui, analizaron la situación actual y establecieron acciones conjuntas para mejorar la producción de fruta y priorizar nuevos usos de la especie, que benefician a los pobladores de las comunidades productoras y a los consumidores de las ciudades de El Alto y La Paz, principalmente.

Los resultados de este proyecto son un aporte al conocimiento científico de *Opuntia ficus indica* una especie de mucho potencial productivo y empresarial, que debemos aprovechar.

M. Sc. Ing. Ronaldo René Nina Tinta

**DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL  
UNIVERSIDAD PUBLICA DE EL ALTO**

## AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

---

Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Pública de El Alto UPEA, a la Dirección de Ciencia y Tecnología DICYT por permitirme contribuir a la generación de información de *Opuntia ficus indica* una especie con mucho potencial para los valles interandinos del departamento de La Paz.

Un agradecimiento especial al M.Sc. Ing. Ronaldo Rene Nina Tinta, Director de Carrera de IPE, a la Ing. Paola Luna Nina, Secretario Ejecutivo de la Asociación de Docentes de IPE, al Univ. Jesús Cristian Calle Avircata Secretario Ejecutivo del Centro de Estudiantes de IPE, a los Docentes y auxiliares de investigación del Instituto de Investigaciones de la Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial IPE, por el apoyo y la confianza brindada para desarrollar esta investigación.

Al Honorable Alcalde y técnicos del área de agropecuaria del Gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui, por el apoyo brindado en el trabajo de campo y contacto con productores de nopal.

A los productores de nopal de las comunidades de Parani y Caracato por todo el apoyo que brindaron al proyecto, de manera desinteresada y con todo el cariño para recibir y apoyar al equipo de investigadores en sus actividades de campo.

M.Sc. Ing. Milton Víctor Pinto Porcel  
**INVESTIGADOR PRINCIPAL**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERIA EN PRODUCCION EMPRESARIAL**

## INDICE

	Página
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1.1. Problemática .....	1
1.1.2. Planteamiento del Problema .....	3
1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.2.1. Objetivo general .....	4
1.2.2. Objetivos específicos .....	4
1.3 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA.....	6
2.1.1. Distribución geográfica y especie .....	6
2.1.2. Mapas de distribución geográfica potencial .....	7
2.1.3. Características del nopal ( <i>Opuntia ficus indica</i> ) .....	7
2.1.3.1. Origen y distribución.....	7
2.1.3.2. Taxonomía .....	10
2.1.3.3. Características morfológicas del nopal .....	11
a) Raíz .....	12
b) Tallo .....	12
c) Hojas .....	13
d) Espinas .....	14
e) Gloquidios.....	14
f) Flores .....	15
g) Frutos.....	16
2.1.3.4. Variedades de nopal .....	16
2.1.3.5. Usos del nopal .....	19
a) Uso medicinal .....	19

b) Uso alimenticio.....	21
c) Uso en la industria textil .....	21
2.1.4. Comercialización .....	21
2.2. OTROS PROCESOS UTILIZADOS SOBRE EL TEMA .....	23
2.2.1. Producción del nopal .....	23
2.2.1.1. Producción de nopal en México .....	23
2.2.1.2. Producción de nopal en Bolivia .....	24
2.3. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES .....	25
2.4. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR .....	27
2.4.1. Aspectos básicos para determinar la situación actual del nopal .....	27
2.4.2. Registro de ubicación geográfica de plantaciones de nopal .....	27
2.4.3. Caracterización morfológica de variedades de nopal .....	27
2.4.4. Identificación de prácticas de manejo de cultivo y nuevas formas de comercialización de nopal .....	28
2.5. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES .....	28
CAPITULO III. MARCO METODOLOGICO .....	30
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	30
3.1.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	30
3.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	35
3.3.1. Población .....	35
3.3.2. Muestra .....	35
3.4. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	36
3.6. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
CAPITULO IV. RESULTADOS.....	39
4.1. DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA DEL NOPAL EN PARANI Y CARACATO.....	39
4.1.1. Distribución geográfica del nopal en la comunidad Parani .....	39
4.1.2. Distribución geográfica del nopal en la comunidad Caracato .....	44
4.1.3. Distribución geográfica potencial del nopal .....	49

4.2. DESCRIPCION MORFOLOGICA DE VARIEDADES DE NOPAL (TUNA) IDENTIFICADAS .....	52
4.2.1. Descripción de las características morfológicas de variedades de tuna existentes en Parani y Caracato .....	53
4.2.1.1. Tuna Roja .....	54
4.2.1.2. Tuna Amarilla .....	55
4.2.1.3. Tuna Verde .....	56
4.2.1.4. Tuna Algodón o Almendra .....	57
4.2.2. Análisis de estadística descriptiva para variables cuantitativas de nopal .....	58
4.2.3. Análisis de correlaciones para variables cuantitativas de nopal.....	59
4.2.4. Análisis de distribución de frecuencias para variables cualitativas de nopal.....	61
4.2.5. Análisis de correlaciones para variables cualitativas de nopal.....	63
4.3. DIAGNOSTICO PARTICIPATIVO .....	64
4.3.1. Resultados del Diálogo semiestructurado grupal .....	65
4.3.2. Resultados de los Mapas de las Comunidades.....	71
4.3.3. Análisis FODA. ....	73
4.3.3.1 Análisis FODA sobre la producción del nopal .....	73
4.3.3.2. Análisis FODA sobre alternativas de comercialización del nopal .....	75
4.4. PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCCION DE NOPAL EN LAS COMUNIDADES PARANI Y CARACATO DEL MUNICIPIO DE SAPAHAQUI .....	78
4.4.1. Fortalecimiento de las capacidades de productores de nopal tunero .....	79
4.4.1.1. Manual de manejo del nopal ( <i>Opuntia ficus indica</i> ) para productores de Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui. ....	80
4.5. PROPUESTA PARA CONTRIBUIR AL USO ALTERNATIVO DEL NOPAL .....	94
4.5.1. Alternativas de uso y comercialización del nopal .....	94
4.5.1.1. Tuna sin espinas .....	95
4.5.1.2. Tuna verdura .....	103
4.5.1.3. Harina de nopal .....	109
4.5.1.4. Crema hidratante de nopal .....	113
4.6. Fortalecimiento de las capacidades de productores de nopal en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui .....	116
CAPITULO V: CONCLUSIONES .....	118

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES .....	123
BIBLIOGRAFÍA .....	124
ANEXOS .....	129

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Variedades de Nopal producidas en México .....	18
Tabla 2.	Producción agrícola, cíclicos y perennes en México .....	23
Tabla 3.	Valores, tipo e instrumento de medición que se utilizó .....	34
Tabla 4.	Descripción de áreas con función específica en la comunidad Parani, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022. ....	41
Tabla 5.	Detalle de superficies de terrenos según su función actual, comunidad Parani, gestión 2022.....	42
Tabla 6.	Descripción de áreas con función específica en la comunidad Caracato, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.....	47
Tabla 7.	Detalle de superficies de terrenos según su función actual, comunidad Caracato, gestión 2022.....	47
Tabla 8.	Descripción de la planta y fruto de la variedad Tuna Roja gestión 2022.....	54
Tabla 9.	Descripción de la planta y fruto de la variedad Tuna Amarilla (Naranja), gestión 2022..	55
Tabla 10.	Descripción de la planta y fruto de la variedad Tuna Verde gestión 2022.....	56
Tabla 11.	Descripción de la planta y fruto de la variedad Tuna Almendra gestión 2022.....	57
Tabla 12.	Estadística descriptiva de 23 variables cuantitativas evaluadas en variedades de nopal existentes en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.....	58
Tabla 13.	Resultados del análisis de correlación de Pearson entre 16 variables cuantitativas registradas en variedades de nopal en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.....	60
Tabla 14.	Frecuencias relativas y absolutas de 9 variables cualitativas, evaluadas en variedades de nopal, existentes en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.	62
Tabla 15	Coeficiente de correlación de Spearman para 9 variables cualitativas registradas en variedades de nopal existentes en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022. ....	63
Tabla 16	Sitios de las comunidades, identificadas por informantes clave, gestión 2022.....	72
Tabla 17	Resultados del diagnóstico participativo relacionados a la producción de nopal tunero en las comunidades Parani y Caracato, gestión 2022.....	78
Tabla 18	Detalle de los cursos de capacitación para mejorar el manejo de plantaciones de nopal, gestión 2022.....	79
Tabla 19	Nombres comunes del nopal países productores.....	81
Tabla 20	Dimensiones de cada parte de la maquina desespinaadora, gestión 2022.....	97
Tabla 21	Detalle de materiales, cantidades y costos necesarios para la construcción de la maquina desespinaadora de tuna, gestión 2022.....	101
Tabla 22	Detalle de materiales fabricados y disponibles en tiendas comerciales, necesarios para la construcción de la máquina gestión 2022.....	102
Tabla 23	Detalle de actividades que necesitan mano de obra especializada, gestión 2022.....	103
Tabla 24	Costo total para la construcción de una máquina desespinaadora de tuna gestión 2022.	103

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución del nopal en el mundo .....	9
Figura 2.	Ubicación de zonas productoras de nopal en Bolivia .....	10
Figura 3.	Planta del nopal .....	12
Figura 4.	Cladodio de nopal .....	13
Figura 5.	Espina del nopal .....	14
Figura 6.	Gloquidio del nopal .....	15
Figura 7.	Flor de nopal .....	15
Figura 8.	Fruto de nopal .....	16
Figura 9	Municipios Productores De Tuna en Bolivia, Censo Agropecuario 2013 .....	24
Figura 10.	Imagen satelital de áreas de producción de hortalizas y frutales en la comunidad Parani, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022 .....	39
Figura 11.	Imagen satelital del perímetro de la comunidad Parani, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022 .....	40
Figura 12.	Distribución geográfica de 3 variedades de nopal, identificadas en la comunidad Parani, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022 .....	43
Figura 13.	Imagen satelital de la comunidad Caracato, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022 .....	45
Figura 14	Imagen satelital del perímetro de la comunidad Caracato, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022 .....	46
Figura 15	Distribución geográfica de 4 variedades de nopal tunero, identificadas en la comunidad Caracato, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022 .....	48
Figura 16	Mapa de distribución actual y potencial de variedades de nopal ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) en municipios del departamento de La Paz, gestión 2022 .....	50
Figura 17	Mapa de distribución actual y potencial de variedades de nopal ( <i>Opuntia ficus-indica</i> ) en el Municipio de Sapahaqui, gestión 2022 .....	51
Figura 18	Flujograma del proceso de postcosecha de la tuna .....	70
Figura 19	Resumen del análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) para la producción de nopal en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.....	75
Figura 20	Resumen del análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) para alternativas de comercialización de nopal en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022 .....	77
Figura 21	Perfil de la máquina desespinaadora de frutos de nopal, gestión 2022 .....	96
Figura 22	Diseño de la máquina desespinaadora de tunas, gestión 2022 .....	97

Figura 23	Esquema del sistema de avance de la maquina desespadora de frutos de nopal, gestión 2022 .....	99
Figura 24	Detalle de funcionamiento y características de la tolva de alimentación .....	100
Figura 25	Flujograma de preparación básica de tuna verdura, gestión 2022 .....	105
Figura 26	Flujograma de preparación de ensalada con pencas tiernas de nopal, gestión 2022 ....	107
Figura 27.	Flujograma de elaboración de nopal en escabeche gestión 2022 .....	109
Figura 28	Flujograma de elaboración de harina de nopal, gestión 2022.....	111
Figura 29	Flujograma de elaboración de buñuelo de nopal, gestión 2022 .....	113
Figura 30.	Flujograma de preparación de crema de nopal para manos gestión 2022 .....	115

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto 1.	Identificación de variedades de nopal: tuna roja en floración y en fructificación ...	52
Foto 2.	Verificación de parcelas de nopal y registro de variables morfométricas .....	53
Foto 3.	Planta de tuna de más de 20 años de antigüedad .....	65
Foto 4.	Variedad de tuna morada o roja .....	66
Foto 5.	Pencas semilla para implementar una parcela de nopal .....	68
Foto 6.	Frutos de tuna en desarrollo, variedad morada .....	69
Foto 7.	Detalle de la forma de la raíz en una nueva planta de nopal .....	82
Foto 8.	Forma del cladodio con brotes florales .....	83
Foto 9.	Detalle de color de flor en un cladodio en producción .....	84
Foto 10.	Detalle de tamaño de semilla de tuna y método de siembra en almacigo .....	85
Foto 11.	Siembra de cladodios a campo abierto .....	85
Foto 12.	Abonado y encalado del suelo antes de la siembra de cladodios .....	86
Foto 13.	Detalle de pencas individuales y pencas múltiples para la siembra en campo ...	87
Foto 14.	Tratamiento preventivo y curativo de cladodios contra enfermedades fungosas.	88
Foto 15.	Detalle de siembra de cladodios en campo .....	88
Foto 16.	Enfermedad 'Mancha negra' presente en variedades de nopal .....	91
Foto 17.	Poda de formación en plantas de nopal, Municipio de Sapahaqui .....	92
Foto 18.	Detalle de la cantidad de flores y frutos presentes en plantas de nopal .....	93
Foto 19.	Parcelas de producción de nopal en la comunidad Parani .....	116
Foto 20.	Productores de nopal tunero en la comunidad Caracato .....	117
Foto 21.	Establecimiento de parcelas de producción de nopal en la comunidad Caracato	117

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Resolución Administrativa de SENAPI .....	130
Anexo 2	Acuerdo firmado entre el Gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui y la Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial de la UPEA .....	132
Anexo 3.	Registro fotográfico de coordinación de actividades con personal del Municipio de Sapahaqui.....	137
Anexo 4.	Registro fotográfico de identificación y caracterización de variedades de nopal .....	138

## RESUMEN

El nopal (*Opuntia ficus indica*) es una especie subutilizada, debido a la falta de información de su potencial productivo y agroindustrial. Los productores comercializan el fruto del nopal (tuna) y no conocen otra forma de uso de esta especie y tampoco tienen conocimientos respecto al manejo técnico del cultivo. El presente Proyecto de Investigación, se llevó a cabo en las comunidades Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, con el objetivo de determinar la distribución geográfica, potencial productivo y alternativas de comercialización de variedades de nopal en ambas comunidades. En el estudio se aplicó la metodología de caracterización morfológicas de planta de tuna, georreferenciación en campo, verificación *in situ*, dialogo semiestructurado, mapas de la comunidad y análisis FODA. Se realizaron análisis de estadística descriptiva, distribución de frecuencias, análisis de correlaciones para 23 variables cuantitativas y 9 variables cualitativas de planta de nopal. Asimismo, se realizaron mapas de distribución actual y potencial del nopal, en base a información de coordenadas geográficas y datos climáticos con el programa DIVA GIS. Los resultados indican que las 4 variedades de nopal: Tuna roja, tuna amarilla, tuna verde y tuna algodón o tuna almendra, están distribuidas en laderas de serranías y planicies de valle, se estima que aproximadamente el 43% del territorio del municipio de Sapahaqui, presenta excelentes condiciones edafoclimáticas para establecer nuevas plantaciones de diferentes variedades de nopal. De acuerdo a los resultados de estadística descriptiva, distribución de frecuencias y correlaciones simples entre variables cuantitativas y cualitativas, existe diferencias morfológicas importantes entre variedades, en respuesta a su amplio rango de variación. Las variables de fruto están altamente asociadas entre sí. El Diagnostico Participativo, puso en evidencia que el 92% de los productores de tuna no realizan ninguna actividad de manejo del cultivo, y siembra esta especie para obtener el fruto que es una fuente de ingresos económicos para las familias. Para contribuir a solucionar los problemas de falta de conocimiento del manejo técnico y uso limitado del nopal, el proyecto ha diseñado un plan de capacitaciones que incluye 4 sesiones teórico prácticos con temas referidos: preparación del terreno, abonado, encalado, métodos de siembra, limpieza de la plantación, tipos de poda, fertilización foliar, control de hongos, control de insectos plaga, cosecha y postcosecha de tuna, alternativas de consumo alimenticio y alternativas de uso agroindustrial. Como apoyo para el fortalecimiento de capacidades de productores se elaboraron presentaciones Power Point y un manual del manejo del cultivo de nopal, para las condiciones socioculturales y medioambientales del Municipio de Sapahaqui. Se identificaron y priorizaron 4 alternativas de uso y comercialización del nopal: Tuna sin espinas, tuna verdura, harina de tuna y crema hidratante de tuna para manos. Se ha iniciado el fortalecimiento de las capacidades de productores con sesiones de capacitación de preparación de suelo, abonado, encalado y siembra de 4 variedades de nopal, en una parcela de 4000 m<sup>2</sup> ubicado en la comunidad Caracato. Las capacitaciones continuaran en coordinación con el Municipio de Sapahaqui.

## ABSTRACT

This Research Project was carried out in the Parani and Caracato communities of the Municipality of Sapahaqui, with the objective of determining the geographic distribution, productive potential and marketing alternatives of nopal varieties in both communities. The study applied the methodology of morphological characterization of the prickly pear plant, georeferencing in the field, in situ verification, semi-structured dialogue, community maps and SWOT analysis. Analysis of descriptive statistics, frequency distribution, and correlation analysis were performed for 23 quantitative variables and 9 qualitative variables of the nopal plant. Likewise, maps of current and potential distribution of the cactus were made, based on information of geographic coordinates and climatic data with the DIVA GIS program. The results indicate that the 4 varieties of prickly pear: red prickly pear, yellow prickly pear, green prickly pear and cotton prickly pear or almond prickly pear, are distributed on mountain slopes and valley plains, it is estimated that approximately 43% of the territory of the municipality of Sapahaqui, It presents excellent edaphoclimatic conditions to establish new plantations of different varieties of nopal. According to the results of descriptive statistics, frequency distribution and simple correlations between quantitative and qualitative variables, there are important morphological differences between varieties, in response to their wide range of variation. The fruit variables are highly associated with each other. The Participatory Diagnosis, showed that 92% of the tuna producers do not carry out any crop management activity, and sow this species to obtain the fruit that is a source of economic income for the families. The producers do not know any other way of using this species and they do not have knowledge regarding the technical management of the crop. To help solve the problems of lack of knowledge of technical management and limited use of nopal, the project has designed a training plan that includes 4 theoretical-practical sessions with related topics: land preparation, fertilizing, liming, planting methods, cleaning of the plantation, types of pruning, foliar fertilization, control of fungi, control of pest insects, harvest and post-harvest of prickly pear, alternatives for food consumption and alternatives for agro-industrial use. To support the strengthening of producer capacities, Power Point presentations and a nopal cultivation management manual were prepared for the sociocultural and environmental conditions of the Municipality of Sapahaqui. Four alternatives for the use and commercialization of nopal were identified and prioritized: prickly pear without thorns, prickly pear vegetable, prickly pear flour, and prickly pear moisturizing cream for hands. Strengthening the capacities of producers has begun with training sessions on soil preparation, fertilization, liming, and planting of 4 varieties of nopal, on a 4,000 m<sup>2</sup> plot located in the Caracato community. The training will continue in coordination with the Municipality of Sapahaqui.

## CAPITULO I: INTRODUCCION

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1.1. Problemática

Actualmente el cambio climático es uno de los más grandes retos que el mundo debe enfrentar, y en el futuro las sequías prolongadas y la desertificación son los temas, que atenderán muchos países, donde los campesinos pobres y pequeños productores serán severamente afectados. Si la gente quiere sobrevivir en estas duras condiciones, sus cultivos deberán tolerar la sequía, altas temperaturas y suelos pobres. Las cactáceas están siendo de creciente interés alrededor del mundo en particular el nopal (*Opuntia ficus-indica*) debido a sus características únicas, las cuales les proveen resiliencia a las condiciones limitantes ya mencionadas. El nopal es capaz de crecer en tierras donde otros cultivos no prosperan. Puede ser usado para la restauración de tierras degradadas. El cultivo se originó en México quien es todavía el mayor productor y consumidor del mundo, pero otros países incluyendo: Marruecos, Etiopia, Sudáfrica, Kenia, India y Pakistán, están incrementando su producción y uso. Adicional a la resiliencia del cultivo, el nopal esta crecientemente apreciado por sus usos múltiples. La fruta y sus cladodios tiernos pueden ser consumidos por humanos, y el interés en el uso forrajero está aumentando. En Brasil, la superficie plantada para forraje supera ya las 400 mil hectáreas en la región Noreste, y es la base de la producción animal en las regiones semiáridas de este país. El cultivo del nopal forrajero también está siendo adoptado en África Sub-Sahariana y el sur de Asia. Adicionalmente, sus propiedades medicinales y usos industriales están siendo activamente investigados y promovidos (Inglese *et al.* 2018).

Los nopales son ahora parte del entorno natural y de los sistemas agrícolas y se considera que *Opuntia ficus-indica* es la cactácea de mayor valor económico en el mundo (Es cultivada en América, África, Asia, Europa y Oceanía. Se encuentra desde Canadá hasta Patagonia, Argentina, y desde el nivel del mar hasta los 5 100 m de altitud en Perú (Casas y Barbera, 2002; Kiesling, 1999; Bravo Hollis y Scheinvar, 1995 mencionados por Ochoa y Barbera, 2018). Los usos tradicionales y populares del nopal presentan un amplio rango entre países y sus múltiples aplicaciones han encendido la imaginación de agricultores, ganaderos y de la comunidad científica. El nopal es bien conocido en Bolivia, donde se le somete a múltiples usos. La producción se concentra en Cochabamba, Chuquisaca, Sucre, Tarija y La Paz, en áreas con 350-640 mm de lluvia anual y a altitudes de 1500 a 3000

msnm. En años recientes, el nopal ha sido promovido en los distritos de Pasorapa y Cochabamba, apoyados por el Centro de Investigación de Forrajes (CIF) y la Universidad San Simón de Pasorapa bajo el Programa de Desarrollo Agrícola Sustentable, en la región del Valle y el Chaco la producción de tuna se ha incrementado para llenar la demanda de forraje para el ganado de zonas áridas y semiáridas de Bolivia (Ochoa y Barbera, 2018).

Al respecto Stadler-Kaulich (2014) menciona que en el predio Mollesnejta, ubicado en Combujo, municipio de Vinto en el valle bajo de Cochabamba, desde el año 2001 se experimenta con diversas especies (frutales, forrajeras, melíferas, maderables, nativas, exóticas) en sistemas agroforestales, con el fin de producir alimentos y forraje, y al mismo tiempo mejorar la fertilidad del suelo y su capacidad de almacenar la humedad, además de lograr un equilibrio natural en las parcelas, que asegure procesos naturales de sanidad vegetal. La experiencia ha demostrado que, en una zona semiárida, la *Opuntia ficus-indica*, es una especie muy favorable para sistemas agroforestales, debido a las siguientes razones centrales: a) Resistencia a la sequía, b) Tanto el nopal (penca tierna) como la fruta son alimentos saludables para el organismo humano, c) La penca es un forraje muy deseado por el ganado durante la época de sequía, d) Sus pencas protegen las especies tiernas en la vecindad contra la insolación, el viento y el mal tiempo, creando microambientes propicios, e) Las pencas cortadas y depositadas al fondo de un hoyo de plantación de un arbolito frutal, en un terreno muy suelto y/o pedregoso, sirven como barrera para que no se pierda el agua de riego en el subsuelo, f) Las especies frutales tienen una sobrevivencia mayor y desarrollan mejor cuando son asociadas con *Opuntia ficus-indica*, a distancias entre 0.5 a 1 metro de distancia. Por tanto, se recomienda diversificar consorcios agroforestales con la *Opuntia ficus-indica* por tener muchas características favorables.

Si bien existen algunas iniciativas de producción del nopal o tuna como se la conoce en Bolivia, estos esfuerzos no son suficientes para aprovechar el potencial agroindustrial de esta especie, en nuestro país y especialmente en el departamento de La Paz, aún no se conocen las características de las variedades establecidas en campo, y por tanto, no se valora ni difunden las potencialidades que tiene la tuna, su importancia en la alimentación del ser humano, ni su producción y/o explotación agrícola (Paucara, 2017). En consecuencia, se plantea esta investigación para generar información básica de los lugares de producción de nopal, características morfológicas de las variedades cultivadas y las formas de comercialización de productos de nopal de dos comunidades representativas del Municipio de Sapahaqui: Parani y Caracato, con las que se revalore el cultivo, y se inicien

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL  
CANTÓN SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

acciones para aprovechar el potencial que tiene *Opuntia ficus-indica* en la alimentación del ser humano, en la agroindustria y en el cuidado del medio ambiente.

### **1.1.2. Planteamiento del Problema**

Las comunidades de Parani y Caracato situadas en el Municipio de Sapahaqui, se encuentran en ecosistemas de valle caracterizados por presentar paisajes predominantemente de montañas y serranías, con valles profundos y encajados con pequeñas terrazas aluviales, llanura de piedemonte disectadas, con pendiente entre 0,5 a 5%, piso ecológico mesotérmico templado con 18,2°C en promedio, a una altitud entre 2900 a 3900 msnm y una precipitación pluvial aproximada de 259.9 mm en promedio. Estas condiciones de altitud, temperatura templada y precipitación favorecieron el desarrollo de agricultura y fruticultura. Según UDAPRO dependiente del Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, estas comunidades son productores de frutas y hortalizas. Los cultivos de frutas que se producen son: pera, durazno, peramota, ciruelo, damasco, manzana, tuna e higo, la producción está destinado a la venta principalmente en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz.

Según estos datos contenidos en el PTDI del Municipio de Sapahaqui (2022), el nopal (tuna) ocupa el séptimo lugar en importancia para los productores de fruta, prefieren dedicar su tiempo al manejo de otras frutas y hortalizas, desconociendo el beneficio que pueden recibir del nopal. Es evidente que el problema que se tiene en torno al nopal, es la falta de información primaria referida a áreas de producción actual y potencial, variedades adaptadas a las comunidades y nuevas formas de comercialización que puede tener este cultivo. Es decir que, se está subutilizando esta especie, debido a la falta de información de su potencial productivo, transformación agroindustrial en base a las variedades existentes en Parani y Caracato, es por ello, que se hace necesario iniciar actividades de investigación para establecer las características productivas actuales del nopal, en ambas comunidades que sirvan como insumos para implementar programas de apoyo al cultivo de nopal y que contribuyan a mejorar las condiciones socioeconómicas de los productores de fruta de ambas comunidades

## **1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

El trabajo de investigación contiene los siguientes objetivos:

### 1.2.1. Objetivo General

Determinar la distribución geográfica, potencial productivo y alternativas de comercialización de variedades de nopal existentes en las comunidades Parani y Caracato del municipio de Sapahaqui, ubicado en el departamento de La Paz.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la distribución geográfica actual y potencial del nopal en las comunidades Parani y Caracato.
- Describir las características morfológicas de variedades de nopal existentes en ambas comunidades en estudio.
- Identificar y priorizar subproductos de nopal para su comercialización en ferias locales y mercados de las ciudades.
- Fortalecer las capacidades de productores mediante cursos de capacitación en manejo del cultivo y en nuevas formas de comercialización del nopal.

### 1.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La distribución geográfica actual y potencial del nopal, junto con las características morfológicas de las variedades y la identificación de nuevas formas de comercialización, contribuyen a iniciar acciones destinadas a mejorar el proceso productivo del cultivo para favorecer las condiciones socioeconómicas de productores de nopal de Parani y Caracato, del Municipio de Sapahaqui.

### 1.4. JUSTIFICACION

El proyecto se enmarca en el artículo 32 del Capítulo I: Recursos naturales renovables cambio de la Ley N° 1333, Ley del Medio Ambiente, que menciona que es deber del Estado y la sociedad preservar, conservar, restaurar y promover el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, entendidos para los fines de esta Ley, como recursos bióticos, flora y fauna, y los abióticos como el agua, aire y suelo con una dinámica propia que les permite renovarse en el tiempo.

Uno de los recursos renovables de las Comunidades Parani y Caracato es el nopal (*Opuntia ficus-indica*) que necesita ser atendido por instituciones públicas como la Universidad Pública de El Alto, para determinar la situación actual de la especie en cuanto, a

características de cada variedad, producción actual, y la identificación de nuevas formas de comercialización, para aprovechar el potencial que tiene esta especie, que es poco estudiada y conocida por la comunidad científica del departamento de La Paz.

Actualmente el cambio climático es uno de los más grandes retos que el mundo debe enfrentar, y en el futuro las sequías prolongadas y la desertificación son los temas, que atenderán muchos países. Si la gente quiere sobrevivir en estas duras condiciones, sus cultivos deberán tolerar la sequía, altas temperaturas, suelos pobres y es el nopal que posee esas características únicas, de resiliencia a las condiciones limitantes ya mencionadas, es capaz de crecer en tierras donde otros cultivos no prosperan, y ahí radica la importancia de iniciar acciones de apoyo a esta especie que ya se encuentra adaptada en los valles interandinos de La Paz, pero que no recibe la atención necesaria.

Si bien existen algunas iniciativas de producción del nopal o tuna como se la conoce en Bolivia, estos esfuerzos no son suficientes para aprovechar el potencial agroindustrial de esta especie, en nuestro país y especialmente en el departamento de La Paz, aún no se conocen las características de las variedades establecidas en campo, y, por tanto, no se valora ni difunden sus potencialidades, en el cuidado del medio ambiente, alimentación y agroindustria. En consecuencia, se plantea esta investigación para generar información básica de los lugares de producción de nopal, características morfológicas de las variedades cultivadas y las formas de comercialización de productos de nopal de dos comunidades representativas del Municipio de Sapahaqui: Parani y Caracato, con las que se revalore el cultivo, y se inicien acciones para aprovechar el potencial que tiene *Opuntia ficus-indica* en beneficio de los productores y consumidores de esta importante especie.

Asimismo, el proyecto se alinea a los 13 Pilares de la Agenda Patriótica 2025 y los 10 Ejes Estratégicos del Plan de Desarrollo Económico y Social 2021-2025. “Reconstruyendo la economía para vivir bien, hacia la Industrialización con sustitución de importaciones” y en el Plan Territorial de Desarrollo Integral para el Vivir Bien del Gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui 2021-2025, que plantea ser un territorio donde se consolide el desarrollo integral, con desarrollo económico productivo, potencializando el sector productivo de hortalizas y frutas. En este sentido los resultados del Proyecto contribuirán a las políticas municipales de Sapahaqui referidas a: Fortalecimiento de la Gestión de riesgo de desastres naturales y al Fortalecimiento Productivo Frutas y Hortalizas.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA

#### 2.1.1. Distribución geográfica y especie

Según Maciel *et al.* (2015), el área de distribución de una especie sugiere la presencia de ésta en un espacio geográfico; en este contexto, el concepto *especie* resulta esencial para definir operativamente las características de dicha área.

Para CONABIO (2021), dependiendo de su historia y de sus capacidades de dispersión las especies pueden ocupar grandes extensiones de territorio o estar restringidas a pequeñas regiones. Las actividades humanas constantemente modifican las áreas de distribución de las especies, creando y destruyendo hábitats, estableciendo barreras y corredores y transportando accidental o voluntariamente a las especies a nuevos lugares. Es importante conocer algunos términos relacionados al origen y distribución de las especies.

#### **Especie nativa**

Especie que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original (histórica o actual) de acuerdo con su potencial de dispersión natural. La especie forma parte de las comunidades bióticas naturales del área. Las especies nativas tienen relaciones evolutivas y ecológicas con otras especies con las que han compartido su historia. Están bien adaptadas a las condiciones locales.

#### **Especie endémica**

Especie que se encuentra restringida a una región. El término endémico es relativo y siempre se usa con referencia a la región. Los grupos de especies con menor capacidad de dispersión, tienen más especies con distribución restringida. Las especies endémicas son frágiles ante las perturbaciones ya que su área entera de distribución puede ser alterada.

#### **Especie exótica**

Especie introducida fuera de su área de distribución original.

#### **Especie exótica invasora**

Las especies exóticas se consideran invasoras cuando que se establecen, reproducen y dispersan sin control, causando daños al ecosistema, a las especies nativas, a la salud o a la economía.

En el caso del nopal, existen evidencias arqueológicas que permiten afirmar que fueron las poblaciones indígenas antiguas civilizaciones mesoamericanas; en particular con la cultura azteca, asentada en zonas semiáridas, las que iniciaron su cultivo de forma normal y por ello, es considerada una especie nativa y originaria de América tropical y subtropical en la que subsiste en forma silvestre o cultivada. Desde este lugar fue diseminada por todo el continente americano, Europa, Asia y África (Pimienta, 1990, citado por Sáenz, 2006).

### **2.1.2. Mapas de distribución geográfica potencial**

Según CONABIO (2021), los mapas de distribución geográfica potencial de las especies son de gran utilidad para entender los patrones y los procesos que explican la biodiversidad, y son materia prima para planear su conservación. Uno de los métodos más utilizados para generar mapas de distribución es el modelado del nicho ecológico. Existen numerosas técnicas de modelado de nicho ecológico, como DIVA-GIS, GARP o MaxEnt, que son los más utilizados, y en general emplean dos tipos de datos:

1. Registros de presencia de la especie, es decir, los datos geográficos (latitud y la longitud) de los sitios donde los especímenes han sido colectados o registrados y
2. “Capas” de las variables que están relacionadas con la distribución de la especie. Éstas pueden ser climáticas (por ejemplo, temperatura, precipitación), tipo de vegetación, tipo de suelo y pendiente del terreno, por señalar algunas.

A partir de estos datos, con la utilización de algún algoritmo se genera un modelo de nicho, que representa las condiciones de clima, altitud, tipo de vegetación, etc., en las que la especie puede vivir. Este modelo se puede “proyectar” en la geografía, obteniéndose un mapa que muestra los sitios donde se encuentran esas condiciones y por lo tanto donde se espera encontrar a la especie. Ese mapa representa la distribución geográfica potencial de la especie. La utilidad de este tipo de mapas radica en la identificación de lugares con condiciones ideales para proyectar nuevas áreas de producción, vinculadas a programas de obtención de alimentos o insumos para la industria, como es el caso del nopal que tiene mucho potencial, pero es subutilizado en zonas productoras del departamento de La Paz.

