

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



Tesis de Grado

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LA TUNA (*Opuntia ficus indica*) EN
EL MUNICIPIO DE LURIBAY PROVINCIA LOAYZA DEL DEPARTAMENTO DE LA
PAZ**

UNIVERSITARIA: CARLA MARIBEL PAUCARA CONDORI

LA PAZ – BOLIVIA

2017

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**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 presentado como requisito
parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo

PAUCARA CONDORI CARLA MARIBEL

Asesora:

Ing. Ph. D. Carmen Rosa del Castillo Gutiérrez

Revisores:

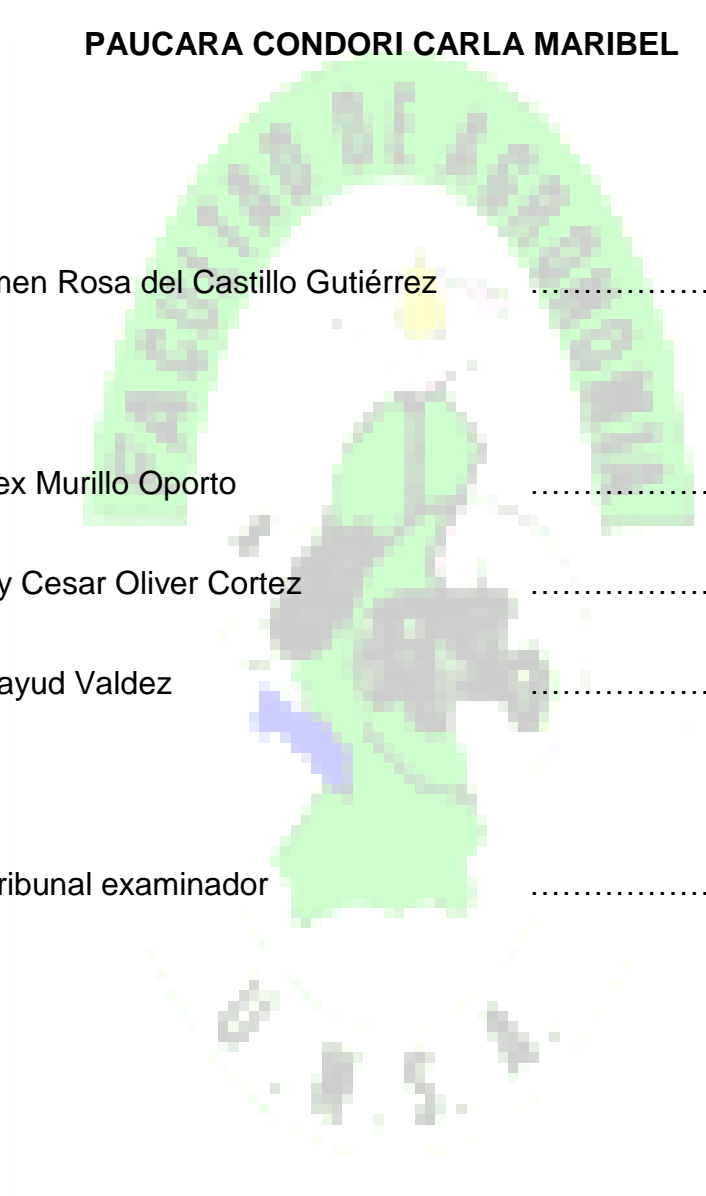
Ing. Williams Alex Murillo Oporto

Ing. M.Sc. Jonhy Cesar Oliver Cortez

Ing. René Calatayud Valdez

Aprobada

Presidente del tribunal examinador



DEDICATORIA

Este presente trabajo está dedicado primeramente a Dios, él me ha dado fortaleza para continuar y terminar con este trabajo. De igual forma a mis padres, a quienes les debo mi vida, les agradezco el cariño, comprensión y sobre todo el apoyo en toda mi carrera universitaria, así también a mis hermanos y amigos quienes siempre me han ayudado en el camino haciéndome cada día una mejor persona. Y finalmente a mi asesora, dándole las gracias por su tiempo, apoyo y sabiduría que me transmitió en el desarrollo de este trabajo y a la culminación del mismo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Índice de cuadros.....	v
Índice de figuras... ..	vii
Índice de anexos.....	vii
Resumen.....	ix
Summary.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Pregunta de investigación.....	2
2. OBJETIVO.....	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
2.3. Hipótesis	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Origen y distribución de los nopales.....	4
3.1.1 Origen e Introducción de la tuna en el país de Bolivia.....	6
3.2. La tuna como recurso natural.....	7
3.2.1 Un recurso natural en Bolivia.....	7
3.3. Tipos y Características de Opuntia spp.....	8
3.4. Distribución de la planta y consumo en distintos países.....	9
3.5. Clasificación botánica de la tuna (O. ficus-indica).....	10
3.6. Opuntia ficus-indica	11
3.6.1 Características fenológicas.....	14
3.6.2 Características morfológicas.....	16
3.6.3. Características fisiológicas.....	18
3.6.3.1 Características Filológicas de la Opuntia ficus indica.....	18
3.7 Descripción de la Opuntia spp.	20
3.8 Composición Química.....	20

3.8.1 Descripción de los frutos, valor nutritivo y propiedades nutricionales de la tuna.....	22
3.9. Requerimiento agroclimáticos para el cultivo de tuna.....	24
3.10 Características ecológicas donde se cultiva la tuna.....	24
3.11 Propagación y plantación.....	25
3.12 Manejos del Cultivo.....	29
3.13 Plagas y enfermedades.....	31
3.14 Usos de la Opuntia ficus indica.....	32
3.14.1 La tuna como súper alimento.....	32
3.14.2 Propiedades nutricionales de la tuna.....	32
3.14.2.1 Uso interno.....	32
3.14.2.2 Uso externo.....	34
3.15 Producción industrial de productos no alimenticios.....	34
3.15.1 Descripción de los tipos de productos.....	34
4. LOCALIZACIÓN.....	37
4.1 Ubicación.....	37
4.1.1 Límites territoriales.....	37
4.1.2 Ubicación de la zona de información.....	38
4.1.3 Clima.....	39
4.1.4 Temperaturas máximas y mínimas	40
4.1.5 Precipitaciones pluviales.....	40
4.1.6 Suelo.....	40
4.1.6.1 Principales Características.....	40
4.1.7 Flora y Fauna.....	41
4.1.7.1 Flora.....	41
4.1.7.2 Principales Especies.....	42
4.1.7.3 Fauna.....	44
4.1.8 Aspecto económico productivo.....	44
4.1.8.1. Producción agrícola.....	44
4.1.8.2. Principales cultivos y variedades.....	44
4.2 Periodos de producción de fruta en Luribay.....	45

5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
5.1. MATERIALES.....	47
5.1.1. Material Biológico.....	47
5.1.2 Material de laboratorio.....	47
5.1.3 Otros materiales.....	47
5.2. METODOLOGÍA.....	47
5.2.1 Procedimiento de la investigación.....	47
5.2.2 Análisis de la información.....	53
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
6.1 Variables de cultivo	60
6.1.1 Peso total del fruto (g)	60
6.1.2 Peso pulpa (g)	61
6.1.3 Peso cáscara (g).....	63
6.1.4 Peso total de la semilla.....	64
6.1.5 Diámetro del fruto (cm).....	66
6.1.6 Tamaño del fruto (cm).....	67
6.1.7 Grosor de la cáscara (cm).....	69
6.1.8 Numero de semillas.....	70
6.1.9 Tamaño de la semilla.....	72
6.2 Variables de laboratorio.....	75
6.2.1 Vitamina A.....	75
6.2.2 Carbohidratos.....	75
6.2.3 Proteína.....	75
6.2.4 Grasa.....	75
6.2.5 Fibra.....	75
6.2.6 Calcio.....	76
6.2.7 Fósforo.....	76
6.2.8 Valor energético.....	76
6.2.9 Humedad.....	76
6.2.10 ° Brix.....	76
6.2.11 Ceniza.....	77

6.2.12 Vitamina C.....	77
6.3 Variables calificables.....	78
6.3.1 Consumo.....	78
6.3.2 Usos.....	79
6.3.3 Nutrientes del fruto de la tuna.....	79
6.3.4 Dificultad al consumir el fruto de la tuna.....	79
6.3.5 Frecuencia de consumo del fruto de la tuna.....	79
6.3.6 Compra del fruto de la tuna.....	79
6.3.7 Calificación del fruto de la tuna.....	80
6.3.8 Variedades del fruto de tuna que consume por preferencia.....	80
6.3.9 Áreas de cultivo de tuna.....	80
6.3.10 Producción y cosecha de tuna en el Municipio de Luribay.....	80
6.3.11 Venta del fruto de tuna.....	80
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
7.1 Conclusiones.....	81
7.2 Recomendaciones.....	82
8. BIBLIOGRAFÍA.....	83
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición nutricional de la tuna.....	23
Cuadro 2. Composición química del fruto de la <i>Opuntia ficus-indica</i>	23
Cuadro 3. Interpretación de los códigos climáticos de Luribay.....	39
Cuadro 4. Especies vegetales.....	42
Cuadro 5. Principales cultivos en la zona de los valles.....	45
Cuadro 6. Principales cultivos del sector del Altiplano.....	45
Cuadro 7. Periodos de producción de frutas del valle de Luribay.....	46
Cuadro 8. Caracterización morfológica de la Tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>).....	59
Cuadro 9. Comparación variedades R y B (PTF)	60
Cuadro 10. Comparación variedades B y N (PTF)	60
Cuadro 11. Comparación variedades R y N (PTF)	61
Cuadro 12. Comparación variedades R y B (PFsC)	61
Cuadro 13. Comparación variedades B y N (PFsC)	62
Cuadro 14. Comparación variedades R y N (PFsC)	62
Cuadro 15. Comparación variedades R y B (PC)	63
Cuadro 16. Comparación variedades B y N (PC)	63
Cuadro 17. Comparación variedades R y N (PC)	64
Cuadro 18. Comparación variedades R y B (PTS).....	64
Cuadro 19. Comparación variedades B y N (PTS).....	65
Cuadro 20. Comparación variedades R y N (PTS).....	65
Cuadro 21. Comparación variedades R y B (DF)	66
Cuadro 22. Comparación variedades B y N (DF)	66
Cuadro 23. Comparación variedades R y N (DF)	66
Cuadro 24. Comparación variedades R y B (TF).....	67
Cuadro 25. Comparación variedades B y N (TF).....	68
Cuadro 26. Comparación variedades R y N (TF).....	68
Cuadro 27. Comparación variedades R y B (GC)	69
Cuadro 28. Comparación variedades B y N (GC)	69
Cuadro 29. Comparación variedades R y N (GC)	70

Cuadro 30. Comparación variedades R y B (NSF)	70
Cuadro 31. Comparación variedades B y N (NSF)	71
Cuadro 32. Comparación variedades R y N (NSF)	71
Cuadro 33. Comparación variedades R y B (TS)	72
Cuadro 34. Comparación variedades B y N (TS)	72
Cuadro 35. Comparación variedades R y N (TS)	73
Cuadro 36. Análisis bromatológico del fruto de la tuna	74
Cuadro 37. Resultados del análisis comparativo	77

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura1. Distribución del nopal en el mundo.....	5
Figura 2. Ubicación de la tuna en Bolivia	6
Figuras 3. Opuntia ficus-indica, planta completa; A, semilla; B, corte transversal del fruto; C, cladodio; D, flor; E, corte longitudinal de la flor; F, fruta; G. Barras= 2m (A), 5 mm (B), 20 cm (D), 5cm (E), 7 cm (G).....	13
Figura 4.Desarrollo y crecimiento de los frutos de la tuna.....	15
Figura 5.Temperaturas y duración del periodo de crecimiento de frutos de Tuna	15
Figura 6. Proceso metabólico de Opuntia ficus-indica, durante la noche y día y esquema simplificado del ciclo CAM de los principales pasos metabólicos	37
Figura 7. Localización de Luribay en el departamento de La Paz.....	37
Figura 8. Localización del municipio de Luribay (Tunares en el camino a Luribay)	38
Figura 9. Localización de Achocara.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Área de investigación comunidades Achocara alto y bajo
- Anexo 2. Medición y toma de algunos datos para la investigación
- Anexo 3. Medición de a) largo, b) ancho de la penca
- Anexo 4. Toma de muestras de fruto de la tuna
- Anexo 5. Tunas muestreadas en la zona de estudio
- Anexo 6. Desinfectado de muestras
- Anexo 7. Pesado total de las muestras de tuna
- Anexo 8. Pesado del fruto sin cascara
- Anexo 9. Pesado de la cascara
- Anexo 10. Lavado de las semillas, separadamente por variedad a) naranja, b) blanca y c) roja.
- Anexo 11. Escarificado de la semilla de tuna
- Anexo 12. Pesado de la semillas. a) naranja, b) roja y c) blanca
- Anexo 13. Diámetro del fruto
- Anexo 14. Grosor de la cascara
- Anexo 15. Formulario de la encuesta
- Anexo 16. Consumo del fruto de la tuna
- Anexo 17. Usos que tiene la tuna como planta
- Anexo 18. Nutrientes que aporta el fruto de la tuna
- Anexo 19. Dificultad al consumir el fruto de la tuna
- Anexo 20. Frecuencia del consumo del fruto de la tuna
- Anexo 21. Consideraciones al comprar el fruto de la tuna
- Anexo 22. Calificación del sabor del fruto de la tuna
- Anexo 23. Variedad de tuna que consume por preferencia
- Anexo 24. Área para el cultivo de tuna
- Anexo 25. Resultados por SELADIS

RESUMEN

En el presente trabajo, se realizó la caracterización física y química de la tuna como fruto, este tipo de planta tiene la capacidad de adaptabilidad a diferentes climas, el fruto mediano de buen sabor y de varios colores o variedades como el rojo, naranja blanco. Los usos de toda la planta están siendo recientemente descubiertos y/o utilizados por nuestros agricultores en nuestro país.

Para el estudio se recolectaron muestras de tuna del Municipio de Luribay de las comunidades de Achocara alto y Bajo. La investigación se desarrolló en tres fases: la caracterización física, la composición química y una encuesta que nos dio información y/o percepción que tiene la gente respecto al consumo del fruto de la tuna.

Las características del fruto de la tuna se evaluó las variables como el diámetro del fruto, el peso total, el peso de la pulpa, cascara y su grosor, peso de la semillas, tamaño de semilla, cantidad de semillas y los resultados que se reportaron fueron: respecto al peso total , peso de la cáscara, peso la pulpa, y tamaño destaco estadísticamente la variedad de color naranja , respecto al diámetro la variedad de color blanco y en cuanto al peso de la semilla, tamaño de la semilla el diámetro de la cáscara los resultados fueron estadísticamente iguales, esto podría ser por las condiciones climáticas del lugar en estudio. En cuanto a su composición química se analizaron las variables más importantes para un análisis nutricional de un fruto como; valor energético, fibra, proteínas, grasas, cenizas, carbohidratos, minerales, vitaminas, cantidad de agua y cantidad de sacarosa, los resultados se analizaron de las tres variedades, las cuales obtuvimos los resultados siguientes: nuevamente la variedad de color naranja destaca en altos niveles de vitamina A y C, Calcio, grasa, y ° Brix, seguida de la variedad de color rojo con altos cantidades de cenizas, valor energético, fosforo, fibra y carbohidratos y respecto a la variedad de color blanca altos niveles de proteína y humedad. Respecto a al consumo y uso que se realiza en las comunidades de Achocara Alto y Achocara Bajo, aun se requiere mayor información y explotación del cultivo de tuna ya que el fruto tiene alto potencial nutricional.

SUMMARY

At present it works, carried out the physical and chemical characterization of the tuna as fruits, this type of plant has the capacitance of adaptability to different climates, the medium fruit of good flavor and of several colors or variety show as the red, white orange. The uses of the whole plant are being recently expositions and/or used for our agriculturists in our country.

For the study gathered show of tuna of the Luribay municipality of the communities of throwing against a wall high and below the investigation is developed in three phases: the physical characterization, the chemical composition and an inquiry that gave us information and/or perception that has the people concerns to the consumption of the fruit of the tuna.

The characteristics of the fruit of the tuna evaluated the variables as the diameter of the fruit, the total weight, the weight of the pulp, chattered and your thickness, weigh of the seeds, seed size, quantity of seeds and the results that it is reported went: respect to the total weight, weight of the hull, weigh the pulp, and size stand out statistical the colored variety orange, concern to the diameter the colored variety white and as for the weight of the seed, size of the seed the diameter of the hull the results went statistical equal, this was dead and buried be for the climatic conditions of the place in study. As for your chemical composition analyzed the more important variables for a nutritional analysis of a fruit as; energy value, fiber, proteins, fatty, ashen, carbohydrates, mineral, vitaminize, quantity of water and quantity of saccharose, the results were analyzed of the three variety show, those which obtuvimoses the following results: again the colored variety orange stands out on high level of vitamin to and c, calcium, fatty, and ° Brix, succession of the colored variety red with high quantities of ashes, energy value, it phosphorate, fiber and carbohydrates and concern to the colored variety high steel blade levels of protein.

1 INTRODUCCIÓN

La tuna (*Opuntia ficus indica*) es ahora parte del paisaje natural y de los sistemas agrícolas en muchas regiones del mundo. Típicamente existen tres sistemas principales de producción: comunidades de cactus silvestres, huertas familiares, plantaciones comerciales intensivas. La tuna se ha adaptado perfectamente a zonas áridas caracterizada por sequías, lluvias erráticas y suelos pobres expuestos a la erosión (Reynolds y Jiménez, 2003).

En los últimos años se ha incrementado el interés de la población mundial por un estilo de vida saludable; en este sentido, la nutrición juega un papel muy importante. La calidad de los alimentos está determinada, en parte, por su valor nutricional. Este valor aumenta o decrece según el tipo y contenido de los nutrientes presentes en ellos, por lo cual se ve interesante y muy importante tomar en cuenta sus características de la tuna en forma física y química.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el municipio de Luribay que se caracteriza por los cultivos de frutales como el durazno, manzanos, uva, cada una produce – fructifica en sus respectivas épocas del año. Presenta un clima cálido, por una carretera serpenteada decorada por cactus y tunas. Las tunas encontradas en estos lugares fueron objeto de la investigación y tomo muestras para el estudio.

1.1 Antecedentes

La tuna es un fruto carnoso, las variedades se diferencian principalmente en cuatro grupos por el color de la cáscara y la pulpa del fruto: cáscara verde amarilla y pulpa blanca, cáscara amarilla anaranjada y pulpa naranja, cáscara verde-roja y pulpa roja; y cáscara y pulpa púrpura (Álvarez, 2011). En el mercado internacional las variedades más apetecidas son las de color (distinto al típico color verde), sobre todo las rojas, amarillas, rosadas y púrpuras, atribuyéndose al color atractivo de la fruta y a su bajo contenido de azúcares.

La coordinadora departamental de la Unidad de Nutrición Integral de Salud (UNÍS), señaló que el consumo de este producto ayuda principalmente al funcionamiento del aparato gastrointestinal y principalmente al estómago. Explico que las sustancias del fruto actúan como antiácidos porque protegen la mucosa del estómago contra los

ácidos clorhídricos principalmente. Por lo que es recomendable su consumo para personas que padecen de gastritis, úlceras y acidez. Además aseguran que la tuna es un excelente antioxidante natural porque contiene sustancias protectoras para el aparato gastrointestinal (www.elpaonline.com).

1.2 Planteamiento del problema

En nuestro país aún no se valora ni difunde; las potencialidades que tiene la tuna, su importancia en la alimentación del ser humano, tampoco sus características físicas y químicas, ni su producción y/o explotación agrícola en nuestro país, puede ser una alternativa alimenticia y de alguna manera ayudar al medio ambiente.

1.3 Justificación

La investigación se basa fundamentalmente en la tuna como fruto, se quiere llegar a determinar sus características físicas y químicas, para así poder evaluar y analizar su morfología, fisiología, variación, su valor nutritivo, sus potenciales alimenticios y cantidad de nutrientes, lo que será analizado y demostrado por varios métodos de estudio. Considerando que el fruto de la tuna es de bajo costo, fácil de manejar, puede adaptarse a climas muy áridos es delicioso y rápido su consumo.

1.4 Pregunta de investigación

¿Qué propiedades físicas y químicas existen en la tuna (*O. ficus-indica*) y como la considera la población?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Realizar la caracterización física y química de la tuna (*Opuntia ficus indica*) en el municipio de Luribay provincia Loayza del departamento de La Paz.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar y determinar las características morfológicas en la tuna del municipio de Luribay.
- Realizar un análisis bromatológico para conocer las características químicas que compone el fruto de la tuna.
- Caracterizar el uso y forma de consumo de la tuna en el municipio de Luribay.

2.3. Hipótesis

La caracterización morfológica de la tuna en el municipio de Luribay es igual en sus comparaciones.

El análisis bromatológico en la caracterización química que compone el fruto de la tuna, son los mismos resultados.

El uso y forma de consumo de la tuna en el municipio de Luribay no se diferencian.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Origen y Distribución de la Tuna (*Opuntia ficus indica*)

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.

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 poliploide, se reproducen en forma sexual o asexual y existen numerosos híbridos inter específicos. Distintos autores presentan variaciones en la colocación taxonómica de los nopales dentro de la familia *Cactaceae*.

En esta publicación se sigue la clasificación propuesta por GRIN, o sea la consideración de los nopales bajo el género *Opuntia*. 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; Velasquez, 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 Cadiz, puntos terminales de los viajes a las Indias (Barbera, 1999).

Es así como 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. 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.

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 Sudafrica *prickly pear*, (nombre que está evolucionando actualmente a *cactus pear*, a fin de eliminar el termino considerado algo peyorativo de *prickly* [espinoso]); en Israel se conoce como *sabrás*, que significa espinoso por fuera pero dulce por dentro. En Eritrea y Etiopia 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).



Figura1. Distribución del nopal en el mundo (Sáenz, 2006).

3.1.1 Origen e Introducción de la tuna a Bolivia

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 las ciudades de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz.



Figura 2. Ubicación de la tuna en Bolivia (mapas@google, 2016).

3.2 La tuna como recurso natural

Las plantas del genero *Opuntia* son nativas de varios ambientes, desde zonas áridas al nivel del mar hasta territorios de gran altura como los Andes del Perú; desde regiones tropicales de México donde las temperaturas están siempre por sobre los 5 °C a áreas de Canadá que en el invierno llegan a -40 °C (Nobel, 1999). Por esta razón, estas especies pueden ser un recurso genético de interés para zonas ecológicas muy diversas. Uno de sus mayores atractivos es su anatomía y morfología adaptada a condiciones de fuerte estrés ambiental, por lo que son una alternativa de cultivo para regiones donde difícilmente crecen otras especies.

Las características de las plantas que las hacen adaptables al medio árido tienen relación con la conformación de varios de sus órganos. Sus raíces superficiales y extendidas captan el agua de las escasas lluvias que caen en esos ambientes (Sáenz, 2006).

En Etiopia, los nopales son considerados como «el puente de la vida», ya que tanto los tallos que acumulan gran cantidad de agua, como los frutos, sirven de alimento para que el ganado subsista en épocas de sequía y los pastores cuenten con alimento, contribuyendo así de manera importante, a la supervivencia de ambos. Si en estos países se difundiera el consumo de los nopales con las variadas formas, sería posible disminuir la desnutrición y mejorar la calidad de vida de algunos países. Todas estas características con que la naturaleza ha dotado a esta especie, hacen de ella una promisoriosa planta de alto provecho para la humanidad.

3.2.1 Un recurso natural en Bolivia

El 41% del suelo boliviano está en proceso de degradación por la erosión y la desertificación. La erosión es el desgaste de la capa superficial de la tierra, donde normalmente se hallan los sustratos que ayudan a fertilizar el suelo.

Si bien el viento y el agua pueden provocar erosión, el quitar las capas de protección como hierbas y árboles, la falta de agua, el cultivo excesivo o la amplia deforestación, también influye en su expansión. La desertificación, en cambio, ocurre cuando la tierra pierde capacidad productiva. Así, en Bolivia, los departamentos más afectados por

estos fenómenos son La Paz, Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Oruro, especialmente en sus regiones áridas y semiáridas (La prensa, 2010).

Es por eso que la tuna es una planta que es conocida como resistente a ciertos tipos de temperaturas y suelos, por lo cual se las utiliza como barreras vivas, cercos, murallas hechas de la misma tuna, ayuda a frenar la degradación del suelo, lo cual no solo puede ser explotada en este ámbito, sino también como un medio de obtención de alimento gracias a su fruto. Lo que se lograría un doble propósito, cuidar el medio y también utilizar la tuna como un recurso natural.

3.3 Tipos y Características de *Opuntia* spp.

La taxonomía de los nopales es muy compleja por varias razones ya citadas. Solo un intenso trabajo de campo puede permitir reconocer e identificar las especies, sus variedades y adaptaciones reflejadas en su fenotipo (Scheinvar, 1999).

Se conocen casi 300 especies del genero *Opuntia*. Sin embargo, hay solo 10 o 12 especies hasta ahora utilizadas por el hombre, ya sea para producción de fruta y nopalitos 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. xocconostle*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*. Como especies silvestres: *Opuntia hyptiacantha*, *O. leucotricha* y *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.

Las características de estas especies son variables, diferenciándose en la forma de los cladodios, en la presencia o ausencia de espinas, en el tamaño y color de los frutos y en otras características botánicas. Por ejemplo, los frutos de *Opuntia ficus-indica* son dulces, jugosos, de color amarillo, anaranjado, rojo o púrpura, con mucha pulpa y cascara de grosor variable, pero generalmente delgada.

Los frutos de *O. xocconostle* o tuna cardona son más pequeños, de sabor ácido, exteriormente de color verde-púrpura y rosados en el interior. *O. streptacantha* produce frutos de color púrpura, jugosos y dulces (Scheinvar, 1999), no muy resistentes para su manejo, de fácil descomposición y que maduran muy rápidamente

lo que impide una comercialización en gran escala. Por ello es la especie preferida para producir bebidas fermentadas. (Saenz, 2006).

Los brotes tiernos (nopalitos) de *Opuntia ficus-indica* y de otras especies se utilizan, principalmente en México, para la producción de nopal verdura. Para la cría de la cochinilla se destinan tanto *O. ficus-indica* como *O. cochenillifera* (*Nopalea cochenillifera*). En Brasil, Chile y México, entre otros, se utiliza primordialmente *Opuntia ficus-indica* para la obtención de forraje (Saenz, 2006).

3.4 Distribución de la planta y consumo en distintos países

Son numerosos los países en el mundo en los que ocurren estas plantas, ya sean cultivadas o silvestres. Barbera (1999) señala que la mayor superficie se encuentra en México con cerca de 50.000 hectáreas para producción de fruta. (Flores ,1999) citado por (Flores-Valdez, 2003) señala que habría actualmente alrededor de 72.000 hectáreas para producción de fruta y 10.500 hectáreas para producción de nopalitos, sin considerar las nopaleras silvestres que ocuparían varios millones de hectáreas. (Barbera, 1999).

Asimismo se encuentran superficies menores en Argentina, Bolivia, España, (Islas Canarias), Estados Unidos de América, Israel, Jordania, Sudáfrica y Venezuela. También es importante en el norte de África (Argelia, Egipto, Libia, Marruecos y Túnez, entre otros); solamente en Túnez habría entre 400.000 y 500.000 hectáreas (Barbera, 1999).

Dada la alta dispersión de estas especies, las estadísticas oficiales son escasas y no está disponible la información sobre la superficie plantada de nopales y sus destinos: tuna, nopalito, forraje o producción de cochinilla. Otros sectores productivos también se están beneficiando con las propiedades de la tuna y los nopales, ya que son materia prima para la industria de cosméticos, de bebidas alcohólicas y de suplementos alimenticios, esta última especialmente ligada a la industria farmacéutica. Los nopales se utilizan además como cerco vivo en huertos y predios y contribuyen por otra parte al control de la desertificación (Sáenz, 2006).

3.5 Clasificación botánica de la tuna

La tuna (*O. ficus-indica*) se produce en 32 países, siendo en la mayoría de ellos un producto secundario de la producción de forraje o de su uso en la conservación de suelos, o corresponden a plantaciones en superficies pequeñas, por lo que los frutos son consumidos localmente y no participan en el mercado mundial de exportación. Entre los países productores destacan México, Túnez, Argentina, Italia, Sudáfrica, Chile, Israel y EE.UU. (Álvarez, 2011).

El primer nombre español es Higo de las Indias, que alude a su origen, las "Nuevas Indias" y de allí su primer nombre científico: *Cactus ficus-indica* L.

El nombre *ficus-indica* había sido usado en "frases diagnósticas" ya mucho antes de Linneo, para designar varias especies, la clasificación fue realizada por (Castro J., Paredes C. y Muñoz D., 2009) como sigue:

Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Caryophyllales
Familia	: Cactaceae
Subfamilia	: Opuntioideae
Género	: Opuntia
Especie	: <i>ficus-indica</i>
Nombre binomial	: <i>O. ficus-indica</i> (L.) 1768 Mill.

También se ha podido obtener otra clasificación más reciente, que se diferencia con la clasificación con la que se realizó (Sáenz, 2006).

Clase	: Dicotyledonae
Orden	: Opuntiales
Familia	: Cactaceae
Subfamilia	: Opuntioideae
Género	: Opuntia
Especie	: <i>ficus-indica</i>
Nombre científico	: Opuntia ficus – Índica (L.)

Aun no existen variedades registradas por el INIAF sobre el fruto de la tuna en nuestro país. Pero en México hay registrada más de 300 especies según (Scheinvar , 1999) de tuna y 104 especies y variedades según (Bolaños, 2014).

3.6 Opuntia ficus-indica

Opuntia ficus-indica, pertenece a la familia Cactaceae. Las cactáceas con los géneros *Opuntia* formado por 250 especies; *Echinocactus*, que tiene 300 especies; *C. ereus*, con 200 especies; *Mammillaria*, con 200 especies, y *Rhipsalis*, *Phyllocactus* y *Melocactus*. Caracterizan el paisaje vegetal de las comarcas más secas de la América intertropical, lo mismo que el de la región mediterránea (Sáenz, 2006).