### **2.1.3. Características del nopal (*Opuntia ficus indica*)**

#### **2.1.3.1. Origen y distribución**

El interés del ser humano por los nopales data de miles de años, su origen e historia están íntimamente relacionados con las antiguas civilizaciones mesoamericanas; en particular

con la cultura azteca. Existen evidencias arqueológicas que permiten afirmar que fueron las poblaciones indígenas asentadas en las zonas semiáridas las que iniciaron sus cultivos de forma normal (Pimienta, 1990, citado por Sáenz, 2006 a).

Los nopales o tuna son originarios de América tropical y subtropical y hoy día se encuentran en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano. Además, se han difundido a África, Asia, Europa y Oceanía donde también se cultivan o se encuentran en forma silvestre.

Actualmente existen en forma silvestre o cultivada en el sur de España, y en toda la cuenca del Mediterráneo: Francia, Grecia, Italia y Turquía, llegando hasta Israel. Los árabes la llevaron desde España a África, difundiéndose en Argelia, Egipto, Eritrea, Etiopía, Libia, Marruecos y Túnez. Sin embargo, su distribución es aún mayor; en el continente americano, se encuentra desde Canadá a Chile, en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Estados Unidos de América, México, Perú, y Venezuela y varios países de América Central y el Caribe.

En otros continentes se encuentra en Angola y Sudáfrica, en Australia y la India, existiendo especies tanto cultivadas como silvestres. En estos países, se encuentra parte de las más de 5000 millones de hectáreas de zonas áridas y semiáridas del planeta y sus pueblos buscan especies que puedan desarrollarse y prosperar en ese peculiar y restrictivo hábitat.

La Figura 1, presenta la distribución de los nopales en el mundo. Estas especies toman diferentes nombres de acuerdo a los países en los que se encuentran. El nombre propio original de la tuna en la lengua nahuatl es nochtli. No obstante, los españoles rebautizaron al nopal con el nombre de chumbera y la fruta como higo de Indias, o en la actualidad higo chumbo.

En Italia se conoce como fico d'India, en Francia le llaman figue de Barbarie; en Estados Unidos de América y Sudáfrica prickly pear, (nombre que está evolucionando actualmente a cactus pear, a fin de eliminar el término considerado algo peyorativo de prickly [espinoso]); en Israel se conoce como sabrás, que significa espinoso por fuera pero dulce por dentro.

En Eritrea y Etiopía son llamados beles. En la India se conocen, según las lenguas locales como nagphani, anda torra o chapathi balli. En Brasil, como palma forrageira, ya que se cultiva principalmente para la producción de forraje (Sáenz, 2006).

**Figura 1.**

*Distribución del nopal en el mundo*



Fuente: Sáenz, 2006

*Opuntia ficus-indica*, es entre las cactáceas de mayor importancia agronómica, tanto por sus sabrosos frutos como por sus tallos que sirven de forraje o pueden ser consumidos como verdura. El mejoramiento genético que ha sufrido se remonta a la época prehispánica; los cronistas de indias ya relatan sobre estas plantas -y sus frutos-, que fueron llevadas a España posiblemente en el primer o segundo viaje de Colón a América, aunque el primer registro cierto es para México, en 1515 (Fernández de Oviedo, 1535).

En el siglo XVIII los navegantes la distribuyeron en gran parte del mundo, ya que la consumían en ensalada por sus propiedades antiescorbúticas. En Bolivia fue introducida por los conquistadores españoles. En la actualidad en Sudáfrica y en Australia se considera como maleza a la forma espinosa, ya que invade terrenos dedicados a ganadería (Fernández de Oviedo, 1535).

La Figura 2, presenta a nuestro país y la distribución actual del cultivo de tuna, se puede encontrar en lugares cercanos a las ciudades de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz.

**DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL  
CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

**Figura 2.**

*Ubicación de zonas productoras de nopal en Bolivia*



Fuente: Mapas@google, 2016.

**2.1.3.2. Taxonomía**

Los nopales pertenecen a la familia Cactaceae. La taxonomía del nopal es sumamente compleja debido a múltiples razones, entre otras porque sus fenotipos presentan gran variabilidad según las condiciones ambientales, se encuentran frecuentemente casos de poliploidía, se reproducen en forma sexual o asexual y existen numerosos híbridos inter específicos (Sáenz, 2006). Distintos autores presentan variaciones en la colocación taxonómica de los nopales dentro de la familia Cactaceae.

El nombre científico le fue asignado por Tournefort en 1700, por su semejanza con una planta espinosa que crecía en el poblado de Opus en Grecia (Scheinvar, 1999; Velásquez, 1998). Esta especie una vez introducida en España desde México, se distribuyó por toda la cuenca del Mediterráneo. Probablemente los primeros nopales fueron cultivados cerca de Sevilla o Cádiz, puntos terminales de los viajes a las Indias (Barbera, 1999).

La taxonomía más usada para la clasificación de las cactáceas es el sistema Britton and Rose, el cual clasifica las Opuntias, de la forma siguiente:

---

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL  
CANTÓN SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

REINO: Vegetal

DIVISIÓN: Angiospermae

CLASE: Dicotyledonae

ORDEN: Opuntiales

FAMILIA: Cactaceae

SUBFAMILIA: Opuntioideae

TRIBU: Opuntiae

GÉNERO: Opuntia

SUBGÉNERO: Platyopuntia

ESPECIE: Ficus indica

**Fuente: Britton y Rose, 1963 citados por Bravo-Hollis, 1978**

Se conocen casi 300 especies del género *Opuntia*. Sin embargo, hay solo 10 o 12 especies hasta ahora utilizadas por el hombre, ya sea para producción de fruta y/o nopalitas para alimentación humana, forraje o cochinilla para obtención de colorante. Entre ellas se encuentran, como especies cultivadas para producción de fruta: *Opuntia ficus-indica*, *O. amyclaea*, *O. xocostle*, *O. megacanthay* *O. streptacantha*. Como especies silvestres: *Opuntia hyptiacantha*, *O. leucotrichay* *O. robusta*. De las especies citadas, la más ampliamente cultivada en distintas partes del mundo es *Opuntia ficus-indica*; es más, en la cuenca del Mediterráneo es la única *Opuntia* que se cultiva y se emplea con diferentes propósitos.

Independientemente de la clasificación taxonómica que pudiera usarse como referencia, en este documento se utiliza el nombre común nopal para la planta completa, la tuna se refiere a la fruta, el nopalito al cladodio tierno y la penca al cladodio adulto.

### 2.1.3.3. Características morfológicas del nopal

El Nopal o tuna es una planta muy fibrosa, alargada y gruesa, Crece superficialmente y se introduce con mucha facilidad en las grietas características. Muy útil para la conservación de los suelos. Presenta gran adaptación a las condiciones del suelo y del clima que normalmente vive. Cuando existe agua disponible, se estimula el desarrollo de la planta y la velocidad de absorción del agua y nutrientes es sorprendentemente alta, (Granados y Castañeda, 2000). La tuna prospera en lugares donde la temperatura media oscila entre 16 y 26°C (Orestes, 2009).

**Figura 3.**

*Planta del nopal*



Fuente: [http://www.fao.org/aq/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM\(25-06-2009\)](http://www.fao.org/aq/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM(25-06-2009))

**a) Raíz**

El sistema radical del nopal es muy extenso y superficial, alcanzando una profundidad cercana a 80 cm, pero extendiéndose horizontalmente por varios metros. Es un sistema densamente ramificado, rico en raicillas finas absorbentes y superficiales (Sáenz y Berger, 2006).

**b) Tallo**

Los nopales presentan numerosos tallos modificados denominados cladodios (conocidos vulgarmente como “paletas” o “pencas”). Los cladodios tienen forma ovoide, elíptica u oblonga, alcanzan una longitud de 33 – 60 cm y 18- 25 cm de ancho, son aplanados, con un grosor de 1.8 – 2.3 cm; color verde pálido a oscuro, con o sin espinas dependiendo de la variedad. Los tallos se lignifican con el tiempo y pueden llegar a transformarse en verdaderos tallos leñosos, agrietados, de color verde blancuzco o grisáceo (Sáenz y Berger, 2006, Granados y Castañeda, 2000).

El tallo y las ramas están constituidos por pencas o cladodios con apariencia de cojines ovoides y aplanados, unidos unos a otros, pudiendo en conjunto alcanzar hasta 5 m de altura y 4 m de diámetro. Las variedades más usuales desarrollan portes de aproximadamente 1,5 m de altura.

**Figura 4.**

*Cladodio de nopal*



Fuente: [http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM\(25-06-2009\)](http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM(25-06-2009))

El tallo, a diferencia de otras especies de cactáceas, está conformado por tronco y ramas aplanadas que posee cutícula gruesa de color verde, en estas se realiza la fotosíntesis, pues estas reemplazan a las hojas con esa función. Se encuentran protegidas por una cutícula gruesa que, en ocasiones, está cubierta de cera o pelos que disminuyen la pérdida de agua, ya que poseen abundante parénquima. En este tejido, se almacena considerables cantidades de agua, lo que permite a las plantas soportar largos periodos de sequía (Rodríguez, 2017)

**c) Hojas**

Está profundamente transformada, son únicamente visibles en la primera edad, tiene forma de gancho cónico y verde engrosado en la base a modo de botella en miniatura, en cuyas axilas se hallan las aureolas en las que se encuentran las espinas.

Pasado un mes de su aparición empiezan a amarillar y en pocos días se desprenden, su disposición casi regular sobre el cladodio es una de las características de la especie *Opuntia ficus-indica*, (Granados y Castañeda, 2000).

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL  
CANTÓN SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Las hojas caducas sólo se observan sobre tallos tiernos, cuando se produce la renovación de pencas, en cuyas axilas se hayan las aréolas de las cuales brotan las espinas, de aproximadamente de 4 a 5 mm de longitud. Las hojas desaparecen cuando las pencas han alcanzado un grado de desarrollo y en cuyo lugar quedan las espinas.

#### **d) Espinas**

Es el órgano axilar o apendicular lignificado, puntiagudo y que posee tejidos vasculares a diferencia de las excrecencias, emergencias y tricomas que se 9 presentan en otras plantas. Las espinas del género opuntia son hojas modificadas con haces vasculares en las bases y se forman desde el dermatógeno (protodennk) y perisblemo (desmógeno), al igual que las hojas.

#### **Figura 5.**

*Espina del nopal*



Fuente: [http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM\(25-06-2009\)](http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM(25-06-2009))

#### **e) Gloquidios**

Son pequeñas espinas formadas por celulosa cristalina pura (pntchard y Hall, 1976; citados por Corrales, 1997). Algunas funciones atribuidas a espinas y gloquidios de opuntia son el de proporcionar defensas contra los herbívoros; diseminar tallos y frutos, proteger al cladodio de la irradiación solar, absorbiendo radiaciones de onda corta.

**Figura 6.**

*Gloquidio del nopal*



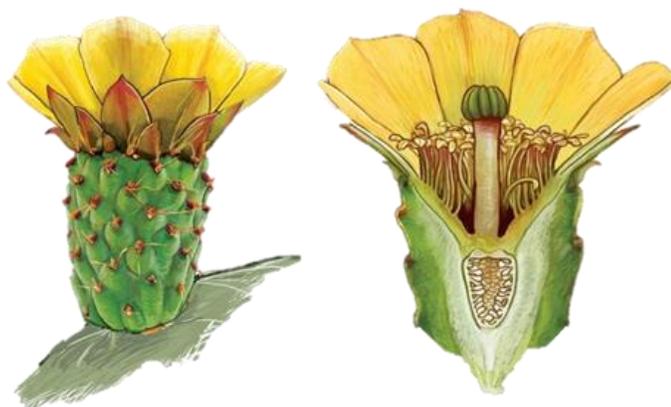
Fuente: [http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM\(25-06-2009\)](http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM(25-06-2009))

**f) Flores**

Las flores, de 7 a 10 cm de largo, son sésiles, hermafroditas, solitarias y de diversos colores y se desarrollan normalmente en el borde superior de las pencas (Granados y Castañeda, 2000).

**Figura 7.**

*Flor de nopal*



Fuente: [http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM\(25-06-2009\)](http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM(25-06-2009))

Las flores son solitarias, localizadas en la parte superior de la penca, de 6 a 7 cm de longitud. Cada aréola produce por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración, unas pueden brotar el primer año, otras el segundo y tercero.

Las flores se abren a los 35 a 45 días de su brotación. Sus pétalos son de colores vivos: amarillo, anaranjado, rojo, rosa. Sépalos numerosos de color amarillo claro a rojizo o blanco.

### g) Frutos

Su fruto llamada tuna es una falsa baya ovoidal carnosa, de 5 a 10 cm de largo por 4 a 8 cm de diámetro y su color puede ser amarillo, anaranjado, rojo o purpúreo. La pulpa del fruto presenta numerosas semillas y es jugosa, mucilaginosa, azucarada muy aromática y muy nutritiva, mientras que su epidermis es parecida a la de los cladodios (Orestes, 2009). El fruto es una baya polispermo, carnosa, de forma ovoide esférica, sus dimensiones y coloración varían según la especie; presentan espinas finas y frágiles de 2 a 3 mm de longitud. Son comestibles, agradables y dulces. El fruto es de forma cilíndrica de color verde y toma diferentes colores cuando madura; la pulpa es gelatinosa conteniendo numerosas semillas.

**Figura 8.**

*Fruto de nopal*



Fuente: [http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM\(25-06-2009\)](http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/ECONF95/HTML/OPUNTIA.HTM(25-06-2009))

Sobre ambas caras del cladodio se presentan las llamadas yemas, flores y raíces, áreas según las condiciones ambientales (Granados y Castañeda, 2000).

#### 2.1.3.4. Variedades de nopal

La variedad de nopalitos que se producen en nopaleras silvestres y en huertos familiares es notable. A continuación, se mencionan algunas de las características de las variedades utilizadas en plantaciones comerciales y los estados en donde son cultivadas.

La variedad **Milpa Alta**, (Clasificada como *O. Eicus-indica L.*) es la variedad más importante en México, en términos de área cultivada y volumen de producción que llega al mercado. Se cultiva en Milpa Alta, Distrito Federal, y en el municipio de Tlalnepantla, Morelos.

La variedad **Atlixco**, que se cultiva en Puebla y el estado de México, es de pencas y nopalitos grandes.

La **Copena**, desarrollada por el Dr. Facundo Barrientos en los años sesenta, se caracteriza por su carencia de espinas, por su succulencia, color verde intenso, buen sabor y baja acidez; se cultiva en los estados de Hidalgo, México, Guanajuato y Baja California.

La **Copena F1**, seleccionada para la producción de forraje, produce una gran cantidad de cladodios de color verde claro, sin espinas y poco mucílago, se cultiva para nopalito en los estados de México, Tlaxcala, Puebla y Baja California.

Las variedades **Negra y Blanca**, se cultivan en las cercanías de Uruapan, Michoacán; la producción de nopalitos se comercializa en el mercado local y en el de Guadalajara, Jalisco; también pueden ser enviadas a lugares más lejanos, como Tijuana, Baja California.

La variedad **Tamazunchale**, se cultiva en regiones tropicales y montañosas en Tamazunchale, San Luis Potosí y sur de Tamaulipas, pertenece al género *Nopalea* y tiene cladodios alargados con una cutícula gruesa y escasas espinas. Existen otras variedades de importancia regional, como la “Moradilla” en el Valle de Texcoco y la “Polotitlán” en la parte norte del estado de México. Estas variedades aún no se han evaluado.

Las principales variedades de nopal utilizadas en México para la producción de tuna, se observa también que la mayoría se encuentra identificada únicamente con los nombres regionales, lo que, entre otras cuestiones, da lugar a un acentuado problema de sinonimia, puesto que algunas variedades reciben hasta tres o cuatro nombres en una misma región, como es el caso de la variedad “Picochulo”, a la que también se le denomina “Aplastada” y “Naranjona”. Las variedades de nopal cultivadas para producir tuna, se desarrollaron con la intervención del hombre durante miles de años en los agostaderos y los huertos familiares, por lo que son variedades obtenidas mediante selección.

Variedades como “Cristalina” y “Burróna” probablemente provengan de una sola planta, puesto que presentan mínima variación fenotípica. Existen algunas (Amarilla legítima, Amarilla huesona, Amarilla montesa y Amarilla miquihuana) que algunos técnicos y productores sostienen que son variedades diferentes.

**Tabla 1.**

*Variedades de Nopal producidas en México*

VARIEDAD	ENTIDAD DE PRODUCCIÓN	ESPECIE
Milpa Alta	Distrito Federal, Morelos	O. ficus - indica
Atlixco	Puebla, estado de México	
Copena V1	Baja California, San Luis Potosí, Sonora, Hidalgo, estado de México	
Copena F1	Sonora, Baja California, Edo. de México.	
Moradilla	Estado de México	
Blanco	Michoacán, Guanajuato	
Negro	Michoacán	
Blanco con espinas	Guanajuato	
Polotitlán	Estado de México	
Manso	Sonora	
Oaxaca	Oaxaca	
Oreja de elefante	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas	
Tamazunchale	San Luis Potosí, Tamaulipas	Nopalea cochellinifera
Tapón	San Luis Potosí, Zacatecas,	O. robusta
Duraznillo	Guanajuato, Durango, Jalisco, Aguascalientes, Querétaro	O. leucotricha

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2009.

En contraposición, otros sostienen que se trata de una sola variedad que presenta una gran elasticidad fenotípica, de manera que según se desarrolle en condiciones más o menos favorables de suelo y humedad, los frutos se parecerán a alguna de las variedades mencionadas.

Para dilucidar esta cuestión deberán hacerse estudios filogenéticos. Probablemente convenga hacer pruebas de ácido desoxirribonucleico (ADN), para definir la secuenciación del genoma de todas las variedades cultivadas y hacer comparaciones entre sí y con *O. hyptiacantha*, *O. streptacantha*, *O. megacantha* y *O. ficus-indica*, con la finalidad de analizar el grado de familiaridad de estas especies silvestres con las variedades cultivadas.

#### **2.1.3.5. Usos del nopal**

Las personas que practican un estilo de vida natural y saludable a menudo promueven la Tuna como un súper alimento. Citan los antivirales, propiedades antiinflamatorias y anticoagulación de la planta. En la medicina popular mexicana, la pulpa y el jugo de cactus se utilizan para tratar heridas de la piel, hinchazón de estómago, problemas digestivos e infecciones del tracto urinario

Las ciencias actuales señalan que: en la medicina holística moderna, para extracto y suplementos cactus se utilizan para tratar la diabetes tipo 2, colesterol alto, colitis, diarrea y agrandamiento benigno de la glándula prostática tipo. Piruletas de nopal se utilizan a veces como una ayuda para la pérdida de peso para tratar la obesidad y el sobrepeso. El extracto natural es un remedio útil para las resacas de alcohol, y la savia de tipo gel de la planta se utiliza a menudo como un acondicionador para el cabello.

#### **a) Uso medicinal**

##### **Uso medicinal interno**

La tuna recientemente se ha convertido en un alimento muy popular en el estudio de la diabetes. Su interés recae en la gran riqueza del fruto en mucilagos, pectinas, xilosa y arabinosa, que son tipos de fibra soluble con efectos sobre la regulación del azúcar en la sangre. Se ha realizado numerosas hipótesis sobre el mecanismo de actuación de la tuna sobre la diabetes, aunque cabe mucho estudio al respecto. En un experimento, se comparó el poder antidiabético de 500 g de nopal en 500 g de calabrin. Curiosamente, aunque su contenido en fibra es similar, los resultados mostraron que solo la penca tuvo efecto hipoglucemiante. Este estudio inicial sugiere que el penco puede tener otros componentes hipoglucémicos además de la fibra.

- Para ayudar a reducir el colesterol: Una de las propiedades de la fibra, como la que nos aporta la fruta de la tuna, es la de ayudar a reducir los niveles de colesterol sanguíneos. En un estudio se evaluó la eficacia de la tuna para ayudar a reducir el colesterol. Los individuos del estudio siguieron la dieta en la que consumían 250 g

de tunas al día, durante 8 semanas. Los resultados mostraron una disminución del colesterol total y mejora de las glucemias. Estos resultados sugieren que la tuna es un buen alimento para prevenir el síndrome metabólico y beneficioso para prevenir enfermedades del corazón. Otro estudio similar, realizado con capsulas del nopal comparte los resultados positivos de esta planta contra el colesterol.

- Para el hígado: Estudios científicos sugieren que esta cactácea puede tener efectos beneficiosos para el hígado. El extracto del nopal protege al hígado de los daños producidos por insecticidas químicos y aflatóxicos, probablemente debido a su riqueza en sustancias antioxidantes. Estas sustancias protegen al hígado de la peroxidación de sus grasas, repercutiendo también en la mejora de los niveles de colesterol en la sangre, la infusión de flores contiene flavonoides protectores y tónicos del hígado, como rutina, quercetina.
- Gastritis: La tuna es un remedio protector de la mucosa gástrica, debido a su contenido en mucilago, que acelera la regeneración de la mucosa gástrica, tal como han demostrado estudios científicos. Debido a su potencial antiulceroso, tanto el fruto como los tallos jóvenes son adecuados en la dieta de la gastritis, acidez de estómago y ulcera de estómago.
- Para la tos: El jarabe preparado a partir de los frutos, las tunas, es un tradicional remedio contra la tos. Contiene flavonoides con propiedades antitusivas, como la luteolina; además de fibra pectina, que tiene efecto demulcente y antitusivo.
- Astringente: Las flores y los frutos de la planta son astringentes, y se emplean como antidiarreico. Las flores son también antiespasmódicas, y se pueden tomar para retortijones
- Para la memoria: Algunos artículos mencionan que los flavonoides contenidos en los frutos de esta planta tienen efecto protector sobre el cerebro, siendo un alimento adecuado para la memoria y para prevenir enfermedades degenerativas como el Alzheimer.

### **Uso medicinal externo**

Antiguamente los indígenas de México y utilizaban sus tallos suculentos para tratar heridas y contusiones. Este remedio se ha investigado en la actualidad, y estudios científicos corroboran sus propiedades cicatrizantes y para tratar heridas en la piel. Las pencas se cortan y se aplica su pulpa en las heridas o golpes para ayudar a cicatrizar, curar irritaciones

cutáneas y contusiones. Este constituye un cataplasma emoliente, pues la fibra que contiene el parénquima de los tallos ablanda la piel y contribuye a su regeneración natural. Por sus cualidades húmedas, este cataplasma ayuda a aliviar el dolor de la piel seca o irritada.

En la medicina prehispánica, la baba de las pencas o mucílago se aplicaba en forma de cataplasma para aliviar dolores e inflamaciones; la raíz molida servía para tratar fracturas de hueso, y la penca machacada en agua se daba a beber a las mujeres que tenían parto difícil. En algunas regiones del país aún se mantienen estos usos.

### **b) Uso alimenticio**

El nopal es una planta de múltiples utilidades. Es utilizada como verdura junto con otras hortalizas, los nopalitos son un alimento central con el que las comunidades han alcanzado un gran refinamiento culinario; se sirven preparados con carne de res, pollo, ajolote o guajolote.

Las flores son guisadas en regias salsas y los xoconostles se comen crudos o cocinados. Con las tunas se elaboran jugos y dulces varios, además de una bebida fermentada llamada colonche o vino de tuna.

El uso que antiguamente se daba a las pencas como alimento para guajolotes se hizo extensivo al ganado traído por los españoles, generando la aparición de potreros en donde se fomenta el crecimiento de nopales a los que, cuando el alimento escasea, se les queman las espinas para emplearlos como forraje.

### **c) Uso en la industria textil**

Algunas especies de nopales se plantan para cultivar la grana cochinilla (*Dactylopius coccus*), insecto que produce una sustancia color carmín muy apreciada para teñir telas, que en la Colonia constituyó una próspera industria. Actualmente algunos productos tradicionales cuentan con una amplia comercialización y se desarrollan innovaciones para responder a mercados en expansión.

#### **2.1.4. Comercialización**

La comercialización es una actividad ancestral que consta del intercambio de productos o servicios y es un factor clave para que un emprendimiento pueda sostenerse y crecer. Al mismo tiempo, es el punto débil de todos los emprendedores, también es el conjunto de funciones que se desarrollan desde que el producto sale del establecimiento de un

productor hasta que llega al consumidor. Vincula a los aspectos productivos con las relacionadas a la transferencia de la propiedad de los productos, articulándose así con el sistema agroindustrial y fundamentalmente, con el consumidor de esos productos, de forma directa o indirecta. Básicamente, la comercialización, entendida en un sentido amplio opera como un mecanismo de coordinación de las transferencias entre los distintos integrantes de la cadena productor-consumidor (Chiodo, 1996).

Las etapas de comercialización, son aquellos pasos a seguir para llevar a vender o comerciar un producto, que en el caso del proyecto son los subproductos de nopal. Según (Muñis Gonzalez, 2014) puede desarrollarse en 5 etapas:

- 1. Preparación de la actividad.** Para desarrollar con éxito su trabajo, el comerciante ha de asumir esta primera etapa en dos fases perfectamente diferenciadas: la organización de su actividad y la preparación de la visita al cliente
- 2. Determinación de necesidades.** Es la etapa en la que el comerciante trata de definir, detectar, reunir o confirmar la situación del consumidor sobre sus necesidades, motivaciones o móviles de compra. Cuanta más información logremos del consumidor, más fácil será decidir los productos a comercializar.
- 3. Argumentación.** el trabajo del comerciante consiste en hacer que el consumidor perciba las diferencias que tienen sus productos frente a los de sus competidores. Esto se logrará presentando los argumentos adecuados y dimensionando los beneficios de su producto o servicio.
- 4. Tratamiento de objeciones.** Podemos definir la objeción como una oposición momentánea a la argumentación de venta. No siempre esto es negativo; por el contrario, las objeciones en la mayoría de las ocasiones ayudan a decidirse al consumidor, pues casi siempre están generadas por dudas o por una información incompleta.
- 5. El cierre.** En esta etapa se logra la venta del producto. El consumidor adquiere el producto sabiendo que le será útil proporcionándole satisfacción a sus necesidades.
- 6. Reflexión o autoanálisis.** Para saber por qué y qué es lo que le ha ayudado a lograr la comercialización del producto, de esa manera, podrá repetir aquellas palabras, argumentos o acciones que le han llevado a obtener la venta y, consecuentemente,

podrá conseguir otras, o por el contrario si la venta ha resultado fallida, analizará en profundidad, para identificar qué es lo que hizo que no debería haber hecho.

## 2.2. OTROS PROCESOS UTILIZADOS SOBRE EL TEMA

### 2.2.1. Producción del nopal

#### 2.2.1.1. Producción de nopal en México

El mercado mundial del nopal fresco es un mercado fragmentado con características de nichos de mercado. México es el principal exportador mundial, exporta alrededor de 1,500 toneladas en fresco y unas 3,500 toneladas procesadas a Estados Unidos de América y cantidades menores a otros países (Valdez, 1995).

**Tabla 2.**

*Producción agrícola, cíclicos y perennes en México*

Cultivo	Superficie cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Calabacita	25,840.51	464,095.83	17.96
Cebolla	41,725.85	1,195,818.11	28.66
Chile verde	140,439.60	1,981,564.45	14.11
Col (repollo)	5,422.80	179,873.95	33.17
Esparrago	12,602.00	63,950.18	5.08
Fresa	6,678.20	233,041.30	34.9
Lechuga	15,794.60	317,780.92	20.12
Maíz grano	6,223,046.54	20,142,815.76	3.24
Melón	21,024.10	552,371.27	26.27
Nopalitos	11,746.50	744,250.41	63.36
Papa	54,096.86	1,500,497.23	27.74
Pepino	14,621.45	433,640.50	29.66
Sandía	40,455.62	1,007,154.73	24.9
Tomate rojo	52,383.63	2,043,814.55	39.02
Tomate verde	45,704.85	647,580.13	14.17
Zanahoria	14,140.30	368,600.14	26.07

Fuente: Información provista por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2009.

México es el país líder en la producción de nopal verdura, en el año 2009 se obtuvo una producción en más de 11,000 ha. El único país competidor es E.U.A. con una superficie mucho menor de 100 ha. México también es el líder en el comercio mundial al ser exportador a E.U.A., Canadá, Japón y países europeos.

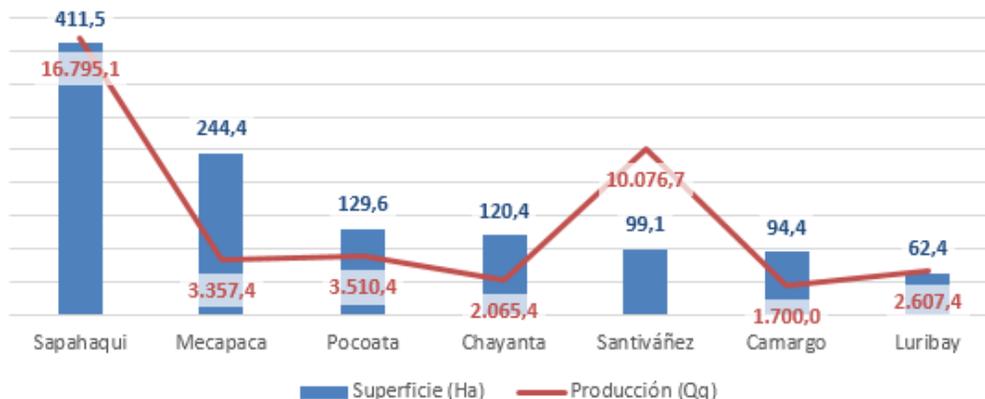
### 2.2.1.2. Producción de nopal en Bolivia

La producción de nopal en Bolivia se concentra en Cochabamba, Chuquisaca, Sucre, Tarija y La Paz, en áreas con 350-640 mm de lluvia anual y a altitudes de 1500 a 3000 msnm. En años recientes, el nopal ha sido promovido en los distritos de Pasorapa y Cochabamba, apoyados por el Centro de Investigación de Forrajes (CIF) y la Universidad San Simón de Pasorapa bajo el Programa de Desarrollo Agrícola Sustentable, en la región del Valle y el Chaco la producción de tuna se ha incrementado para llenar la demanda de forraje para el ganado de zonas áridas y semiáridas de Bolivia (Ochoa comunicación personal).

Según el PTDI de Sapahaqui 2021-2022, el municipio de Sapahaqui figura como el mayor productor de tuna en el país con una superficie cultivada de 411.5 hectáreas y una producción de 16795,1 qq según el Censo Agropecuario 2013 (INE, 2017).

**Figura 9.**

*Municipios Productores De Tuna en Bolivia, Censo Agropecuario 2013*



*Nota: Información del Instituto Nacional de Estadística INE, 2017.*

La producción de fruta en el Valle de Sapahaqui, es la actividad principal de familias que habitan en espacios adecuados para la producción de frutas, los cultivos de frutas que se producen son; pera, durazno, peramota, ciruelo, damasco, manzana, tuna e higo, la producción está destinado a la venta principalmente en los departamentos de Cochabamba,

Santa Cruz y La Paz, generando la principal fuente de ingreso para las familias que se dedican a esta actividad.

### 2.3. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES

El área biogeográfica, distribución geográfica o área de distribución es el espacio geográfico en el que habitan las poblaciones de una especie, una subespecie u otro tipo de taxón. La especialidad que dentro de la biogeografía se ocupa de las áreas concretas de los taxones se denomina corología. Dentro de una determinada área de distribución biogeográfica las especies pueden adoptar distintos modos de distribución. En ecología y biogeografía el estudio de las características de las áreas es un capítulo importante. La fragmentación del área por la alteración debida al desarrollo económico, es uno de los temas mayores de la biología de la conservación (Simpson, 2010)

Según Maciel *et al.* (2015), el área de distribución de las especies es un concepto importante en la biología, sin embargo, existen casos en los que no se ha interpretado adecuadamente. Se considera que utilizar un término unificado de especie puede ayudar a clarificar el concepto de área de distribución, pues se incorpora la idea de dimensión espacial al señalar que las especies son linajes metapoblacionales que evolucionan separadamente. El área de distribución se define como la fracción del espacio geográfico donde una especie está presente e interactúa de manera no efímera con el ecosistema. La presencia o ausencia de éstas en el espacio geográfico está definida por factores biogeográficos, fisiológicos, así como ecológicos. A pesar de ser un atributo difícil de estimar, se han descrito algunos patrones referentes a los tamaños, formas y límites del área de distribución.

Los mismos autores señalan que el área de distribución geográfica, entendida como el lugar donde una especie puede ser localizada, es un atributo difícil de estimar (Grinnell, 1917). Si bien, desde los primeros naturalistas de la época antigua se reconoció que existía variación de las condiciones ambientales en las que habitaban determinados grupos taxonómicos, fue hasta las primeras expediciones del siglo XVII que se evidenció una discontinuidad en la distribución de las especies a lo largo del planeta y se enfatizó en reconocer las limitantes para su dispersión (Arroyo, Carrión, Hampe & Jordano, 2004).

La estimación de la distribución espacial, como una variable de respuesta, permite formular preguntas: ¿Qué procesos determinan la ubicación de una especie en un sitio?, ¿Se distribuyen de la misma manera a lo largo del tiempo?, ¿Es posible hacer predicciones

**DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL  
CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

sobre su distribución futura?, ¿Qué información nos proporciona una distribución?, ¿Qué relación guarda la historia de vida de una especie con la historia geológica del lugar donde habita? Para responder estas preguntas es necesario estudiar la forma, tamaño, conectividad y dinámica temporal de las áreas de distribución, de lo cual se encarga la biogeografía. Hasta el momento, se han descrito algunos patrones cuantitativos referentes al tamaño, forma, límites, sobreposiciones, estructura, así como la relación entre la distribución y la historia geográfica de un área (Zunino & Zullini, 2003).

El estudio de distribución geográfica y potencial del nopal en zonas de producción del departamento de La Paz, contribuirá a establecer las áreas de producción actual y áreas de producción futura que servirán de insumos para desarrollar programas de apoyo a la producción de nopal.

Para las condiciones de producción de Bolivia y en especial para las zonas de producción de La Paz, el nopal es una especie subutilizada, que se ha adaptado a las condiciones particulares en la región donde crecen en sistemas agrícolas de secano con bajos insumos y poca atención de manejo del cultivo. Recientemente, sin embargo, se ha reconocido más ampliamente la contribución estratégica de una especie subutilizada para enfrentar la pobreza, la inseguridad alimentaria y nutricional. La Declaración de Córdoba sobre Cultivos Promisorios para el Siglo XXI, firmada en 2012, las celebraciones del Año Internacional de la Quinoa en 2013 y el reciente lanzamiento del Consorcio de Cultivos Huérfanos de África por parte de la Academia Africana de Fitomejoramiento son sólo algunos ejemplos de cómo ha aumentado el interés en estas especies. Recientemente, las organizaciones agrícolas y los formuladores de políticas han reconocido el papel actual y el potencial desaprovechado de las especies subutilizadas para la seguridad alimentaria y la nutrición, la generación de ingresos en zonas rurales, el desarrollo de resiliencia, la adaptación al cambio climático y la mitigación de riesgos climáticos, agronómicos y económicos (Rudebjer *et al.*, 2014).

Otro aspecto importante a considerar en el rescate de especies subutilizadas es la comercialización de sus productos naturales o transformados que ayuden a su conservación. La comercialización es una actividad ancestral que consta del intercambio de productos o servicios. Al comienzo de la actividad comercial el intercambio no era mediado por el dinero. El trueque era la forma más común de intercambio entre mercancías. Esta relación entre mercancías luego se fue complejizando y con la intervención del dinero se pudo simbolizar más precisamente el equivalente entre dos mercancías de cualidades

diferentes. Por otro lado, el dinero permitió la acumulación y la estabilización de un referente único de intercambio respetado a través de la extensión del territorio (Deborah, 2015).

## **2.4. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR**

### **2.4.1. Aspectos básicos para determinar la situación actual del nopal**

Existen pocos estudios relacionados a la situación actual de *Opuntia ficus indica* en el departamento de La Paz. La información disponible se encuentra en registros del Instituto Nacional de Estadística, que reporta la mayor producción de tuna en el municipio de Sapahaqui, sin embargo, no existe datos de áreas de producción, situación sanitaria del cultivo y menos información de usos agroindustriales de este noble cultivo. Para establecer acciones que mejoren las condiciones de manejo y producción del nopal, el proyecto contempló el levantamiento de información primaria, en campo, aplicando herramientas de Diagnostico Participativo para lograr la participación activa de productores de nopal, en comunidades representativas de Sapahaqui.

### **2.4.2. Registro de ubicación geográfica de plantaciones de nopal**

Para elaborar mapas de distribución actual y potencial de nopal en comunidades del municipio de Sapahaqui, se aplicaron estrategias de complementarias de visitas *in situ* a plantaciones de nopal y modelación en programas especializados. Las visitas a campo permitieron establecer las coordenadas geográficas, Latitud, Longitud y Altitud de plantaciones de nopal de acuerdo a las variedades identificadas. Posteriormente se elaboraron mapas digitales que muestran la distribución geográfica actual de nopal, representados por puntos en el mapa, con esta información y con información climática se elaboraron mapas de distribución potencial que muestran extensas áreas con características adecuadas para ampliar las áreas de producción de nopal.

### **2.4.3. Caracterización morfológica de variedades de nopal**

El registro de información cuantitativa y cualitativa de variedades de nopal, es un aspecto determinante para establecer el potencial productivo de la especie, identificar variables asociadas a rendimientos y posibles usos que se pueda dar al nopal. La información es analizada aplicando técnicas de análisis univariado, para establecer las características de tendencia central, de dispersión y distribución de frecuencias de cada variable, análisis bivariado para establecer el grado de asociación entre cada par de variables, en función a sus coeficientes de correlación. Los resultados de este tipo de análisis son útiles para

diseñar nuevos planes productivos de nopal que incluyan la producción primaria, producción secundaria y comercialización de productos con valor agregado.

#### **2.4.4. Identificación de prácticas de manejo de cultivo y nuevas formas de comercialización de nopal**

La aplicación de herramientas de Diagnóstico Participativo estableció que del nopal solo se comercializa el fruto en mercados y ferias de la ciudad de El Alto y La Paz. Este aspecto pone en evidencia el desconocimiento de productores y consumidores, sobre el potencial utilitario del nopal en la alimentación, medicina, protección del medio ambiente y principalmente en la agroindustria. El proyecto utilizó herramientas de análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, para identificar y priorizar nuevas formas de comercialización del nopal, utilizando como materia prima, pencas tiernas y maduras de nopal y frutos desespinaados. Respecto a la producción, se estableció que las plantaciones de nopal reciben poca atención de parte de los productores, pocos realizan alguna labor para mejorar la producción, la mayoría se limita a esperar la madurez de los frutos para comercializarlos. Con el propósito de contribuir a mejorar las capacidades de los productores de nopal el proyecto plantea sesiones de capacitación teórico practicas en actividades clave de la producción de nopal, así como subproductos de nopal para su comercialización.

#### **2.5. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES**

Las normativas nacionales y municipales son la fuente base del desarrollo de la investigación como:

Artículo 32 del Capítulo I: Recursos naturales renovables cambio de la Ley N° 1333, Ley del Medio Ambiente, que menciona que es deber del Estado y la sociedad preservar, conservar, restaurar y promover el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, entre los que se encuentra el nopal existente en los valles interandinos del departamento de La Paz.

Asimismo, el proyecto se alinea a los 13 Pilares de la Agenda Patriótica 2025 y los 10 Ejes Estratégicos del Plan de Desarrollo Económico y Social 2021 2025. “Reconstruyendo la economía para vivir bien, hacia la Industrialización con sustitución de importaciones” y en el Plan Territorial de Desarrollo Integral para el Vivir Bien del Gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui 2021-2025, que plantea ser un territorio donde se consolide el desarrollo integral, con desarrollo económico productivo, potencializando el sector productivo de **DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACION DEL NOPAL (Opuntia ficus indica) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

hortalizas y frutas. En este sentido los resultados del Proyecto contribuirán a las políticas municipales de Sapahaqui referidas a: Fortalecimiento de la Gestión de riesgo de desastres naturales y al Fortalecimiento Productivo Frutas y Hortalizas.

## CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se realizó fue exploratoria y descriptiva, con registro de información en campo y posterior análisis en gabinete. Los resultados se difundieron a los beneficiarios mediante cursos de capacitación.

En el registro de información en campo se aplicó los principios de investigación cualitativa e investigación cuantitativa. Los niveles de análisis para el desarrollo de la investigación fueron:

- Exploratorio
- Descriptivo
- Explicativo

La investigación cualitativa se basó en la recolección y análisis de datos mediante herramientas de Diagnostico Participativo, entre ellas:

- Entrevistas de productores.
- Entrevistas estructuradas y no estructuradas.
- Métodos de observación cualitativa

La investigación cuantitativa se basó en la recolección de datos medibles de áreas de producción de nopal, características morfológicas del nopal y datos económicos para la comercialización de productos. Se dio respuesta a la hipótesis de la investigación en base a los datos obtenidos y el análisis estadístico correspondiente que se enmarcaron en:

- Investigación descriptiva
- Investigación correlacional

Con la información obtenida, se determinó con mayor precisión las características de percepción, tamaño, tiempo de cultivo, cuidados, potencialidad comercial y manejo del nopal en comunidades del Municipio de Sapahaqui.

#### 3.1.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación no es experimental y estuvo diseñada para registrar y analizar información primaria de comunidades productoras de nopal, como resultado de la interacción participativa entre investigadores, auxiliares de investigación, autoridades universitarias,

***DISTRIBUCION GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACION DEL NOPAL (Opuntia ficus indica) EN DOS COMUNIDADES DEL  
CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ***

autoridades municipales y productores beneficiarios. El diseño de la investigación estuvo compuesto por el trabajo documental y de campo, considerando 4 etapas fundamentales:

**a) Revisión de información secundaria y coordinación con autoridades locales:** que considera la identificación y análisis de información secundaria nacional y extranjera sobre el nopal. Se contacto a autoridades municipales y productores beneficiarios, a quienes se explicó los alcances de la investigación, en el marco de un acuerdo firmado entre autoridades municipales y universitarias.

**b) Registro participativo de información primaria:** que incluyo la recolección de información primaria en campo, para registrar información geográfica de las plantaciones identificadas (Latitud, Longitud y Altitud), características morfológicas cuantitativas y cualitativas de variedades de nopal y aplicación de técnicas participativas para determinar usos actuales del nopal e identificar productos alternativos para su comercialización.

**c) Análisis de la información:** consistió en el uso de programas especializados para establecer la distribución geográfica actual y potencia de la especie (DIVA-GIS), en base a información geográfica y climática. Similarmente se aplicó análisis estadísticos (SPSS), para describir los parámetros de tendencia central, de dispersión, distribución de frecuencia y correlaciones de variables cuantitativas y cualitativas. Los resultados de los análisis sirvieron para identificarán las variables asociadas al rendimiento, que son indicadores del potencial productivo de la especie. Además de contribuir a identificar potenciales usos con valor agregado que pueden constituirse en alternativas de comercialización.

**d) Fortalecimiento de las capacidades de productores:** mediante cursos y talleres de capacitación en manejo, transformación y comercialización del nopal. Se identificaron temas específicos y prioritarios para las capacitaciones, en estos cursos se difundió el manual de manejo técnico del nopal para las condiciones de Parani y Caracato.

### 3.2. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

#### Identificación de las variables.

##### a) Distribución Geográfica

- Área de producción actual (Hectáreas)
- Área de producción futura (Hectáreas)

**b) Potencial Productivo**

- Variedades del Nopal (Número)
- Tamaño del fruto (Centímetros)
- Tamaño de la semilla (Milímetros)
- Peso total del fruto (Gramos)
- Peso total de la pulpa (Gramos)
- Peso de la cascara (Gramos)
- Grosor de la cascara (Milímetros)
- Pero total de la semilla (Gramos)
- Diámetro total de la semilla (Milímetros)
- Diámetro del fruto (Centímetros)
- Longitud del Cladodio (Centímetros)
- Ancho del Cladodio (Centímetros)
- Espesor del Cladodio (Centímetros)
- Altura de planta (Centímetros)
- Numero de cladodios por planta (Número)

**c) Variables de Comercialización**

- Formas de consumo
- Precio
- Precio de transformación

**Definición de variables****a) Distribución Geográfica**

- **Área de producción actual**  
Es el lugar de producción que se tiene actualmente para el cultivo del Nopal.
- **Área de producción futura**  
Es el lugar de producción que se tendrá para el cultivo del Nopal en el futuro.

**b) Potencial Productivo**

- **Variedades del Nopal**  
Son los tipos de nopal existentes en las comunidades de estudio, diferenciados por un marcador morfológico como color de planta, color de flor, color de fruto entre otros.

- **Tamaño del fruto**  
Es el tamaño en centímetros que tuvo el fruto del nopal, que será medido horizontal y verticalmente, definiendo su área total.
- **Tamaño de la semilla**  
Es el tamaño en milímetros que presento la semilla, resultado de la medición del largo y ancho, del cual se obtendrá su área total.
- **Peso total del fruto**  
Es el peso que tiene los frutos del Nopal, medida en gramos, incluyendo la cascara, semilla y pulpa.
- **Peso total de la pulpa**  
Hace referencia al peso total que tiene la pulpa del fruto del Nopal, medida en gramos.
- **Peso total de la cascara**  
Es el peso total de la cascara del del fruto del Nopal, medida en gramos.
- **Peso total de la semilla**  
El peso general que tiene cada semilla del fruto del Nopal.
- **Diámetro total de la semilla**  
Es el tamaño general que tiene la semilla del fruto del Nopal.
- **Diámetro total del fruto**  
Es el tamaño general que tiene el fruto del Nopal.
- **Grosor de la cascara**  
Es el grosor que tiene la cascara del fruto del Nopal.
- **Longitud del Cladodio**  
Es el largo máximo del cladodio medida en centímetros, desde la inserción con el tallo hasta el ápice del cladodio.
- **Ancho del Cladodio**  
Es la distancia de la parte más ancha del cladodio, medida en centímetros.
- **Espesor del Cladodio**  
Medida en centímetros de la parte plana del cladodio.
- **Altura de planta**  
Distancia máxima de la planta desde el cuello hasta la parte más alta de la planta, medida en centímetros.
- **Numero de cladodios por planta**

Cantidad de cladodios por planta, resultado de observación y conteo.

**Tabla 3.**

*Valores, tipo e instrumento de medición que se utilizó*

	<b>Variables</b>	<b>Valor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Instrumento/fuente</b>
Distribución geográfica	Área de producción actual	Numérico	Cuantitativa	Medición
	Área de producción futura	Numérica	continua	Medición
Potencial Productivo	Variedades del Nopal	Numérica	Cuantitativa	Conteo
	Numero de cladodios por planta	Numérica	discreta	Conteo
	Tamaño del fruto	Numérica		Medición
	Tamaño del cladodio	Numérica		Medición
	Tamaño de la semilla	Numérica		Medición
	Peso total del fruto	Numérica		Medición
	Peso total de la pulpa	Numérica		Medición
	Peso total de la cascara	Numérica		Medición
	Peso total de la semilla	Numérica		Medición
	Diámetro total de la semilla	Numérica	Cuantitativa continua	Medición
	Diámetro total del fruto	Numérica		Medición
	Diámetro total del cladodio	Numérica		Medición
	Grosor de la cascara	Numérica		Medición
	Longitud del Cladodio	Numérica		Medición
	Ancho del Cladodio	Numérica		Medición
	Espesor del Cladodio	Numérica		Medición
	Altura de planta	Numérica		Medición
	Comercialización	Formas de consumo	Nominal	Nominal
Precio		Numérica	Cuantitativa	Medición
Precio de transformación		Numérica	continua	Medición

Fuente: Elaboración propia

### c) Variables de Comercialización

- Formas de consumo  
Se refiere a las formas de consumo que se tiene del Nopal, tanto como fruto y como verdura (penca).
- Precio  
Es el precio en el cual venden el fruto y la penca del Nopal
- Precio de transformación  
Se refiere a el precio de la transformación que realizara de la tuna y la penca.

## 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.3.1. Población

De acuerdo al último Censo Nacional de Población y Vivienda realizado el año 2012, el Municipio de Sapahaqui, cuenta con una población de 12.484 habitantes que viven en 122 comunidades, entre ellas Parani y Caracato.

La población estimada para recabar la información necesaria fue de 100 habitantes o 20 familias por comunidad, considerando que cada familia está integrada por 5 personas en promedio.

### 3.3.2. Muestra

Se consideró trabajar con una muestra de la población específicamente para las actividades de Diagnostico Participativo, análisis FODA e identificación de subproductos del nopal para su comercialización.

Tomando en cuenta la población de estudio, se consideró el tamaño de la muestra con el numero de 100 habitantes, de esta manera se tiene en cuenta una población finita se consideró necesario determinar el tamaño de la muestra aplicando la siguiente formula:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{(N - 1) * E^2 + z^2 * p * q}$$

*n= Tamaño de la muestra*

*N= Tamaño de la población*

*Z= Coeficiente de Confianza*

*p= Proporción de población éxito*

*q= Probabilidad de ocurrencia sin éxito*

$E =$  Margen de error

Con los valores de parámetros tenemos:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{(N - 1) * E^2 + z^2 * p * q} = \frac{z^2 * p * q * N}{(N - 1) * E^2 + z^2 * p * q}$$

$N = 100$  habitantes

$Z (95\%) = 1,96$

$p = 0,5$

$q = 0,5$

$E = 0,05$

Con los mismos parámetros de medición el cálculo del tamaño de la muestra con 100 habitantes. El número de consultas a realizar fue de 35 familias en cada comunidad.

### 3.4. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en campo y gabinete, en campo para registro de datos geográficos, diagnóstico participativo, capacitaciones, y recolección de información primaria seguidamente se realizó el análisis de la información en gabinete.

Las principales actividades del proyecto se realizaron en plantaciones de nopal situados en laderas de serranías y en planicies, con poca actividad agrícola. Los suelos de valle como cabecera de valle característicos de Parani y Caracato, presentan aspectos edáficos diferentes, se caracterizan por ser susceptibles a la erosión hídrica debido a la topografía accidentada con pendientes pronunciadas y la parte central del valle es una playa.

Con la aplicación de herramientas de Diagnóstico Participativo se creó un ambiente de cooperación mutua entre investigadores y productores de nopal, para identificar los problemas referidos a la producción de esta especie y sus potenciales usos que beneficiaran a los productores de las comunidades.

### 3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

En la presente investigación se aplicaron las siguientes técnicas de investigación cuantitativa:

#### a) Técnica de recolección de información secundaria

La información secundaria se obtuvo de bibliotecas virtuales de universidades, ministerios e instituciones especializadas en investigación agrícola. Se compilaron documentos en pdf

publicados oficialmente en páginas de internet. Asimismo, se visitaron bibliotecas públicas y privadas de las ciudades de La Paz y El Alto, para identificar publicaciones sobre el nopal.

Los instrumentos utilizados en esta actividad fueron páginas WEB de instituciones dedicadas al estudio de especies vegetales, universidades y otras instituciones, además de una lista de bibliotecas existentes en las ciudades de La Paz y El Alto.

#### **b) Técnica de recolección de información primaria**

La información primaria se obtuvo mediante visitas de verificación *in situ* de áreas de producción de nopal en las comunidades de Parani y Caracato. Se realizó la caracterización morfológica de variedades de nopal existentes en las comunidades. Para lo cual se utilizó como instrumentos de medición, los descriptores morfológicos del nopal y planillas de registro de variables cuantitativas y cualitativas, diseñadas en hojas electrónicas Excel.

#### **c) Técnica de muestreo**

Se aplicaron herramientas de Diagnostico Participativo en una muestra de la población de Parani y Caracato, para establecer la situación actual de la producción de nopal, formas de consumo y alternativas viables para la comercialización. Para la aplicación de esta técnica se utilizaron como herramientas una guía de preguntas clave y mapas satelitales impresos de ambas comunidades. Esta información se complementó con entrevistas en grupos focales y entrevistas con informantes clave, utilizando la guía de preguntas clave.

#### **d) Técnica de análisis de la información**

Se aplicaron técnicas de análisis estadístico univariado y bivariado sobre datos cuantitativos y cualitativos obtenidos en campo. Se calcularon parámetros estadísticos de tendencia central, dispersión y correlación simple. Para ello se usó como instrumento de análisis, una planilla de datos Excel y una computadora portátil con programas especializados sobre sistemas de información geográfica como DIVA-GIS y programa estadístico SPSS versión 22 recomendados para este tipo de investigación.

### **3.6. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Primera Etapa**

- Coordinación y socialización de actividades con autoridades municipales y productores de Sapahaqui.

- Registro de información primaria y secundaria de la producción de nopal en Bolivia.
- Aplicación de técnicas participativas en el registro de información, diagnóstico participativo.
- Identificación de variedades existentes en el lugar, visitas de verificación *in situ*.
- Georreferenciación de áreas en producción de nopal.

### **Segunda Etapa**

- Caracterización morfológica de variedades de nopal identificadas, descripción de características de la planta.
- Clasificación de variedades de nopal de acuerdo a su uso local: uso alimenticio, uso medicinal, uso forrajero y uso cultural.
- Aplicación de técnicas participativas para la identificación de nuevas alternativas de comercialización de variedades de nopal.

### **Tercera Etapa**

- Desarrollar cursos y talleres de capacitación técnica a productores, técnicos y consumidores respecto al manejo del cultivo, importancia nutricional, medicinal, agroindustrial, medio ambiental y cultural asociados a la producción y transformación de *Opuntia ficus-indica*.
- Interacción social a través de asistencia técnica y capacitación en producción y manejo del nopal.

### **Cuarta Etapa**

- Sistematización de resultados en informes finales y artículos científicos.
- Difusión del trabajo de investigación mediante publicación de documentos técnicos y artículos científicos.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

A continuación, se describen los resultados preliminares en función a los objetivos específicos del presente proyecto de investigación.

### 4.1. DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA DEL NOPAL EN PARANI Y CARACATO

En coordinación con técnicos del Gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui, se han identificado y priorizado a las comunidades Parani y Caracato para desarrollar actividades del proyecto. Se priorizaron estas comunidades debido al compromiso e interés de los productores y la necesidad que tienen en mejorar la producción de nopal en sus parcelas.

#### 4.1.1. Distribución geográfica del nopal en la comunidad Parani

La comunidad Parani forma parte del municipio de Sapahaqui que se encuentra ubicado al norte de la provincia Loayza del departamento La Paz, a una distancia de 77 km de la ciudad de La Paz. Se cuenta con varias rutas de ingreso a las comunidades y cantones de Municipio, entre las principales está el ingreso por la carretera La Paz-Oruro-cruce Villa Remedios; ruta Ventilla - Cachira, ruta Ayo – Macamaca y ruta Patacamaya – Muruhuta.

#### Figura 10.

*Imagen satelital de áreas de producción de hortalizas y frutales en la comunidad Parani, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022*



Fuente: Google Earth 2022

Geográficamente, se encuentra localizado entre los meridianos 16°56'50" – 16°57'27" de Latitud Sur y entre los paralelos 67°54'02" – 67°52'20" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich (Figura 9).

Según el mapa fisiográfico del Municipio de Sapahaqui, la comunidad Parani se encuentra en la unidad fisiográfica de serranías altas, con disección fuerte. El paisaje de esta comunidad presenta una topografía accidentada, típica de los valles cerrados y encajonados, caracterizándose por la formación de serranías altas, con cimas semiagudas y pendientes abruptas. Presenta sitios de cabecera de Valle de topografía ondulada con pendientes variables que van desde 15 a 40 %; y también tiene sitios de valle que se caracteriza por tener terrazas o planicies en márgenes de ríos, alcanzando anchuras que varían entre los 100 a 400 metros. La pendiente de estas terrazas varía según los lugares, pero en general es relativamente apreciable, hay lugares en que la misma no supera el 3 %, pero en otras alcanza hasta un 30 %. La pendiente de las serranías adyacentes a las terrazas es ya muy pronunciada, que va del 40 al 75 % (PTDI-GAMS, 2022).

### Figura 11.

*Imagen satelital del perímetro de la comunidad Parani, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*



Fuente: Elaboración propia con el programa Google Earth 2022

Los resultados de talleres con informantes clave, visitas de verificación *in situ* y georreferenciación en campo, permitió la elaboración de la Figura 10, que muestra la superficie total estimada de la comunidad Parani. La cuantificación de superficie total y perímetro de la comunidad se realizó con la opción 'Medir superficies y distancias' del Software Google Earth 2022, Versión 9.176.0.0. La superficie total estimada de la comunidad Parani es de 1.71 km<sup>2</sup> con un perímetro total de 7036.71 m, que incluye áreas de cabecera de valle y valle propiamente dicho.

Según el Cuadro 4, en Parani se identificaron 3 tipos de superficies de terreno con función definida. El primer sitio, es ocupado por viviendas familiares de los pobladores de la comunidad, que se encuentra a ambos lados del camino principal y ocupa una superficie de 36006,07 m<sup>2</sup> y un perímetro de 750,02 m.

**Tabla 4.**

*Descripción de áreas con función específica en la comunidad Parani, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*

Sitios de la comunidad con función definida	Superficie (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	
Cultivo de nopal tunero	A1	10556,72	556,41
	A2	25806,22	842,52
	A3	5290,19	319,33
	A4	2047,19	201,65
	A5	21341,68	914,13
	A6	86934,38	1903,31
Cultivos hortícolas y frutales	A1	306236,96	3368,75
	A2	426012,42	3189,42
	A3	33273,4	750,02
Área de viviendas Parani	36006,07	1124,83	
<b>Área funcional total</b>	<b>953505,23</b>	<b>13170,37</b>	

Fuente: Elaboración propia

El segundo sitio importante en la comunidad, es aquel destinado a la producción de hortalizas y frutas. Según los resultados del Cuadro 4, se identificaron 3 áreas con estas características: El Área 1, situado en la parte central de la comunidad tiene una superficie

total de 306236,96 m<sup>2</sup>, un perímetro de 3368,75 m y es destinado a la producción intensiva de hortalizas y frutas; el Área 2, situado a orillas del Rio Sapahaqui con superficie plana, pendiente baja y de uso intensivo para actividades agrícolas con una superficie total de 426012 m<sup>2</sup> y un perímetro de 3189,42 m. Finalmente, el Área 3 ubicado al noroeste del centro poblado de uso hortícola con una superficie estimada de 33273,4 m<sup>2</sup> y un perímetro de 750,02 m.

El tercer sitio con función definida está conformado por 6 áreas destinadas a la producción de tuna, distribuidas en terrenos pendientes, en ladera de serranía y algunos en superficies planas. El nopal o tuna es una especie perenne, es decir que, es una planta que permanece en un mismo lugar por mucho tiempo (decenas de años), se adapta a las condiciones edafoclimáticas del lugar, enraíza, crece y fructifica anualmente. El productor aprovecha los frutos de la planta para consumo y comercialización generando algunos ingresos económicos, pero no puede dar otro uso a ese terreno, es exclusivamente para plantas de nopal. Las superficies de tuna en producción, varía de 2047 a 86934,38 m<sup>2</sup> (Cuadro 4), pero en total Parani tiene una superficie actual de plantaciones de nopal 151976,38 m<sup>2</sup> aproximadamente, que equivale a 0,15 km<sup>2</sup>, en un perímetro total de 4737,35 m.

#### Tabla 5.

*Detalle de superficies de terrenos según su función actual, comunidad Parani, gestión 2022*

Características de áreas en Parani	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Área con función definida	0,95	55,8
Área sin función definida	0,76	44,2
Área total de la comunidad	1,71	100

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del Cuadro 5 indican que la superficie total estimada de Parani es de 1.71 Km<sup>2</sup>, que se distribuye en dos áreas importantes: un área con función definida, que incluye, viviendas familiares, cultivos hortícolas, frutales y plantaciones de nopal, que en conjunto ocupan el 55,8% de la superficie de la comunidad (0.95 Km<sup>2</sup>). Asimismo, Parani dispone de un área sin función definida que ocupa el 44,2% de la superficie total de la comunidad (0.76 km<sup>2</sup>) que se caracteriza por tener pendientes elevadas, de difícil acceso, en la que se hace

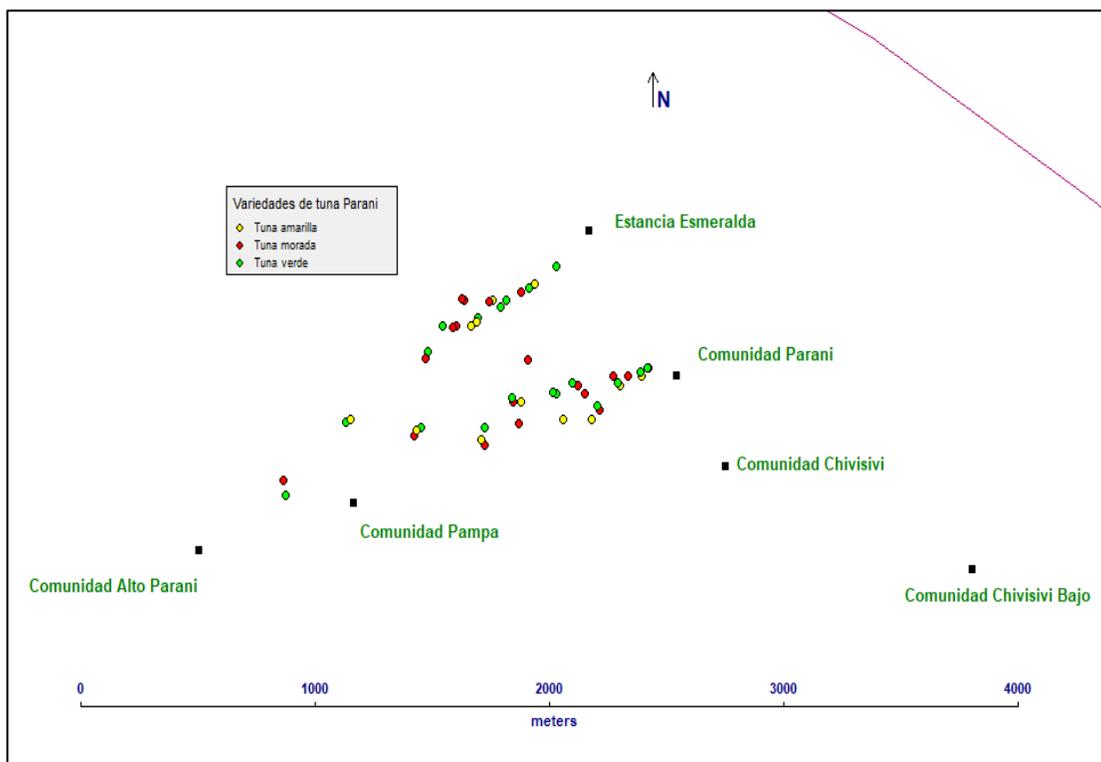
**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

difícil la implementación de actividades agrícolas o pecuarias. Sin embargo, se estima que al menos el 10% de la superficie sin función definida (0.076 km<sup>2</sup> o 76000 m<sup>2</sup>) puede utilizarse en nuevas plantaciones de nopal, especialmente en aquellos terrenos cercanos a los sitios de producción intensiva,

Para determinar la distribución actual de las parcelas de nopal en Parani, se realizaron visitas de verificación *in situ* a los lugares de producción. En cada plantación de nopal tunero, se registraron las coordenadas geográficas, altitud, longitud y latitud. Se verificó la existencia de plantas de tuna de diferentes variedades, de muchos años de producción y también parcelas establecidas recientemente. En esta actividad se contó con la participación de autoridades comunales, secretarios generales, presidentes de juntas escolares y otros miembros de la directiva con quienes se intercambiaron experiencias en relación a la producción de tuna, principalmente.

### Figura 12.

*Distribución geográfica de 3 variedades de nopal, identificadas en la comunidad Parani, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*



Fuente: Mapa de elaboración propia, con el Programa DIVA-GIS

De acuerdo a información de productores de tuna y verificación in situ de las plantaciones, se estableció que en Parani se producen 3 variedades de nopal o tuna: Tuna amarilla, tuna morada y tuna verde. La distribución geográfica de cada variedad de tuna en Parani se muestra en la Figura 11, se advierte que las tres variedades están presentes en la mayoría de las plantaciones, en forma de mezcla. No se encontraron plantaciones de una sola variedad, sin embargo, se evidenció que las variedades de tuna morada y tuna verde son preferidas por los productores de tuna, en consecuencia, existen mayores superficies de cultivo de estas dos variedades.

Las plantaciones de nopal tunero identificadas en Parani geográficamente se sitúan entre los meridianos 16°56'51" a 16°57'18" de Latitud Sur y entre los paralelos 67°52'47" a 67°53'38" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y a una altura entre 2872 y 3001 msnm.

En ambas comunidades se tienen terrenos de producción en ladera y en planicie. Los cultivos de mayor importancia económica corresponden a árboles frutales de pera, durazno e higo que se ubican en planicies cercanas a los ríos, asimismo, en estos lugares existen áreas de producción de hortalizas y legumbres como ser: haba, arveja, acelga, apio y cebolla. Las laderas de montañas con pendientes pronunciadas están destinada a la producción de nopal tunero, para obtener la fruta "tuna" una vez al año, y representa un cultivo de poca importancia para los productores.

#### **4.1.2. Distribución geográfica del nopal en la comunidad Caracato**

La comunidad Caracato se encuentra ubicado en un valle semitropical del Municipio de Sapahaqui, provincia Loayza a 105 km desde la ciudad de La Paz. La ruta de ingreso principal a la comunidad es Ayo Ayo – Macamaca – Caracato y también se llega a la comunidad por la ruta de Sapahaqui – Caracato. Geográficamente, se encuentra localizado entre los meridianos 16°59'21" – 16°59'14" de Latitud Sur y entre los paralelos 67°48'46" – 67°48'36" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich (Figura 12).

Según el mapa fisiográfico del Municipio de Sapahaqui, la comunidad Caracato se encuentra en la unidad fisiográfica de serranías altas, con disección fuerte. El paisaje de esta comunidad presenta una topografía accidentada, típica de los valles cerrados y encajonados, caracterizándose por la formación de serranías altas, con cimas semiagudas y pendientes abruptas. Presenta sitios de cabecera de Valle de topografía ondulada con

pendientes variables que van desde 15 a 40 %; y también tiene sitios de valle que se caracteriza por tener terrazas o planicies en márgenes de ríos, alcanzando anchuras que varían entre los 100 a 400 metros (PTDI-GAMS, 2022).

### Figura 13.

*Imagen satelital de la comunidad Caracato, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*



Fuente: Google Earth 2022

Los resultados de talleres con informantes clave, visitas de verificación *in situ* y georreferenciación en campo, permitió la elaboración de la Figura 13, que muestra la superficie total estimada de la comunidad Caracato. La cuantificación de superficie total y perímetro de la comunidad se realizó con la opción 'Medir superficies y distancias' del Software Google Earth 2022, Versión 9.176.0.0. La superficie total estimada de la comunidad Caracato es de 1.21 km<sup>2</sup> con un perímetro total de 4913,79 m, que incluye áreas de cabecera de valle y valle propiamente dicho.

Según el Cuadro 6, en Caracato se identificaron 3 tipos de superficies de terreno con función definida. El primer sitio, es ocupado por el área urbana de la comunidad en las que se encuentran viviendas familiares, plaza central, cancha de futbol, hospital, colegios, tiendas comerciales, parada de transporte público y sede social de los pobladores de la

**DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL  
CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

comunidad. Esta área urbana ocupa una superficie de 138008,72 m<sup>2</sup> y un perímetro de 1985,05 m.

#### Figura 14.

*Imagen satelital del perímetro de la comunidad Caracato, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*



Fuente: Elaboración propia, con el programa Google Earth 2022

El segundo sitio importante en la comunidad, es aquel destinado a la producción de hortalizas. Según los resultados del Cuadro 6, se identificó un área con estas características situado en el extremo noreste de la comunidad cercano al río y tiene una superficie total de 55573,08 m<sup>2</sup>, un perímetro de 902,39 m y es destinado a la producción intensiva de hortalizas.