La figura 3, presentan a la tuna en sus características morfológicas de la tuna , se puede observar las partes de la planta, las mismas se encuentran dibujadas a escala

Figura 3



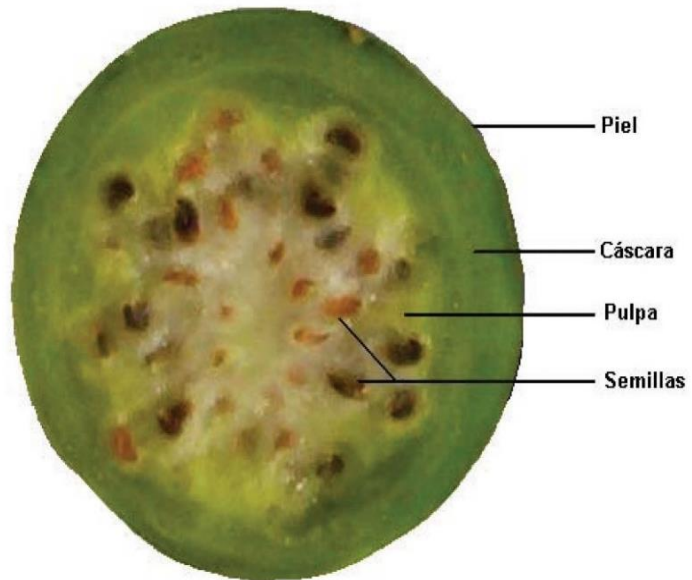
1: 20



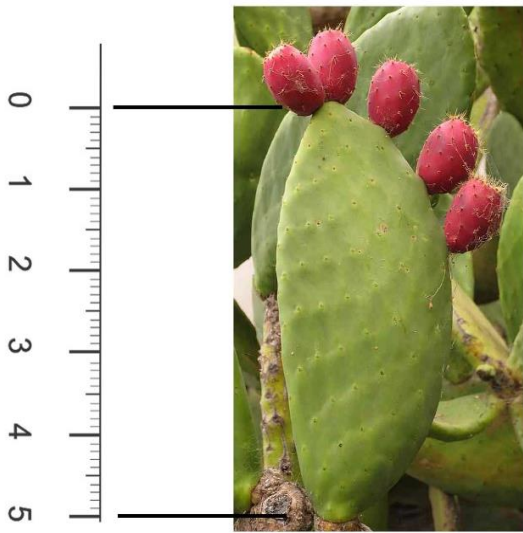
A) PLANTA COMPLETA



B) SEMILLA



C) CORTE TRANSVERSAL DEL FRUTO



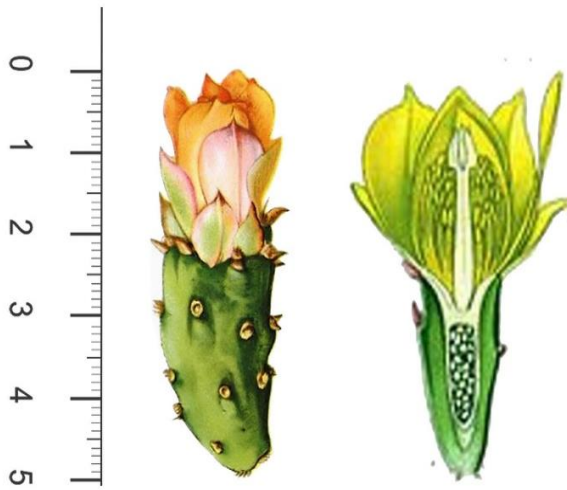
ESCALA 1: 4

D) CLADODIO



ESCALA 1:1

F) FRUTO



ESCALA 1:1

E) FLOR

F) CORTE LONGITUDINAL DE LA FLOR



Figuras 3. *Opuntia ficus-indica*, planta completa; A, semilla; B, corte transversal del fruto; C, cladodio; D, flor; E, corte longitudinal de la flor; F, fruta; G. Barras= 2m (A), 5 mm (B), 20 cm (D), 5cm (E), 7 cm (G) (Paucara, 2016 después de Saenz, 2006)

Las especies de *Opuntia* son plantas suculentas perennes resisten la desecación. La resistencia de estas plantas a la desecación está determinada básicamente por dos factores. El primero como su nombre lo indica, la suculencia: la presencia de células grandes de paredes delgadas que tiene la capacidad de almacenar agua y formar un tejido rodeado por una epidermis, cuya cutícula es densa e impermeable. El segundo factor es el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM) como se mencionó, el bióxido de carbono se fija durante la noche en ácidos orgánicos los cuales, en el día se transforman mediante el proceso de la fotosíntesis en almidón. Esta combinación es combinada con un mecanismo por medio del cual los estomas se cierran firmemente durante la parte caliente y seca (cuando la transpiración puede ser muy elevada) y se abren únicamente la noche fresca y húmeda (Sáenz, 2006).

3.6.1 Características Fenológicas

La fenología de las plantas está relacionada al clima (temperatura, radiación y humedad). Comprende fenómenos biológicos como la brotación de yemas, la inflorescencia y la maduración de los frutos. Es indispensable reconocer cada uno de estos cambios biológicos para identificar los momentos clave para la toma de decisiones en relación al manejo del cultivo (fertilización, irrigación, poda, aplicación de hormonas y control de enfermedades), por lo tanto es importante identificar la iniciación y finalización de la floración, la iniciación de la fase de fructificación y la duración del período de desarrollo del fruto. (Castro J., Paredes C., y Muñoz D., 2009)

El ciclo de desarrollo de los frutos de tuna a partir del inicio de floración en la planta hasta la completa maduración del fruto y el punto máximo de desarrollo y la madurez fisiológica de los frutos se obtiene 80 días después de la antesis (Castro J., Paredes C., y Muñoz D., 2009)

- Brotación y floración requieren T° min de 15-16 °C
- Floración y cosecha escalonada: diferenciación => antesis = 6-7 semanas (25-30% peso final!)
- Aproximadamente 100 días de flor a madurez (Franck, N., 2014).

La figura 4, presenta la evolución del desarrollo y maduración de frutos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) antes de la antesis; Estadios de maduración: V (fruto verde); IP (inicio de la pigmentación amarillo); VA (verde amarillado) e AV (Amarillo verde (Castro J., Paredes C., y Muñoz D., 2009)

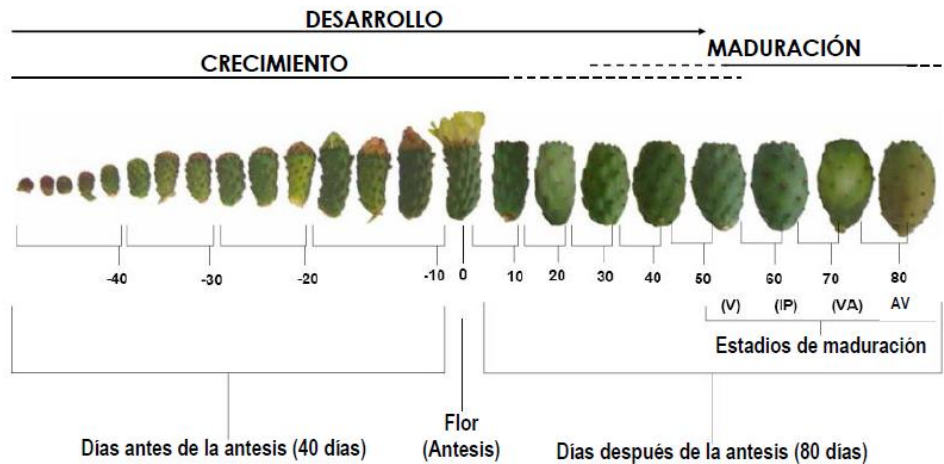


Figura 4. Desarrollo y crecimiento de los frutos de la tuna (Castro J., Paredes C., y Muñoz D., 2009)

Las temperaturas adecuadas para que exista un crecimiento óptimo de la tuna, también, el tiempo que dura el crecimiento del fruto son desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo y con temperaturas promedio de 25 a 30 °C, es el tiempo y temperatura óptima para su crecimiento (figura 6).

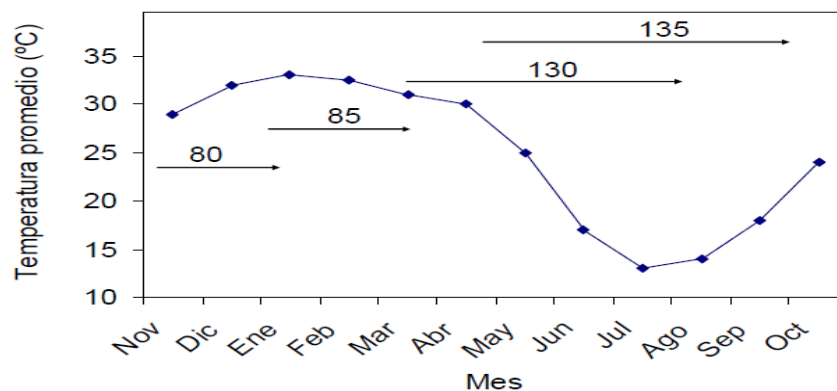


Figura 5. Temperaturas y duración del periodo de crecimiento de frutos de Tuna (Franck N., 2014).

De acuerdo a la gráfica se puede observar la cantidad de días que tiene cada periodo de crecimiento del fruto de la tuna. En los primeros 80 días existe un leve crecimiento del fruto de la tuna en los meses de Noviembre a finales de Enero, mientras tanto en comienzos de Enero hasta finales de marzo existe un mayor crecimiento, lo cual pasado los 86 a 120 días el crecimiento es menor del fruto de la tuna, por lo cual los últimos meses de Julio y Agosto existe muy poca probabilidad de crecimiento del fruto de la tuna.

3.6.2 Características Morfológicas

El CEZA, (2011) describe las características morfológicas de la tuna como sigue:

Tallo: 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. En el Perú las variedades más usuales desarrollan portes de aproximadamente 1,5 m de altura. El tallo, a diferencia de otras especies de cactáceas, está conformado por tronco y ramas aplanadas que posee cutícula gruesa de color verde de función fotosintética y de almacenamiento de agua en los tejidos.

Hojas: Las hojas caducas solo se observan sobre tallos tiernos, cuando se produce la renovación de pencas, en cuyas axilas se encuentran las aerolas de las cuales brotan las espinas, de aproximadamente 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.

Frutos: El fruto es una baya polisperma, 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. El fruto tiene una cascara gruesa, espinosa, y con una pulpa abundante en pepas o semillas. El fruto maduro es una baya de forma ovalada con diámetros de entre 5,5 y 7 cm, una longitud de 5 cm a 11 cm y un peso variable entre 43 y 220 gramos.

Flores: Las flores son solitarias, localizadas en la parte superior de la penca, de 6 a 7 cm de longitud. Cada aerola 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. Las flores, en forma de corona, nacen de las areolas en los bordes de los segmentos. Florece una vez al año y tanto el fruto como la flor pueden ser de diversos colores, desde el amarillo al rojo.

- **Biología floral:** La brotación y floración requieren una temperatura mínima de 15-16 °C. El desarrollo floral, desde la yema floral hasta la antesis, requiere entre 21 y 75 días; la dehiscencia de las anteras puede ocurrir simultáneamente con la apertura floral o 12 h antes (Rosas y Pimienta, 1986; Nieddu y Spano, 1992). *Opuntia ficus-indica* es autocompatible. Himenópteros, especialmente abejas, son los principales visitantes de sus flores. El desarrollo de la semilla se lleva a cabo 30-70 días después de la antesis.

- **Crecimiento y desarrollo del fruto:** El desarrollo en diámetro del fruto es de tipo doble sigmoideo. El período desde floración a madurez del fruto se extiende por 100 días. En Chile e Israel existe producción de fruta en verano e invierno, donde los frutos de verano tardan 80-85 días entre flor y fruto maduro, mientras que en invierno el proceso toma 130-135 días. El fruto fotosintetiza el 8-10% de los asimilados que consume.

La composición de los frutos varía con la madurez. Es necesario tener en cuenta que son frutos no climatéricos, por lo que es fundamental cosecharlos con madurez de consumo.

Los SST (Sólidos Solubles Totales) aumentan rápidamente cuando la pulpa comienza a crecer (40-50 días después de cuaja); cuando se inicia el cambio de color de la cáscara, el contenido de SST es de 85-90% del que alcanza un fruto maduro. Los SST aumentan ligeramente en frutos completamente maduros, pero en esta etapa ya no son adecuados para almacenamiento y están muy blandos para el manejo. Los SST

y vitamina C aumentan considerablemente durante el proceso de maduración, mientras que la firmeza y la acidez se reducen.

Las especies del subgénero *Opuntia* spp. han desarrollado adaptaciones estructurales, fenológicas y fisiológicas favorables para su desarrollo en ambientes áridos, donde el agua es la principal limitante en la mayoría de los vegetales. Su adaptación más notable es su reproducción asincrónica, y su Metabolismo del Ácido Crasuláceo (MAC), el cual, combinado con adaptaciones estructurales, tales como la succulencia, le permiten sobrevivir largos periodos de sequía, y alcanzar niveles de producción aceptables inclusive en años de sequías realmente severas.

3.6.3 Características Fisiológicas

Winter y Smith, (1996) y Lüttge, (2004) describen las características fisiológicas de la tuna las mismas se presentan en los acápite siguientes.

3.6.3.1 Características Fisiológicas de la *Opuntia ficus indica*

Melgarejo, P. (2000), Pimienta B, S. Loza y M. Castillo, A.,(2003) describen las características fisiológicas de la tuna como sigue:

La tuna está especialmente adaptada a zonas cálidas áridas y semiáridas, soportando extremas sequías estivales, es una planta suculenta o crasa (posee tejidos acumuladores carnosos), que acumulan gran cantidad de agua en sus tallos. Además, diversos autores consideran que las características anatómicas de la epidermis, densidad baja de estomas y cutícula gruesa, han tenido una función importante en la adaptación de las tunas a la aridez.

El xilema, además de la función de soporte mecánico, tiene la función en la regulación de la economía hídrica. Al respecto, en un estudio anatómico de los elementos de vaso del xilema en las especies de *Opuntia*, verificó que los vasos del xilema son especializados, ya que tienen las punteaduras intervasculares predominantemente escalariformes y alternas, estos vasos son estrechos lo que es una ventaja adaptativa en hábitats secos ya que los hace menos vulnerables a la cavitación.

Además otra peculiaridad de la tuna es su metabolismo especial que es el CAM (Crassulacean acid metabolism). Dicho metabolismo CAM se describe para especies

de la familia Crasulácea y consiste en (1) captación nocturna de CO₂, vía apertura estomática fijado por la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC), almacenando CO₂ en la vacuola en forma de ácidos orgánicos especialmente ácido málico y (2) la remobilización en el día de los ácidos orgánicos de la vacuola y refijación del CO₂, con estomas cerrados en el ciclo de Calvin (fase III).

Entre estas fases hay transiciones principalmente cuando los estomas se abren para captar CO₂, por un corto tiempo durante un periodo temprano de luz (fase II) y la reapertura continua tarde en el periodo de luz para captar CO₂ directo para la asimilación de carbohidratos cuando se agotan los ácidos orgánicos vacuolares (fase IV). Las fases II y IV responden sensiblemente a los parámetros de entrada del medio ambiente (Lüttge, U. 2004). De esta forma se reducen la pérdida de agua de los estomas en gran parte de las horas del día, especialmente las más calurosas en donde mantienen sus estomas cerrados, abriéndolos durante la noche donde almacenan ácido málico, y en el día se va transformando en azúcares (figura 6).