El tercer sitio con función definida está conformado por 8 áreas destinadas a la producción de tuna, distribuidas en planicies, terrenos pendientes y en ladera de serranía. Las áreas A1, A2, A3, A4, A5, A6 y A8 se encuentran en planicie y ocupan una superficie de 123018,24 m<sup>2</sup> y un perímetro de 4028,37 m. (Cuadro 6). Asimismo, el área A7 se ubica en terreno pendiente y ladera de serranía, ocupando una superficie de 172022,6 m<sup>2</sup> y un perímetro de 1758,58 m. En total Caracato tiene una superficie actual de plantaciones de nopal de 295040,84 m<sup>2</sup> aproximadamente, que equivale a 0,295 km<sup>2</sup>, en un perímetro total de 5810,95 m.

**Tabla 6.**

*Descripción de áreas con función específica en la comunidad Caracato, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*

Sitios de la comunidad con función definida	Superficie (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	
Cultivo de nopal tunero	A1	16804,43	602,52
	A2	38562,85	782,88
	A3	2892,13	285,13
	A4	28740,37	752,51
	A5	15819,6	605,76
	A6	13907,03	658,84
	A7	172022,6	1782,58
	A8	6291,83	340,73
Cultivos hortícolas	55573,08	902,39	
Área urbana de Caracato	138008,72	1985,05	
<b>Área funcional total</b>	<b>488622,64</b>	<b>8698,39</b>	

Fuente: Elaboración propia

Las áreas de con función definida en la comunidad Caracato ocupan una superficie estimada de 488622.64 m<sup>2</sup> que equivale a 0.49 km<sup>2</sup> y representa el 40.4% de la superficie total de la comunidad.

En Caracato, se dispone de amplios terrenos sin cultivos ni árboles frutales, situados en planicies junto a desembocaduras de ríos. Estas áreas son potenciales para la producción de nopal tunero y nopal de verdura.

**Tabla 7.**

*Detalle de superficies de terrenos según su función actual, comunidad Caracato, gestión 2022.*

Características de áreas en Caracato	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Área con función definida	0,49	40,4
Área sin función definida	0,72	59,6
Área total de la comunidad	1,21	100

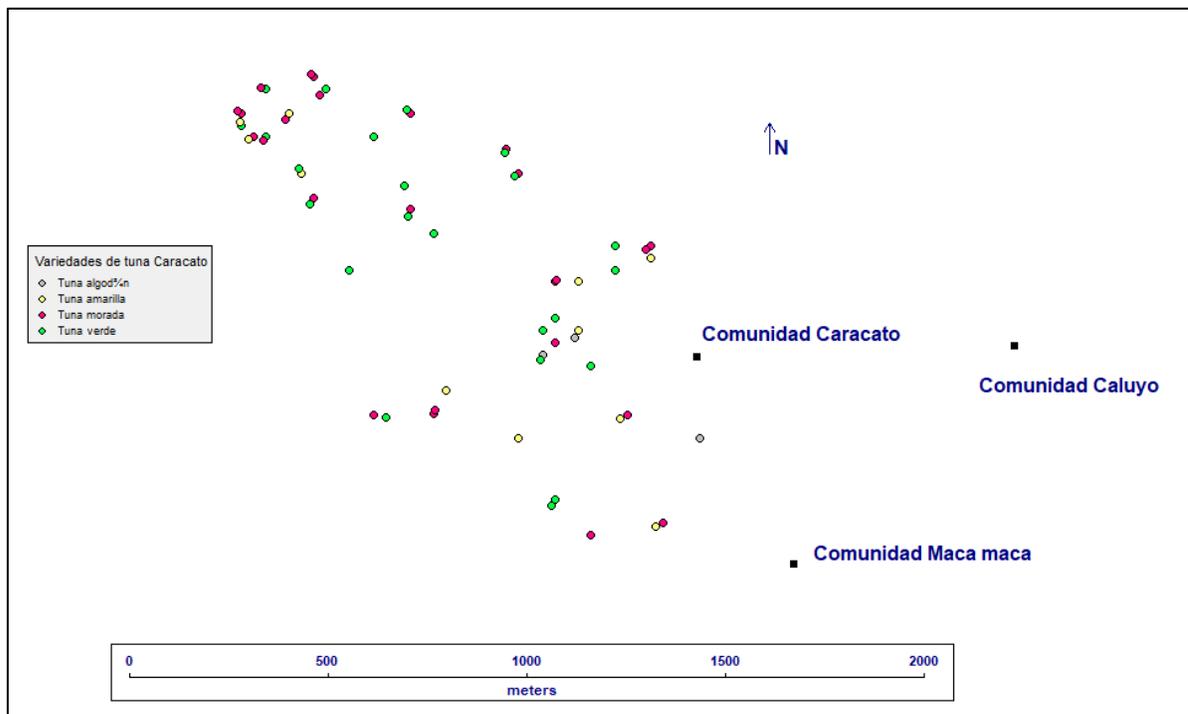
Fuente: Elaboración propia

Según los resultados del Cuadro 5, Caracato cuenta con 0.72 km<sup>2</sup> de terreno sin función definida que representa el 59.6% de la comunidad. Esta área se encuentra en terreno plano cerca al río y en laderas de serranías cercadas al área urbana de la comunidad. Los pobladores de Caracato mencionan que el terreno en planicie antes fue un sitio de producción de frutales y hortalizas, pero que fue afectada en años anteriores por riadas y mazamorras, en consecuencia, los productores no se arriesgan a producir en ese terreno por temor a que se repitan las riadas. Si consideramos que al menos un 20% del terreno sin uso específico actual, puede ser usado en nuevas plantaciones de nopal, se tendría un potencial de producción de 0.14 Km<sup>2</sup> o 144275,472 m<sup>2</sup>

La Figura 14 muestra los resultados de la distribución geográfica actual de las variedades de nopal tunero identificados en Caracato. Los puntos de color representan al lugar de plantación de nopal tunero en función a la variedad identificada. Los productores de Caracato tienen plantaciones de 4 variedades de nopal: Tuna algodón o almendra, tuna amarilla, tuna verde y tuna morada.

### Figura 15.

*Distribución geográfica de 4 variedades de nopal, identificadas en la comunidad Caracato, Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*



Fuente: Mapa de elaboración propia, con el Programa DIVA-GIS

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

La distribución geográfica de las variedades de nopal muestra que la mayoría de las plantaciones de tuna en Caracato son mezcla de variedades, no se tienen parcelas puras, con una sola variedad de nopal. Este comportamiento puede ser atribuido al desconocimiento del manejo técnico de la especie o a la reducida importancia que tiene la tuna para el productor. Se identificaron parcelas mezcladas de tuna tanto en planicie como en ladera de serranías.

Las plantaciones de nopal tunero identificadas en Caracato geográficamente se sitúan entre los meridianos 16°59'11" a 16°59'49" de Latitud Sur y entre los paralelos 67°48'32" a 67°49'10" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y a una altura entre 2581 y 2709 msnm.

#### **4.1.3. Distribución geográfica potencial del nopal**

Con información de ubicación geográfica y de identificación variedades de nopal tunero, se elaboraron mapas de distribución geográfica potencial presentados en las Figuras 15 y 16. Antes de la modelación, se realizó la limpieza de datos con información climática, reubicando variedades situadas en lugares distintos a las comunidades Parani y Caracato. Para corregir la información de coordenadas geográficas (Latitud, Longitud y Altitud) se utilizó el programa DIVA GIS, desarrollado por el Centro Internacional de la Papa (Hijmans, 2001).y se revisaron mapas cartográficos del departamento de La Paz, a escala 1:50.000 y 1:250.000.

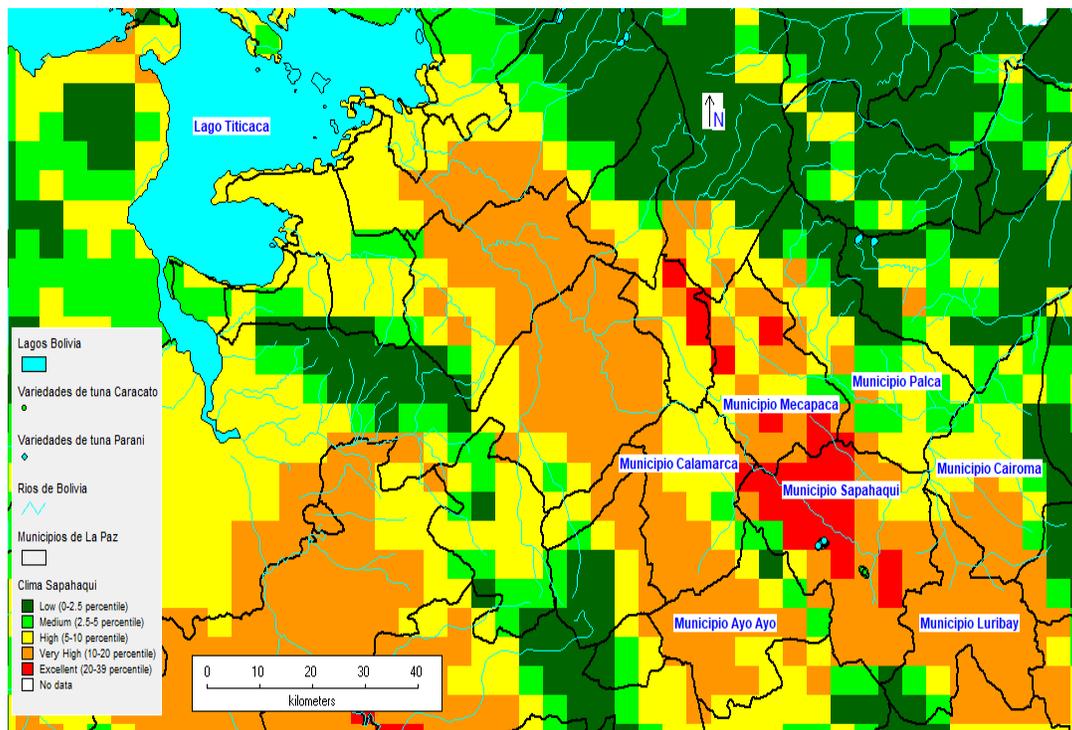
Luego de realizar la limpieza de datos, se elaboraron mapas de distribución actual y potencial de las variedades de nopal identificadas, para ello, se utilizaron dos grupos de datos: Información geográfica, altitud, latitud y longitud con unidades transformadas de grados, minutos y segundos a unidades UTM del sistema WGS84, e Información climática como temperatura media anual, temperatura media del mes, Isotermalidad, temperatura estacional, precipitación anual, precipitación del mes más seco y precipitación estacional, contenidas en el sistema worldclim\_w2-5m, modelo Bioclim - nicho ecológico utilizado por el DIVA GIS.

La escala calorimétrica utilizada para el análisis de distribución potencial, muestra zonas de color verde oscuro que denotan baja probabilidad de presencia de esta especie; áreas de color verde claro muestran lugares con probabilidad media de ocurrencia; áreas de color amarillo para lugares donde la probabilidad de encontrar estas especies es alta; zonas de

color anaranjadas y rojas muestran sitios con altas y excelentes probabilidades de que existan variedades de nopal o tuna (Pinto *et al.*, 2007)

### Figura 16.

*Mapa de distribución actual y potencial de variedades de nopal (Opuntia ficus-indica) en municipios del departamento de La Paz, gestión 2022.*



Fuente: Mapa de elaboración propia, con el Programa DIVA-GIS

La distribución potencial presentada en la Figura 15, fue elaborada en base a información climática y de coordenadas geográficas de las variedades de nopal identificadas en Parani y Caracato. Según estos resultados, las áreas con excelentes condiciones climáticas y geográficas para ampliar las plantaciones de nopal tunero, se encuentran en los municipios de Sapahaqui, Mecapaca y Achocallala, representadas por grillas de color rojo. Estos resultados corroboran lo evidenciado en campo, existen plantaciones de nopal en valles templados y secos al sur y al oeste de la ciudad de La Paz, en los municipios de Mecapaca y Achocalla, aunque no son de grandes superficies, pero las condiciones edafoclimáticas favorecerían iniciativas de aumento en la producción de esta especie. Similarmente, las grillas de color naranja muestran los sitios que presentan muy alta probabilidad de que opuntia ficus indica se adapte, desarrolle y produzca frutos requeridos. Estos lugares se encuentran en los municipios de Achocalla, Mecapaca, Palca, Sapahaqui, Luribay y

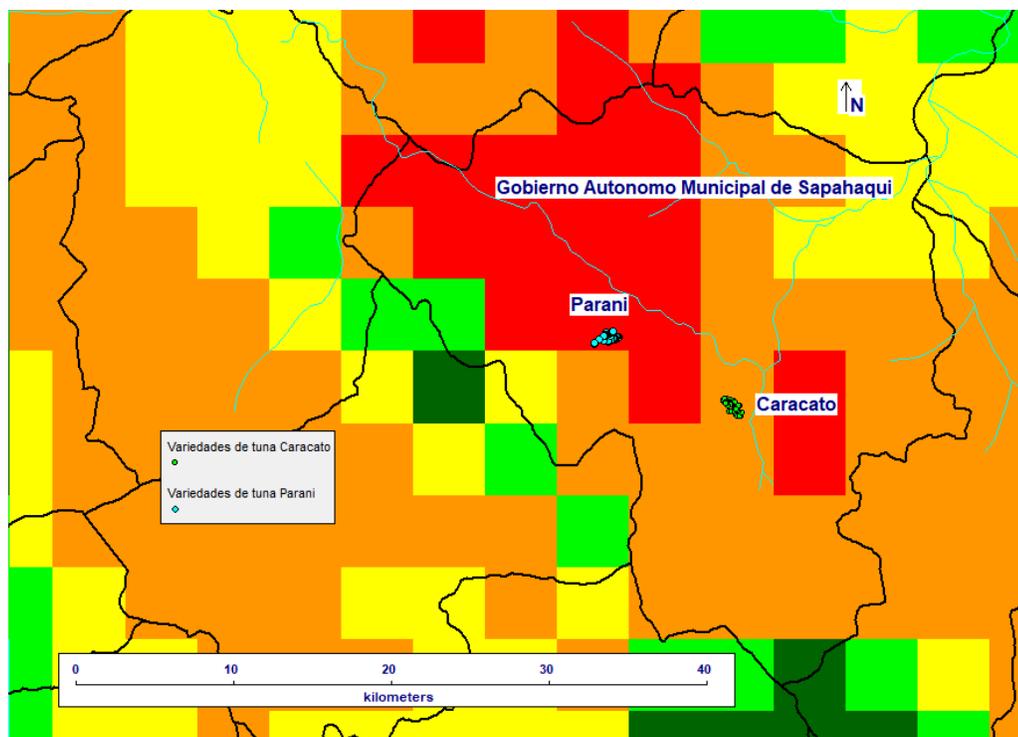
**DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACION DEL NOPAL (Opuntia ficus indica) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Cairoma, especialmente aquellos lugares de valle y cabecera de valle, de clima templado, que son adecuados para el cultivo de nopal. Los resultados de la distribución potencial, también indican áreas de alta y muy alta probabilidad de que *Opuntia ficus indica* se adapte y desarrolle en municipios de las provincias Aroma, Ingavi y Los Andes del departamento de La Paz, estas áreas están resaltadas con grillas de color amarillo y naranjado situadas en el altiplano centro y norte cercanos al Lago Titicaca, sobre los 3800 msnm. Sin embargo, estos lugares se encuentran en áreas con alta probabilidad de heladas y periodos prolongados de frío, que limitarían el desarrollo y fructificación del nopal.

La Figura 16 muestra la distribución actual y potencial de variedades de nopal tunero en el municipio de Sapahaqui. De acuerdo a estos resultados se estima que aproximadamente el 43% del territorio del municipio presenta excelentes condiciones edafoclimáticas para establecer plantaciones de diferentes variedades de nopal. Estos lugares se encuentran en la parte central y noroeste del municipio, visualizadas con grillas rojas.

### Figura 17.

*Mapa de distribución actual y potencial de variedades de nopal (Opuntia ficus-indica) en el Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*



Fuente: Mapa de elaboración propia, con el Programa DIVA-GIS

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL  
CANTÓN SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Los resultados de la Figura 16, también indican que aproximadamente el 50% del Municipio de Sapahaqui presenta muy buenas condiciones edafoclimáticas para que se amplíen las áreas de cultivo de nopal, estas áreas se encuentran visualizadas con grillas naranjas situadas al centro, al noreste y al sur del municipio. Asimismo, se advierte la existencia de grillas amarillas que muestran áreas con buenas condiciones climáticas y edáficas para la producción de nopal, que representan el 5% del territorio municipal de Sapahaqui. Finalmente, un 2% del territorio no posee condiciones adecuadas para el desarrollo del nopal, representado en la Figura 16, con grillas de color verde claro y verde oscuro.

#### **4.2. DESCRIPCION MORFOLOGICA DE VARIEDADES DE NOPAL (TUNA) IDENTIFICADAS**

Según los productores de Parani y Caracato, en ambas comunidades se tienen 4 variedades de nopal, o tuna:

1. Tuna roja
2. Tuna amarilla
3. Tuna verde
4. Tuna algodón o almendra

Para corroborar esta información se visitaron parcelas de nopal en terrenos cercanos a ladera y en ladera de serranías, en las que se identificaron las variedades mencionadas por los productores, diferenciadas por la forma de cladodios, color de planta y color de fruto principalmente.



**Foto 1. Identificación de variedades de nopal: tuna roja en floración y en fructificación**

Durante las visitas de verificación in situ, se verificó la existencia de grandes superficies de nopal, establecidas en laderas de hace más de 20 años, la mayoría, sin orden específico, de forma caótica. Es decir, que no cumplen el distanciamiento recomendado entre plantas, tampoco están en hileras, esto puede atribuirse al desconocimiento del manejo de esta especie introducida al país o a la poca importancia económica que tenía en años pasados. A pesar de estas condiciones y con poco o ningún manejo agrícola, aún se mantienen en campo produciendo fruta en los meses de enero, febrero y marzo.



**Foto 2. Verificación de parcelas de nopal y registro de variables morfométricas**

#### **4.2.1. Descripción de las características morfológicas de variedades de nopal existentes en Parani y Caracato**

Respecto a la información morfométrica de las plantas de nopal, se registraron datos cuantitativos y cualitativos de planta, tallo, cladodios, espinas, flores y frutos, los cuales se describen en las siguientes tablas.

## 4.2.1.1. Tuna Roja

Tabla 8

*Descripción de la planta y fruto de la variedad Tuna Roja, gestión 2022.*

Descriptor de planta	Valor
Altura de planta	94 cm
Habito de crecimiento	Extendido
Forma del cladodio	Ovalado
Largo de la penca	42 cm
Ancho de la penca	23 cm
Espesor de penca	14.1 mm
Distancia entre aréolas	4.4 cm
Numero de aréolas por penca	106
Número de aréolas en el borde del cladodio	42
Espinas	2
Gloquidios	1
Largo de la espina	16.1 mm
Color de espina	Marfil amarillento
Color de planta	Verde
Color de la flor	Rosado amarillento
Color de tallo	Café verdoso
Diámetro de tallo	14 cm
Descriptor de fruta	Valor
Forma	Ovoide
Largo (cm)	7,5 cm
Ancho (cm)	4,8 cm
Peso (g)	116.6
Grosor de la piel del fruto(mm)	7 mm
Color piel	Morada
Color pulpa	Morada
Numero de semillas	270 semillas
Diámetro de semilla	3 mm

Fuente: Elaboración propia

## 4.2.1.2. Tuna Amarilla

**Tabla 9**

*Descripción de la planta y fruto de la variedad Tuna Amarilla (Naranja), gestión 2022.*

<b>Descriptor de planta</b>	<b>Valor</b>
Altura de planta	67 cm
Habito de crecimiento	Erecta vertical
Forma del cladodio	Ovalado
Largo de la penca	35 cm
Ancho de la penca	21 cm
Espesor de penca	17.8 mm
Distancia entre aréolas	3.6 cm
Numero de aréolas por penca	131
Número de aréolas en el borde del cladodio	55
Espinas	1
Gloquidios	1
Largo de la espina	15 mm
Color de espina	Marfil amarillento
Color de planta	Verde amarillento
Color de la flor	Amarillo transparente
Color de tallo	Café plomizo
Diámetro de tallo	7.6 cm
<b>Descriptor de fruta</b>	<b>Valor</b>
Forma	Ovoide
Largo (cm)	8,1 cm
Ancho (cm)	4,9 cm
Peso (g)	97,4 g
Grosor de la piel del fruto(mm)	7 mm
Color piel	Amarillo oscuro
Color pulpa	Naranjado
Numero de semillas	251 semillas
Diámetro de semilla	4 mm

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.1.3. Tuna Verde

**Tabla 10**

*Descripción de la planta y fruto de la variedad Tuna Verde, gestión 2022.*

<b>Descriptor de planta</b>	<b>Valor</b>
Altura de planta	170 cm
Habito de crecimiento	Arbustivo
Forma del cladodio	Elíptica
Largo de la penca	46 cm
Ancho de la penca	29 cm
Espesor de penca	16,2 mm
Distancia entre aréolas	5,5 cm
Numero de aréolas por penca	121
Número de aréolas en el borde del cladodio	52
Espinas	1
Gloquidios	2
Largo de la espina	11 mm
Color de espina	Blanca
Color de planta	Verde
Color de la flor	Amarillo
Color de tallo	Café plumizo
Diámetro de tallo	7.6 cm
<b>Descriptor de fruta</b>	<b>Valor</b>
Forma	Ovoide
Largo (cm)	8 cm
Ancho (cm)	5,4 cm
Peso (g)	97,4 g
Grosor de la piel del fruto(mm)	7 mm
Color piel	Verde
Color pulpa	Verde
Numero de semillas	263 semillas
Diámetro de semilla	4 mm

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1.4. Tuna Algodón o Almendra

**Tabla 11.**

*Descripción de la planta y fruto de la variedad Tuna Almendra, gestión 2022.*

Descriptor de planta	Valor
Altura de planta	90 cm
Habito de crecimiento	Extendido
Forma del cladodio	Ovalado
Largo de la penca	36 cm
Ancho de la penca	21 cm
Espesor de penca	6,3 mm
Distancia entre aréolas	3,7 cm
Numero de aréolas por penca	82
Número de aréolas en el borde del cladodio	33
Espinas	1
Gloquidios	2
Largo de la espina	4,5 mm
Color de espina	Plomo claro
Color de planta	Verde amarillento plumizo
Color de la flor	Amarillo naranja
Color de tallo	Café plumizo
Diámetro de tallo	11 cm
Descriptor de fruta	Valor
Forma	Ovoide
Largo (cm)	6,5 cm
Ancho (cm)	4,5 cm
Peso (g)	72 g
Grosor de la piel del fruto(mm)	6 mm
Color piel	Rosado
Color pulpa	Rosado
Numero de semillas	245 semillas
Diámetro de semilla	4 mm

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Análisis de estadística descriptiva para variables cuantitativas de nopal

El comportamiento agronómico y productivo de variedades de nopal identificados se describe en la Tabla 12. Estos resultados muestran las variaciones obtenidas a través de los parámetros estadísticos de tendencia central y dispersión de 23 variables cuantitativas registradas en plantaciones de nopal. Estos análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS versión 22, los resultados se describen a continuación.

**Tabla 12.**

*Estadística descriptiva de 23 variables cuantitativas evaluadas en variedades de nopal existentes en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*

Variables cuantitativas		Rango	Mínimo	Máximo	Media	DS*
Altura de planta (cm)	ALT	103	67	170	98,8	29,7
Número de ramas primarias (N°)	RAM	5	3	8	5,2	1,7
Número de cladodios por planta (N°)	PEN	85	7	92	27,6	26,0
Longitud máxima de cladodio (cm)	LAP	28	24	52	37,4	8,9
Ancho máximo de cladodio (cm)	ANP	14	15	29	20,1	4,2
Espesor de cladodio (mm)	ESP	32,0	6,2	38,2	14,6	9,8
Diámetro de tallo (cm)	DTA	10,4	7,6	18,0	12,0	3,1
Número de espinas por areola (N°)	ESR	3	1	4	1,4	1,0
Número de gloquidias por areola (N°)	GLO	1	1	2	1,8	0,4
Distancia entre areolas (cm)	NUD	2,70	2,9	5,6	4,0	0,9
Número de aréolas en el haz del cladodio (N°)	NPE	26,5	39,0	65,5	50,2	9,3
Número de flores por planta (N°)	FLO	101	4	105	47,2	39,3
Largo de la espina (mm)	LES	12,1	4,00	16,1	9,8	4,9
Número de aréolas en el borde del cladodio (N°)	NBR	29	26	55	39,2	9,9
Peso total del fruto (g)	PTO	122,8	72,00	194,8	109,8	37,4
Peso de la pulpa del fruto (g)	PPU	69,4	30,9	100,3	56,9	21,8
Peso de la cascara del fruto (g)	PCA	53,9	39,90	93,9	50,9	16,8
Peso total de semilla por fruto (g)	PSM	1,9	2,33	4,2	2,8	0,7
Diámetro máximo de fruto (cm)	DFR	1,5	4,0	5,5	4,9	0,5
Largo máximo de fruto (cm)	LFR	3,5	6,0	9,5	7,3	1,1
Espesor de la cascara del fruto (mm)	GCA	3	6	9	7,44	1,01
Número de semillas por fruto (N°)	SPF	58	240	298	260,3	18,7
Diámetro de semilla (mm)	DSE	1	3	4	3,8	0,4

\*DS: Desviación Estándar

Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que el peso de total de fruto (PTO), es la variable que presento mayor rango de variación (122.8 g) con un peso mínimo de 72 g y un peso máximo 194,8

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

g, registrando una media de 109,8 g y una desviación estándar de 37,4 g. Estos resultados muestran que existen frutos de diferentes pesos, no hay uniformidad en esta variable.

Similar comportamiento se registró con la altura de planta de nopal (ALT) que registro una media de 98,8 cm de altura y una desviación estándar de 29,7 cm, con valores extremos de 67 cm y 170 cm de altura. Según lo registrado en campo esta variable está relacionada con el tiempo de establecimiento de la plantación de tuna. Las plantas más altas tienen mayor tiempo de permanencia en campo.

El peso de la pulpa (PPU), peso de la cascara (PCA) y el número de semillas por fruto (SPF), también registraron rangos de variación importantes debido a que existe mucha diferencia entre valores mínimos y máximos. En el escenario de querer ampliar la producción de nopal en comunidades de Sapahaqui, se tienen que seleccionar aquellas variedades que muestren mayor tamaño y peso de fruto, porque frutos de estas características tendrán mayor precio en los mercados.

La variable número de flores por planta (FLO) también registro un amplio rango de variación (101 flores). Existen variedades de nopal que producen pocas flores (4 flores) contrariamente, existen variedades que producen hasta 105 flores por planta. La cantidad de flores por planta tiene relación directa con la cantidad de frutos, si se tienen muchas flores también se tendrán muchos frutos.

#### **4.2.3. Análisis de correlaciones para variables cuantitativas de nopal**

El análisis de correlación simple de Pearson se realizó en base a la matriz básica de datos ( $n \times p$ ) con el propósito de establecer el grado de asociación entre cada par de variables cuantitativas, expresado en valores de coeficientes de correlación que oscilaron entre -1 y +1, el signo del coeficiente indicó el tipo de relación entre variables y la magnitud de la relación es especificada por el valor numérico del coeficiente. El cálculo de los coeficientes mostró que tan fuerte es la relación entre variables, el signo negativo (-) indicó una relación inversa, en cambio, el signo positivo (+) refleja una relación directa, asimismo, si los coeficientes se aproximan a -1 o +1 la relación entre variables es estrecha y significativa (Hidalgo, 2003). Este análisis se realizó con la opción de Correlación del Software SPSS versión 22. La Tabla 13, muestra los coeficientes de correlación calculados para cada par de variables cuantitativas. Se aprecia que 16 coeficientes fueron altamente significativos ( $P \leq 0.01$ ) y 13 coeficientes fueron significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 13.**

Resultados del análisis de correlación de Pearson entre 16 variables cuantitativas registradas en variedades de nopal en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022

VAR	ALT	PEN	LAP	ANP	ESP	NUD	DTA	PTO	PPU	PCA	PSM	DFR	LFR	GCA	SPF	DSE
ALT	1,00															
PEN	0,84**	1,00														
LAP	0,60	0,26	1,00													
ANP	0,68*	0,76*	0,49	1,00												
ESP	0,19	-0,08	0,73*	0,10	1,00											
NUD	0,57	0,63	0,40	0,73*	0,07	1,00										
DTA	0,34	0,12	0,68*	0,10	0,68*	0,32	1,00									
PTO	-0,02	0,12	0,02	0,08	0,20	0,58	0,48	1,00								
PPU	0,12	0,22	0,12	0,18	0,26	0,61	0,53	0,98**	1,00							
PCA	-0,15	0,01	0,01	0,06	0,19	0,61	0,41	0,93**	0,85**	1,00						
PSM	-0,16	-0,03	-0,04	0,14	0,00	0,59	0,40	0,87**	0,82**	0,87**	1,00					
DFR	0,44	0,40	0,59	0,37	0,64	0,40	0,64	0,57	0,69*	0,37	0,26	1,00				
LFR	0,06	0,27	0,07	0,45	0,04	0,77*	0,09	0,80**	0,79*	0,80**	0,73*	0,47	1,00			
GCA	0,28	0,21	0,25	0,02	0,29	0,50	0,50	0,79**	0,84**	0,63	0,50	0,73*	0,61	1,00		
SPF	0,01	0,16	0,10	0,16	0,28	0,55	0,59	0,97**	0,97**	0,88**	0,87**	0,63	0,72*	0,72*	1,00	
DSE	-0,64	-0,55	-0,42	-0,80**	-0,03	-0,55	-0,23	-0,07	-0,20	0,07	-0,26	-0,29	-0,23	-0,03	-0,19	1,00

\*\* . La correlación es significativa en el nivel de 0.01 (bilateral)

\* . La correlación es significativa en el nivel de 0.05 (bilateral)

Fuente: Elaboración propia

La variable número de semillas por fruto (SPF) formó asociaciones altamente significativas con las variables peso total de fruto (PTO), peso de la pulpa del fruto (PPU), peso de la cascara del fruto (PCA) y peso total de la semilla del fruto (PSM) con coeficientes de correlación comprendidos entre  $r = 0,87$  y  $r = 0,97$ , a un nivel de significancia de  $P \leq 0.01$ . La misma variable registro asociaciones significativas a un nivel  $P \leq 0.05$ , con las variables largo máximo del fruto (LFR) y espesor de la cascara del fruto (GCA) con coeficientes  $r = 0,72$ . Estos resultados indican una relación directa entre estas variables, esto significa que, si aumenta el valor de una variable, también aumentara el valor de la otra variable, o viceversa. Es decir que los frutos de tuna de tamaño grande, tendrán mayor peso y mayor cantidad de semillas.

La variable altura de planta (ALT) formó una asociación altamente significativa con la variable numero de pencas por planta (PEN) ( $r = 0,84$ ) y significativa con la variable ancho máximo de cladodio (ANP) ( $r = 0,68$ ), resultado que indica una relación directa entre estas variables. Una planta de nopal de mayor altura, tendrá cladodios anchos y en mayor número que otros de menor altura.

#### **4.2.4. Análisis de distribución de frecuencias para variables cualitativas de nopal**

Los resultados del análisis de distribución de frecuencias para 9 variables cualitativas se presentan en la Tabla 14. De acuerdo a estos resultados el color verde (33.3%) y verde amarillento de la planta (CPL) (33,3%), son los de mayor frecuencia en las variedades de nopal existentes en Sapahaqui. Similarmente, los cladodios verde amarillentos son los de mayor frecuencia en plantas de tuna (44.4%).

El color de flor en las variedades de tuna, varia de amarillo transparente a amarillo naranja. Las flores amarillas son las de mayor frecuencia en las variedades de nopal (33,3%), seguidas de flores amarillo transparentes, rosado amarillento y amarillo naranja con igual proporción (22.2%).

La forma ovalada de los cladodios es la de mayor frecuencia y está presente en el 77,8% de las variedades en estudio. En cambio, la forma elíptica esta presente en el 22,2% de las plantas especialmente en tunas de fruto verde. Respecto al color de la cascara (CCA) y color de pulpa (CPU), los colores con mayor frecuencia son verde y anaranjado.

**Tabla 14.**

*Frecuencias relativas y absolutas de 9 variables cualitativas, evaluadas en variedades de nopal, existentes en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*

Variables cualitativas	Estados de las variables	Frecuencia absoluta (Variedades)	Frecuencia relativa (%)	
Color de planta	CPL	Verde	3	33,3
		Verde amarillento	3	33,3
		Verde amarillento plumizo	2	22,2
		Verde amarillo marrón	1	11,1
Color de cladodio	CPE	Verde	2	22,2
		Verde amarillo	4	44,4
		Verde amarillento plumizo	2	22,2
		Verde amarillo marrón	1	11,1
Color de espina	CES	Blanco	1	11,1
		Marfil amarillento	5	55,6
		Plomo claro	3	33,3
Color de flor	CFL	Amarillo transparente	2	22,2
		Amarillo	3	33,3
		Rosado amarillento	2	22,2
		Amarillo naranja	2	22,2
Forma de cladodio	FPE	Ovalado	7	77,8
		Elíptico	2	22,2
Habito de crecimiento	HAB	Vertical	2	22,2
		Extendido	4	44,4
		Arbustivo	3	33,3
Color de tallo	CTL	Verde	1	11,1
		Verde amarillento	1	11,1
		Café verdoso	2	22,2
		Café plumizo	5	55,6
Color de cascara	CCA	Verdoso	2	22,2
		Amarillo oscuro	1	11,1
		Anaranjado	2	22,2
		Rosado	2	22,2
		Rojo oscuro	1	11,1
		Morado	1	11,1
Color de pulpa	CPU	Verde	2	22,2
		Anaranjado	3	33,3
		Rosado	2	22,2
		Rojo oscuro	1	11,1
		Morado	1	11,1

Fuente: Elaboración propia

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

#### 4.2.5. Análisis de correlaciones para variables cualitativas de nopal

Para determinar el grado de asociación entre variables cualitativas de variedades de nopal, se elaboró la matriz de correlación de Spearman (Tabla 15) conformado por 9 variables cualitativas. Según estos resultados dos coeficientes fueron altamente significativos ( $P \leq 0.01$ ) y cuatro coeficientes fueron significativos ( $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 15.**

*Coefficiente de correlación de Spearman para 9 variables cualitativas registradas en variedades de nopal existentes en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*

VAR	CPL	CPE	CES	CFL	FPE	HAB	CTL	CCA	GPU
CPL	1								
CPE	<b>0,93**</b>	1							
CES	0,56	0,38	1						
CFL	0,58	0,61	0,52	1					
FPE	-0,65	-0,44	-0,58	-0,48	1				
HAB	0,59	0,62	0,47	0,64	-0,44	1			
CTL	-0,07	0,07	-0,12	0,01	0,46	-0,48	1		
CCA	0,50	0,37	0,39	<b>0,78*</b>	<b>-0,73*</b>	0,55	-0,35	1	
GPU	0,51	0,38	0,35	<b>0,75*</b>	<b>-0,74*</b>	0,47	-0,25	<b>0,99**</b>	1

Fuente: Elaboración propia

La variable color de planta (CPL) presenta una asociación altamente significativa y positiva con la el color del cladodio (CPE) con un coeficiente de  $r = 0.93$ . Este resultado indica una relación directa entre estas variables y puede interpretarse mencionando que una planta de color verde, tendrá cladodios también de color verde. Contrariamente, una planta de color verde amarillo marrón, tendrá cladodios de los mismos colores.

Esta misma tendencia es la que se puede apreciar entre el color de cascara de la fruta (CCA) y el color de la pulpa del fruto (GPU), que se asociaron con un coeficiente de  $r =$

0.99, una relación directa, que muestra que los frutos de tuna tendrán cascara y pulpa del mismo color.

El color de la flor del nopal (CFL) formó asociaciones significativas positivas con el color de la cascara del fruto (CCA) y con el color de la pulpa del fruto (CPU), con coeficientes  $r = 0.780$  y  $r = 0.75$ , respectivamente. Estos valores indican que las plantas con flores amarillo transparentes tendrán frutos con cascara y pulpa de color verde, o, por el contrario, las plantas con flores amarillo naranja, tendrán frutos de cascara y pulpa de color morado.

#### **4.3. DIAGNOSTICO PARTICIPATIVO**

Para establecer la situación actual de la producción de nopal o tuna en las comunidades Parani y Caracato, se realizó un Diagnostico Participativo (DP), que según Salgado y Brito (2017), es un conjunto de herramientas que permite a las personas, en su comunidad hagan su propio diagnóstico y desde ahí comiencen a trabajar para su propio desarrollo. Lo relevante de este diagnóstico es que sus propios participantes analizan su situación y valoran distintas opciones para validarla, en vez de exponerlos a una serie de preguntas impuestas por otros. Además, busca una mayor participación de la comunidad, para que se acerquen más a sus necesidades y realidad, por lo tanto, el objetivo es impulsar el autoanálisis y la autodeterminación de las comunidades.

El propósito del DP es la obtención directa de información primaria. Ésta se consigue a través de grupos representativos de sus miembros, hasta llegar a un autodiagnóstico acerca del estado de sus recursos naturales, su situación económica, social y otros aspectos importantes para la comunidad.

La forma en la que se recogen los datos busca, en primer lugar, que todos participen y promover que las personas de la comunidad piensen colectivamente en sus problemas, en las posibles soluciones y lo compartan con actores relevantes, en segundo lugar, que el equipo comprenda las condiciones y circunstancias locales. Y finalmente, busca analizar los problemas y las diferentes opciones para enfrentarlos en conjunto.

En el presente estudio se aplicaron tres herramientas del Diagnostico Participativo:

1. Diálogo Semiestructurado Grupal
2. Mapa de la comunidad
3. Análisis FODA

### 4.3.1. Resultados del Diálogo semiestructurado grupal

El Diálogo semi estructurado se realizó con un grupo focal conformado por 10 personas: 5 pobladores de Parani y 5 pobladores de Caracato. Estas personas son autoridades de la comunidad, representantes de la junta escolar y agricultores productores de tuna. Previo al taller, se elaboró una guía de 15 preguntas relacionadas con la comunidad y con el cultivo de nopal. Esta herramienta permitió establecer un espacio de conversación guiada por las preguntas clave, se creó un ambiente abierto de diálogo entre los participantes que se expresaron y discutieron libremente sobre los temas planteados. A continuación, se presentan los resultados del Dialogo semiestructurado grupal realizado en el Municipio de Sapahaqui.

#### 1. ¿Desde que año existe tuna en Sapahaqui?

De acuerdo a los informantes clave, la tuna existe desde la época de los patrones. No existe registro del año de introducción de la tuna a la región de Sapahaqui, los entrevistados, cuyas edades oscilan entre 40 a 60 años, mencionaron que ya existían las tunas desde que ellos eran niños, asumen que los patrones o hacendados trajeron las tunas a la región en siglos pasados, mas o menos en los años 1700 a 1800. Luego de la introducción de esta especie se adaptó y naturalizó en el municipio de Sapahaqui.

#### 2. ¿Con que otros nombres se conoce a la tuna?

Siempre se conoció como tuna, no tiene otro nombre en la región



Foto 3. Planta de tuna de mas de 20 años de antigüedad

### 3. ¿Cuántas variedades de tuna tiene en su terreno?

Las familias de Caracato cultivan de 2 a 4 variedades de tuna, estas variedades son:

- Tuna Verde (Blanca)
- Tuna Morada, también conocida como tuna roja o tuna guinda
- Tuna Amarilla
- Tuna Algodón conocida también como Tuna Almendra



**Foto 4. Variedad de tuna morada o roja**

Las variedades de tuna: Blanca, Morada y Amarilla son las que están en mayores superficies, en cambio la tuna algodón es mantenida en campo por pocos agricultores, en superficies pequeñas.

Las variedades Blanca y Morada son las mas comerciales, son demandadas por los consumidores de las ciudades.

La variedad Blanca es la que dura más, entre 3 a 4 semanas después de la cosecha, esta característica es conveniente para la comercialización, venta y consumo.

### 4. ¿Cuánto terreno sembró por variedad?

La cantidad de tuna en producción, varía entre 1 a 3 parcelas por familia, cada parcela tiene una dimensión de 40 x 70 m es decir 2800 m<sup>2</sup>.

***DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACION DEL NOPAL (Opuntia ficus indica) EN DOS COMUNIDADES DEL  
CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ***

## 5. ¿Cuánto terreno tiene para aumentar la producción de tuna?

En Caracato no existe terrenos grandes para la producción de tuna, la mayoría de las familias posee 2 parcelas de producción, que equivale a 5600 m<sup>2</sup> o 0.56 hectáreas. La superficie que una familia puede incrementar para producir tuna, varía entre 1 a 2 parcelas.

La tenencia de terreno esta sujeta al cumplimiento de políticas locales, conocidas como Usos y Costumbres de la comunidad. Cada familia está obligada a participar de actividades comunales convocadas por autoridades sindicales y municipales, asimismo, esta obligada a ejercer cargos sindicales por turno, para tener derecho a mantener su terreno en propiedad familiar. Si alguna familia, no participa en actividades convocadas, será multada al principio, y luego de varias faltas, puede perder su terreno por incumplimiento a los usos y costumbres de la comunidad.

## 6. ¿Qué parte de la planta de tuna se usa?

De acuerdo a los informantes clave, de la tuna se consume principalmente el fruto. Sin embargo, existe un uso medicinal ancestral de la penca, pocas veces comprobada por los comunarios.

La pulpa de penca se usa como parche o cataplasma para curar el dolor de hueso. Inicialmente se selecciona una penca gruesa, se desespina, se elimina la corteza de la penca y posteriormente se calienta la pulpa al fuego. Finalmente se coloca la penca caliente en el lugar del dolor y se envuelve con una venda, en poco tiempo el dolor desaparecerá.

Se usa también para remediar el dolor de riñón. Para obtener el producto medicinal, se hace cocer la pulpa de penca con miel durante 10 minutos. La mezcla entibiada se coloca como cataplasma en los riñones, se sujeta con vendas, en poco tiempo el dolor calmará. Este conocimiento ancestral menciona que la mezcla gelatinosa de penca con miel absorbe el dolor de los riñones.

## 7. ¿De donde consigue semilla de tuna?

Las familias se proveen de semilla de las mismas plantas de tuna. Las pencas son la semilla para obtener nuevas plantas de tuna.

Algunas personas de la comunidad venden pencas semilla a los que requieren. El costo de una penca semilla es de 1 boliviano.



**Foto 5. Pencas semilla para implementar una parcela de nopal**

### **8. ¿Qué cuidados realiza a la planta de tuna en producción?**

En términos generales, se realizan pocas actividades de manejo en las parcelas de tuna, las más difundidas son limpieza y poda. Algunas familias de Caracato realizan poda de plantas en los meses de julio y agosto, asimismo realizan limpieza de las parcelas que consiste en deshierbe y quema de rastrojos una vez al año.

No realizan abonamiento, riego, aporque, fertilización foliar, menos aún, control fitosanitario. Las pencas presentan diferentes tipos de manchas que son indicadores de la presencia de hongos.

### **9. ¿Cuánto produce cada variedad de tuna?**

La producción de tuna producida por variedad depende del tamaño y edad de la planta. Una planta bien cargada de más de 10 años en campo, produce más de 100 tunas por gestión, en cambio, una planta de 4 años produce entre 25 a 50 tunas por gestión, esta cantidad equivale a media caja de tuna (Caja de madera generalmente usada para comercializar tomate).

Una caja de tuna de primera calidad (tunas grandes) contiene 80 tunas, y cada tuna grande se comercializa a 2 Bs por unidad.

Una caja de tuna de segunda calidad (tunas medianas) contiene entre 110 a 120 tunas, el costo de 1 tuna mediana es de 1Bs.



**Foto 6. Frutos de tuna en desarrollo, variedad morada**

Una caja de tuna de tercera calidad (tunas pequeñas) contiene 150 tunas aproximadamente.

En cantidad producida, las variedades Morada y amarilla producen cantidades similares, de tamaño mediano a grande. En cambio, la variedad Blanca produce menos fruta, pero de tamaño grande

#### **10. ¿Cómo cosecha la tuna?**

La cosecha de tuna en Caracato es manual y escalonada, de acuerdo a la madurez de los frutos. La época de cosecha comienza en enero y concluye en marzo. Para que esta actividad sea efectiva y eficiente se necesita de destreza manual para no dañar las tunas. Se utiliza un cuchillo afilado, guantes de cuero y lentes de protección para los ojos.

Con una mano se agarra el fruto maduro, se gira un poco y posteriormente se realiza un corte preciso en la base del fruto, en el lugar de unión del fruto y la penca, sin tocar el fruto. Si el corte no es en el lugar preciso, el fruto se verá afectado y derramará los líquidos internos bajando su calidad para la comercialización.

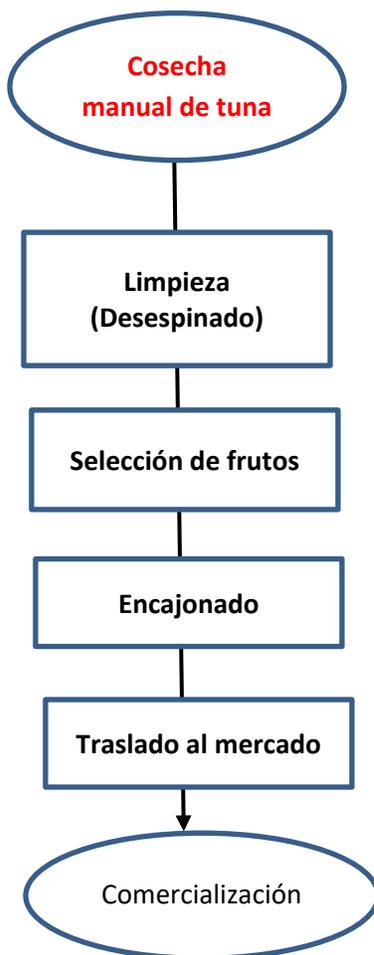
#### **11. ¿Cómo comercializa/vende la tuna?**

La cosecha y comercialización de la tuna son actividades familiares, que requieren destreza y experiencia para obtener un producto de calidad. Para ello se realizan las siguientes actividades:

**Cosecha:** Consiste en desprender los frutos de las pencas manualmente, usando cuchillo afilado, guantes, lentes de protección y sacos.

**Figura 18.**

*Flujograma del proceso de postcosecha de la tuna*



Fuente: Elaboración propia

**Limpieza:** Consiste en remover las espinas de los frutos. Se prepara una cama de paja sobre el piso, encima de la paja se colocan los frutos cosechados y con una escoba de filamentos suaves, se procede a desespinar los frutos de tuna. La fricción producida por la escoba y la paja sobre la superficie del fruto, ocasiona el desprendimiento de las pequeñas espinas que caen al piso por efecto de la gravedad. Si el procedimiento se realiza de manera efectiva se puede alcanzar hasta un 90% de desespinado.

**Selección:** Consiste en separar los frutos de acuerdo al tamaño y a la variedad. Esta actividad es manual y visual, se separan los frutos de primera, segunda y tercera calidad, para facilitar su comercialización, las tunas de mayor tamaño tendrán mayor costo que las medianas y pequeñas.

**Encajonado:** Las tunas son encajonadas de acuerdo a la variedad y a la calidad. Inicialmente se encajonan las tunas grandes de primera calidad, luego las de segunda calidad (medianas) y finalmente las de tercera calidad (pequeñas). Cada una de ellas tienen diferente precio en el mercado, ahí radica la importancia de la clasificación y encajonado.

**Traslado a centros de comercialización:** Los cajones de tuna son llevados al mercado en camiones. Una o dos personas de cada familia se encargan de llevar el producto y comercializarlos en mercados y ferias de la ciudad de El Alto y La Paz.

**Comercialización:** Las frutas de tuna son comercializadas o vendidas al por mayor y menor, por tamaño o por variedad, de acuerdo al requerimiento de los consumidores. Es frecuente que la venta se realice a intermediarios quienes adquieren la fruta por caja, según tamaño y variedad, quienes se encargan de revender por unidad. Existen dos formas de comercializar la tuna en los mercados, la primera es fruta con cascara y la segunda es tuna pelada. La fruta con cascara cuesta menos que la fruta pelada.

## 12. ¿Qué problemas tienen en la producción de tuna?

Se identificaron dos problemas recurrentes en la producción de tuna, el primer problema son las cochinillas, que aparecen en las pencas ocasionando pérdidas en la calidad de fruto. El segundo problema identificado son las espinas al cosechar, es imprescindible tener destreza y medidas de protección, para minimizar los daños que ocasionan las espinas en la piel y los ojos.

### 4.3.2. Resultados de los Mapas de las Comunidades

Esta herramienta el Diagnóstico Participativo se realizó mediante entrevistas a informantes clave de Parani y Caracato. Los informantes clave fueron identificados y seleccionados por su predisposición a colaborar con la actividad, además de su experiencia y conocimiento de las comunidades. El trabajo se realizó en imágenes satelitales impresas, en las que los participantes identificaron y delimitaron los principales lugares de la comunidad.

**Tabla 16.**

*Sitios de las comunidades, identificadas por informantes clave, gestión 2022.*

Lugares identificados	Parani	Caracato
Área urbana	Si	Si
Plaza de la comunidad	No	Si
Posta de salud	No	Si
Cancha de futbol	Si	Si
Camino principal	Si	Si
Hacienda del Patrón	Si	No
Fuentes de agua	Si	Si
Cementerio	Si	Si
Templo católico	No	Si
Iglesia evangélica	Si	Si
Escuela y colegio	Si	Si
Parada de transporte publico	Si	Si
Restaurantes	Si	Si
Alojamiento	No	Si
Plantaciones frutales	Si	No
Áreas de cultivo de hortalizas	Si	Si
Plantaciones de tuna	Si	Si
Áreas sin producción	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

Los participantes distinguieron las áreas urbanas, áreas productivas, áreas recreativas, áreas silvestres existentes en las comunidades. La elaboración del mapa, es una actividad práctica que permitió que los participantes interactúen en la identificación, delimitación de los diferentes lugares de las comunidades (Tabla 16). Adicionalmente a los dibujos, los participantes expresaron algunos conocimientos socioculturales relacionados con la vida cotidiana en sus comunidades. Para el proyecto la información mas importante fue la delimitación de áreas urbanas, áreas de producción de fruta, áreas de producción de hortalizas, áreas de plantaciones de nopal y áreas sin función definida. Esta información fue utilizada en la elaboración de mapas de distribución actual y distribución potencial de *Opuntia ficus indica* en ambas comunidades.

**DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

### 4.3.3. Análisis FODA.

El análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, permitió identificar, analizar y visualizar la situación actual de la producción de nopal tunero y las alternativas de uso y comercialización de la fruta y otros derivados de la planta de nopal. Esta actividad se realizó con la participación de 8 informantes clave: 4 de Parani y 4 de Caracato, además de 3 técnicos de la Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial de la Universidad Pública de El Alto, UPEA.

De acuerdo al procedimiento sugerido por Salgado y Brito (2017) se reunió al grupo de informantes clave (hombres y mujeres) de ambas comunidades, a quienes se explicó la herramienta y sus objetivos. Posteriormente se realizó una lluvia de ideas sobre la producción de tuna y sobre las alternativas de uso. Se recordó que:

**Fortalezas**, son factores al interior de la producción y usos de la tuna, que aportan a mejorar la situación de ambos procesos.

**Debilidades**, son factores al interior de la producción y usos de la tuna, que influyen negativamente sobre sus procesos.

**Oportunidades**, son factores externos que influyen o podrían influir positivamente a mejorar la producción y usos de la tuna, pero sobre los cuales los participantes no ejercen control.

**Amenazas**, son factores externos que influyen negativamente sobre la producción y usos de la tuna, pero sobre los cuales los participantes no tienen control.

Finalmente, se discutió sobre las relaciones existentes entre los productores y la comunidad con instituciones externas, analizando el estado actual de las relaciones y cómo se podrán fortalecer.

#### 4.3.3.1 Análisis FODA sobre la producción del nopal

##### FORTALEZAS

- El tipo de suelo, la altitud y el clima del Municipio de Sapahaqui son adecuados para la producción de tuna.
- El nopal sobrevive en terrenos donde no se puede realizar agricultura.
- La tuna puede soportar climas de alta temperatura y baja precipitación pluvial (calor y sequía).

- La tuna no necesita mucho cuidado para su producción.
- El nopal tiene propiedades que puede ayudar a la salud de las personas con muchos beneficios grandes.
- La tuna tiene propiedades para ayudar a las personas con diabetes y ayuda a personas con obesidad a bajar de peso.

### **OPORTUNIDADES**

- Existe alta demanda del fruto del nopal, la tuna, por consumidores de las ciudades de El Alto y La Paz.
- Se puede usar las pencas y la fruta para elaborar productos naturales con propiedades curativas, cosméticas y alimenticias.
- Se tiene la posibilidad de ampliar las áreas de plantación.
- Es posible obtener 2 cosechas de fruto al año, mejorando las condiciones de manejo del cultivo.
- Existe tecnología para mejorar la producción del nopal

### **DEBILIDADES**

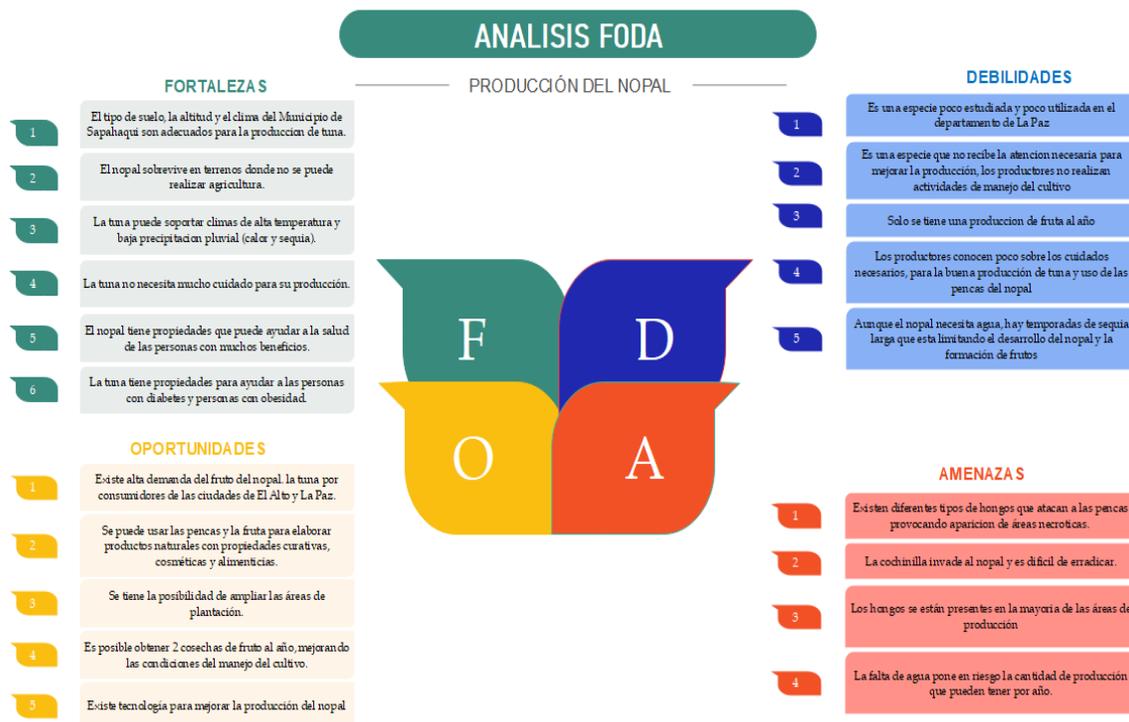
- Es una especie poco estudiada y poco utilizada en el departamento de La Paz.
- Es una especie que no recibe la atención necesaria para mejorar la producción, los productores no realizan actividades de manejo del cultivo.
- Solo se tiene una producción de fruta al año
- Los productores conocen poco sobre los cuidados necesarios, para la buena producción de tuna y uso de las pencas del nopal.
- Aunque el nopal necesita agua, hay temporada de sequía larga que está limitando el desarrollo del nopal y la formación de frutos.

### **AMENAZAS**

- Existen diferentes tipos de hongos que atacan a las pencas, provocando la aparición de áreas necróticas.
- La cochinilla invade al nopal y es difícil de erradicar.
- Los hongos se están presentes en la mayoría de las áreas de producción.
- La falta de agua pone en riesgo la cantidad de producción que pueden tener por año.

**Figura 19.**

*Resumen del análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) para la producción de nopal en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.2. Análisis FODA sobre alternativas de comercialización del nopal

##### FORTALEZAS

- El municipio de Sapahaqui cuenta con amplias plantaciones de nopal adaptadas a las condiciones edafoclimáticas del lugar
- Existe tecnología para el procesamiento del nopal.
- Se puede utilizar como verdura o como forraje para alimento de animales
- Se puede dar uso a las pencas del nopal para varios productos cosméticos y medicinales.
- Los productores de nopal tunero están predispuestos encontrar nuevos usos de esta especie

## OPORTUNIDADES

- De acuerdo a la experiencia en otros países, el nopal tiene muchos usos: alimenticios, medicinales, cosméticos e industriales, que pueden aprovecharse.
- Existe mercado en las ciudades de El Alto y La Paz, para la comercialización de productos derivados del nopal
- Las nuevas formas de uso del nopal tienen un procedimiento sencillo de aplicar.
- El nopal puede convertirse en un motor de desarrollo local, para las regiones más deprimida.
- Existe la posibilidad de emprender un programa de capacitación para que los productores mejoren la producción y uso del nopal.
- Con el procesamiento del nopal es posible la generación de productos naturales con propiedades curativas.

## DEBILIDADES

- Los productores tienen pocos conocimientos sobre el uso del nopal y sobre el cuidado de parcelas en campo.
- No existe un paquete tecnológico que pueda aumentar la productividad y con ella la rentabilidad de la producción y uso del nopal.
- Existen pocas investigaciones sobre usos actuales y alternativos del nopal en el departamento de La Paz.
- Los productores no conocen nuevos usos que se pueden implementar a partir del nopal ya establecido.
- No hay una agroindustria, en la región de Sahapaqui, que produzca harinas, suplementos alimenticios, extracción de colorantes, dulces, licores o materiales de construcción que estimulen el mercado para los productores actuales y los nuevos que vengan a la cadena productiva.

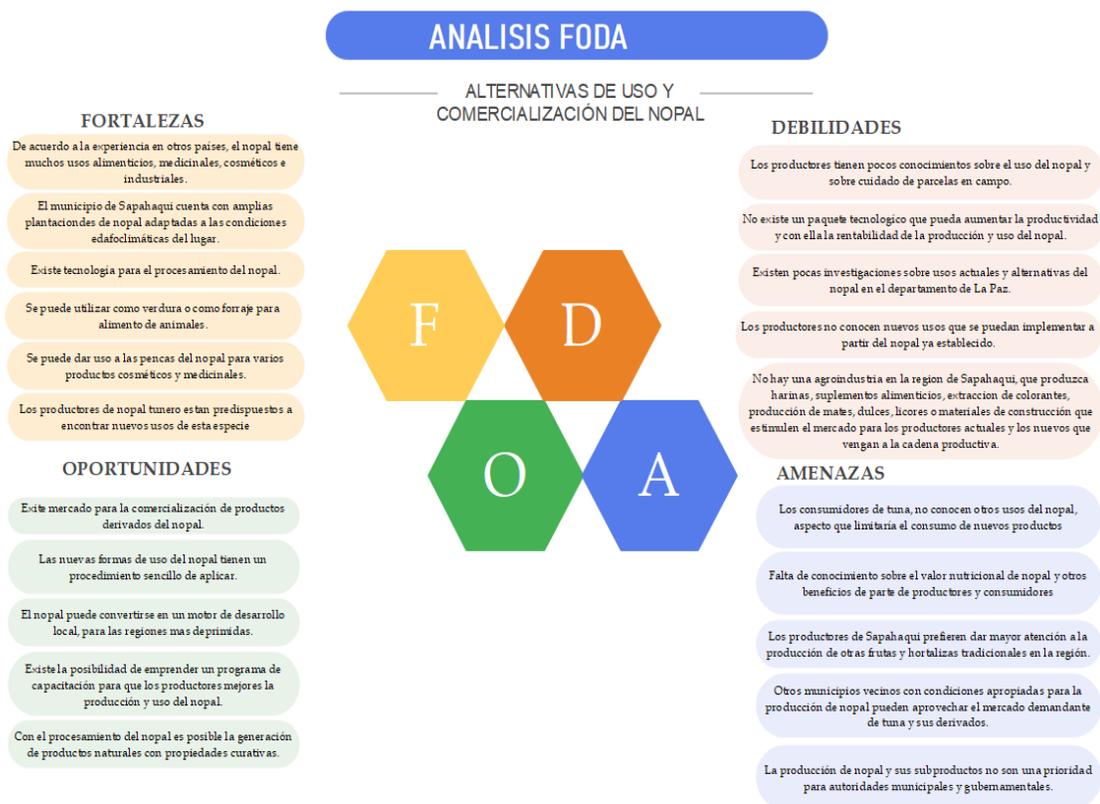
## AMENAZAS

- Los consumidores de tuna, no conocen otros usos del nopal, aspecto que limitaría el consumo de nuevos productos
- Falta de conocimiento sobre el valor nutricional de nopal y otros beneficios de parte de productores y consumidores

- Los productores de Sapahaqui prefieren dar mayor atención a la producción de otras frutas y hortalizas tradicionales en la región.
- Otros municipios vecinos con condiciones apropiadas para la producción de nopal pueden aprovechar el mercado demandante de tuna y sus derivados.
- La producción de nopal y sus subproductos no son una prioridad para autoridades municipales y gubernamentales.

**Figura 20.**

*Resumen del análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) para alternativas de comercialización de nopal en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui, gestión 2022.*



Fuente: Elaboración propia

Estimular los mercados y los negocios relacionados con la industrialización del nopal, nos podrá ampliar las vocaciones productivas y las ventajas competitivas en el mercado nacional.

#### 4.4. PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCCION DE NOPAL EN LAS COMUNIDADES PARANI Y CARACATO DEL MUNICIPIO DE SAPAHAQUI

Los resultados del Diagnostico Participativo realizado con productores de nopal tunero de las comunidades de Parani y Caracato, indican que existen problemas en el proceso de producción en campo y desconocimiento en diversificación de usos de esta especie.

**Tabla 17**

*Resultados del diagnóstico participativo relacionados a la producción de nopal tunero en las comunidades Parani y Caracato, gestión 2022.*

Actividad agrícola	Parani	Caracato
Siembra en curvas de nivel	No	No
Preparación de terreno	No	No
Abonado	Pocas personas	Pocas personas
Encalado	No	No
Riego	No	No
Deshierbe, limpieza de plantaciones	Pocas personas	Pocas personas
Podas	Pocas personas	Pocas personas
Control de hongos	No	No
Control de cochinilla	Pocas personas	Pocas personas
Fertilización foliar	No	No
Consumo y comercialización de tuna	Si	Si
Consumo de pencas tiernas	No	No
Uso medicinal de nopal	Pocas personas	Pocas personas
Nuevos usos del nopal	No	No
Proyectos de incentivo a la producción de nopal	No	No

Fuente: Elaboración propia

Para contribuir a solucionar los problemas identificados (Tabla 17), el proyecto plantea dos actividades clave, para mejorar la producción y uso del nopal, las cuales se describen a continuación:

#### 4.4.1. Fortalecimiento de las capacidades de productores de nopal

El equipo de investigadores del proyecto identifico y priorizo actividades de manejo del cultivo necesarias para contribuir al cuidado de plantas de nopal en campo mediante las cuales se maximicen los rendimientos de fruta y se disponga de materia prima para nuevos usos alternativos del nopal.

**Tabla 18**

*Detalle de los cursos de capacitación para mejorar el manejo de plantaciones de nopal, gestión 2022*

N°	Sesión de capacitación	Características	Apoyo impreso y audiovisual
1	• Preparación de terreno	Teoría en aula	Presentación Power Point
	• Abonado	Practica en plantaciones establecidas	Videos
	• Encalado		Manual de manejo
	• Métodos de siembra		
2	• Limpieza de la plantación	Teoría en aula	Presentación Power Point
	• Tipos de poda	Practica en plantaciones establecidas	Videos
	• Fertilización foliar		Manual de manejo
	• Control de hongos		
	• Control de insectos plaga		
3	• Cosecha de tuna	Teoría en aula	Presentación Power Point
	• Postcosecha	Practica en plantaciones establecidas y almacenes	Videos
			Manual de manejo
4	• Alternativas de consumo alimenticio	Teoría en aula	Presentación Power Point
	• Alternativas de uso agroindustrial	Practica de elaboración en aulas	Videos
			Manual de alternativas de uso

Fuente: Elaboración propia

Estas actividades se concentran en cuatro sesiones de capacitación teórico-prácticas (Tabla 18). La parte teórica, se debe realizar en aulas de unidades educativas o en centros de capacitación existentes en las comunidades, y la parte práctica en terrenos nuevos y en plantaciones de tuna existentes en el lugar.

Las capacitaciones están dirigidas a personas jóvenes y adultas en edad económicamente activa, varones y mujeres dedicados a la producción agropecuaria.

Se propone que las capacitaciones se realicen mediante la metodología de Aprender – Haciendo, en la que los asistentes participan activamente en la parte teórica y práctica de las capacitaciones, recibiendo información clave en las clases teóricas, las cuales se pondrán en práctica en campo.

Con el propósito de disponer de documentos impresos y documentos audiovisuales para apoyar las sesiones de capacitación, se elaboraron presentaciones en Power Point, se consiguieron videos de experiencias en otros países y se elaboró un manual de manejo del cultivo para los productores del Municipio de Sapahaqui.

#### **4.4.1.1. Manual de manejo del nopal (*Opuntia ficus indica*) para productores de Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui.**

Este documento contiene información básica sobre las características morfológicas del nopal, recomendaciones técnicas de manejo del cultivo en campo, mediante las cuales se puede maximizar la producción. Este manual contiene la siguiente información:

**1. Origen del nopal.** La tuna tiene su origen en la altiplanicie sur de México, lugar en la que fue domesticada por los nativos mexicanos. Posteriormente fue llevada por los españoles a España, América del sur y de ahí se dispersó a otros países de Europa, África y Asia. Sin embargo, su distribución es aún mayor; en el continente americano, se encuentra desde Canadá a Chile, en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Estados Unidos de América, México, Perú, y Venezuela y varios países de América Central y el Caribe.

**2. Nombres comunes.** Se hace referencia a los diferentes nombres que se dieron al nopal en América, Europa, Asia y África donde se adaptó y ahora esta en producción.

**Tabla 19**

*Nombres comunes del nopal en países productores*

País	Nombre común
<b>México</b>	Nopal
<b>España</b>	Chumbera
	Higo de indias
	Higo chumbo
<b>Italia</b>	Fico d'india
<b>Francia</b>	Figue de Barbarie
<b>Estados unidos</b>	Prickly pear
	Cactus pear
<b>Israel</b>	Sabrás
<b>Etiopia</b>	Beles
<b>India</b>	Nagphani,
	Chapathi balli.
<b>Brasil,</b>	Palma forrageira,
<b>Bolivia</b>	Tuna
<b>Perú</b>	Tuna
<b>Chile</b>	Tuna
<b>Argentina</b>	Tuna

Fuente: Elaboración propia

### 3. Clasificación taxonómica. Su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Subfamilia: Opuntioideae

Género: Opuntia

Especie: Ficus-indica

Nombre científico: Opuntia ficus-indica L.