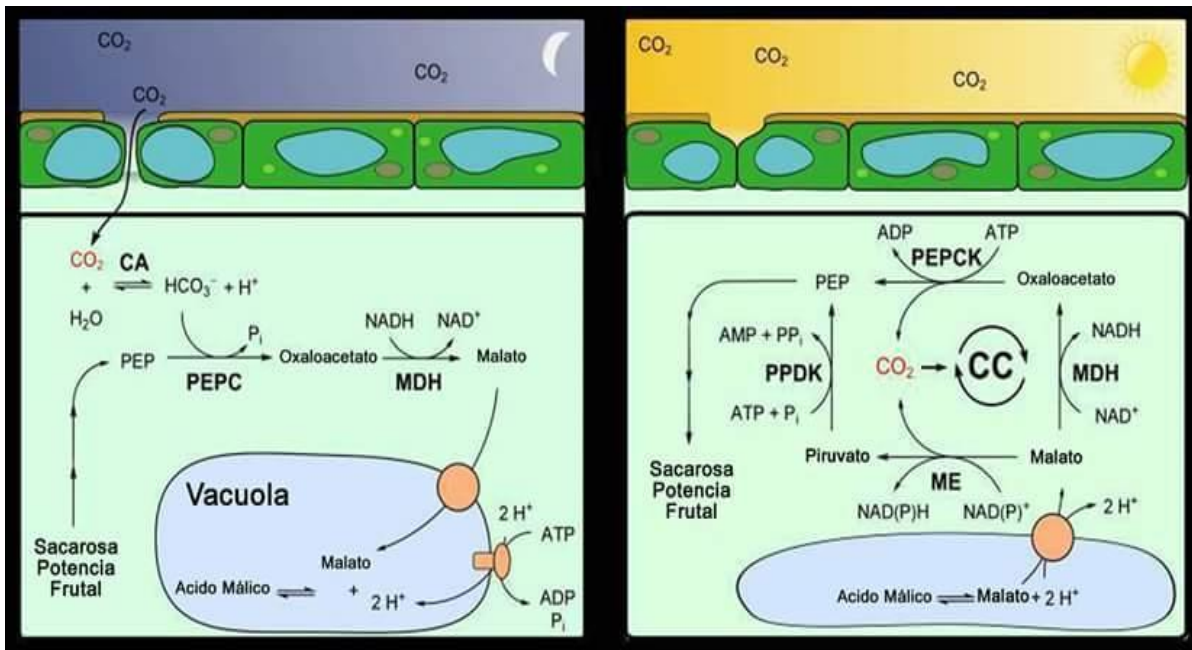


Figura 6. Proceso metabólico de *Opuntia ficus-indica*, durante la noche y día y Esquema simplificado del ciclo CAM de los principales pasos metabólicos (Celi C., 2013).

3.7 Descripción de la *Opuntia* spp.

Sáenz (2006) describe la *Opuntia* spp. como sigue:

Planta arbustiva de la familia de las cactáceas. Como la mayoría de los miembros de este género carece de hojas monofilas, los segmentos o cladodios en que se divide, son tallos capaces de ramificarse, emitiendo flores y frutos. Estos tallos son planos, ovales y de color verde medio.

Poseen dos clases de espinas, reunidas en los gloquidios (especie de cojincillos) de las areolas, unas largas y duras, y otras cortas y finas con aspecto veloso. Sus ramas están formadas por pencas de color verde opaco con areolas que contienen espinas más o menos numerosas, amarillas y produce flores de 7 a 10 cm de largo, su fruto es oval de 5 a 10 cm. de largo x 4 a 8 cm. de diámetro y su color puede ser amarillo, anaranjado, rojo o purpúreo con abundante pulpa carnosa y dulce.

Longevidad.- En terrenos apropiados con pH Neutro y sin problema de plagas el Nopal puede llegar a vivir hasta 80 años. Las plantaciones comerciales de explotaciones intensivas, pueden durar 3 años.

Cladodios.- Los cladodios (pencas) transforman la luz en energía química a través de la fotosíntesis, están recubiertos por una cutícula del tipo lipídica, interrumpida por la presencia de los estomas mismos que permanecen cerrados durante el día. La cutícula del cladodio evita la deshidratación provocada por las altas temperaturas del verano. La hidratación normal del cladodio alcanza hasta un 95% de agua en peso.

Acidez.- La acidez contenida en el Nopal se determina en función de la hora en que se coseche.

3.8 Composición Química

Para Sáenz, (2006) la composición química de la tuna es la siguiente:

- ✓ Las pencas son ricas en agua y contienen además sales minerales (calcio, fósforo, hierro) y vitaminas sobre todo la vitamina C. Las tunas contienen alrededor de un 15% de azúcares.

- ✓ Los mayores componentes de los cladodios son polímeros hidrocarbonados, principalmente mucilagos y pectina. El jugo del opuntia tiene interesantes propiedades antioxidantes, atribuibles a los derivados fenólicos.
- ✓ El fruto posee un valor nutritivo superior al de otras frutas en varios de sus componentes. Dentro de las vitaminas tiene un contenido considerable de ácido ascórbico, caroteno, niacina, tiamina, riboflavina y en cuanto a los oligoelementos posee concentraciones importantes de hierro, zinc y manganeso.

En su composición fotoquímica, es rica en sustancias con actividad antioxidantes como betalainas, compuestos fenólicos, betacianinas y flavonoides. Se ha demostrado que posee actividad antioxidante, hipolipemiente, hipoglucemiante, gastroprotectora, neuroprotectora, hepatoprotectora y cicatrizante. Las pencas son ricas en agua y contienen además sales minerales (calcio, fosforo, hierro) y vitaminas, sobre todo la C.

- ✓ Los frutos de la opuntia son ricos en minerales, fibras y vitaminas. Los azúcares contenidos en los cladodios de la opuntia ficus-indica son principalmente glucosa y ácido galacturónico. Por cromatografía líquida de alto rendimiento se han detectado glucósidos de kaempferol e isoramnetina. También se ha encontrado cristales de oxalato en gran cantidad.
- ✓ Los segmentos frescos de este cactus contienen alrededor de un 90% de agua. Los frutos, contienen un 83.8 – 91.0 % humedad, un 12% de azúcar y 6,75% de materias nitrogenadas, además de ácidos orgánicos (alrededor del 0,10%)
composición química de la tuna en (g/100 g pulpa), con un característico colorante entre rojo y anaranjado, lo que provoca que, al consumirlo, la orina se tina de ese color.
- ✓ El fruto de *O. ficus-indica* contiene los alcaloides del indol, betanina y los isómeros iso y neobetanina y otros alcaloides, además de indicaxantina y opuntiaxantina. En hojas y tallos se han identificado los alcaloides mezcalina, tiramina y su ácido. Las flores contienen el flavonoide isoramnetin y el esteroide beta-sitosterol; y en el peciolo se encuentran los flavonoides camferol, luteolin, penduletin, quercetin y rutin.

3.8.1 Descripción de los frutos, valor nutritivo y propiedades nutricionales de la tuna

El CEZA, (2011) y Sudzukl, (1993), describen el fruto de la tuna, como se compone su estructura para determinar su calidad como sigue:

La cáscara, que corresponde a la parte no comestible del fruto, por lo que a menor peso de esta, mayor será la calidad del fruto. Durante la primera semana después de floración es mayor el crecimiento de la cáscara que el del tejido que origina la pulpa, situación que luego se revierte y el lóculo empieza a expandirse, especialmente los últimos 30 días del desarrollo del fruto, por lo que es fundamental el aporte hídrico en esta etapa.

La pulpa (porción comestible del fruto) se origina de células papilares de la epidermis dorsal de la envoltura funicular y el funículo. La envoltura funicular contribuye con 90% de la parte comestible y el funículo con el 10%. Los ácidos orgánicos están presentes en rangos muy bajos y prácticamente no influyen en el sabor (0,01-0,12 % de ácido cítrico y 0,02-0,06% de ácido málico). La pulpa se compone mayoritariamente de agua (83%). Durante la cosecha los rangos de sólidos solubles fluctúan entre 10-17 °Brix, siendo el óptimo 13-15 °Brix.

Las semillas son de forma discoidal, poseen testa reticulada y arilo lateral angosto. Se encuentran de 100 a más de 400 semillas por fruto, con diámetro de 3 a 4 mm (Cerezal y Duarte, 2005). Se diferencian en semillas viables y abortivas (35-40% del total). Una de las características más importantes que presenta la semilla abortiva es que su envoltura funicular es capaz de desarrollar pulpa, al igual que la envoltura de semillas normales.

En un fruto maduro las semillas abortivas se distinguen por su tamaño pequeño y color pardo claro, en contraste con las semillas normales que son de mayor tamaño y de color oscuro (Pimienta, 1990; Scheinvar, 1999). Se han encontrado correlaciones positivas entre el contenido de semillas (número y peso) y el peso total de la fruta, indicando que el mayor tamaño de la fruta está relacionado con el mayor número de semillas.

El valor calórico de su pulpa varía entre 31-50 kcal/100 g, comparable con el de otros frutos como la pera, la manzana, el durazno y la naranja. El contenido total de aminoácidos libres (257,24 mg/100 g) es mayor que el promedio de otros frutos. La tuna presenta un alto nivel de ácido ascórbico que puede llegar a valores de 40 mg/100 g (contenido mayor que el de la manzana, la pera, la uva y el plátano).

El cuadro 1 muestra la composición nutricional de la parte comestible de los frutos de tuna.

Cuadro 1. Composición nutricional de la tuna

Componentes	Contenido de 100g de parte comestible
Calorías	31
Humedad	90,60 %
Carbohidratos	8 g
Ceniza	0,4 g
Fibra	0,5 g
Proteína	0,5 g
Calcio	22 mg
Fósforo	7 mg
Hierro	0,3 mg
Niacina	0,3 mg
Rivoflavina	0.02 mg
Tiamina	0,01 mg
Vitamina C	30 m

Fuente: CEZA (2011).

Las pencas son ricas en agua y contienen además sales minerales (calcio, fósforo, hierro) y vitaminas sobre todo la vitamina C (Eguiluz, 1978). El fruto, posee un valor nutritivo superior al de otras frutas en varios de sus componentes, 100 g de la parte comestible posee (cuadro 2) (Camacho, 1993).

Cuadro 2. Composición química del fruto de la *Opuntia ficus-indica*

Unidades calóricas	56-58
Proteína	3 g
Grasa	0,2 g
Carbohidratos	15,5 g
Calcio	30 g
Fosforo	28 g

Fuente: Eguiluz (1978).

3.9 Requerimiento agroclimáticos para el cultivo de tuna

Castro J., Paredes C. y Muñoz D., (2009) describen los requerimientos agroclimáticos del cultivo de la tuna como sigue:

1 Precipitación

Respecto al agua, sabiendo que el cultivo de la tuna es tolerante a la falta de agua, si se pretende establecer una plantación para la producción de verdura deberá ser accesible y cercano a una fuente de agua, con el fin de proporcionarle el manejo adecuado a la plantación, y obtener mejores rendimientos. Si el cultivo es para forraje y fruto, la producción depende de la cantidad y calidad del riego.

2 Temperatura

En cuanto a las condiciones climáticas requeridas para su desarrollo, es necesaria una temperatura media anual de 16-28° C; una precipitación pluvial media anual de 150-1800 milímetros, la altitud tiene un margen de 800 - 1800 metros sobre el nivel del mar. En general, los rangos mencionados se refieren a condiciones óptimas de desarrollo la planta de tuna, sin embargo la especie, prolifera fuera de estas características. Una vez establecido la plantación, se adapta a condiciones o áreas disturbadas, aunque requieren de labores y cuidados para lograr buenos rendimientos y duración de la plantación.

3 Suelos

Los suelos deben ser de textura franca, franco arcilloso arenosa, arenosos, franco arenoso, con pH 6.5–8.5. Los mejores suelos para las plantaciones tuna son los de origen calcáreo con textura arenosa, con buen drenaje, profundidad media y con un pH neutro o de preferencia alcalino. El suelo deberá tener buena fertilidad natural y al menos 30 cm de profundidad para garantizar plantas vigorosas.

3.10 Características ecológicas donde se cultiva la tuna

Castro J., Paredes C. y Muñoz D., (2009) describen las características donde se cultiva la tuna como sigue:

En las zonas áridas y semiáridas existen diferentes factores ambientales que limitan el crecimiento de las plantas, tales como temperaturas altas y bajas, escasez de agua y limitación en la disponibilidad de nutrientes. La evolución de las cactáceas en estos ambientes ha conducido a que las diferentes especies del género *Opuntia* desarrollen características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas que les permitan adaptarse a estas condiciones ambientales adversas.

La proliferación masiva de ciertos tejidos parenquimatosos, asociados con un aumento en el tamaño de las vacuolas y una disminución en los espacios intercelulares, le permite a la planta acumular agua en breves períodos de humedad. Por otra parte, las formas esféricas o suculentas representan los cuerpos más eficientes para evitar la evapotranspiración.

Para su óptimo desarrollo, la planta requiere una temperatura anual entre los 18 y 25°C, aunque existen algunas especies resistentes a las bajas temperaturas donde pueden soportar hasta 16°C bajo cero, siempre y cuando no se presenten estas temperaturas por períodos prolongados. La tuna se desarrolla bien en climas áridos y muy áridos con lluvias de verano, por lo que se refiere a precipitación pluvial es poco exigente, ya que se le encuentra en zonas con lluvias de 125 mm al año, aunque los excesos de humedad pueden provocar enfermedades fungosas y daños por insectos.

La Importancia ecológica de la tuna puede ser un recurso importante en la economía rural y de las zonas áridas en general. Esta planta es muy eficaz para adaptarse y crecer donde existe mayor número de factores limitantes que no son favorables para la mayoría de especies vegetales.

3.11 Propagación y plantación

CEZA, (2011) y Sudzuki, (1993) describen la propagación y plantación de la tuna con las siguientes características:

La tuna puede propagarse de forma sexual o vegetativa, siendo esta última práctica la más utilizada debido a que es más sencilla y se logra mantener las características de la planta madre, mientras que la propagación por semillas se utiliza para el mejoramiento genético. Los huertos comerciales son la fuente de material vegetativo, aunque existe el riesgo de propagar enfermedades y no hay certificación genética.

Desde el punto de vista botánico, las areolas son tejidos meristemáticos capaces de producir nuevos brotes, flores o raíces (Buxbaum, 1950 citado por CEZA, 2011). Por lo tanto, cladodios, flores y frutos en desarrollo son capaces de originar una nueva planta, ya que todos estos órganos poseen areolas; aunque sólo los cladodios se usan para la propagación de la tuna. La propagación vegetativa de la tuna se puede realizar usando paletas individuales, brazos de dos o más paletas, fracciones de paletas o areolas para la micropropagación.

En el caso de usar paletas individuales, brazos o fracciones de paletas, se deben seleccionar cladodios de 1-3 años, sanos, libres de daño por insectos y sin deformaciones.

Las plantas madres, además de ser de la variedad deseada, deben haber tenido altas producciones de forma sostenida, colectando paletas de las plantas seleccionadas y no de los restos de poda (Mondragón-Jacobo y Pimienta-Barrios, 1995). Es mejor seleccionar paletas de tamaño mediano a grande, las que producirán brotes vigorosos que competirán mejor con las malezas durante la etapa inicial del establecimiento. Las paletas pueden obtenerse después de la cosecha, pero antes de que produzcan los brotes de la siguiente temporada.

El trabajo de obtención de material de propagación debe ser cuidadoso, realizando el corte con un cuchillo bien afilado en el punto de unión entre los cladodios, tratando que la herida sea del menor diámetro posible lo que disminuye el riesgo de ataque de enfermedades y acelera la cicatrización. Además, las zonas de corte deben ser desinfectadas. Luego, las paletas se colocan en un lugar sombreado por 2 semanas para que cicatrice el corte, lo que ayuda a evitar pudriciones. Debe evitarse la exposición directa al sol, porque puede provocar quemaduras y deformación de las paletas, y si el cladodio empieza a doblarse será necesario voltearlo.

La plantación de paletas individuales se usa cuando existe suficiente material, el huerto proveedor y receptor están cercanos entre sí y la superficie de plantación no es muy grande. Esto permite evitar altos costos en transporte y mano de obra para la plantación.

El uso de dos o más paletas para la plantación permite acelerar la formación de la estructura vegetativa de la planta y la producción de fruta, pudiendo incluso tener algunas tunas durante la primera temporada. Sin embargo, los costos en transporte y mano de obra aumentan y la manipulación del material se hace más complicada debido a su tamaño. Otro inconveniente de esta técnica es que se requiere mucho material, lo que podría ser una limitante cuando se quieren plantar grandes superficies.

El uso de fracciones de paleta consiste en dividir las paletas en varias partes dependiendo de su tamaño, donde paletas de mayor tamaño permitirán obtener un mayor número de trozos. Este método se usa cuando existe escasez de material vegetativo o cuando hay grandes distancias entre el huerto madre y el nuevo huerto con el objetivo de evitar grandes costos en transporte. En teoría, el trozo de paleta debe tener al menos una areola por cada lado, aunque trozos más grandes producirán un mayor número de brotes y brotes de mayor peso. Por este motivo, no se recomienda usar esta técnica cuando las paletas son pequeñas, debiendo optar por plantarlas como paletas individuales.

Los cortes deben ser desinfectados y se dejan en sombra por 15 días. Luego, los trozos se traspasan a bandejas con sustrato húmedo (perlita o arena), cubriéndolas parcialmente. Las bandejas deben ser regadas ligeramente hasta que se inicie el enraizamiento a partir de las areolas. Las areolas producirán raíces y brotes, y cuando los nuevos cladodios alcancen 10-12 cm de altura se debe cubrir completamente los trozos paleta para que terminen de enraizar. Los plantines deben mantenerse en almácigo por 6 meses. Transcurrido este tiempo, las plantas están listas para ser llevadas a terreno.

La micropropagación (*in vitro*) consiste en obtener plantas a través de: embriones vegetativos, formación de brotes de raíz sin penetrar al suelo y pequeños brotes de las paletas (Legaspi, 2006). Este método permite obtener plantas rejuvenecidas, vigorosas y productivas, además de producir un gran número de plantas a partir de escaso material. Sin embargo, el costo del proceso es elevado y las plantas son muy

sensibles a la sequía. No se recomienda realizar más de cuatro repiques, ya que el período de juvenilidad de las plantas aumentará mucho.

Las plantas obtenidas por micropropagación generalmente vienen enraizadas y requieren un suelo mejor preparado para su establecimiento en terreno, especialmente respecto a la humedad (Sudzuki, 1993). Por ello, la fecha de plantación depende de las condiciones agroclimáticas a fin de que la planta tenga un buen enraizamiento y brotación.

En Chile, se solía plantar la tuna en un sistema conocido como “casillero” en el que se plantan cuatro paletas por posición, en las esquinas de “casilleros” de 1 x 1m separados a 4 x 4m entre sí. Este sistema da origen a plantas muy grandes, difíciles de cosechar, con un gran espacio interior sombrío en el que no se produce fruta y al que los productos fitosanitarios acceden con dificultad.

Además, las plantas suelen tener gran cantidad de paletas en contacto con el suelo que sirven de apoyo, pero favorecen el ataque de plagas y enfermedades. Para evitar estos problemas se recomienda plantar las tunas sobre camellones de 80 cm de ancho, en marcos de plantación de 2-3 metros sobre hilera por 4-5 metros entre hileras. También pueden colocarse usando un sistema de borde a 1,5-2 metros sobre hilera y 5-7 metros entre hileras. Es recomendable orientar las hileras en dirección Norte-Sur para aprovechar mejor la luz, y la distancia entre hileras debe considerar evitar el sombreado entre plantas y permitir el paso de la maquinaria (Sudzuki, 1993; Inglese, 1999).

La plantación se realiza enterrando la mitad o dos tercios de las paletas, con el corte basal hacia abajo y apisonando bien el suelo a su alrededor. Si las paletas se plantan superficialmente pueden verse afectadas por el viento y su sistema radicular será también muy superficial; mientras que si se entierra más del 70% de la paleta no hay buena brotación, ni desarrollo de raíces porque la superficie fotosintéticamente activa será muy reducida.

En el caso de usar brazos de paleta se recomienda enterrar la mayor parte del cladodio basal para darle estabilidad a la planta. Para el caso de plantas obtenidas a partir de fracciones de paleta basta con enterrar el pan de raíces, pero el terreno debe

tener la humedad suficiente para no provocar un estrés al sistema radicular (Sudzuki, 1993).

Un terreno bien removido favorece el crecimiento y fructificación de las plantas, mientras que suelos compactos inducen un crecimiento lento y escasa fructificación. Considerando que la tuna es sensible al anegamiento es necesario nivelar el terreno para evitar el estancamiento del agua.

3.12 Manejos del Cultivo

CEZA, (2011) y Aguilar, (2005) describen el manejo del cultivo de tuna como sigue:

✓ **Riego**

La tuna es un frutal que requiere poca agua y muy resistente a los fenómenos de sequía, pero para producir fruta de calidad es necesario el aporte del riego. El desarrollo del fruto es de tipo doble sigmoideo, por lo que podría pensarse en descuidar el riego durante el endurecimiento de la semilla, pero este período es muy breve y la floración es escalonada, por lo tanto es fundamental el riego desde floración hasta la maduración de los frutos.

Si bien la tuna se cultiva en lugares con diferentes niveles de precipitaciones, se señala que el ideal son zonas con 400-750 mm anuales, por lo que el aporte hídrico durante el año debería ser cercano a esos valores.

✓ **Poda**

La poda es una práctica clave en el manejo de la tuna, ya que permite dar forma a las plantas, raleo de frutos, mejorar la calidad de los frutos y facilitar labores tales como la cosecha y el control fitosanitario del cultivo.

La poda de formación implica la eliminación de paletas que estén muy juntas o tiendan a cruzarse, las paletas ubicadas horizontalmente o las que se encuentran en sentido perpendicular a la hilera, dejando idealmente 2 paletas por paleta madre. En México se recomienda que la altura de la planta no exceda de 1.80 metros de modo de facilitar la cosecha. Una vez iniciada la producción de fruta, deberá combinarse tanto la poda de formación como la poda de producción.

También se aconseja realizar una poda de sanidad, eliminando los cladodios que presenten daños o deformaciones causadas por insectos, microorganismos o animales, y se realiza cuando los brotes alcanzan 15 cm de longitud.

La poda de producción tiene por objetivo lograr exponer el mayor número posible de cladodios a la luz, dejando no más de 2 brotes por paleta. Se debe eliminar una cantidad determinada de cladodios viejos o que produjeron fruta la temporada anterior para estimular la brotación de nuevos brotes, ya que más del 90 % de los frutos aparecen en paletas del año. Esta labor se debe realizar en primavera, de modo de evitar las lluvias y las bajas temperaturas.

✓ **Nutrición mineral**

Actualmente existe poca información respecto a la fertilización de la tuna. En México recomiendan aplicar 8 kg de guano de vacuno por planta cada 3 años, aplicando también 29-43 unidades/ha cada año en forma de urea para plantaciones con una densidad de 625 plantas/ha.

En Chile, para plantaciones jóvenes se recomendaba aplicar 10 kg de guano, 250 g de sulfato de amonio y 200 g de superfosfato triple por planta, y al tercer año agregar 100 g de sulfato de potasio. Para plantaciones adultas se recomendaba 15 kg de guano, 350 g de nitrógeno, 300 g de superfosfato triple y 200 g de sulfato de potasio por planta, parcializando en 3 oportunidades en abril, junio y agosto.

✓ **Polinización**

Opuntia ficus-indica es una especie autocompatible, por lo que la polinización puede no ser un problema para su cultivo. Además, las especies del género *Opuntia* están dentro de las plantas con mayor promiscuidad interespecífica, siendo las abejas las principales visitantes de sus flores.

✓ **Raleo**

Es usual encontrar cladodios con hasta 30 flores. Sin embargo, si todos esos frutos llegan a término, el calibre de estos sería muy pequeño, por lo que se recomienda raleo 2 semanas antes o después de la cuaja dejando 9-12 frutos por cladodio..

✓ **Anillado**

El anillado es una alternativa interesante para la obtención de fruta y brotes tiernos (nopalitos) en épocas fuera de temporada de producción para optar a mejores precios. Estudios realizados en México muestran que la práctica de anillado parcial aumenta el número de yemas reproductivas y reduce el número de yemas vegetativas, adelanta en aproximadamente 51 días la brotación y cosecha, duplica el rendimiento de frutos, triplica la producción de frutos de primera clase, disminuye la formación de brotes tiernos e induce una caída significativa de la tasa transpiratoria.

El anillado parcial consiste en hacer una incisión a lo ancho del cladodio, sólo en una de sus caras, pero lo suficientemente profunda para cortar los haces vasculares. La fecha en que se realiza el anillado parcial influye directamente en los resultados obtenidos y en la época de cosecha (Aguilar, 2005).

3.13 Plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades que se encuentran de acuerdo a CEZA (2011) son los siguientes: La cochinilla (*Dactylopius sp.*) es un insecto huésped de la tuna que produce el ácido carmínico, colorante natural usado en la industria de alimentos, farmacéutica y cosmética. Sin embargo, si se quiere producir fruta, la cochinilla incide negativamente. Por esta razón no se recomienda tener plantaciones mixtas, ya que el beneficio de una será en perjuicio de la otra.

Durante el invierno esta plaga tiene poca actividad, cuando las temperaturas aumentan comienza su actividad y la reproducción se hace notable, caracterizándose por su aspecto de pequeñas “motitas de algodón” que al ser aplastadas muestran una coloración rojo intenso en su interior. Ataca por igual paletas y frutos, y si el ataque a la planta es severo puede provocar la caída del fruto.

El *Thrips* también ha sido descrito afectando tunales. Ataca las paletas nuevas, provocando cicatrices y deformaciones de los cladodios. Este problema es más sensible cuando ataca plantaciones jóvenes, ya que estará afectando las paletas que formarán la estructura de la futura planta.

Se señala que las tunas son afectadas por bacterias entre las cuales se pueden mencionar: *Pseudomonas sp.*, *Agrobacterium sp.*, *Erwinia sp.* y *Xanthomonas sp.* Las bacterias del género *Pseudomonas* producen pudriciones en las paletas. La “pudrición apical” es una enfermedad ocasionada por bacterias del género *Erwinia*, que producen la muerte total de las paletas, iniciándose en el ápice y descendiendo progresivamente hasta su inserción en el tallo.

Dentro del grupo de hongos que afectan al cultivo de la tuna se pueden mencionar: *Phytophthora sp.*, *Armillaria sp.* y *Alternaria sp.* *Phytophthora sp.* , que causan una enfermedad conocida como “pudrición húmeda”. Ataca a la tuna cuando existen heridas, aunque los daños no son mayores.

3.14 Usos de la *Opuntia ficus indica*

3.14.1 La tuna como súper alimento

Las personas que practican un estilo de vida natural y saludable a menudo promueven la Tuna como un súper alimento. Citan los antivirales, propiedades anti-inflamatorias 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 (sin autor, 2016).

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.

3.14.2 Propiedades nutricionales de la tuna

3.14.2.1 Uso 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 aflatoxicos, 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, kaempferol.
- ✓ 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.

3.14.2.2 Uso externo

Antiguamente los indígenas de México 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.

3.15 Producción industrial de productos no alimenticios

3.15.1 Descripción de los tipos de productos

Pocas especies vegetales tienen la versatilidad de transformación que ofrecen la tuna o nopal para el consumo humano. Sin embargo, sus posibilidades industriales son vastas, lo que hace aún más interesante su cultivo y explotación. Uno de los productos industriales más atractivos que se obtiene de la tuna, aunque en forma indirecta es el carmín de cochinilla.

Este colorante natural es considerado hoy en día uno de los colorantes rojos naturales más seguros, desde el punto de vista de la inocuidad. El carmín de cochinilla, se encuentra permitido por la mayoría de las legislaciones alimentarias en diversos países; por ejemplo, incluye la Food and Drug Administration (FDA) de Estados Unidos de América; la Unión Europea le ha otorgado el código de identificación E-120 y también está incluido en el listado del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) (FAO/OMS, 2000).

Este pigmento es una interesante alternativa como colorante rojo natural a los colorantes sintéticos y se utiliza ampliamente en la industria de alimentos y cosmética. Perú es el primer productor mundial de cochinilla seca y exporta cochinilla procesada como carmín, ácido carminico y soluciones.

La producción de cochinilla (*Dactylopius coccus*: Hemíptera) es una explotación de tipo agrícola-biológico ya que es producida por un insecto parasito de los nopales y se alimenta de ellos. Por lo tanto, la planta debe tener un manejo diferente al que recibe para la producción de fruta o nopalitos y el insecto por su parte, tiene un manejo y posterior proceso para la producción de colorante, distinto a los utilizados para la producción de alimentos y aditivos o subproductos.

El hospedante natural generalmente es *Opuntia ficus-indica*: en ella crece y se desarrolla el insecto, el que es sacrificado y procesado para la extracción del pigmento. Lo que realmente se procesa para la producción de carmín es el insecto hembra y la planta solo es el apoyo para su crianza. A la agroindustria le interesa aprovechar en forma integral las materias primas que utiliza, por lo que tratara de encontrar utilidad a los deshechos de procesamiento, lo cual a su vez, redundara en un beneficio adicional.

Este es el caso de las semillas y de las cascarras de los frutos que se separan de la pulpa en la obtención de jugos y otros productos. Las semillas contienen aceite de buena calidad. Las cascarras, por su parte, son ricas en hidrocoloides (mucilagos) que se pueden extraer y utilizar como espesantes en la industria alimentaria. Por otra parte, las cascarras de variedades rojas o purpuras contienen gran cantidad de pigmentos (betalainas) y pueden ser una fuente de Utilización agroindustrial del nopal colorantes naturales. No se ha explorado aun la extracción de otros pigmentos de tunas de otros colores: por ejemplo, la tuna anaranjada es rica en carotenoides.

De las pencas o cladodios se obtienen harinas o polvos de nopal cuyo destino es variado. Se realizara una referencia de este producto, como un ingrediente de las industrias de complementos alimenticios y farmacéutica, donde realmente tiene un uso mas conocido que en la industria de alimentos. Su utilización y propiedades como

ingrediente en productos medicinales se están estudiando científicamente y en forma amplia, solo en los últimos tiempos.

El consumo de tabletas y capsulas de nopal en polvo, en harinas, en licuados y en otras formas, con fines medicinales, es bien aceptado y buscado por los consumidores, por la tradición con que se asocia el nopal a ciertos poderes curativos, conocidos y heredados a través de la medicina popular.