Nombre común: Nopal, tuna, higo de indias, palma forrajera

**4. Importancia del cultivo.** En la actualidad, la tuna se ha convertido en una especie importante para los productores de valle de La Paz, debido a las características favorables que posee, entre ellas:

- Crece en lugares áridos y semiáridos.

- Tolera sequía y altas temperaturas.
- Se adapta a suelos poco fértiles.
- Tiene frutos apetecibles, dulces y demandados por el mercado.

En otros países productores de tuna es importante porque se usa como:

- Forraje para el ganado vacuno, ovino y caprino, de las pencas maduras.
- Verdura fresca para consumo humano, de las pencas tiernas.
- Medicamento para curar enfermedades digestivas.
- Materia prima para uso industrial por sus propiedades nutraceuticas y cosméticas.

**5. Morfología de la tuna.** La tuna es un vegetal arborescente que tiene una estructura modificada en tallos y hojas que le permite sobrevivir en condiciones de suelos pobre y periodos prolongados de sequía. En Bolivia la tuna mide de 1,5 a 2,5 metros de altura, pudiendo alcanzar los 3 a 5 metros de alto en otros países.

**Raíz.** La tuna tiene una raíz superficial carnosa, pivotante muy ramificada, que penetra el suelo hasta aproximadamente 30 cm y puede extenderse de 4 a 8 m alrededor de la planta. Este tipo de raíz permite que la planta absorba rápidamente el agua superficial luego de una llovizna ligera, aprovechando al máximo la poca agua disponible en suelos áridos y semiáridos.



**Foto 7. Detalle de la forma de la raíz en una nueva planta de nopal**

**Tallo y cladodios.** El tallo y ramas principales de una planta adulta de tuna está conformado por un tronco y ramas aplanadas engrosadas, que posee cutícula gruesa de color verde oscuro a marrón donde se almacena agua para la sobrevivencia de la planta.



**Foto 8. Forma del cladodio con brotes florales**

Los Cladodios, son tallos modificados o pseudotallos, se conocen también como pencas, son suculentos porque almacenan agua y de color verde para realizar fotosíntesis y de forma típicamente oblonga a espatulada-oblonga, usualmente de 30 40 cm de largo, a veces más largas, (70-80 cm) y de 18 a 25 cm de ancho. En plantas jóvenes el tallo es el mismo cladodio o penca del cual crecen las ramas.

**Espinas, gloquidias u hojas modificadas.** Las gloquidias y las espinas son reconocidas como hojas modificadas que sirven de defensa de la planta contra depredadores. Las espinas son largas, duras y puntiagudas, generalmente de color blanco, en cambio las gloquidias son cortas, flexibles, de color marrón y caen a medida que el cladodio crece y madura.

**Flor.** Las flores en la tuna brotan de las yemas florales reproductivas, situadas en la parte superior de las pencas generalmente de un año de crecimiento. La flor mide de 6 a 7 cm de longitud y posee pétalos de colores vivos amarillo, anaranjado, rojo y rosa. La yema reproductiva es casi esférica, mientras que la yema vegetativa del que crecen las pencas, es más bien aplanada. Las flores se abren a los 35 a 40 días de su brotación, momento en que sucede la polinización.



**Foto 9. Detalle de color de flor en un cladodio en producción**

**Fruto.** Es una baya carnosa de forma ovoide esférica de color verde, naranjado, rojo, rosa y amarillo. Posee una cascara gruesa con espinas finas y frágiles de 2 a 3 milímetros de longitud, la pulpa es mucilaginosa, agradable y dulce que la hacen muy comestible, además contiene numerosas semillas, que se consumen junto con la pulpa.

**Semilla.** La semilla de la tuna es plana, generalmente ovoide de 3 a 5 milímetros de diámetro. Existen muchas semillas al interior del fruto, pero la mayoría son estériles, sin embargo, se pueden obtener plantas de tuna sembrando las semillas en almácigos y con cuidado constante.

**6. Formas de propagación de la tuna.** Existen dos formas de propagación de la tuna: por semilla y usando las pencas.

**Propagación por semilla.** La propagación de la tuna se puede realizar mediante la siembra de las semillas viables obtenidas del fruto. Se siembra en almácigos, hasta obtener una planta pequeña que luego se trasplanta a campo abierto. En esta forma de propagación el desarrollo de la planta es muy lento, por esta razón se prefiere la propagación vegetativa.



**Foto 10. Detalle de tamaño de semilla de tuna y método de siembra en almacigo**

**Propagación vegetativa.** La forma más rápida de obtener una nueva planta de tuna es usando la penca o cladodio. La penca tiene numerosas areolas donde se encuentran las espinas, de estos lugares pueden desarrollarse raíces, pencas, flores y frutos.



**Foto 11. Siembra de cladodios a campo abierto**

En esta forma de propagación, se seleccionan las pencas sanas y suculentas, las cuales se dejan deshidratar por unas semanas y luego se trasplantan a un suelo previamente removido. Se introduce un tercio de la penca al suelo y se compacta para que la penca entre en contacto con el suelo. En pocas semanas la nueva planta desarrollará raíces y se establecerá en campo para continuar con desarrollo.

**7. Diseño y establecimiento de una plantación de tuna.** Para el establecimiento de una plantación de tuna se deben considerar los siguientes aspectos:

**a) Selección del sitio.** Se debe seleccionar un lugar con ambiente seco, temperatura de 15 a 25 °C, con suelo de texturas arenosas o areno limosas, de preferencia alcalinos de 30 a 50 cm de profundidad. La tuna no tolera suelos ácidos, ni siquiera niveles moderados de sales disueltas en la zona de raíces (cloruro de sodio y carbonato de calcio).

**b) Preparación del suelo.** Se recomienda realizar un roturado profundo de al menos 50 cm de profundidad para romper las capas duras y facilitar el drenaje. Se debe eliminar las malezas anuales y perennes por medios mecánicos o químicos antes del establecimiento de la parcela.

**c) Fertilización previa a la plantación.** Como en todo cultivo la tuna necesita abono antes de la siembra o plantación. Se recomienda incorporar entre 5 a 8 kg de abono para cada planta de tuna, lo que equivale de 6 a 10 toneladas de abono por hectárea.



**Foto 12. Abonado y encalado del suelo antes de la siembra de cladodios**

Las enmiendas de suelo para corregir desbalances de nutrientes y el pH del suelo deben realizarse antes de la plantación, se recomienda incorporar yeso o cal para neutralizar el exceso de sales en el suelo. La tuna reacciona muy bien a los abonos orgánicos, mejoran la estructura del suelo, contenido de nutrientes y la capacidad de almacenar agua.

**d) Selección de la variedad.** La selección de variedades de tuna que se plantaran depende de la preferencia de los mercados y de la demanda de los consumidores. Para tuna forrajera, tuna verdura se seleccionarán variedades sin espinas, en cambio para alta

producción de fruta se seleccionarán variedades con buena respuesta a raleo de fruta, riego, fertilización, poda y de buena apariencia, resistencia al manejo postcosecha y vida prolongada en tienda.

**e) Selección y preparación pencas para plantación.** Las pencas para siembra o plantación pueden ser individuales o con múltiples brazos.

**Pencas individuales:** Se deben seleccionar pencas de las partes terminales de la planta, en lo posible de 25 cm de longitud y 20 cm de ancho, maduros, grandes, visualmente libres de cualquier defecto, insecto o enfermedades.



**Foto 13. Detalle de pencas individuales y pencas múltiples para la siembra en campo**

**Pencas múltiples o brazos:** El nopal también puede propagarse usando pencas maduras que posean a su vez uno o más pencas pequeñas. El uso de pencas con brazos permite un desarrollo más rápido de la planta y fructificación más temprana que el uso de pencas simples.

**f) Curado de pencas para plantación.** Las pencas para plantación tienen que permanecer 1 o 2 semanas a media sombra sobre una superficie seca para permitir una deshidratación controlada y la cicatrización de las heridas del corte. Para prevenir el desarrollo de enfermedades se recomienda sumergir las pencas en una solución de fungicida a base de cobre para tratar la zona de corte y también se recomienda lavar las pencas con una solución líquida de insecticida registrado, para prevenir y eliminar insectos plaga como cochinilla, moscas o polillas de la tuna.



**Foto 14. Tratamiento preventivo y curativo de cladodios contra enfermedades fungosas.**

**g) Siembra (Plantación).** La siembra de tuna consiste en colocar las pencas en forma perpendicular al suelo (paradas), introduciendo 1/3 de la penca en el suelo, posteriormente se compacta el suelo alrededor de la penca plantada, para asegurar el contacto de la penca con el suelo. En suelos arenosos las pencas deben ser plantadas a mayor profundidad que en suelos arcillosos para que permanezcan erectos.



**Foto 15. Detalle de siembra de cladodios en campo**

**h) Orientación de las hileras de plantación.** Se recomienda establecer la plantación de tuna en hileras (similar a surcos) orientados de norte a sur, las pencas también se deben orientar de norte a sur. Las caras de las pencas dirigidas de este a oeste. En terrenos

pendientes las hileras deben seguir el contorno (curvas de nivel) de la superficie, para prevenir la erosión del suelo.

**i) Densidad de plantación.** Se recomienda una plantación en Setos (Barreras) o hileras, para permitir aspersiones con mayor cobertura y mayor captura de radiación solar, resultando en mayor productividad.

    Espaciamiento recomendado entre plantas: 2 metros

    Espaciamiento entre hileras (Setos): 4 metros

Para las condiciones de Sapahaqui, se recomienda establecer parcelas de tuna en los meses de agosto y septiembre, época sin temperaturas bajas extremas.

Luego de la siembra de las pencas, se puede aplicar uno o dos riegos ligeros (10 litros por planta) para promover desarrollo de raíces, no se debe regar en exceso.

Se recomienda eliminar la fruta de las pencas recién establecidas, para promover el desarrollo de ramas y pencas nuevas.

## 8. Manejo de la plantación de tuna

**a) Control de malezas:** Se ha demostrado que la eliminación de malezas mejora la producción de tunas. Se recomienda eliminar las hierbas jóvenes aplicando labranza o remoción mínima del suelo, para evitar dañar las raíces superficiales de la tuna.

**b) Fertilización:** La aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, es beneficiosa para la producción de fruta. La tuna requiere Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio y Magnesio, para cubrir este requerimiento se sugiere aplicar en un año de producción 5 ton/ha de estiércol vacuno, ovino o camélido, que equivale a 8 Kg por planta. La aplicación de fertilizantes debe realizarse cuando hay lluvia suficiente o cuando existe riego disponible. La aplicación de NPK después de la cosecha de fruta incrementa la producción de botones florales, lo que es conveniente para tener mayor cantidad de fruta al año.

**c) Riego:** Se recomienda realizar 3 riegos suplementarios, comenzando en agosto para estimular el desarrollo de flores, luego en la apertura de flores y nuevamente durante el desarrollo inicial del fruto. El rendimiento de fruta por planta es más alto en plantas regadas que en plantas sin riego.

**d) Control de insectos plaga:** El cultivo no presenta ninguna plaga de importancia económica, sin embargo, se señalarán las principales:

La Cochinilla (*Dactylopius coccus costa*), constituye una plaga benéfica si se quiere producir pigmento carmín, o es perjudicial, si se quiere producir pencas verdura o frutas de tuna. Es una plaga que forma colonias y reduce la producción de tuna.

**Forma de control:** Esta plaga puede controlarse realizando las siguientes actividades conjuntas:

Recolección manual de adultos

Eliminación (corte) de pencas muy infectadas, y,

Aplicación de insecticidas naturales o químicos permitidos a bajas dosis

La tuna también es atacada por la Mosca de la fruta, la polilla de tuna (*Cactoblastis cactorum*), el gusano cebrado de la tuna (*Olycella nephelepasa*), el gusano blanco de la tuna (*Megastes cyclades*) y el barrenador de las uniones de los cladodios (*Metapleura potos*). Las larvas de estos insectos se introducen al interior de las pencas de la tuna, alimentándose de ellas, forman galerías internas provocando daño en las pencas que afectan a la formación de flores y frutos.

**Forma de control:** se recomienda podar o eliminar las pencas afectadas y realizar una aplicación de insecticida natural o químico en dosis recomendadas.

**e) Control de enfermedades:** Entre las principales enfermedades de la tuna se encuentra:

La **Mancha negra**, causa por *Pseudocercospora opuntiae*, reportada en Bolivia, Brasil, México y Perú. Los primeros síntomas son decoloración de la cutícula en forma de mancha circular, que se torna transparente y de apariencia aceitosa, el área central café incrementa en tamaño. Posteriormente el tejido del cladodio presenta un color café claro en los márgenes de la mancha el cual cambia a café oscuro, presentando colapso del tejido. Los tejidos afectados se tornan negros, los conidióforos y conidios se observan en forma de protuberancias.

**Forma de control de la enfermedad:** revisar las plantaciones de nopal después de la estación lluviosa para detectar y eliminar los cladodios que muestren las primeras señales de la enfermedad. Adoptar poda preventiva para favorecer buena ventilación.

Aplicar fungicidas de cobre justo antes del comienzo de la estación de lluvias.



**Foto 16. Enfermedad 'Mancha negra' presente en variedades de nopal**

**La Roya** de la tuna es otra enfermedad presente en parcelas productoras de tuna, conocida como "roya" en Sudamérica, esta enfermedad es causada por *Puccinia opuntiae*, la cual produce pústulas amarillo-anaranjadas sobre la superficie de los cladodios y frutas. Conforme la lesión se seca, se desarrolla una depresión en los cladodios.

**Forma de control de la enfermedad:** Remover y enterrar los cladodios infectados.

La **Cercosporiosis** causada por un hongo del género *Cercospora*, que forma colonias redondeadas y convexas de color gris, de entre 0,5 a 2,0 cm. de diámetro, a manera de costras, sobre la epidermis de las paletas en plantaciones jóvenes y enfermas.

**Forma de control de la enfermedad:** su control efectivo se realiza utilizando fitosanitarios con base de cobre.

**f) Podas:** Esta actividad es la más importante en la producción de tuna y consiste en la eliminación controlada de pencas que perjudican el manejo de la planta y reducen la producción de fruta. Las pencas o cladodios deben recibir los rayos solares el mayor tiempo posible para que puedan producir flores y frutos, por eso se debe prevenir el sombreado excesivo en la planta eliminando pencas enfermas, malformadas, dañadas o pequeñas. Las podas realizan para:

- Controlar el tamaño y forma de la planta
- Reducir áreas con sombreado excesivo
- Facilitar la circulación del personal en controles fitosanitarios
- Facilitar la detección y control de insectos dañinos y enfermedades.
- Facilitar la fertilización foliar
- Facilitar la cosecha de frutos
- Mejorar el tamaño del fruto
- Promover el rejuvenecimiento de plantas viejas

Luego del establecimiento de la plantación de tuna se recomienda realizar las siguientes podas:

**Poda de formación.** Esta poda se realiza para dirigir el crecimiento vegetativo hacia la obtención de la forma deseada de las plantas, generalmente en forma de Seto, como una pared-barrera, de espesor uniforme a lo largo de la hilera.



**Foto 17. Poda de formación en plantas de nopal, Municipio de Sapahaqui**

**Poda de producción.** Consiste en reducir la cantidad de pencas de la copa de la planta. Esta poda es útil para mantener un buen balance entre crecimiento vegetativo y reproductivo, con un número adecuado de pencas terminales nuevas para la floración del siguiente año.

**Poda de rejuvenecimiento.** Si la planta es vieja, con baja producción o producción alternada, se realiza la poda de rejuvenecimiento, que consiste en eliminar la mayor cantidad de ramas y pencas a una altura de 50 cm por encima del nivel del suelo, solo se dejan 3 a 4 ramas principales y bien espaciadas.

**g) Raleo de fruta:** En la tuna muy pocas flores se caen y aproximadamente el 95% de las flores se transforman en fruto. Los precios de la fruta en mercados locales y de exportación dependen del tamaño del fruto y los frutos más grandes se venden a precios más altos. Para conseguir frutos grandes se debe realizar el raleo de fruta, que consiste en la eliminación de botones florales muy cercanos entre sí. Esta actividad puede realizarse cuando las yemas florales tomen forma esférica dejando entre 5 a 7 centímetros entre frutos. Los frutos de tamaño exportación solo son obtenidos si se retienen no más de 6 frutos por penca.



**Foto 18. Detalle de la cantidad de flores y frutos presentes en plantas de nopal**

**h) Cosecha:** La cosecha consiste en la separación del fruto maduro de la penca que lo sostiene. Los frutos de tuna se cosechan cuando: Existe cambio de color de la cascara, existe firmeza de la pulpa, cuando el fruto es resistente a la presión y cuando el fruto este dulce. Las tunas son difíciles de cosechar debido a la presencia de espinas en las pencas y en la fruta. En plantas que fueron podadas la cosecha será sencilla, porque se alcanzará fácilmente las frutas maduras.

La cosecha es manual y requiere contacto directo con plantas y frutos tratando de evitar las espinas de la planta. Las espinas pueden atravesar la piel o pueden alojarse en los ojos y en el tracto respiratorio, por ello, se recomienda que los cosechadores usen guantes, barbijo y lentes de protección, además, se recomienda cosechar en la mañana cuando la humedad es suficiente para que las espinas no se desprendan y floten en el aire. Para producción comercial se debe usar un cuchillo bien afilado, realizando un corte limpio en la base de la fruta, dejando una pequeña fracción de penca pegado a la fruta.

La fruta cosechada se debe colocar con cuidado en recipientes de plástico o lonas, tratando de reducir el daño por golpes y raspaduras. La calidad es un factor muy importante en la producción de fruta, debido a que los consumidores prefieren fruta atractiva, sana, dulce, con buen sabor y buena calidad nutricional.

**i) Postcosecha:** Antes de llevar al mercado las tunas cosechadas se deben realizar algunas actividades necesarias para facilitar la venta y comercialización, estas actividades son:

**Desespinado.** El desespinado es una actividad primordial antes de comercializar la tuna. Se recomienda esparcir la fruta en un área con pasto cubierta con paja y luego cepillarlas con una escoba, girando los frutos para remover todos los espinos. Cuando la fruta es destinada a mercados distantes el desespinado se realiza con maquina desespinaadora.

**Clasificado y empacado.** Las frutas desespinaadas se seleccionan por tamaño, color, forma y son empacadas en envases de madera o plástico, para su traslado a mercados de comercialización en las ciudades o poblados cercanos.

#### **4.5. PROPUESTA PARA CONTRIBUIR AL USO ALTERNATIVO DEL NOPAL**

##### **4.5.1. Alternativas de comercialización de productos transformados de nopal**

Los resultados del Diagnostico Participativo indican que los productores de nopal de las comunidades Parani y Caracato conocen dos usos de esta especie. El primer y principal uso, es la obtención de la fruta para consumo directo y comercialización en mercados de las ciudades de La Paz y El Alto. El conocimiento de la segunda forma de uso, está restringido a personas de la tercera edad que utilizaban los extractos de penca de tuna,

para tratamiento de malestares estomacales. Los informantes no conocen el procedimiento que se seguía para esta forma de uso.

En consecuencia, el equipo de investigadores realizó la búsqueda y priorización de alternativas de uso aplicables a las condiciones de producción de las comunidades colaboradoras del proyecto, tomando en cuenta lo mencionado por Corrales y Flores (2000) quienes indican que las principales razones de la industrialización y del procesamiento de productos perecederos son: conservarlos en buen estado por más tiempo para su comercialización en mercados diversos y distantes; ampliar su disponibilidad a lo largo del año; regular los precios en casos de sobreoferta del mercado en fresco; dar valor agregado a los productos, generar empleos e ingresos que beneficien y arraiguen a los productores. Por lo anterior, la industrialización del nopal y de la tuna despierta mucho interés, dado que tecnológicamente es posible, además de que puede ser económicamente viables y rentable, dependiendo de algunos factores mercadotécnicos y organizacionales, especialmente por el beneficio que representa para los productores agrícolas marginales de zonas desérticas.

Los usos alternativos identificados y priorizados para elaboración y difusión en las comunidades del Municipio de Sapahaqui son las siguientes:

1. Tuna sin espinas
2. Tuna verdura
3. Harina de tuna
4. Crema facial de tuna

#### **4.5.1.1. Tuna sin espinas**

Uno de los problemas de la comercialización de la tuna fresca, es la presencia de espinas en la cascara que permanecen adheridas hasta el momento de la venta a los consumidores, muchos de ellos prefieren no comprar esta fruta debido al temor de dañar sus manos al momento de pelar el fruto. Los productores realizan un desespinado manual luego de la cosecha, que consiste en colocar los frutos sobre lonas, para luego proceder a quitar las espinas mediante fricción con escobas. Esta actividad elimina la mayor cantidad de espinas, pero siempre quedan algunas que limitan su comercialización.

Para mejorar y mecanizar el proceso de desespinado de la fruta antes de la comercialización se plantea como alternativa la elaboración de una Máquina desespinaadora semiautomática que se describe a continuación:

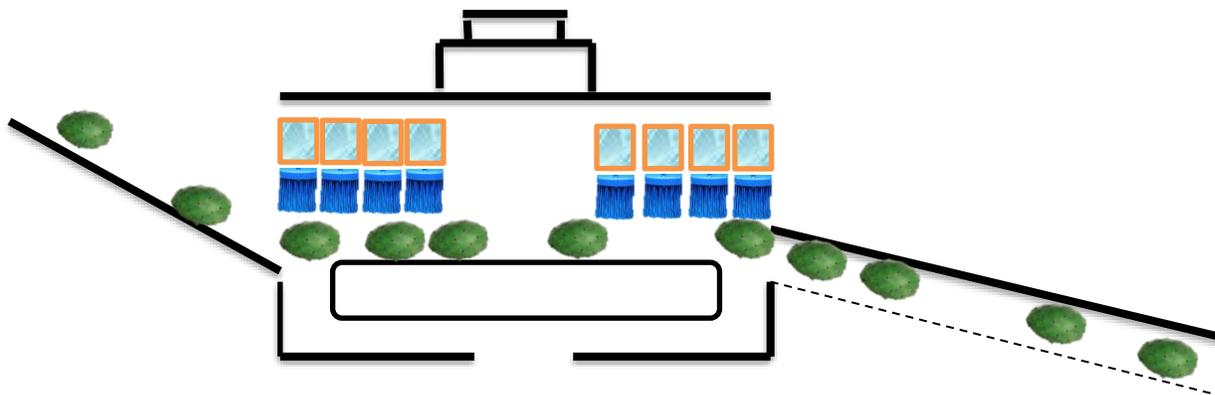
### Maquina desespinaadora de tuna

#### 1. Descripción de funcionamiento

Las tunas ingresan en la cámara de quebrado, los cepillos de fibras plásticas se encargan en quebrar las espinas que se encuentran en la corteza del fruto, el avance de los frutos se realiza por medio de una banda transportadora. Las espinas desprendidas caen por gravedad a la parte baja de la máquina.

#### Figura 21.

*Perfil de la máquina desespinaadora de frutos de nopal, gestión 2022*



Fuente: Elaboración propia

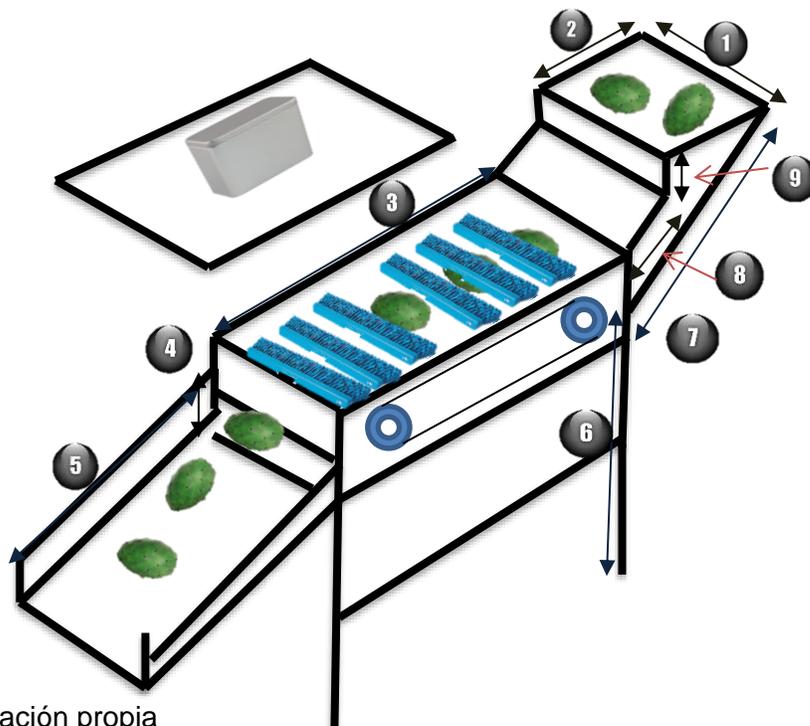
Esta máquina desespinaadora está conformada por las siguientes partes:

1. Estructura
2. Tolva de alimentación
3. Cepillos
4. Botón de encendido / apagado
5. Plataforma de avance
6. Cinta transportadora
7. Rodillos
8. Tolva de salida
9. Sistema de aspersión de espinas

En el diseño de cada uno de los elementos asegura la funcionalidad de la máquina, se debe disponer de materiales en el mercado con sus respectivas especificaciones técnicas requeridas. La Figura 21 y Tabla 20 muestra el diseño de la máquina, las diferentes partes y las dimensiones requeridas para su construcción.

**Figura 22.**

*Diseño de la máquina desespinaadora de tunas, 2022.*



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20.**

*Dimensiones de cada parte de la maquina desespinaadora, gestión 2022*

Partes de la máquina	Dimensiones
Tolva de alimentación	1. 70 cm, 2. 50 cm, 7. 40 cm, 8. 15 cm y 9. 10 cm
Sistema de avance	3. 150 cm y 4. 20 cm
Canal de depósito	3. 150 cm y 4. 20 cm
Soporte de la estructura	1. 70 cm y 6. 80 cm
Cepillos giratorios	
Sistemas de aspersion de espinas	3. 150 cm
Tolva de salida	1. 70 cm y 5. 65 cm

Fuente: Elaboración propia

**Ventajas**

1. Mejor remoción de espinas.

2. Bajo costo de mantenimiento
3. Las espinas son atrapadas en un filtro.
4. No es perjudicial para la salud.
5. La remoción de espinas es continua.
6. La calidad del producto se conserva.
7. Facilidad de manejo.
8. Simplicidad tecnológica.
9. Facilidad de operación.

### **Desventajas**

1. Consumo de energía.

### **2. Requerimientos de la máquina**

La máquina debe cumplir las siguientes funciones.

- Desespinar las frutas de tuna sin lastimar la epidermis.

Para el dimensionamiento de la máquina desespinaadora de tunas se ha dividido en los siguientes sistemas:

- Sistema de avance
- Sistema de desespinado
- Sistema de alimentación (Tolva de alimentación)
- Sistema de aspiración de espinas
- Sistema eléctrico

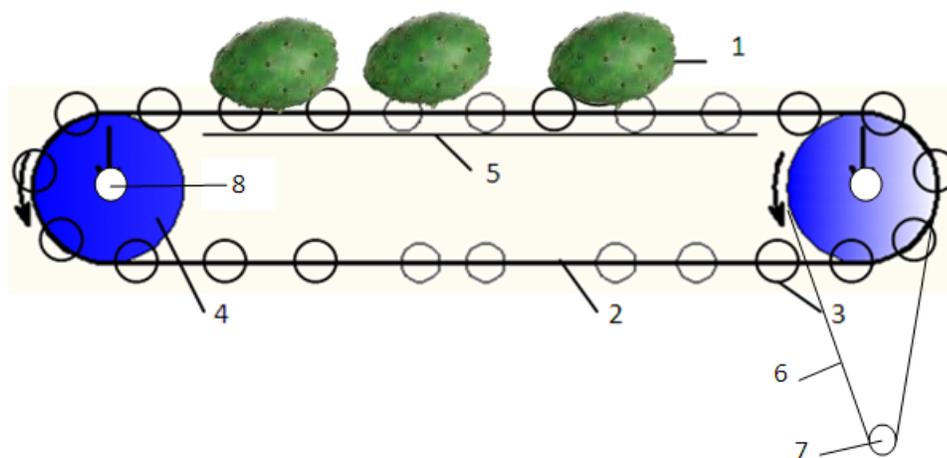
#### **a) Sistema de avance**

El sistema de avance tiene la finalidad de rotar y trasladar los frutos para obtener una limpieza efectiva. El desplazamiento del conjunto de rodillos se realiza según el desplazamiento de la cadena de transmisión.

En la siguiente figura se representa el esquema del sistema de avance con sus respectivos elementos.

**Figura 23.**

*Esquema del sistema de avance de la maquina desespinaadora de frutos de nopal, gestión 2022.*



Fuente: Elaboración propia

Donde:

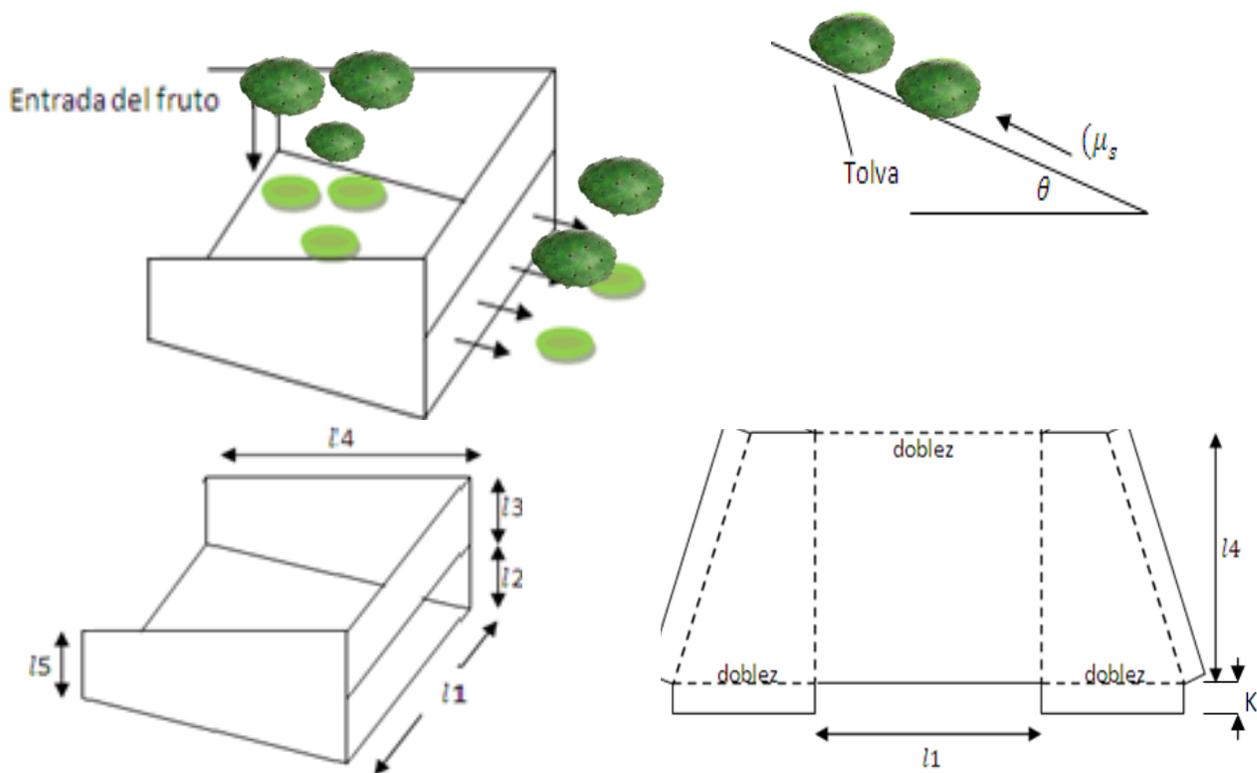
1. Fruta
2. Cadena de transmisión
3. Rodillos
4. Catalina
5. Base de deslizamiento
6. Banda de transmisión
7. Motor reductor
8. Eje

#### **b) Tolva de alimentación**

Para la alimentación de la tuna se diseña un sistema que permita controlar el ingreso de las tunas hacia el sistema de avance; la entrada de las tunas se realiza manualmente por la parte superior de la tolva la cual está en función de las dimensiones del agujero de salida de la tolva.

**Figura 24**

*Detalle de funcionamiento y características de la tolva de alimentación.*



Fuente: Elaboración propia

### 3. Construcción, montaje y pruebas de campo

#### Construcción de la máquina

La construcción de cada uno de los componentes de la máquina desespinaadora de tunas requiere de diversas operaciones, para ello, se necesita equipos, máquinas y herramientas para lograr su construcción.

#### Máquinas y herramientas

Para la fabricación de la máquina se emplea las siguientes máquinas herramientas: Torno. Taladro, amoladora, dobladora, cortadora, soldadora, equipo de pintura y herramientas manuales como lima, martillo, sierra, machuelo, brocas, llaves y prensa, a demás

instrumentos de medición tales como flexómetro, calibrador pie de rey, escuadra y regla metálica.

### Operaciones técnicas de construcción

Las operaciones técnicas necesarias para la construcción de cada uno de los elementos son los siguientes: Recortado, doblado, torneado, amolado, perforado, fresado, soldado, empernado, masillado, pulido y pintado.

### 4. Análisis de costos

El costo total de la máquina desespinaadora de tunas se debe hacer una descripción de los rubros a tomar en cuenta.

- Costo de materiales
- Costo de la mano de obra

La suma de los rubros dará la suma del costo total.

### Costos de materiales

Los materiales requeridos para la máquina desespinaadora, necesitan ser modificados para poder utilizarlos en la construcción de la maquina. En la siguiente tabla se detalla los materiales requeridos.