Esas propiedades podrían ser definitivamente confirmadas con los estudios científicos que se están efectuando actualmente al respecto. Ligados en cierta manera a este rubro, se encuentran los productos conocidos como nutraceuticos, conjunción entre alimentos y medicamentos, conocidos también como alimentos funcionales: son alimentos de los cuales los consumidores esperan un beneficio para la salud, mas allá de la mera nutrición.

De las pencas se pueden extraer también mucilagos purificados, los que se encuentran en mayor proporción en esta parte de la planta que en las cascarras. Estos compuestos presentan interés tanto en la industria de alimentos como en la gastronómica, como estabilizante de espumas y emulsiones en general, ya sean no alcohólicas o lácteas.

Su potencial como emulsificante no ha sido aún bien explorado. Un rubro distinto a los señalados hasta ahora y en el que tradicionalmente han tenido cabida diversos tipos de especies vegetales, es la industria cosmética: a ciertas plantas se asocian propiedades benéficas para la piel o el cabello tal como ocurre con la tuna. En México hay varias empresas y una gran cantidad de productos elaborados por esta industria, a partir del nopal: p. ej., cremas, lociones, geles, champuses.

En todos ellos se utiliza el nopal como uno de sus ingredientes; sin embargo, como señalan Corrales y Flores (2003) su uso no está muy difundido y por ello estas industrias no tienen capacidad de absorber grandes cantidades de tuna. Dentro del sector industrial, en el sector del turismo suele existir creciente interés por los artículos típicos de los distintos países; por ejemplo, la industria de artesanías, que con la penca lignificada confecciona canastos y otros objetos.

4 LOCALIZACIÓN

4.1 Ubicación

El municipio Luribay se encuentra ubicado al sur de la ciudad de La Paz a 165 km, una altura de 2550 m.s.n.m., con una latitud 17°03'48" y longitud de 67°39'37" (Google Earth, 2016).

4.1.1 Límites territoriales

Luribay es la primera sección municipal de la provincia Loayza y presenta los siguientes límites geográficos:

Al norte: Municipios de Cairoma y Sapahaqui.

Al Sur: Municipios de Sica Sica (Prov. Aroma)

Al Este: Municipios de Sapahaqui y Patacamaya (Prov Aroma)

Al Oeste: Municipios de Cairoma, Malla y Yaco

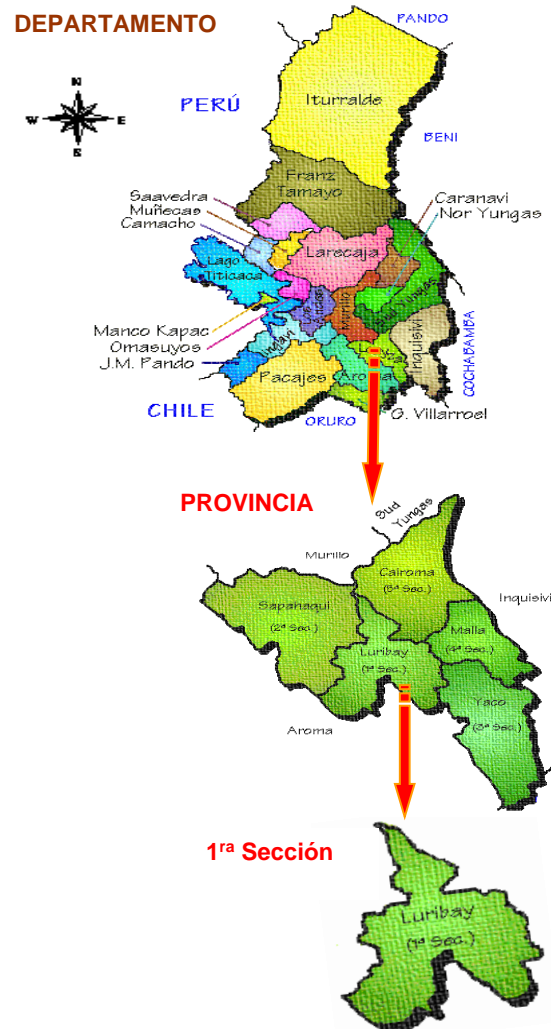


Figura 7. Localización de Luribay en el departamento de La Paz (Apaza, 2008)



Figura 8. Localización del municipio de Luribay (Tunares en el camino a Luribay) (Google, 2016).

4.1.2 Ubicación de la zona de información

El lugar donde se llevó la investigación es Achocara, comunidades de la Sub Central Achocara, Municipio de Luribay, Provincia Loayza, Departamento de La Paz.

Se encuentra a una Latitud Sur 17° 00' 26"; Longitud Oeste 67° 39' 35" y una Altitud 2655 a 2365 m.s.n.m.

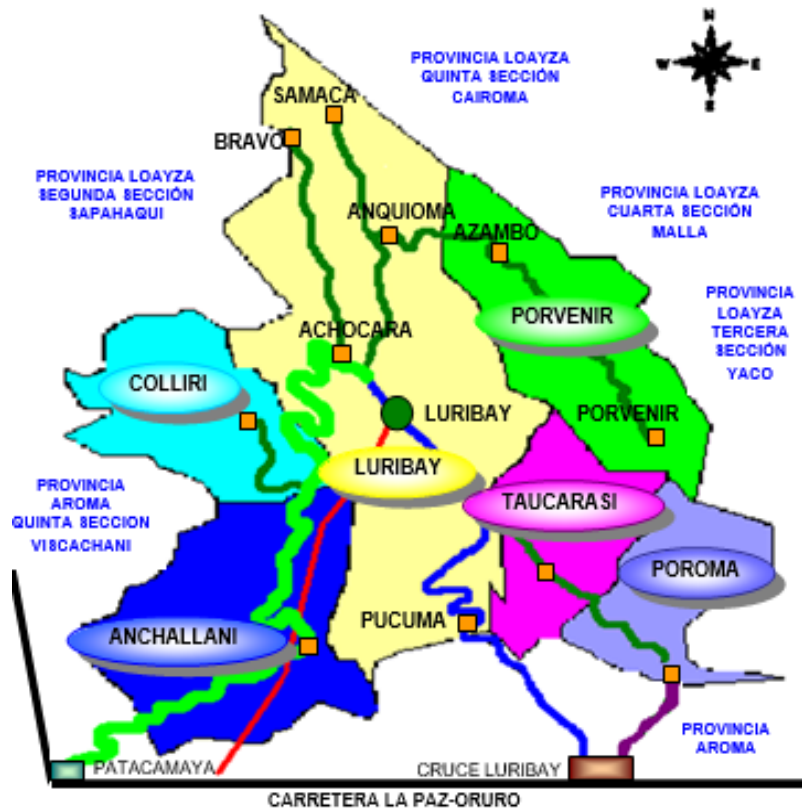


Figura 9. Localización de Achocara (Apaza, 2008)

4.1.3 Clima

Luribay climáticamente se encuentra en la clasificación **DB´ 3 db´ 3**, semiárido tercer mesotermal con débil o ningún excedente de agua, normal al tercer mesotermal. Con un índice hídrico de 40 a 20 y una evaporación anual de 855 a 997 milímetros. El clima es muy variado desde sus altas serranías hasta los valles profundos.

El cuadro 3 presenta los diferentes códigos climáticos en el municipio de Luribay.

Cuadro 3. Códigos climáticos de Luribay

TIPO CLIMÁTICO	INTERPRETACIÓN
D	Clima semiárido
B´3	Tercer Meso termal
D	Débil o ningún excedente de agua
B´3	Concentración térmica del verano

Fuente: Mamani (2006).

Los desniveles topográficos en la zona tienen influencia en el dato diario de temperatura, el clima en el sector del altiplano y cabeceras es frío, la temperatura media varía de 5 a 15 °C, y en la estación de invierno descienden en invierno hasta 3 °C bajo cero y en los valles la temperatura media llega a 18 °C, con una humedad ambiental promedio de 50%, presenta dos épocas típicas, la seca y la lluviosa (SENAMHI, 2015).

El invierno se presenta durante los meses de mayo, junio y julio; el verano se distingue por un régimen de lluvias más o menos uniformes durante los meses de diciembre, enero y febrero. En los meses de octubre a diciembre se sienten fuertes radiaciones solares y durante agosto y septiembre soplan vientos fuertes.

En general Luribay tiene climas variados que favorece a la diversidad de la producción agrícola: el de la zona fría del altiplano y cabeceras de valles y el clima templado de los valles (Mamani, 2006).

4.1.4 Temperaturas máximas y mínimas

Luribay está clasificada como una zona mesotermal, en las estaciones de la primavera y el verano la temperatura media anual de 18 °C, mientras que la máxima extrema es de 30.8 °C y la mínima extrema en ésta misma temporada, es de 8.3 °C. Los datos muestran que en otoño e invierno las temperaturas descienden y se registra una media de 17 °C, una máxima extrema de 29 °C, (SENAMHI, 2015).

La zona altiplánica y cabeceras de valle experimenta normalmente temperaturas medias que varían de 5 °C a 15 °C, con una variación en las estaciones de primavera y verano de 10 °C a 22 °C. La temperaturas mínimas registran hasta -5 °C, entre junio y julio, meses que coinciden generalmente con la temporada seca, donde no se efectúan cultivos agrícolas

4.1.5 Precipitaciones pluviales

El promedio de precipitación anual del periodo 2003 – 2014 es de 282 mm. Los meses en se registran promedios más altos de precipitación son diciembre y enero con 85.7 y 102.5 mm. Respectivamente y los meses con menor precipitación promedio son junio con 0 y julio con 0,2 milímetros (SENAMHI, 2015).

4.1.6 Suelo

4.1.6.1 Principales Características

Suelos generalmente muy poco profundos a profundos, con pendientes escarpadas a muy escarpadas; pardo grisáceos, pardo oscuros, pardo amarillentos, pardo rojizos, franco arenoso a franco arcilloso con grava y piedras; nada a poco desarrollados, fertilidad natural alta a baja; neutros a suavemente alcalinos, cierto predominio de afloramientos rocosos (GEOBOL, 2013).

Los valles presentan suelos son las siguientes características:

Terrazas aluviales

Las terrazas aluviales presentan suelos poco profundos a profundos, pardo grisáceo oscuro, pardo oscuros, pardo rojizos y pardo amarillentos; franco arenoso, franco arcillo limosos, franco arcillo arenosos, franco arcillo con grava y piedra en

profundidad, incipiente a poco desarrollado, fertilidad natural moderada a alta: neutros a suavemente alcalinos.

La clasificación taxonómica de este tipo de suelos es:

- Taxonomía Ochrepts, Fluvents
- Capacidad de uso II –III (aptos para la agricultura)

Abanico aluvial

Los suelos son poco a moderadamente profundos, con grava y piedra en los ápices, pardo grisáceos muy oscuros franco a franco arcillo arenosos; débilmente estructurados, fertilidad natural baja a moderadamente; neutros a suavemente alcalinos.

- Taxonomía Ochrepts, Fluvents
- Capacidad de Uso IV - VI suelos aptos para la agricultura) (VI suelos para pastos)

La zona del Altiplano en sus diferentes comunidades presenta suelos con las siguientes características (MAMANI, 2006):

Serranía

Es el paisaje dominante, generalmente la formación de los suelos es muy escasa por las pronunciadas pendientes y erosión severa; el escaso suelo presente es muy poco profundo, pardo amarillento; franco arenoso gravoso; presencia de afloramientos rocosos.

- Taxonomía: Orthents
- Capacidad de Uso VII – VIII (no son suelos agrícolas)

4.1.7 Flora y Fauna

4.1.7.1 Flora

El Municipio Luribay corresponde a la unidad vegetación herbácea graminosa baja con sinusía arbustiva. Las características de ésta unidad son amplios tufo de gramínea diversas y arbustos o semiarbustos que crecen aislados formando pequeños grupos específicos (Mamani, 2006).

A su vez ésta unidad se divide en la siguiente sub-unidad:

✓ **Formación herbácea graminosa baja, sinuosa arbustiva sub alpina semidesértica**

Se desarrollan en laderas inclinadas de la alta cordillera, en los niveles superiores de Luribay donde predominan las gramíneas tufoosas de los géneros Stipa, Calamagrostis y algunas Poaceas que forman matas globosas aisladas al abrigo de las cuales crecen diversas especies herbáceas comunes con las formaciones de Alta Montaña. Las dicotiledóneas leñosas aparecen de tanto en tanto entre las matas de gramíneas o bien formando pequeñas colonias que adquieren mayor importancia en lo lugares rocosos siendo los más comunes: Baccharis, Senecio, Werneria, Adesmia, Azarella y otros; al abrigo de las rocas crecen diversas especies herbáceas como Perezias, Cajophora, Nothotriche, Geranium, Calceolaria, Valeriana, algunos helechos de los géneros Cheilanthes, Pellaea, Woodsia y otras.

En los valles interandinos, la vegetación está compuesta por especies de monte espinoso y bosque espinoso. Entre algunas especies tenemos: Acacia spp (Mimosaceae), Prosopis spp (Mimosaceae), Dodonaea viscosa (Sapindaceae), Aloysesp (Verbenaceae), Carica sp (Caricaceae), Ephedra americana (Gnetaceae), Molle (Schinus molle).

4.1.7.2 Principales Especies

Tanto el valle como la zona altiplánica poseen una diversidad de especies vegetales, las más representativas se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4. Especies vegetales

Nombre Común	Nombre Científico	Piso ecológico
Algarroba	<i>Prosopis Julifora</i>	Valle
Molle	<i>Schinus molle</i>	Valle
Sanu sanu	<i>Efedra americana</i>	Valle
Sauce	<i>Salix angustifolia</i>	Valle
Canapaco	<i>Sonchus asper</i>	Valle
Caña hueca	<i>Orundo donax</i>	Valle
Puya	<i>Puya raimundi</i>	Altiplano
Koa	<i>Satureja boliviana</i>	Altiplano
Chilliwa	<i>Festuca dollicophila</i>	Altiplano

Keñua	Keñua Polilepis sp	Altiplano
Mutumutu	Mutumutu Cassia sp	Altiplano
Thola	Parastrephya lephidipolha	Altiplano
Ichu	Stipa ichu	Altiplano
Chilca	Bacharis lanceolata	Valle y altiplano
Eucalipto	Eucaliptus Glóbulos	Valle y altiplano
Sewenka	Cortadera sp	Valle
Verbena	Verbena oficinales	Valle y altiplano
Huma chilca	Senecio sp	Valle
Chachacoma	Escallonia sp	Valle y altiplano
K'opi	Kageneckia lanceolata	Valle y altiplano
Andres huaylla	Cestrum recemosum	Valle y altiplano
Cáñamo	Connavis sativa	Valle
Carallanten	Plantagop sp.	Valle y altiplano
Cedron	Lippia citriadora	Valle y altiplano
Cola de caballo	Identificación local	Valle y altiplano
Cardo	Cynara cardunculos	Valle
Chacotea	identificación local	Valle y altiplano
Inhojo	identificación local	Valle y altiplano
Itapallu	Cajophora horrida	Valle y altiplano
Jamilo	Phrygilanthus cuneifolius	Valle
Kishuara	Buddleja coriacea Remy	Altiplano
Kuti Kuti	Identificación local	Valle y altiplano
Lanten	Plantago sp.	Valle y altiplano
Menta	Mentha piperita	Valle y altiplano
Paico	Chenopodium ambrosioides a.	Valle y altiplano
Quirquiña	Identificación local	Valle y altiplano
Retama	Spartium junceum	Valle y altiplano
Rosas	Rosa sp.	Valle
Ruda	Ruta graveolens	Valle y altiplano
Savila	Aloe sp.	Valle
Sanu sanu	Ephedra americana	Valle y altiplano
Toronjil	Melisa officinalis	Valle y altiplano
Yerba buena	Mentha veidis	Valle y altiplano
Amorseco	Xanthium sinosum	Altiplano
Thola	Parastrephia lepidophila	Valle y altiplano
Paja (Ichu)	Stipa ichu	Valle y altiplano
Paja brava	Festuca orthofilla	altiplano

Fuente: Mamani (2006).

4.1.7.3 Fauna

La fauna silvestre constituye un potencial aún no valorado por los pobladores de la Primera Sección.

La extinción de algunas especies provocaría desequilibrios en el ecosistema, por constituirse éstos en biorreguladores naturales.

Se cuenta con una variada población de fauna en el Municipio; tanto en la zona altiplánica como en la zona del valle habitan especies que son benéficas para los pobladores y otras que son consideradas como perjudiciales por el daño que provocan en los cultivos y ganado. Tales como el zorro, Zorrino, Perdiz, Ratón, Halcón, Pampa huancu, Haipia, Lechuza, Loro, Águila, Cani cari, Víbora, Codorniz, Cuy, Chihuanco, Gato montés.

4.1.8 Aspecto económico productivo

4.1.8.1 Producción agrícola

La principal actividad económica de la población de la sección municipal de Luribay es producción agrícola y frutícola que se diferencia de acuerdo a los pisos ecológicos.

Zona de Valles

Esta zona se caracteriza por la producción de durazno (*Prunus pérsica*), uva (*Vitis vinifera L.*), pera (*Pyrus communis L.*), pacay (*Ficus carica*), tomate (*Lycopersicon esculentum*), maíz (*Zea maiz*), y otras verduras.

Zona del Altiplano

Esta zona se tiene la producción principal es la papa *Solanum tuberosum*, oca (*Oxalis tuberosa*), cebada (*Hordeum vulgare*), trigo (*Triticum sativum*), haba (*Vicia faba*).

4.1.8.2 Principales cultivos y variedades

La Sección Municipal Luribay, se caracteriza fundamentalmente por la diversidad de cultivos y plantaciones que presenta. El clima favorece para la diversificación de la producción agrícola (cuadro 5). En la zona de valle se encuentran zonas que favorecen a ciertos frutales y otras que se dedican al cultivo del tomate como su principal producto; y son las comunidades de Bravo hasta Samaca, y la zona desde

Ancocora hasta Oquepampa también se dedica a la producción de tomates (Mamani, 2006).

El cuadro 5 y 6 presentan los cultivos principales de los valles y Altiplano respectivamente.

Cuadro 5. Principales cultivos en la zona de los valles

FRUTALES	HORTALIZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Uva <i>Vitis vinifera L.</i> • Durazno <i>Prunus pérsica L.</i> • Manzana <i>Malus domestica B</i> • Membrillo <i>Chaenomeles espinosa N</i> • Tuna <i>Opuntia ficus-indica</i> • Pera <i>Pyrus communis L.</i> • Ciruelo <i>Prunus salicina</i> • Higo <i>Ficus carica</i> • Pacay <i>Inga edulis</i> • Granada <i>Passiflora triloba</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Maíz <i>Zea maiz</i> • Lacayote <i>Cucurbita pepo</i> • Zapallo <i>Cucurbita maxima</i> • Papa <i>Solanum tuberosum</i> • Repollo <i>Brassica oleracea</i> • Zanahoria <i>Daucus carota</i> • Lechuga <i>Lactuca sativa</i> • Haba <i>Vicia faba</i> • Camote <i>ipomoea batata</i> • Cebolla <i>Allium sepa L.</i> • Tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> • Pepino <i>Cucumis sativus</i> • Rábano <i>Rhapanus sativus</i> • Acelga <i>Beta vulgaris</i>

Fuente: Mamani (2006).

Cuadro 6. Principales cultivos del sector del Altiplano

CULTIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Oca <i>Oxalis tuberosa</i> • Quinoa <i>Chenopodium quinoa</i> • Haba <i>Vicia faba</i> • Maíz <i>Zea maiz</i> • Cebada <i>Hordeum vulgare</i> • Trigo <i>Triticum sativum</i> • Papa <i>Solanum tuberosum</i>

Fuente: Mamani (2006).

4.2 Periodos de producción de fruta en Luribay

Entre la gran variedad de frutas que produce la zona el durazno ha sido seleccionado porque presenta mayor probabilidad de crecimiento y expectativas de desarrollo para mejorar la situación económica de los productores dedicados a este rubro en general, sin embargo su producción es estacional y limita la disponibilidad de este producto a

seis meses durante el año entre los meses de diciembre a mayo, lo mismo acontece con la producción de los demás frutales, por lo que es necesario y urgente aplicar conocimientos y tecnologías que permitan conservar las frutas y en particular al durazno con objeto de darle mayor vida de anaquel, darle un valor agregado a los productos frutícolas mejorando la calidad de vida de los agricultores del lugar aumentando sus ingresos económicos, penetrando y fortaleciendo además en los eslabones de la cadena productiva y de valor que permita impulsar la transformación e industrialización del durazno en productos que generen valor agregado en beneficio de los productores como ser la elaboración de mermeladas, jaleas, jugos, néctares, jarabes, carne de frutas, y frutas al jugo.

El cuadro 7 presenta las épocas de producción y/o cosecha de los diferentes cultivos frutícolas del Valle de Luribay.

Cuadro 7. Periodos de producción de frutas del valle de Luribay

FRUTA	MESES DE PRODUCCIÓN											
	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
Durazno												
Higo												
Ciruelo												
Pera												
Uva												
Manzana												
Tuna												
Membrillo												
Lacayote												

Fuente: Plan de desarrollo Municipal de Luribay (2006-2010), citado por Mamani, (2006).

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.2 Material biológico

- Tuna (*O. ficus-indica*)

5.1.3 Materiales de campo

- Flexo, balanza, bolsas plásticas, guantes, fichas de identificación, cajas de cartón.

5.1.4 Materiales de Laboratorio

- Bolsas plásticas, bureta de 50ml, embudos, frascos de vidrio, tubos de ensayo, vasos de precipitados, matraces, balanza analítica, balanza, pipetas, guantes desechables.

5.1.5 Materiales de gabinete

- Tijeras, papel, bolígrafos, lápices, cuaderno de anotaciones, cámara fotográfica.

5.2 Metodología

5.2.1 Procedimiento de la investigación

El trabajo de investigación ha sido con un procedimiento no experimental, es decir se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se hace en la investigación no experimental es de observar los fenómenos tal como se da en su contexto natural, para después analizarlos (Kerlinger y Lee, 2002).

El trabajo de investigación se desarrolló en tres etapas las mismas se describen a continuación:

Primera etapa

En esta etapa se usó el método de recolección y muestreo donde se tomaron muestras de tunas al azar, solo se recolectaron los frutos de aquellas plantas

marcadas, para la investigación en estudio, las cuales han sido obtenidas del municipio de Luribay (Anexo 1).

Las muestras se tomaron al azar con la siguiente formula, la cual nos dio la cantidad de muestras para que nuestra investigación sea válida.

Se tiene que tomar en cuenta antes de realizar los cálculos correspondientes la siguiente información; fue visitada el terreno de Don Bladimir, en este terreno se tomó las muestras para la investigación, el terreno tenía una superficie plana de aproximado 500 m² y la distancia entre plantas de tuna era de 2m aproximadamente. Con estos datos obtuvimos el número total de plantas y la cantidad de muestras que necesitaríamos para nuestra investigación.

Formula:

NP = número total de plantas

A = área

D = distancia entre plantas

$$NP = \frac{A}{d^2}$$

Entonces en número total de plantas es:

$$NP = \frac{500m^2}{(2)^2} = 125 \text{ plantas}$$

Se debe tomar en cuenta la fórmula establecida para el número de muestras, la cual es la siguiente con sus respectivos datos:

N = tamaño de la población

\bar{y} = valor promedio de una variable

se = error estándar

V^2 = varianza de la población al cuadrado

S^2 = varianza de la muestra expresada como la probabilidad de la ocurrencia de \bar{y}

p = 0,09

n = tamaño de la muestra sin ajustar

n = tamaño de la muestra

$n' = s^2$

Formulas:

1.
$$n' = \frac{s^2}{V^2}$$

2.

$$n = \frac{n'}{1 + (n'/N)}$$

Entonces los resultados son los siguientes:

$$n' = \frac{0,09}{0,0004} = 225$$

$$n = \frac{225}{1 + (225/125)} = 80,30 \dots 80 \text{ muestras de tuna}$$

Para la caracterización morfológica de la tuna se realizó las siguientes actividades y se presenta los resultados de la misma.

La cantidad de muestras que se utilizaron para la caracterización fueron 20 tunas de las 80 tunas muestreadas en total (Anexo 4), se ha medido: el diámetro del fruto, tamaño del fruto, color del fruto, tamaño de semillas, cantidad de semillas, grosor de la cascara, peso de la semilla, peso del fruto, peso de la cascara, peso de la pulpa y peso total del fruto, los datos tomados se encuentran en el cuadro 8.

El procedimiento realizado se reporta a continuación:

a) Tunas muestreadas en la zona de estudio

Se recogió las tunas de las zonas de Achocara, las variedades naranja, amarilla y blanca, estas recogidas por el método aleatorio sin sujeto a elección preferencial. (Anexo 5).

b) Desinfectado de las muestras.

Antes de realizar la toma de datos para la investigación, se realizó la desinfección con alcohol al 70% y agua al 30% por 2 minutos a las muestras de fruto de tuna, (anexo 6) limpiando las impurezas de polvo, tierra u otros organismos.

La toma de datos se dividió en las siguientes fases:

Pesaje

c) Pesado total de frutos de tuna.

En esta fase se realizó el pesado total de fruto: pulpa, cascara y la semilla de cada una de las muestras. Se realizó el pesaje de las 20 muestras con una balanza analítica y se registraron los datos (anexo 7).

d) Pesado del fruto sin cascara.

Se utilizó una pinza y bisturí desinfectado y una balanza analítica (anexo 8). Se realizó dos cortes en los costados y un corte vertical al fruto y con la pinza cuidadosamente se separó la cascara de la pulpa. Obteniéndose solo la pulpa y la semilla, que seguidamente fueron pesadas y anotados sus datos.

e) Pesado solo de la cascara.

Se utilizó una pinza desinfectada para coger la cascara y luego pesarla en la balanza analítica, luego se registraron los datos de cada una de las muestras (anexo 9).

f) Lavado de las semillas, separadamente por variedad a) naranja, b) blanca y c) roja.

Para la realización del pesado de la semilla, se llevó a cabo un proceso complejo, primero se tuvo que lavar y quitar la pulpa ya que su obtención no fue fácil por la cantidad de mucilago que tiene esta, separándolo por bolsas etiquetadas cada cantidad de semilla con su respectiva variedad, seguidamente realizando una escarificación y secado de las semillas (anexo 10).

g) Escarificado de la semilla

Se realizó una escarificación debido a la cantidad de mucilago que tiene este fruto, se utilizó arena, agua y una fuente (anexo 11).

h) Pesado de la semillas. a) naranja, b) roja y c) blanca.

Después de haber realizado el escarificado, la semilla fue secada y pesada, señalando su variedad correspondiente (anexo 12).

Medición del fruto

En la medición del fruto se consideró los siguientes parámetros: diámetro del fruto, tamaño del fruto, y grosor de la cascara del fruto.

i) Diámetro del fruto

Como se puede observar (anexo 13), se realizó la medición del diámetro del fruto de la tuna utilizando una regla milimetrada.

j) Grosor de cascara.

Se realizó la medición del grosor de la cascara de la tuna, en forma transversal y longitudinal utilizando una regla milimetrada (anexo 14).

Análisis comparativo t-student

Para la investigación se utilizó el análisis comparativo t-student, que es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño. La prueba de t-student se utiliza para contrastar hipótesis sobre medias en población con distribución normal. También proporciona resultados aproximados para los contrastes de medias en muestras suficientemente grandes cuando estas poblaciones no se distribuyen normalmente (aunque en este último caso es preferible realizar una prueba no paramétrica).

Las fórmulas que se utilizaron fueron:

1.
$$H_0 \rightarrow \mu_n = \mu_n$$

$$H_A \rightarrow \mu_n < 0 > \mu_n$$

2.
$$T_t \text{ para } GL = n_1 + n_2$$

3.
$$T_c = \frac{\chi_1 - \chi_2}{S_x} * \sqrt{\frac{n_1 * n_2}{n_1 + n_2}}$$

$$s_x = \sqrt{\frac{s_1^2(n_1 - 1) + s_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Segunda etapa

Para este método se realizó el análisis bromatológico, en los laboratorios del instituto SELADIS que pertenece a la facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas de la Universidad Mayor de San Andrés.

Los parámetros que se analizaron fueron los siguientes:

Valor energético, fibra, proteínas, grasas, cenizas, carbohidratos, minerales, vitaminas, cantidad de agua y cantidad de sacarosa (utilizando los grados BRIX). Los cuales me permitieron saber la composición química y sus proporciones en porcentaje del fruto de la tuna. Se tomaron en cuenta los tres tipos más comunes de consumo para esta investigación, los cuales son; el amarilla, roja y blanca para sus respectivos análisis.

Cuadro comparativo

De acuerdo a los datos establecidos se realizó un cuadro comparativo.

Tercera etapa

Se recopilaron de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento (Hernández Sampieri, Fernández Collado, Bautista Lucio, 2010).

Para esta investigación se realizó una encuesta a diferentes productores y personas en el municipio de Luribay, específicamente en una de las comunidades más productivas del lugar que se pudo observar, están las comunidades de Achocara Alto y Achocara Bajo.

Se tomó en cuenta un número de la población del lugar para la muestra. También se utilizó la fórmula anterior para poder tener una investigación válida para nuestros estudios.

Se realizó una encuesta de diez preguntas entre estos, agricultores y gente del municipio sobre la tuna. Exactamente entre las comunidades de Achocara Bajo y Achocara Alto, ambas comunidades hacen una sumatoria de 167 habitantes en total (Anexo 5).

- Realización de encuesta

La cantidad de encuestas estuvo de acuerdo al número de población con las siguientes formulas:

Formulas:

1.
$$n' = \frac{s^2}{v^2}$$

2.

$$n = \frac{n'}{1 + (n'/N)}$$

Entonces se realizó el siguiente cálculo

1.
$$n' = \frac{0,09}{0,0016} = 56,25$$

2.

$$n = \frac{56,26}{1 + (56,25/167)} = 42,07 \dots 42 \text{ personas}$$

5.2.2 Análisis de la información

Es el análisis nos indica que este tipo de análisis se realiza a través de una codificación abierta, en este tipo de codificación el investigador revisa todos los segmentos del material para analizar y generar por comparación constante, categorías iniciales de significado. Elimina la redundancia y desarrolla evidencia para las categorías. Las categorías se basan en los datos recolectados (Hernández S., Fernández C., Bautista L., 2010).