**Tabla 21.**

*Detalle de materiales, cantidades y costos necesarios para la construcción de la maquina desespinaadora de tuna, gestión 2022.*

Material	Dimensiones (mm)	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
Perfil Angulo ASTM A36	1000X30X30	2	70	140
Eje de transmisión AISI 304	700X19	1	103	103
Perfil ángulo ASTM A36	20x2x(3/4"x2)	2	55	110
Plancha galvanizada ASTM A-653	470x1600x1	1	120	120
			<b>TOTAL</b>	<b>473</b>

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente Tabla 22, se detallan los materiales que no necesitan ser transformados para la construcción de la maquina desespinaadora de tuna.

**Tabla 22.**

*Detalle de materiales fabricados y disponibles en tiendas comerciales, necesarios para la construcción de la máquina, gestión 2022.*

Articulo requerido	Cantidad	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
Prisionero 5/16x1/2	10	2	20
Fusible cilíndrico	1	5	5
Cable AWG #12	10	2.50	25
Interruptor ON/OFF 3A	2	7	14
Pintura anticorrosiva	2 lt	8	16
Tiner	9 lts	1.2	10.8
Banda en V A-41	2	12	24
Banda en V A-37	2	18	36
Polea en V 10"	1	18	18
Polea en V 8"	1	15	15
Motor BOSCH 180W 12V DC	1	65	65
Motor ELÉCTRICO	1	25	25
Moto ventilador 250mm x 1800rpm.	1	45	45
Pernos de grado 1 UNF 5/16x1"	24	0.6	14.4
Grapa R-28	600	0.02	12
Chumacera F204	6	9	54
Transformador 110V-12V	1	6	6
Cinta aislante (taipe)	2	0.7	1.4
Cadena ANSI 40-1	4m	3	12
Perfil T 1"x0.25"	5m	2	10
Perno grado 6 5/16"x1"	3	0.2	0.6
Perno grado 0 1/4"x1/2"	20	0.8	1.60
Platina 7x40x40 mm	4	1	4
<b>TOTAL</b>		<b>434.8</b>	

Fuente: Elaboración propia

### Costo de mano de obra

En la siguiente tabla se detalla el costo de mano de obra necesaria para la construcción de la máquina.

**Tabla 23.**

*Detalle de actividades que necesitan mano de obra especializada, gestión 2022.*

Actividad	Costo total
Corte del material	130
Amolado	12
Soldado	25
Doblado	90
Perforado	9
Torneado	45
Pintado	45
Montaje	30
Fresado	6
<b>TOTAL</b>	<b>382</b>

Fuente: Elaboración propia

### Costo total

En la siguiente tabla se describe el costo total de la máquina desespinaadora de tunas, para las zonas productoras del municipio de Sapahaqui.

**Tabla 24.**

*Costo total para la construcción de una máquina desespinaadora de tuna, gestión 2022.*

Descripción	Costo (Bs)
Costo de materiales transformables	382
Costo de artículos terminados	434.8
Costo mano de obra	382
<b>TOTAL</b>	<b>1198.8</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1.2. Tuna verdura

La segunda alternativa de uso y comercialización del nopal es la 'Tuna verdura', o nopalitos como se las conoce en Centro América. Esta forma de uso consiste en preparar las pencas tiernas de nopal, para su consumo como verdura fresca.

Las paletas tiernas de la tuna pueden consumirse como verdura en fresco, procesado en salmuera, ensaladas, guisos, preparados con salsas y otras formas de prepararlo que pueden ser servidos en hoteles, restaurantes y en casa. También puede utilizarse en la preparación de yogurt, sopas, salsas, ensaladas, jugos concentrados y otros alimentos (Corrales y Flores, 2000).

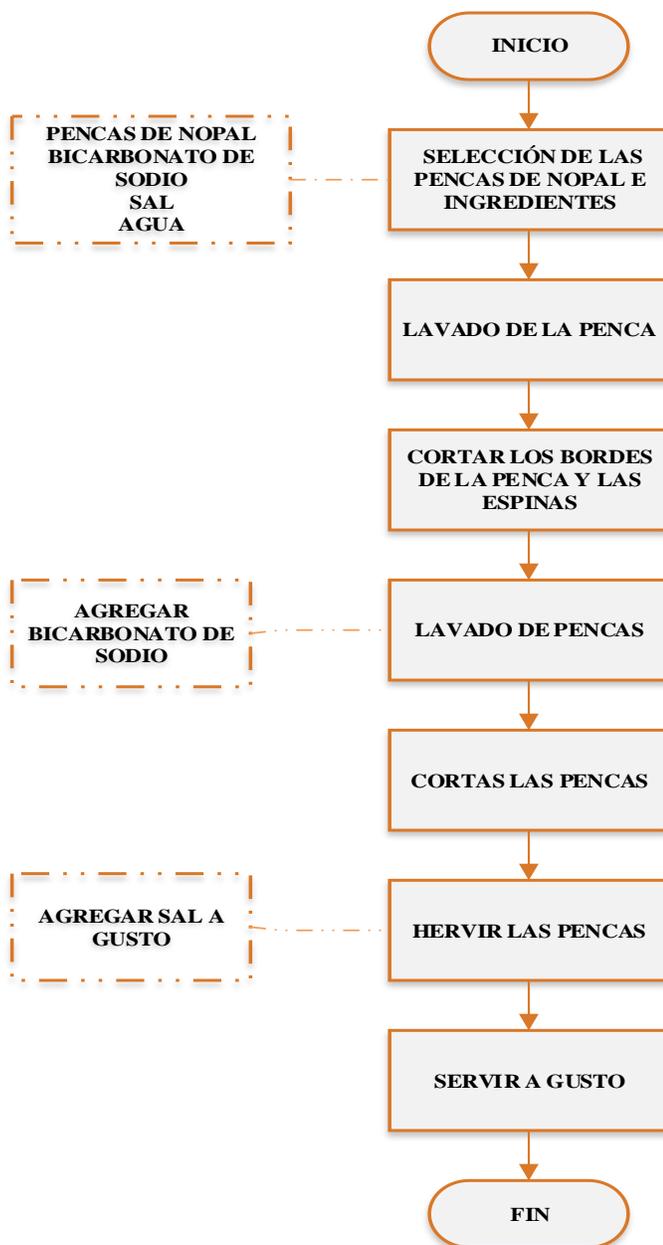
Para preparar la tuna en su forma de verdura, destinado al consumo humano, se recomienda realizar el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar y recolectar con cuidado, pencas tiernas de una plantación de nopal. Las pencas tiernas tienen un color verde intenso, de 1 cm de espesor aproximadamente y con espinas visibles.
2. Colocar la penca de nopal en una tabla de cortar y con la ayuda de un cuchillo pequeño afilado, recortar el borde de la penca.
3. Quitar las espinas de la superficie de las pencas con el cuchillo, raspar o cortar cuidadosamente la superficie alrededor de las espinas hasta eliminarlas.
4. Repetir el procedimiento anterior al otro lado de la penca, hasta que quede limpia de espinas. Realizar el desespinado con las demás pencas que se necesite.
5. Lavar las pencas con agua y una cucharilla bicarbonato de sodio tibia para quitar el exceso salvia (baba) en las pencas.
6. Cortar las pencas en tiras o cubos, esto dependiendo a la receta que quiera preparar.
7. Agregar las pencas picadas en una olla con agua hirviendo y sal a gusto, durante un tiempo aproximado de 8 a 10 minutos. Es preferible realizar la cocción sin tapar la olla.

8. Eliminar el exceso de agua de las pencas picadas y cocidas, con un colador. Con este procedimiento las pencas de nopal están cocidas y listas para diferentes preparados alimenticios como ensaladas, guisos, asados, escabeche u otros.

**Figura 25**

*Flujograma de preparación básica de tuna verdura, gestión 2022.*



Fuente: Elaboración propia

Con los nopales debidamente procesados se pueden preparar los siguientes alimentos:

### **a) Ensalada de nopal**

La ensalada de nopales es una de las mejores formas que existen para aprovechar y disfrutar este conocido cactus de origen mexicano, que es muy popular en la cocina mexicana, que para hacerla necesitas, algunos ingredientes de obviamente los nopales como algún queso blanco fresco, tomates y cebolla. Para prepara la receta se siguen los siguientes pasos:

#### **Ingredientes´**

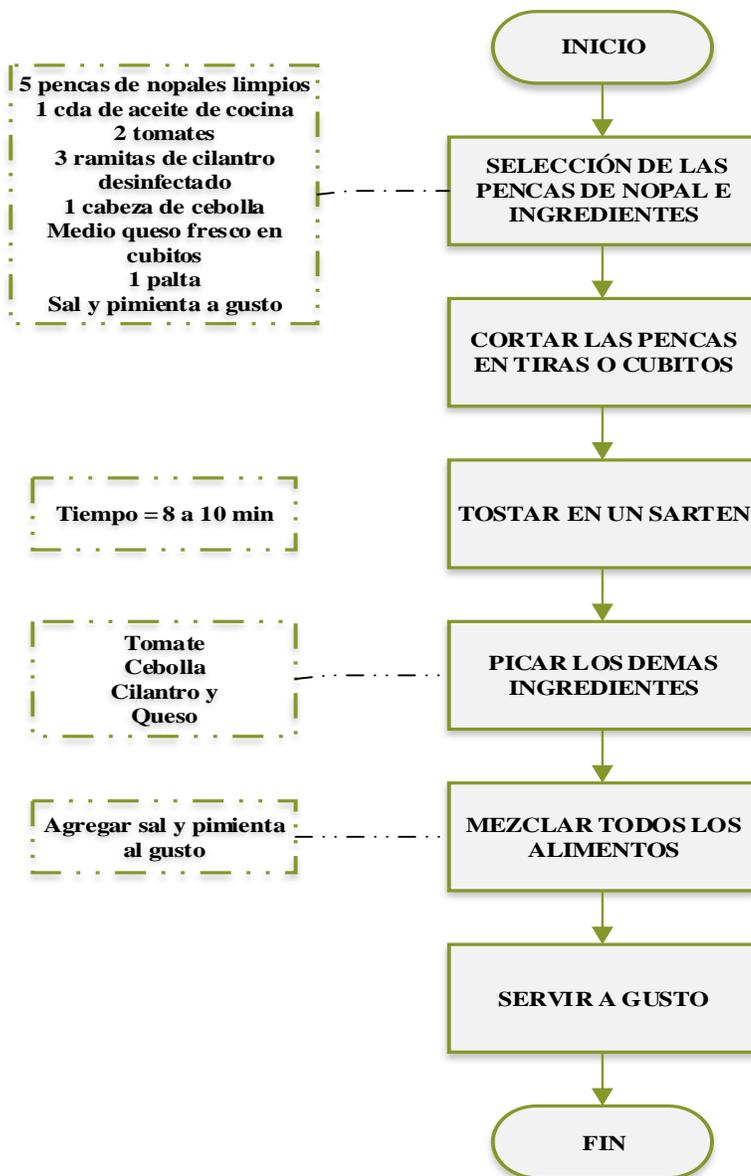
- 5 pencas de nopal limpios
- 1 cucharada de aceite de cocina
- 2 tomates
- 3 ramitas de cilantro, desinfectado.
- 1 cabeza de cebolla
- Medio queso fresco en cubitos.
- 1 palta
- Sal y pimienta al gusto

#### **Preparación**

1. Corta las pencas de nopales en tiritas o en cuadritos, como mejor lo prefiera. Calentar un pequeño sartén con un chorrito de aceite de cocina, asar las pencas durante 8 o 10 minutos o hasta que cambien de color y tengan una apariencia suave.
2. Mientras se asan, picar en cubitos el tomate, picar finamente la cebolla con el cilantro. Añadir todos estos ingredientes a una fuente junto con el queso en cubitos.
3. Verificar que las pencas de nopales estén perfectamente asadas, pues habrán cambiado de color y su piel será suave. Cuando esto ocurra dejar enfriar a temperatura ambiente y añadir a la mezcla anterior.
4. Mezclar todos los ingredientes y da sabor con sal y pimienta negra molida al gusto.
5. Servir la mezcla acompañadas de rodajas de palta, y disfrutar de una deliciosa ensalada.

Figura 26

Flujograma de preparación de ensalada con pencas tiernas de nopal, gestión 2022.



Fuente: Elaboración propia

### b) Nopal en escabeche

Los Nopales en Escabeche son un clásico y delicioso platillo de origen mexicano y puede consumirse como acompañamiento de cualquier comida, por su gran cuerpo y textura,

agregando a los nopales cebolla en su composición y otros ingredientes, puede ser un platillo exquisito. Se prepara de la siguiente forma:

### **Ingredientes**

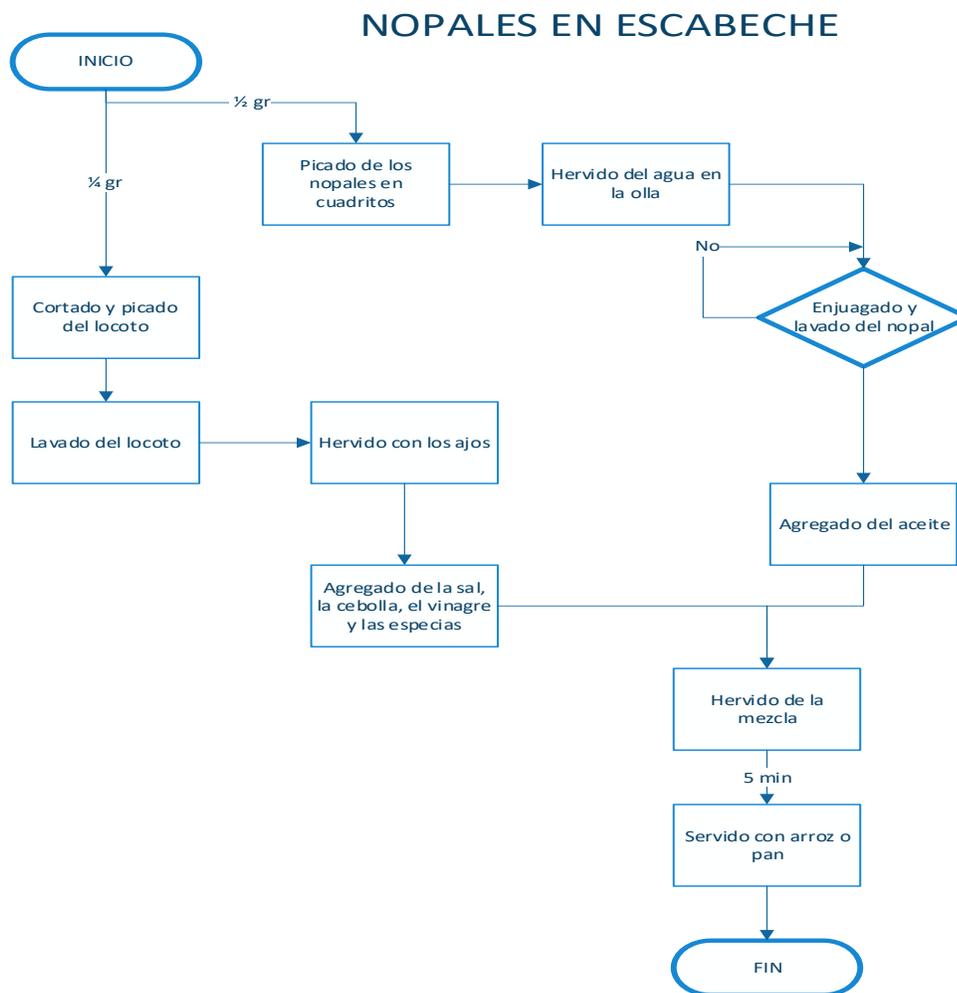
- ½ Kg de nopales
- 2 cebollas
- ¼ Kg de Locoto
- 1 cabeza de ajo
- 8 granos de pimienta
- 4 clavos de olor
- 1 rama de canela
- Aceite suficiente
- 150 ml de vinagre
- 150 ml de agua
- Sal al gusto

### **Preparación**

1. Picar los nopales en cuadritos y poner a cocer en una olla con agua hirviendo. Ya cocidos escurrir y enjuagar para quitarles un poco el mucilago.
2. Cortar el locoto en rodajas, quitar las semillas, lavar y colocar a hervir junto con los ajos.
3. Una vez que los ajos estén a medio cocer, agregar, cebolla rebanada, vinagre, pimienta, clavos de olor y canela.
4. Cuando el locoto, cebolla y ajo estén cocidos, agregar los nopales, aceite y sal a gusto.
5. Hervir la preparación a fuego suave por 5 minutos.
6. Escurrir la preparación y servir el escabeche de nopales acompañado con arroz, pan, entre otros.

Figura 27.

Flujograma de elaboración de nopal en escabeche, gestión 2022.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1.3. Harina de nopal

El nopal es un cultivo alternativo en zonas donde hay deficiencia de agua, constituyendo un importante recurso natural; cuyo aprovechamiento puede contribuir al desarrollo de zonas áridas y semiáridas, tanto en sus actividades económicas como en el mejoramiento de la seguridad alimentaria de los pobladores. Una de las formas innovadoras de uso del nopal es transformarla en harina que puede incluirse a diferentes preparados de repostería. Para obtener la harina de nopal se recomienda seguir los siguientes pasos:

**a) Recepción y selección de pencas.** Las pencas de nopal se transportan, en medios de transporte local, hasta la planta de proceso. Aquí se examinan de forma rigurosa con el

*DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (Opuntia ficus indica) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ*

propósito de detectar si hay algún riesgo o peligro microbiológico, físico o químico. Se seleccionan las pencas que cumplen los estándares de calidad. Esta operación debe ser documentada y supervisada para lograr un proceso con resultados deseados. Es muy importante pesar la materia prima seleccionada para establecer los parámetros de proceso y rendimiento.

**b) Lavado y limpieza.** Esta operación consiste en lavar las pencas de nopal con el objetivo de eliminar impurezas adheridas y evitar contaminaciones en el producto. El lavado se puede realizar de manera manual o mecánica; pero, se elige la que presente las mayores y mejores ventajas. El lavado manual presenta un alto costo de operación, expone a la materia prima más en contacto con el medio por lo que estaría más expuesto a contaminarse, por contaminación adquirida por los operarios o contraídas del medio ambiente. El lavado mecánico, implica una mayor inversión al inicio de la operación, pero se justifica por la reducción de los costos de operación, ocuparía menos espacio físico, el proceso será con mayor rapidez y eficiencia, pero no contribuye a la generación de empleo.

**c) Picado o Trozado.** Los nopales se dividen en rebanadas de 2 cm de espesor, lo cual permitirá un secado rápido y disminución de costos. Es importante mantener un tamaño uniforme para que el secado sea homogéneo con un porcentaje de humedad deseado.

**d) Secado.** Los nopales rebanados son colocados en bandejas perforadas y se llevan al horno para deshidratarlos. La duración del secado es aproximadamente de 4 a 6 horas con una humedad del 9% en el producto final.

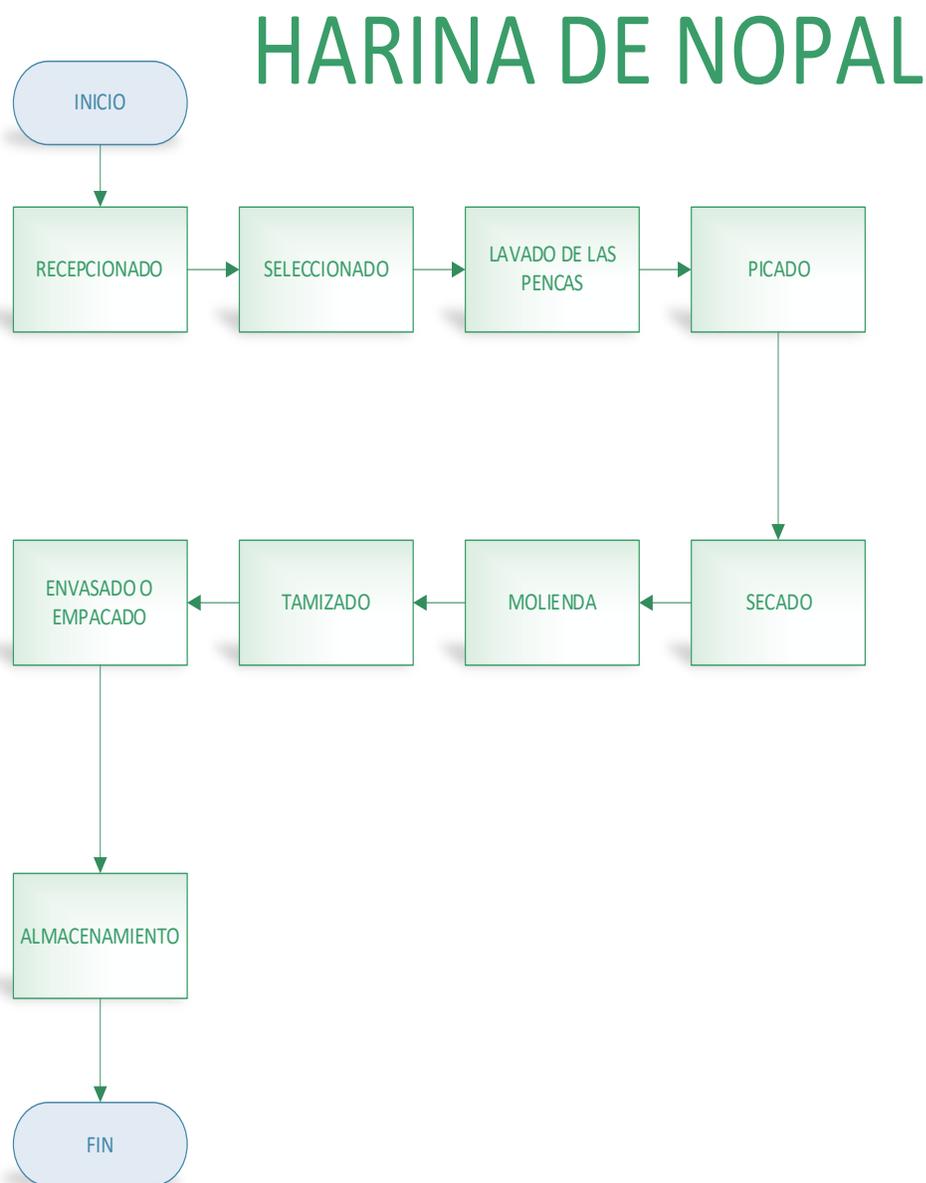
**e) Molienda.** Esta operación consiste en disminuir el tamaño de las partículas, de los nopales deshidratados, a la granulometría que establece la normativa de la harina vegetal en  $\mu$  M.

**f) Tamizado.** Es pasar por un tamiz la molienda para obtener la granulometría deseada. El control de calidad del producto final consiste en verificar la ausencia de partículas extrañas o de tamaño mayor a la apertura del tamiz.

**g) Envasado y empaçado.** El envasado debe garantizar que no pase la luz al producto. Como plástico y cajas para evitar derrame o perforaciones, luego se lleva al almacén para su posterior distribución. Todos los procesos deben contar con su debido control de calidad, registro y supervisión.

**Figura 28.**

*Flujograma de elaboración de harina de nopal, gestión 2022.*



Fuente: Elaboración propia

Con esta harina se pueden hacer varios alimentos a continuación se muestra alguno de los productos que se pueden preparar.

### **a) Buñuelos de nopal**

#### **Ingredientes**

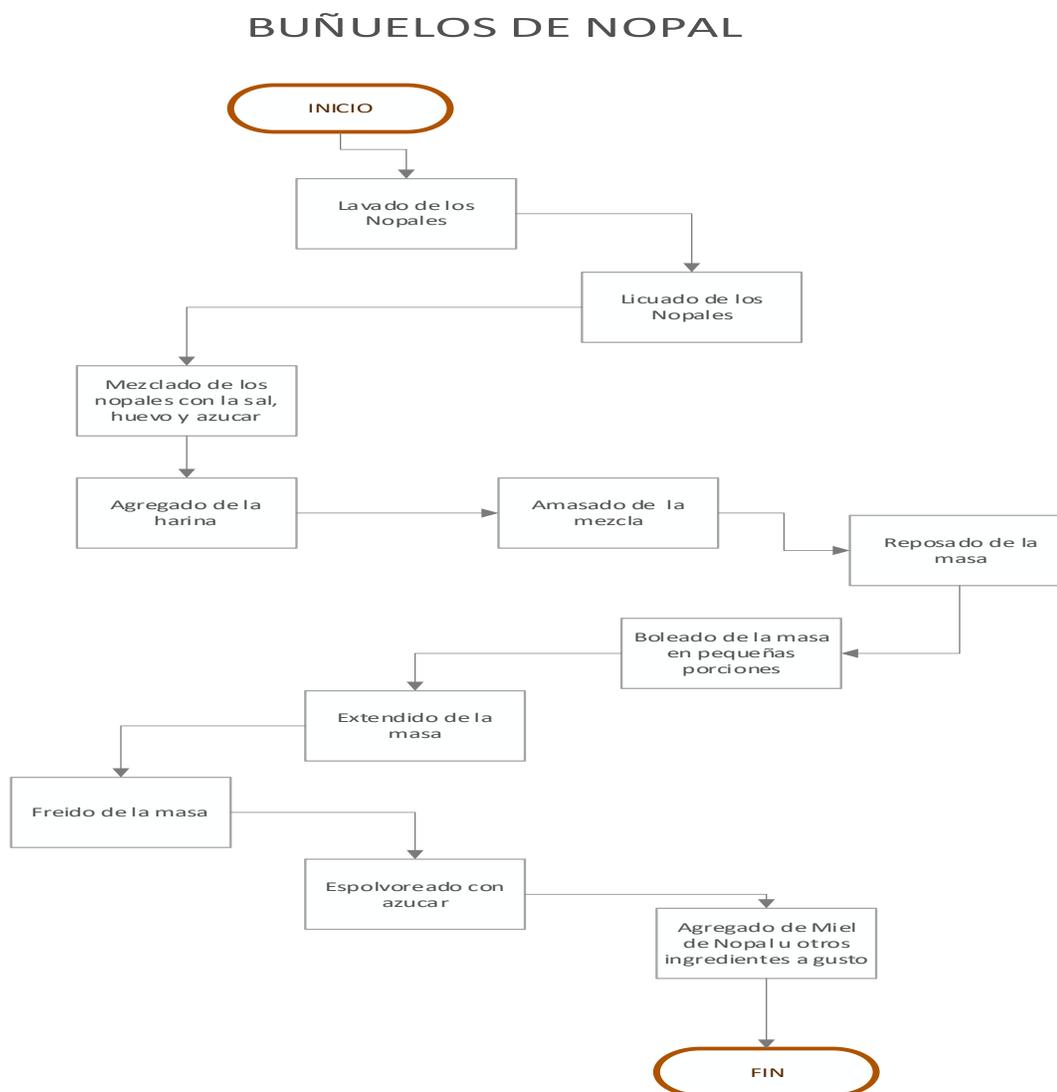
- 10 pencas pequeñas de nopal
- 1 kilo de harina (de nopal o de trigo)
- 3 cucharadas de pulpa de nopal
- 2 piezas de huevo
- 50 gramos de azúcar
- 1 pizca de sal
- Aceite

#### **Preparación**

1. Limpiar, desespinar y licuar las pencas de nopal.
2. En una fuente mezclar los nopales licuados, la pulpa de nopal, huevo, azúcar y sal.
3. Añadir a la mezcla la harina de nopal y de trigo, agregando poco a poco, hasta formar una masa elástica, dejar reposar la masa por media hora.
4. Calentar el aceite en una sartén.
5. Tomar una pequeña porción de masa, bolear y extender con las manos hasta que tenga una forma circular y plana.
6. Colocar la masa extendida en el aceite caliente y freír hasta que la masa este cocida y dorada en ambos lados.
7. Sacar del aceite, escurrir y servir, acompañado de una bebida caliente.

**Figura 29**

Flujograma de elaboración de buñuelo de nopal, gestión 2022.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1.4. Crema hidratante de nopal

En los últimos años, la mascarilla de mucilago o baba de nopal ha tomado gran popularidad debido a los beneficios que trae consigo como lo es la hidratación de la piel. La baba de nopal contiene una gran cantidad de fibra, aminoácidos como antioxidantes, vitamina C y A. El consumo del nopal ha demostrado ayudar a combatir la obesidad y su pulpa ha servido para hidratar la piel de manera favorable.

El mucilago o baba de nopal logra humectar la piel, debido a los componentes que tiene como el glicerol, propilenglicol y el sorbitol, que ayudan a lucir una piel más elástica y joven. Es importante recordar que los cuidados de la piel deben ser una tarea diaria, al igual que una buena alimentación, ejercicio y un ritmo de vida saludable.

Preparación para una porción de crema cosmética de nopal

### **Ingredientes**

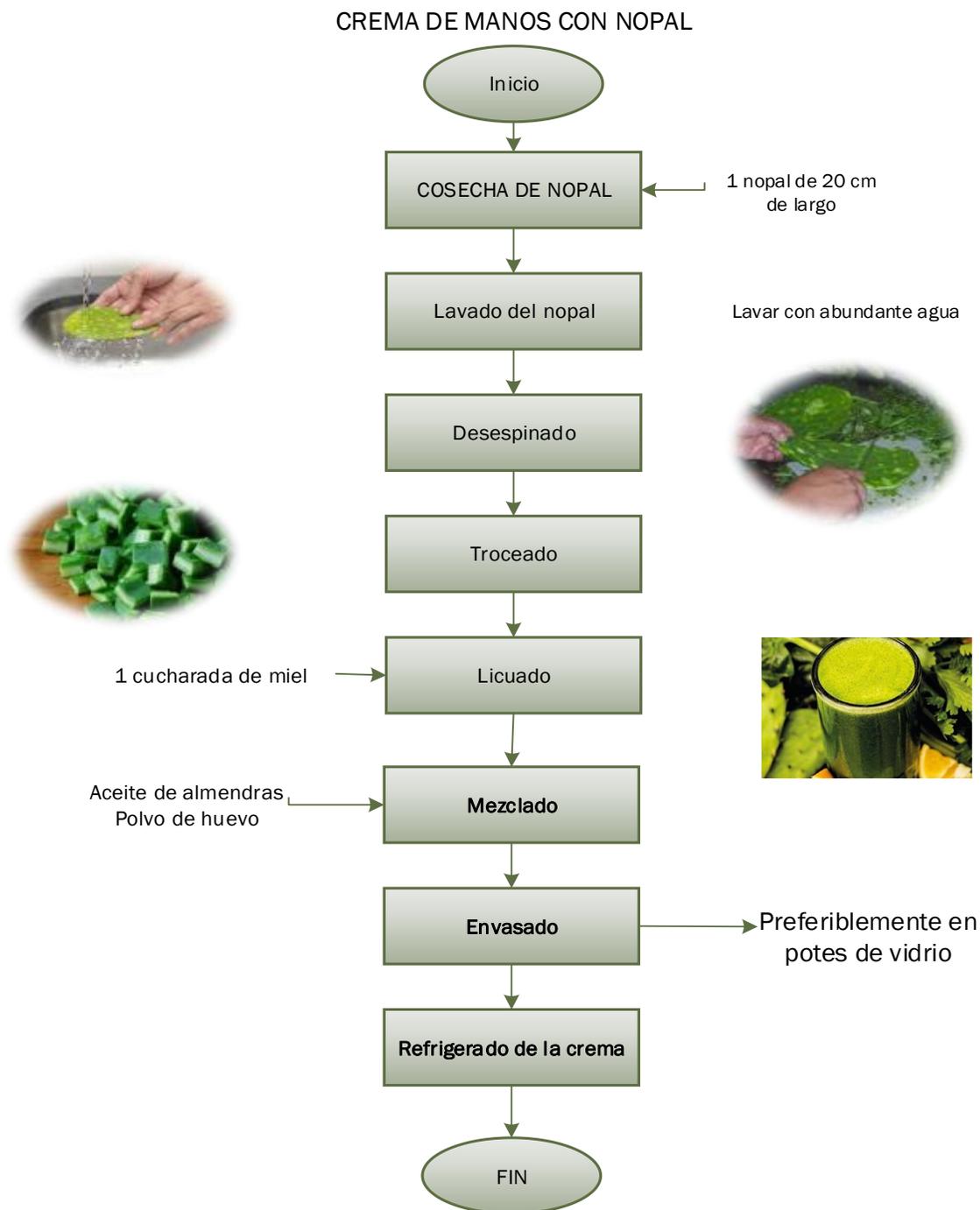
- 1 penca de nopal fresco
- 1 cucharada de miel
- 1 cucharada de aceite de almendras
- 1 cucharada de cascara de huevo seco molido

### **Procedimiento**

1. Cosechar una penca pequeña de nopal
2. Con un cuchillo y guantes desespinar la penca de nopal
3. Lavar bien la penca que se usará, verificar que quede bien limpio.
4. Una vez bien lavado y desespinado, trocear en cuadraditos de 2 cm
5. Licuar los trozos de nopal, junto con una cucharada de miel, una cucharada de aceite de almendras y una cucharada de cascara de huevo molido.
6. Mezclar hasta que quede una pasta.
7. Vaciar el contenido en un envase de vidrio
8. Lavar con cuidado el rostro y las manos, verificando que queden limpios y secos.
9. Aplicar de manera suave y uniforme la mezcla en el rostro y manos.
10. Dejar que la crema actúe en la piel durante 20 a 25 minutos.
11. Retirar la mascarilla con agua tibia.
12. Cerrar el envase de la crema y refrigerar para que dure más tiempo.
13. Repetir este procedimiento 2 o 3 veces por semana.

**Figura 30.**

*Flujograma de preparación de crema de nopal para manos, gestión 2022.*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.6. Fortalecimiento de las capacidades de productores de nopal en Parani y Caracato del Municipio de Sapahaqui

Se iniciaron las actividades de capacitación en coordinación con productores de Parani y Caracato. En Parani, se coordinó con la directiva de la Junta Escolar para realizar las prácticas de manejo de la tuna en terreno de la escuela que tiene una superficie aproximada de 500 m<sup>2</sup> (25 x 20 metros). En esta superficie se cuenta con plantas de nopal muy antiguas en las que no se realizó ninguna actividad de manejo, también cuenta con una superficie de terreno removido en la que se plantaran pencas para nopal de verdura, que es algo desconocido para los productores.



**Foto 19. Parcelas de producción de nopal en la comunidad Parani**

En Caracato, se realizó el primer curso de capacitación en métodos de plantación de tuna para fruta y tuna verdura. Para la capacitación se coordinó con la directiva comunal y agricultores de base que en total suman 32 personas. Se estableció una parcela demostrativa de 4000 m<sup>2</sup> (40 x 100 m). En este terreno se plantaron 4 variedades de tuna existentes en la comunidad: Tuna amarilla, tuna roja, tuna verde y tuna almendra o algodón.



**Foto 20. Productores de nopal tunero en la comunidad Caracato**

De acuerdo a recomendaciones técnicas y a coordinación con productores de Parani y Caracato se continuarán con las sesiones de capacitación en cada comunidad en coordinación con el equipo técnico del Municipio de Sapahaqui.



**Foto 21. Establecimiento de parcelas de producción de nopal en la comunidad Caracato**

El proyecto contribuyó con la generación de información primaria y secundaria sobre las variedades de nopal tunero existentes en la zona y sobre el uso actual y alternativo que se puede implementar en las comunidades del municipio.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES

### Distribución geográfica actual y potencial del nopal

Las visitas de verificación in situ y la revisión de mapas e imágenes satelitales permitieron establecer que *Opuntia ficus-indica* se encuentra ampliamente distribuido en terrenos marginales de las comunidades del municipio de Sapahaqui. Se encuentran en terrenos familiares con poca aptitud para la producción agrícola, situados en laderas de cerros con pendientes elevadas, difícilmente accesibles por senderos. La especie tiene una distribución geográfica actual muy variada, dependiendo de la disponibilidad de áreas familiares en laderas de cerros y en planicies, el 90% de las áreas de producción de tuna se encuentran en laderas de cerros, establecidos en diferentes épocas desde dos años hasta más de 30 años de antigüedad.

Respecto a la distribución potencial elaborada en base a información climática y de coordenadas geográficas de las variedades de nopal identificadas en Parani y Caracato, las áreas con excelentes condiciones climáticas y geográficas para ampliar las plantaciones de nopal tunero, se encuentran en los municipios de Sapahaqui, Mecapaca y Achocallala.

Se estima que aproximadamente el 43% del territorio del municipio de Sapahaqui, presenta excelentes condiciones edafoclimáticas para establecer plantaciones de diferentes variedades de nopal. Estos lugares se encuentran en la parte central y noroeste del municipio, visualizadas con grillas rojas. Asimismo, aproximadamente el 50% del Municipio de Sapahaqui presenta muy buenas condiciones edafoclimáticas para que se amplíen las áreas de cultivo de nopal, estas áreas se encuentran visualizadas con grillas naranjas situadas al centro, al noreste y al sur del municipio.

### Descripción morfológica de variedades de nopal

La caracterización morfológica de variedades de nopal permitió identificar el potencial productivo de la especie. Se identificaron 3 variedades de nopal ampliamente difundidas en las comunidades, diferenciadas localmente por el color de los frutos que producen, estas variedades son: Tuna roja o morada, tuna verde y tuna amarilla (naranja). Asimismo, se identificó que la variedad tuna algodón o almendra, se encuentra restringida a pocas áreas de producción.

El análisis de estadística descriptiva para 23 variables cuantitativas muestra que las variedades de nopal en Sapahaqui tienen diferentes características morfológicas agronómicas y productivas. Los resultados indican que el peso de total de fruto, es la variable que presentó mayor rango de variación, resultado que indica que existen frutos de diferentes tamaños y pesos, que resultan en rendimientos de fruta muy variados. Similar comportamiento registró con la altura de planta de nopal, según lo registrado en campo, esta variable está relacionada con el tiempo de establecimiento de la plantación de tuna, las plantas más altas tienen mayor tiempo de permanencia en campo.

El peso de la pulpa, peso de la cascara y el número de semillas por fruto, también registraron amplios rangos de variación, que denotan la existencia de frutos pequeños y livianos, pero también frutos grandes y pesados. En el escenario de querer ampliar la producción de nopal en comunidades de Sapahaqui, se tienen que seleccionar aquellas variedades que muestren mayor tamaño y peso de fruto, porque frutos de estas características tendrán mayor precio en los mercados.

El análisis de correlación de Pearson para variables cuantitativas muestra valores altamente significativos y positivos para las variables de fruto: peso total de fruto (PTO), peso de pulpa de fruto (PPU), peso de la cáscara del fruto (PCA) y peso de las semillas del fruto (PSM), con coeficientes de correlación comprendidos entre  $r = 0.80$  y  $r = 0.98$ . indicando una relación directa y proporcional entre ellas. Esto significa que, si aumenta el valor de una variable, también aumentará el valor de la otra variable, o viceversa. Es decir que los frutos de tuna de tamaño grande, tendrán mayor peso y mayor cantidad de semillas. Similarmente, las correlaciones significativas y positivas formadas entre la altura de planta (ALT), número de cladodios por planta (PEN) y el ancho del cladodio (ANP) muestran, que una planta de nopal de mayor altura, tendrá cladodios anchos y en mayor número que otros de menor altura.

El análisis de distribución de frecuencias para variables cualitativas mostro que las variedades de nopal existentes en comunidades del Municipio de Sapahaqui, presentan plantas y cladodios generalmente de color verde y verde amarillento y en menor proporción plantas y cladodios de color verde amarillento marrón y verde amarillento plomizo. El color de flor en las variedades de tuna, varía de amarillo transparente a amarillo naranja. Las flores amarillas son las de mayor frecuencia en las variedades de tuna, seguidas de flores amarillo transparentes, rosado amarillento y amarillo naranja. Asimismo, la forma ovalada

de los cladodios es la de mayor frecuencia y está presente en el 77,8% de las variedades en estudio. En cambio, la forma elíptica está presente en el 22,2% de las plantas especialmente en tunas de fruto verde.

El análisis de correlación de Spearman para variables cualitativas, mostro la existencia de asociaciones altamente significativas entre color de planta y color de cladodio, además de color de cáscara de fruto y color de pulpa de fruto. Este resultado indica una relación directa entre estas variables y puede interpretarse mencionando que una planta de color verde, tendrá cladodios también de color verde. Contrariamente, una planta de color verde amarillo marrón, tendrá cladodios de los mismos colores. Los frutos de tuna tendrán cascara y pulpa del mismo color. Asimismo, este análisis mostro que las plantas con flores amarillo transparentes tendrán frutos con cascara y pulpa de color verde, o, por el contrario, las plantas con flores amarillo naranja, tendrán frutos de cascara y pulpa de color morado.

#### Identificación de actividades de manejo de cultivo y usos de nopal

La aplicación de herramientas de Diagnostico Participativo, diálogo semiestructurado, grupos focales, análisis FODA y visitas in situ, permitió establecer que el 92% de los productores de tuna no realizan ninguna actividad de manejo del cultivo, se limitan a sembrar pencas y esperar que la planta produzca frutas, las cuales son cosechadas y comercializadas una vez al año, entre febrero a marzo. El 8% de los productores realiza algunas actividades de manejo de las parcelas de tuna, para mejorar su producción estas actividades son: poda de formación, que consiste en la eliminación de pencas poco funcionales; limpieza de la parcela, que consiste en desmalezado y remoción superficial del terreno y la eliminación manual de cochinilla. Asimismo, se estableció que el 100% de los productores establecen parcelas de nopal o tuna, para la obtención de fruta que es demandada y comercializada en los mercados de La Paz y El Alto. Los productores no conocen otra forma de uso de esta especie y tampoco tienen conocimientos respecto al manejo técnico del cultivo. Por lo anteriormente señalado, existe la necesidad de fortalecer las capacidades de productores de nopal en actividades de manejo del cultivo y en usos alternativos artesanales e industriales, con el propósito de maximizar la producción de tuna e implementar otros usos potenciales de la planta de nopal.

De acuerdo a criterio de los productores la decisión de sembrar un u otra variedad, depende de la demanda de los consumidores en los mercados de la ciudad de El Alto y La Paz.

Actualmente las variedades de tuna más comerciales, en orden de importancia son: tuna roja, tuna verde y tuna amarilla o naranjada, las plantas de tuna preferidas por los productores son aquellas que producen frutos grandes, debido a que, por su tamaño, tienen mayor precio en el mercado (tamaño grande 1 Bs, tamaño extragrande hasta 2 Bs por unidad).

Para contribuir a solucionar los problemas de falta de conocimiento del manejo técnico y uso limitado del nopal, el proyecto propone la realización de cursos de capacitación en ambos temas para fortalecer las capacidades de los productores en producción y usos alternativos del nopal. En este sentido se ha diseñado un plan de capacitaciones que incluye 4 sesiones teórico prácticos con temas referidos: preparación del terreno, abonado, encalado, métodos de siembra, limpieza de la plantación, tipos de poda, fertilización foliar, control de hongos, control de insectos plaga, cosecha y postcosecha de tuna, alternativas de consumo alimenticio y alternativas de uso agroindustrial. Como apoyo de enseñanza elaboraron presentaciones Power Point y un manual del manejo del cultivo de nopal, para las condiciones socioculturales y medioambientales del Municipio de Sapahaqui.

#### Alternativas de comercialización del nopal

Las entrevistas, acompañamiento *in situ* y trabajo en grupos focales permitieron establecer que el 95% de los productores conoce una alternativa de comercialización del nopal, que es la comercialización de la fruta (tuna). Es importante aclarar que el nopal o tuna, no es el principal cultivo para las familias del Municipio de Sapahaqui, y por esta razón, no destinan tiempo para un adecuado cuidado de las plantas. Un 5% de los productores mencionaron que, en el conocimiento ancestral de la tuna, se usaba el extracto de penca como medicamento para dolencias estomacales, sin embargo, este uso es de conocimiento de ancianos de las comunidades y que no fue transmitida a la descendencia. Para contribuir al fortalecimiento de las capacidades de productores de nopal, se identificaron 4 alternativas de uso y comercialización del nopal, que se adecuan a las condiciones socioeconómicas de los pobladores de Sapahaqui, y en el futuro, pueden convertirse en fuentes adicionales de alimentación e ingresos económicos para las familias. Estas alternativas son: a) Tuna sin espinas, que puede conseguirse con la implementación de una máquina simple que elimina las espinas de las frutas, antes de comercializarlas; b) Tuna verdura, que es el uso de pencas tiernas como verdura, en ensaladas y otros preparados alimenticios; c) Harina de nopal, que se consigue con el secado y molido de pencas desespinadas, el cual se usa

en repostería; y e) Crema hidratante de nopal para manos, que se obtiene procesando el mucílago de las pencas de nopal.

### **Fortalecimiento de capacidades**

Se han iniciado las sesiones de capacitación con productores de nopal de las comunidades de Parani y Caracato, aplicando el procedimiento y la metodología propuesta por el proyecto. Se impartieron capacitaciones en preparación de terreno, abonado, encalado y métodos de siembra de nopal. Como resultado de esta actividad se implementó una parcela de producción con 4 variedades de nopal en la comunidad Caracato. Se continuarán con las sesiones de capacitación en coordinación con el equipo técnico del Municipio de Sapahaqui.

## CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

Se recomienda incentivar investigaciones específicas para el control de enfermedades del nopal. El 98% de las plantas de nopal identificadas en campo, presentan problemas de hongos de diferentes tipos, por ello, es necesaria la implementación de investigaciones bajo la modalidad de tesis, para identificar el tipo de hongo y establecer su forma de control.

Continuar con investigaciones sobre las características físico químicas del fruto del nopal, para establecer usos específicos por variedad. Es necesario conocer las características de la fruta y en base a ello, identificar usos potenciales en derivados industriales como, mermeladas, jugos, energizantes y otros.

Se recomienda continuar con la aplicación de practicas de manejo del cultivo en parcelas demostrativas, en las cuales se apliquen las recomendaciones de siembra, abonado, fertilización foliar, podas, control de plagas, cosecha y postcosecha.

Se recomienda la elaboración de proyecto productivos que puedan ser financiados por el municipio, gobernación de La Paz o instituciones privadas, que se basen en los resultados de la presente investigación.

## BIBLIOGRAFIA

- Arano Barrientos, F. (2010). Determinación de la calidad de leche de cuatro comunidades de la Provincia Ingavi del departamento de La Paz. La Paz: UMSA - FCAV.
- BARBERA, G., (1999), "Historia e importancia económica y agroecológica", Roma, pp.1-12.
- Baudoin, F., & Albarracín, J. (2014). Las empresas públicas de alimentos: avances, retrocesos y desafíos. La Paz: Producciones FXA.
- Buxadé Carbó, C. (. (1996). Producción vacuna de leche y carne. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- CONABIO 2022. Distribución de las especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. México
- Confederación de Empresarios Privados de Bolivia. (2011). El consumo de lácteos en Bolivia y el impuesto a las bebidas alcohólicas. Boletín Informativo de la Unidad de Análisis Jurídico, 1(5), 3. Obtenido de [www.cepb.org.bo](http://www.cepb.org.bo)
- Castillo, S. F., & Estrada, L. (2012). Obtención de harina de nopal y formulación de alto contenido en fibra. Scielo.org, 7
- Corrales Joel. y Flores Claudio. 2000. Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del Nopal y la Tuna. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 61 p.
- Chiodo L. (1996). Estrategias de mercadeo para PPM en un programa de desarrollo agrícola.
- D. Hartline, M. (2012). Estrategia de Marketing. Quinta Edición. Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://latinoamerica.cengage.com>
- De Miguel González, R., De Lázaro Y Torres, M. L., & Marrón Gaité, M. J. (2012). La educación geográfica digital. La educación geográfica digital. Grupo de Didáctica de la Geografía de la Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

Deborah. (26 de Julio de 2015). Definicion.co. Obtenido de <https://www.definicion.co/comercializacion/#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20de%20la%20comercializaci%C3%B3n,com%C3%BAn%20de%20intercambio%20entre%20mercanc%C3%ADas.>

FERNÁNDEZ DE OVIEDO. (1535). "Historia general. Libro X (no visto, reproducido en López Piñero, J.M. et al., 1992. Medicinas, drogas y alimentos vegetales del Nuevo Mundo", Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia. Universidad de Valencia, España, 67 p.

Food and Agriculture Organization. (15 de mayo de 2021). fao.org. Obtenido de fao.org: <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/es/>

García Hoyos, M. (2007). Caracterización del sistema de producción lechera de la comunidad Taramaya, provincia Omasuyos, departamento de La Paz. La Paz: Facultad de Agronomía - UMSA.

Gasque, R., & Blanco, M. A. (2001). Zootecnia en Bovinos Productores de Leche. México D.F.: FMVZ-UNAM.

Gaudin, Y., & Padilla Pérez, R. (2020). Los Intermediarios en Cadenas de Valor Agropecuarias. Sede subregional de Cepal en México, México.

González, A. (15 de Febrero de 2018). Emprende Pyme. Obtenido de <https://www.emprendepyme.net/estrategias-de-comercializacion.html#:~:text=Las%20estrategias%20de%20comercializaci%C3%B3n%20o,pilares%20b%C3%A1sicos%20que%20debemos%20trabajar.>

Greg, B. D. (2008). Como Preparar Un Plan De Negocios Exitosos. Primera Edición. McGraw-Hill interamericana, México.

Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación (Sexta ed.). Mc-Graw Hill Education.

Hirt, G. A., & Ferrey, L. (2009). INTRODUCCIÓN A LOS NEGOCIOS EN UN MUNDO CAMBIANTE. 7ma Edición. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, México.

- IBNORCA. (30 de junio de 2013). Productos lácteos - Leche cruda y fresca. Norma de Calidad. La Paz, Bolivia: IBNORCA.
- Inglese P., Mondragón C., Nefzaoui A. y Sáenz C. 2018. Ecología del cultivo, manejo y usos del Nopal. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. Roma, Italia.
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior. (2018). Lácteos: Aporte nutricional en la dieta humana. Comercio Exterior, 2-24.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2012). Marketing. Decimocuarta Edición. University of North Carolina, México.
- Lafuente Ibáñez, C., & Marín Egoscozabal, A. (2008). Metodologías de Investigación en las Ciencias Sociales: Fases, Fuentes y Selección de Técnicas. Revista EAN (64), 5-18. Recuperado el 5 de junio de 2021, de <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/450/442>
- Machado Botelho, J., & Gimenes da Cruz, V. (2013). Metodología Científica. Pearson.
- Martínez Rubio, A. (2015). Leche de vaca. Consumo en la infancia: Controversias y evidencias. Revista de Pediatría Atención Primaria (24), 25-29. <https://doi.org/https://scielo.isciii.es/pdf/pap/v17s24/mesa-redonda4.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural. (15 de junio de 2021). Obtenido de <https://produccion.gob.bo/>: <https://produccion.gob.bo/>
- Moferrer Tirado, D. (2013). Fundamentos de Marketing. Primera Edición. Departament de Ciències Jurídiques Econòmiques, España. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.6035/Sapientia74>
- Moreno-Villares, J., Galiano Segovia, M., & Dalmau Serra, J. (2012). ¿Por qué dudamos de si la leche de vaca es buena para los niños? Parte 2. Acta Pediátrica Española, 10(70), 399-402. Recuperado el 10 de junio de 2021, de <https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Dalmau/publication/287415567>
- Muñis González, R. (2014). Marketing en el Siglo XXI. Ediciones CEF, España.

- Ochoa M. y Barbera G. 2018. Historia e importancia agroecológica y económica del nopal. En: Ecología del cultivo, manejo y usos del Nopal. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. Roma, Italia.
- Paucara C. 2017. Caracterización física y química de la tuna (*Opuntia ficus indica*) en el municipio de Luribay provincia Loayza del departamento de La Paz. Tesis de grado. Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés UMSA. La Paz, Bolivia.
- Ramos, R., Pabón, M. L., & Carulla, J. (1998). Factores nutricionales y no nutriciones que afectan la calidad de la leche. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 46(2), 2-7.
- Reyes Gutiérrez, A., Navarro Moreno, D. D., & García Vega, F. (2021). Plan de Negocios Enfocado a Proyectos de Investigación y Desarrollo. 1era Edición. Centro Mexicano de Innovación en Energía-Oceano, Golfo de México.
- Rivas Tovar, L. (2017). Elaboración de Tesis: Estructura y Metodología. Trillas.
- Rodríguez, F., Oros, R., Gonzáles, F., & Thiele, G. (2012). Leche y queso en Oruro, Bolivia. Cochabamba: UMSS IISE - Fundación Cedera.
- Rudebjer P., G. Meldrum G., Padulosi S., Hall R. y Hermanowicz E. 2014. Haciendo realidad la promesa de las especies olvidadas y subutilizadas. Síntesis de Orientación Política Bioersity Internacional. Roma Italia, p 12
- SÁENZ C., (2006), "Utilización agroindustrial del nopal", Boletín de servicios agrícolas de la FAO N° 162, Roma, 182 p.
- SCHEINVAR, L. (1999), "Taxonomía de las Opuntias utilizadas". Estudio FAO Producción y Protección Vegetal N° 132. Roma, pp. 21-28.
- SEMTA, S. M. (2001). Plan de Desarrollo Municipal de Laja. GAML.
- Simpson, M. (19 de julio de 2010). [www.wikipedia.com](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea_de_distribuci%C3%B3n_biogeogr%C3%A1fica#cite_ref-Simpson2010_3-0). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea\\_de\\_distribuci%C3%B3n\\_biogeogr%C3%A1fica#cite\\_ref-Simpson2010\\_3-0](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea_de_distribuci%C3%B3n_biogeogr%C3%A1fica#cite_ref-Simpson2010_3-0)

Universidad Naval. (2005). Metodología de la Investigación. México D.F.: Secretaría de Marina (SEMAR).

Vallejos Chávez, L. M. (2016). Marketing en Productos y Servicios. Primera Edición. Instituto de Investigaciones Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

VELÁSQUEZ, E., (1998), “El nopal y su historia”, Editorial Clío. México.

Villanueva Valentín, P. (2001). ¿Qué es Calidad? Quality Progress, 38-44.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Resolución Administrativa de SENAPI



SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



ESTADO PLURINACIONAL DE  
**BOLIVIA**

MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



2022-TLIT-1134-0-1

**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS**

**RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2958/2022**

**La Paz, 13 de Diciembre del 2022**

**VISTOS:**

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **7 de Diciembre del 2022**, por **RONALDO RENE NINA TINTA** con C.I. N° **6045127 LP**, con número de trámite **DA 1379/2022**, señala la pretensión de inscripción de la Compilación de Obras Escritas titulada: **"PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN UPEA GESTIÓN 2022 - INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL"**, conformada por las Obras Escritas: **"DISEÑO DE SISTEMAS DE SEGURIDAD ELECTRÓNICA BASADO EN LA NORMA ISO 31.000 PARA PEQUEÑAS EMPRESAS DE ALIMENTOS DE LA CIUDAD DE EL ALTO"** CASO: **EMBUTIDOS COPACABANA**", **"METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM"**. CASO: **FRANSPOY PYTEXIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO** y **"DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (Opuntia ficus indica) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en los Formularios de Solicitud, documentación que tiene la calidad de Declaración Jurada.

**CONSIDERANDO**

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios".





IBNORCA  
Sistema Notarial  
Sistema Boliviano

**"2022 AÑO DE LA REVOLUCIÓN CULTURAL PARA LA DESPATRIARCALIZACIÓN:  
POR UNA VIDA LIBRE DE VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES"**



Oficina Central - La Paz Av. Montes, No 515, entre Esq. Uruguay y C. Estación Miraflores, Telf.: 2195700 - 2195276 2195251 Fax: 2195700	Oficina - Santa Cruz Av. Uruguay, Calle prolongación Gujardo, N° 25, Edif. Bicentenario, Telf.: 3102750 - 72042936	Oficina - Cochabamba Calle Chuquisaca, N° 649, Piso 2, entre Antezana y Lanza zona Central - Noroeste, Telf.: 4040403 - 72042957	Oficina - El Alto Av. Juan Pablo II, N° 2560 Edif. MultiCentro El Cerbo Lda. Piso 2, Of. 58, zona 16 de Julio, Telf.: 2141001 - 72043009	Oficina - Chuquisaca Calle Kilómetro 7, N° 366 cas 194, Uruvalapalpa, zona Parque Bolívar, Telf.: 72005873	Oficina - Tarija Calle Ingavi, N° 395 entre Santa Cruz y Méndez, zona La Pampa, Telf.: 72015286	Oficina - Oruro Calle 6 de Octubre, N° 537, entre Ayacucho y Junín, Galería Central, Of. 14 (Ex Banco Fie), Telf.: 6720288	Oficina - Potosí Av. Villazón entre Calles Wenceslao Albo y San Alberto, Edif. AM, Salinas N° 242, Primer Piso, Of. 17.
--	--	--	---	--	--	---	---

www.senapi.gob.bo

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (Opuntia ficus indica) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**


 ESTADO PLURINACIONAL DE  
**BOLIVIA**  
 MINISTERIO DE DESARROLLO  
 PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: "...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial".

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: "... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

#### POR TANTO

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos, sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

#### RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Obras Escritas de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, la Compilación de Obras Escritas titulada: "PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN UPEA GESTIÓN 2022 - INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL", conformada por las Obras Escritas:

- "DISEÑO DE SISTEMAS DE SEGURIDAD ELECTRÓNICA BASADO EN LA NORMA ISO 31.000 PARA PEQUEÑAS EMPRESAS DE ALIMENTOS DE LA CIUDAD DE EL ALTO" CASO: EMBUTIDOS COPACABANA", a favor de los autores: POLY LAZARO ISAAC SALAZAR LARICO con C.I. Nº 6818266 LP, JESUS CRISTIAN CALLE AVIRCATA con C.I. Nº 10076395 LP y ESTEFANI ESCURRA CABRERA con C.I. Nº 12731719 LP y como titular derivado: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL, UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO - UPEA con NIT Nº 122025022, representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.
- "METODOLOGÍA MODERNA DE OPTIMIZACIÓN EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN BASADA EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM". CASO: FRANSPOY Pyme TEXTIL CONFECCIÓN DE LA CIUDAD DE EL ALTO" a favor de los autores: WALTER JACINTO YUCRA con C.I. Nº 4823214 LP, BRAYAN MAMANI CRUZ con C.I. Nº 8382730 LP y JUAN JAVIER CERDANO LLUTA con C.I. Nº 9258539 LP y como titular derivado: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL, UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO - UPEA con NIT Nº 122025022 representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.
- "DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (Opuntia ficus indica) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ" a favor de los autores: MILTON VICTOR PINTO PORCEL con C.I. Nº 3458576 LP, JORGE LUIS VILLA CRUZ con C.I. Nº 12991738 LP y MARCO ANTONIO MAYTA ESCOBAR con C.I. Nº 8327229 LP y como titular derivado: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL, UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO - UPEA con NIT Nº 122025022 representado legalmente por CARLOS CONDORI TITIRICO.

Quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



CASA/heq.  
c.c.Arch.



"2022 AÑO DE LA REVOLUCIÓN CULTURAL PARA LA DESPATRIARCALIZACIÓN:  
POR UNA VIDA LIBRE DE VIOLENCIA CONTRA LAS MUJERES"



Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, No 515,  
entre Esp. Uruguay y  
C. Batallón Illimani,  
Telfs.: 2195700 - 2195716  
2195751 Fax: 2195700

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Quijano,  
Nº 29, Edif. Bicentenario,  
Telfs.: 3102750 - 72043936

Oficina - Cochabamba  
Calle Chuquisaca, Nº 649,  
Piso 2, entre Antezano y Lanza  
zona Central - Noroeste.  
Telfs.: 41141403 - 72043957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, Nº 2560  
Edif. Multicentro El Cebo  
Ddo. Piso 2, Of. 58,  
zona 16 de Julio.  
Telfs.: 2161001 - 72043939

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, Nº 366  
casí esq. Urmilagoitina,  
zona Parque Bolívar.  
Telf.: 72059873

Oficina - Tarija  
Calle Ingavi, Nº 385  
entre Santa Cruz  
y Méndez, zona  
La Rampa.  
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre,  
Nº 597, entre Ayacucho  
y Juánín, Galería Central,  
Of. 14, (Ex Banco Fiel).  
Telf.: 6210188

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Wenceslao Albo y San Alberto,  
Edif. AN, Salinas Nº 202,  
Primer Piso, Of. 17.

www.senapi.gov.bo

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACIÓN DEL NOPAL (Opuntia ficus indica) EN DOS COMUNIDADES DEL  
CANTON SAPAHAQUI DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Anexo 2. Acuerdo firmado entre el Gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui y la Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial de la UPEA



**ACUERDO ENTRE EL GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE SAPAHAQUI  
Y LA CARRERA INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL (IPE) DE LA  
UPEA, EN EL MARCO DEL PROYECTO DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA,  
POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACION DEL  
NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN  
SAPAHAQUI, DEPARTAMENTO DE LA PAZ**



**ACUERDO ENTRE EL GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE SAPAHAQUI Y LA CARRERA  
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL (IPE) DE LA UPEA, EN EL MARCO DEL PROYECTO  
DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE  
COMERCIALIZACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN  
SAPAHAQUI, DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	: "DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACION DEL NOPAL ( <i>Opuntia ficus indica</i> ) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI, DEPARTAMENTO DE LA PAZ"
<b>CARRERA</b>	: INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL (IPE)
<b>BENEFICIARIOS</b>	: PRODUCTORES DE NOPAL (TUNA) EN COMUNIDADES DE SAPAHAQUI
<b>INVESTIGADORES</b>	: ING. M. SC. MILTON VÍCTOR PINTO PORCEL UNIV. JORGE LUIS VILLA CRUZ UNIV. MARCO ANTONIO MAYTA ESCOBAR

### 1. ANTECEDENTES

El Gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui tiene la visión política de alcanzar el Vivir Bien de las/los habitantes de la región a través del logro de las metas de desarrollo social, productivo enmarcados en la planificación 2020 - 2025. Para consolidar el trabajo con miras al logro de los fines trazados y suplir las necesidades primordiales de los estantes y habitantes del territorio municipal, debe resaltar esfuerzos en: Erradicar la extrema pobreza, democratizar el acceso a los servicios básicos, fortalecer la productividad agrícola y el manejo adecuado de los sistemas de vida y medio ambiente en general

Asimismo, la Universidad Pública de El Alto (UPEA) creada el 5 de septiembre de 2000 según Ley No. 2115 con personería jurídica y órganos de decisión internos, se consolidó como universidad plena y autónoma mediante Ley No. 2556 de 12 de noviembre de 2003 y forma parte del Sistema de Universidades de Bolivia. La UPEA institución de formación profesional en cumplimiento del rol asignado por la Constitución Política del Estado y establecido en su Estatuto Orgánico que le permite plantear políticas de integración social y proyección universitaria en el ámbito territorial es el centro de los estudios superiores de la ciudad de El Alto que tiene como misión organizar el sistema de investigación, ciencia y tecnología de forma sostenible, en la integración con los procesos de enseñanza e Interacción social orientada a satisfacer las necesidades y



1



demandas y la solución a los problemas de la Institución, la región y el país con capacidad de acceder a las oportunidades de cooperación internacional.

Enmarcados en este contexto, la Dirección de Investigación de Ciencia y Tecnología DICyT en correspondencia al Estatuto Orgánico de la UPEA, es la encargada de coordinar el sistema de investigación en la UPEA y el Instituto de Investigación de la Carrera INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL (IPE); tiene catalogado en el DICyT el Proyecto titulado: "DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI, DEPARTAMENTO DE LA PAZ". En la gestión académica 2022 se tiene previsto la planificación, ejecución, seguimiento y cierre del mencionado proyecto.

## 2. DEL OBJETO

El presente acuerdo, tiene por objeto establecer una modalidad de implementación y ejecución del proyecto: "DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI, DEPARTAMENTO DE LA PAZ" entre el **Gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui, Productores de Nopal** y la carrera **Ingeniería en Producción Empresarial (IPE)** dependiente de la **Universidad Pública de El Alto (UPEA)**.

## 3. ACUERDO DE PARTES

### 3.1. GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE SAPAHAQUI

- a) Se compromete a facilitar información actualizada de las actividades agropecuarias, productivas y educativas del Municipio, necesarias para el desarrollo del Proyecto de investigación: "DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI, DEPARTAMENTO DE LA PAZ".
- b) Brindar apoyo técnico y logístico en actividades programadas en base a un plan consensuado, que incluye: contacto con productores de nopal, traslado a comunidades priorizadas, acceso a ambientes para cursos y talleres de capacitación, como también para el uso de los Docentes Investigadores en las diferentes actividades investigativas.
- c) Apoyar en la publicación y difusión de los resultados del proyecto y del manual de manejo del cultivo de nopal, entre los productores frutícolas del municipio.





### 3.2. LA CARRERA INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL (IPE), POR INTERMEDIO DE SU INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN.

- a) Se comprometen a realizar el trabajo de Investigación titulado: **"DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA, POTENCIAL PRODUCTIVO Y ALTERNATIVAS DE COMERCIALIZACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica*) EN DOS COMUNIDADES DEL CANTON SAPAHAQUI, DEPARTAMENTO DE LA PAZ"**, con productores de nopal.
- b) Realizar diferentes actividades para establecer la situación actual de la producción de Nopal en coordinación con productores de esta especie y profesionales entendidos en el tema.
- c) Fortalecer las capacidades de los productores mediante cursos y talleres de capacitación en manejo del cultivo, importancia nutricional, medicinal, agroindustrial y medio ambiental asociados a la producción del nopal.
- d) Elaborar un manual sobre recomendaciones prácticas para el Manejo del cultivo de Nopal, como producto final del trabajo de investigación en base de un diseño presentado por el equipo de investigadores.
- e) Realizar el plan trabajo sujeto a un cronograma de actividades de investigación y capacitación, a realizarse conjuntamente entre investigadores de la carrera de Ingeniería en Producción Empresarial, técnicos del Municipio de Sapahaqui y productores de nopal.

Todas las partes declaran su intención de sistematizar las mejores experiencias resultantes del trabajo realizado, actualizando permanentemente la información generada con miras a futuras acciones conjuntas.

#### 4. PLAZOS

El presente acuerdo, tendrá vigencia durante la gestión 2022, pudiendo ser ampliada, previa evaluación conjunta entre el Gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui, Productores de nopal y la carrera de Ingeniería en Producción Empresarial (IPE) de la Universidad Pública de El Alto (UPEA).

#### 5. ACEPTACIÓN DE LAS PARTES

Como muestra de conformidad del acuerdo entre partes, firman los representantes de las instituciones involucradas en el presente acuerdo.





FIRMAS DE CONFORMIDAD

<p>Gobierno Autónomo Municipal de Sapahaqui</p> 	 <p>Ing. Elvis Romer Ramirez Qusbert  <b>ALCALDE MUNICIPAL</b>  GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE SAPAHAQUI</p>
<p>Ingeniería en Producción Empresarial - IPE / Universidad Pública de El Alto UPEA</p> 	 <p>Ing. M. Sc. Ronaldo René Nina Tinta C.I.: 6045127 LP  <b>DIRECTOR DE CARRERA - IPE</b></p>

Es dado, en fecha 26 de mayo de 2022



Anexo 3. Registro fotográfico de coordinación de actividades con personal del Municipio de Sapahaqui.



Reuniones con técnicos de Secretaria General y Producción Agropecuaria y saneamiento del Municipio de Sapahaqui



Reunión de coordinación con el Honorable Alcalde Sapahaqui



Visita a parcelas de Nopal en la comunidad Sapahaqui

Anexo 4. Registro fotográfico de identificación y caracterización de variedades de nopal



Identificación de variedades de tuna: tuna roja en floración y en fructificación



Verificación de parcelas de tuna y registro de variables morfométricas



Productores de nopal tunero en la comunidad Caracato



Imágenes del secado de pencas, capacitación en desinfección, preparado de fungicida y aplicación en pencas semilla, Comunidad Caracato, municipio de Sapahaqui.



Capacitación en tratamiento antifúngico de las pencas de nopal



Capacitación en métodos de siembra de tuna en la comunidad, Comunidad Caracato, municipio de Sapahaqui.