5.3. Variables de respuesta

Para la investigación fueron consideradas variables cuantitativas y cualitativas que se encuentran a continuación:

5.3.1 Variables del cultivo

Peso total del fruto (g) (PTF)

El peso que se tomó de cada uno de los frutos de tuna, fueron medidos en gramos mediante una balanza analítica, los resultados fueron anotados y registrados.

Peso de pulpa (g) (PP)

Fueron pesados cada uno de las pulpas de tuna con la balanza analítica y registrada sus datos

Peso de cascara (g) (PC)

El peso de la cascara fue medida con la balanza analítica los resultados fueron en gramos y registrados para su posterior análisis.

Peso total de la semilla (g) (PTS)

Después de haber realizado una limpieza, escarificación y secado de las semillas, éstas fueron pesadas en gramos por una balanza analítica.

Diámetro del fruto (cm) (DF)

El diámetro del fruto fue realizado con una regla de 20 centímetros, los resultados fueron medidos en centímetros.

Tamaño del fruto (cm) (TF)

El tamaño del fruto fue medido por una regla de 20 centímetros, y seguidamente registrados sus datos de todos los frutos.

Grosor de la cascara (cm) (GC)

Fue medida por una regla de 20 cm, después se anotó los datos para el análisis de sus resultados.

No de semillas/fruto (NS)

Para el conteo de el total de semillas estas fueron contadas una por una estas limpias y con su respectiva variedad anotando sus datos.

Tamaño de semilla (cm) (TS)

El tamaño de la semilla fue medida en centímetros, y registrando sus datos.

5.3.2 Variables de laboratorio

Fueron llevados 60 tunas a SELADIS para sus posteriores resultados.

Vitamina A

La evaluación de la vitamina A en las variedades de tuna fue medida mediante el método de ensayo espectrofotometría en microgramos en 100 gramos.

Carbohidratos

Estos fueron analizados por el método de Fehling en porcentaje, para luego analizar sus resultados

Proteína

Para la proteína, el informe de los resultados nos muestra que fueron realizados mediante el método de Kjendhal en porcentaje.

Grasa

La grasa de las variedades de tuna fue evaluada mediante el método de Barshal por porcentaje.

Fibra

El informe de los resultados nos indica que fue medida mediante el método de hidrólisis ácido base en porcentaje.

Calcio

El calcio fue medido mediante el método de volumetría en miligramos en 100 gramos.

Fosforo

Medidos por el método de espectrometría en miligramo en 100 gramos, para su posterior análisis.

Valor energético

El valor energético fue medido en Kilocalorías en 100 gramos, mediante el método de cálculo.

Humedad

Medida en porcentaje por el método gravimétrico, para su posterior análisis.

°Brix

Los grados brix fueron medidos por refractometría en °Brix.

Cenizas

La cantidad de ceniza obtenida por el análisis de SELADIS, fueron medidas en porcentaje por el método de gravimetría.

Vitamina C

La vitamina C fue medida por espectrofotometría en miligramos en 100 gramos de la muestra de tuna.

5.3.3 Variables calificables

Una encuesta realizada para analizar sus usos y forma de consumo de la tuna como fruto en el municipio de Luribay, se pudo encuestar a 42 personas del lugar, las variables son las siguientes:

Consumo

Se registró en la encuesta las personas que si consumían la tuna o no la consumían.

Usos

Los usos son de forraje, alimento, salud, mejora el suelo, cercos naturales, otros.

Nutrientes del fruto de tuna

Se registró el conocimiento de cuáles son los frutos que tiene este fruto y cuales compone.

Dificultades de consumo del fruto

Los inconvenientes planteados son el costo, por la cascara con espinas, no existe mucho en el mercado.

Frecuencia de consumo

La frecuencia con que se la consume en días, o meses.

Compra de fruto de tuna

Por qué razón la gente adquiere este producto; soto, valor nutritivo, fácil alcance, rápido de consumirlo.

Calificación del fruto

De acuerdo a su paladar se dio opciones respecto al sabor del fruto; dulce, moderadamente dulce, no tiene sabor entre otros.

Variedades de fruto de preferencia

Se consideró las variedades de color rojo, blanco y naranja.

Áreas para el cultivo de tuna

Etas medias en hectáreas y registrados sus datos par posterior análisis.

Producción y cosecha de tuna en Luribay

Cada cuanto se lo cosecha y cuanto produce al año.

Costos de fruto de tuna

El costo de venta del fruto es directamente al mercado de Luribay y a la ciudad de La Paz.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las comunidades de Achocara Alto y achocara Bajo se tomaron datos de las características generales de la planta de tuna y son las siguientes: la altura de la planta mide entre 0,8 a 1,5 m y un diámetro de 20 a 50cm (Anexo 2), las pecas con unas medidas de 20 a 30 cm de largo x 15 a 25 cm de ancho y de 2 a 3 cm de espesor (Anexo 3); y las hojas transformadas en espinas en forma de garra y miden entre 4 a 5 mm de longitud; y las flores están localizadas en la parte superior de la penca, y mide entre 6 a 7 cm de longitud.

Caracterización morfológica del fruto de la tuna

Análisis de los resultados

6.1 Variables del cultivo

Los resultados para las variables se reporta a continuación en el siguiente cuadro:

Cuadro 8. Caracterización morfológica del fruto de la Tuna (*Opuntia ficus indica*)

UNIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Color/variedad fruto	Rojo	Rojo	Blanco	Blanco	Blanco	Naranja	Naranja	Naranja	Blanco	Rojo	Blanco	Naranja	Rojo	Rojo	Blanco	Naranja	Blanco	Naranja	Rojo	Naranja
Peso total del fruto (g)	72	104,2	112,1	120,2	116,4	194,78	134,1	97,4	98,4	113,7	123,1	145,1	116,6	84,1	91	130,9	85,6	125,7	126	128
Peso de pulpa (g)	30,9	53,1	66,3	62,6	62,8	100,3	60,8	48,6	56,4	64,2	67,2	84,1	63,1	41,7	47,1	80,6	58,9	65,6	93,1	71,7
Peso de cascara (g)	40,8	50,4	45,5	55,1	52,9	93,88	69,9	48,1	42,8	47	44,8	59,9	52,2	39,9	43,3	48,7	25,3	58,9	32,6	52,,7
Peso total de la semilla (g)	2,33	2,51	2,55	2,94	2,52	4,23	2,52	2,46	2,74	2,63	2,75	3,52	3,66	2,34	2,44	2,61	4,1	3,63	4,12	2,71
Diámetro del fruto (cm)	4,5	4,9	5,4	5,1	5,5	5,1	5,4	4,9	5,5	5,1	5	5,4	4,8	4,6	5,4	4,8	4,9	4,1	5,2	4,4
Tamaño del fruto (cm)	6,5	7	8	7,1	6,5	9,5	7,7	8,1	7,7	7,2	6,8	8,2	7,5	7,7	7	8,3	6,3	7,3	8,4	7
Grosor de la cascara (cm)	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,6	0,7	0,6
Nº de semillas/fruto	245	254	263	276	268	298	256	251	272	274	268	269	270	240	274	263	256	268	279	258
Tamaño de semilla (cm)	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Para las comparaciones correspondientes en las variables medidas anteriormente se pudo determinar por medio de la prueba de análisis estadística “t” student, debido que nuestro diseño es no experimental, este tipo de prueba nos ayuda a determinar la hipótesis ya sea nula o la hipótesis alterna de nuestras comparaciones.

Para esta prueba se realizó las comparaciones por pares, es decir comparamos por variedades, la primera prueba es la variedad roja con la variedad blanca (R y B), luego la variedad blanca con la variedad naranja (B y N) y finalmente las variedades Roja con la variedad naranja (R y N), así respectivamente para todas las variables. A continuación se realizó las comparaciones correspondientes:

6.1.1 Peso total del fruto (g)

Peso total del fruto (PTF)

Cuadro 9. Comparación variedades R y B (PTF)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Blanca
Media	102,77	106,69
Varianza	429,55	222,51
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	316,62	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-0,40	
P(T<=t) una cola	0,35	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,704	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

El cuadro 9 presenta las comparaciones de las variedades de tuna roja y blanca, utilizando el análisis de comparaciones t student, llegó a la siguiente conclusión, se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso total del fruto promedio de la tuna roja es igual al de la tuna blanca.

Cuadro 10. Comparación variedades B y N (PTF)

Prueba de análisis estadístico	V-Blanca	V-Naranja
Media	106,69	136,56
Varianza	222,51	869,33
Observaciones	7,00	7,00
Varianza agrupada	545,92	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	12,00	

Estadístico t	-2,40	
P(T<=t) una cola	0,02	
Valor crítico de t (una cola)	-1,78	
P(T<=t) dos colas	0,03	
Valor crítico de t (dos colas)	2,18	

De acuerdo al cuadro 10 se observa las comparaciones con las variedades blanca y naranja, en este caso se rechaza la H_0 y se acepta la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso promedio de la tuna blanca menor al de la tuna naranja.

Cuadro 11. Comparación variedades R y N (PTF)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Naranja
Media	102,77	136,56
Varianza	429,55	869,33
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	669,43	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-2,35	
P(T<=t) una cola	0,02	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,03	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

El cuadro 11, se realizó la comparación de las variedad de dolor roja y naranja, en la cual se rechaza la H_0 y se acepta la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso total del fruto promedio de la tuna roja es menor al de la tuna naranja.

Peso total R=B B<N R<N

De acuerdo a los resultados del análisis de comparaciones se dice que la variedad de color naranja es mayor en peso total que las variedades blanca y roja.

6.1.2 Peso de pulpa (g)

Peso de pulpa (PP)

Cuadro 12. Comparación variedades R y B (PP)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Blanca
Media	58,02	58,54
Varianza	492,99	71,57
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	263,12	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	

Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-0,06	
P(T<=t) una cola	0,48	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,95	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

El cuadro 12 presenta el análisis de las comparaciones con las variedades de color rojo y blanco, se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso de pulpa del fruto promedio de la tuna roja es igual al de la tuna blanca.

Cuadro 13. Comparación variedades B y N (PP)

Prueba de análisis estadístico	V-Blanca	V-Naranja
Media	58,54	73,11
Varianza	71,57	288,17
Observaciones	7,00	7,00
Varianza agrupada	179,87	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	12,00	
Estadístico t	-2,03	
P(T<=t) una cola	0,03	
Valor crítico de t (una cola)	-1,78	
P(T<=t) dos colas	0,06	
Valor crítico de t (dos colas)	2,18	

De acuerdo al cuadro 13 de las comparación de variedades de tuna, la variedad blanca con la variedad naranja rechaza la H_0 y se acepta la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso de pulpa promedio de la tuna blanca menor al de la tuna naranja.

Cuadro 14. Comparación variedades R y N (PP)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Naranja
Media	58,02	73,11
Varianza	492,99	288,17
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	381,27	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-1,39	
P(T<=t) una cola	0,10	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,19	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

En este caso se rechaza la H_0 y se acepta la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso de pulpa promedio de la tuna roja menor al de la tuna naranja. De acuerdo al análisis de comparaciones “t” student del cuadro 14.

Peso pulpa R=B B<N R<N

En el peso de pulpa entre las tres variedades comparadas de tuna, indica que la variedad de color naranja es mayor en peso de pulpa a comparación de las variedades de color blanco y rojo.

6.1.3 Peso de cascara (g)

Peso de cascara (PC)

Cuadro 15. Comparación variedades R y B (PC)

Prueba de análisis estadístico	V-Rojo	V-Blanca
Media	43,82	43,83
Varianza	270,13	95,35
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	76,92	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-0,002	
P(T<=t) una cola	0,50	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,99	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

Se presenta el cuadro 15 del análisis de comparaciones de las variedades de tuna de color rojo y blanco, se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso de la cascara promedio de la tuna roja es igual al de la tuna blanca.

Cuadro 16. Comparación variedades B y N (PC)

Prueba de análisis estadístico	V-Blanco	V-Naranja
Media	43,83	61,73
Varianza	95,35	258,13
Observaciones	7,00	7,00
Varianza agrupada	176,74	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	12,00	
Estadístico t	-2,52	
P(T<=t) una cola	0,01	
Valor crítico de t (una cola)	-1,78	
P(T<=t) dos colas	0,02	
Valor crítico de t (dos colas)	2,18	

El cuadro 16 presenta en un análisis de comparaciones de las variedades de tuna de color blanco y naranja, en la cual se rechaza la H_0 y se acepta la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso sin cascara promedio de la tuna blanca menor al de la tuna naranja.

Cuadro 17. Comparación variedades R y N (PC)

Prueba de análisis estadístico	V-Rojo	V-Naranja
Media	43,82	61,73
Varianza	270,13	258,14
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	165,74	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-2,50	
P(T<=t) una cola	0,14	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,03	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

El cuadro 17 se observa de acuerdo al análisis de comparaciones que se rechaza la H_0 y se acepta la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso de la cascara promedio de la tuna roja es menor al de la tuna naranja.

Peso cascara R=B B<N R<N

Entonces al pesar la cascara de la tuna se pudo estimar que la variedad de color naranja es de mayor peso que las variedades de color blanco y rojo.

6.1.4 Peso total de la semilla (g)

Peso total de la semilla (PTS)

Cuadro 18. Comparación variedades R y B (PTS)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Blanca
Media	2,93	2,63
Varianza	0,58	0,03
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	0,28	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	1,01	
P(T<=t) una cola	0,17	
Valor crítico de t (una cola)	1,80	
P(T<=t) dos colas	0,33	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

De acuerdo al cuadro 18 para la prueba de comparaciones de las variedades de color rojo y blanco, se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró

estadísticamente que el peso total de la semilla promedio de la tuna roja es igual al de la tuna blanca.

Cuadro 19. Comparación variedades B y N (PTS)

Prueba de análisis estadístico	V-Blanca	V-Naranja
Media	2,63	3,10
Varianza	0,03	0,48
Observaciones	7,00	7,00
Varianza agrupada	0,26	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	12,00	
Estadístico t	-1,72	
P(T<=t) una cola	0,06	
Valor crítico de t (una cola)	-1,78	
P(T<=t) dos colas	0,11	
Valor crítico de t (dos colas)	2,18	

En el cuadro 19 del análisis de las comparaciones t-student de las variedades de color blanco y naranja, se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso total de la semilla promedio de la tuna blanca es igual al de la tuna naranja.

Cuadro 20. Comparación variedades R y N (PTS)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Naranja
Media	2,93	3,10
Varianza	0,58	0,48
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	0,53	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-0,41	
P(T<=t) una cola	0,34	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,69	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

El cuadro 20 presenta en el análisis de comparaciones de las variedades de color rojo y naranja, se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el peso total de la semilla promedio de la tuna roja es igual al de la tuna naranja.

Peso semilla R=B B=N R=N

De acuerdo a las comparaciones respecto al peso total de la semilla, señala que las tres variedades de tuna son iguales, esto quizá se debe a las diferentes semillas que compone el fruto, las semillas viables y abortivas (35-40% del total) y esto haya influido de cierta manera en el peso de semilla de cada variedad.

6.1.5 Diámetro del fruto (cm)

Diámetro del fruto (DF)

Cuadro 21. Comparación variedades R y B (DF)

Prueba de análisis estadístico	V-Rojo	V-Blanco
Media	4,85	5,26
Varianza	0,08	0,06
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	0,07	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-2,80	
P(T<=t) una cola	0,01	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,02	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

Observado el cuadro 21 del análisis de comparaciones de las variedades de color rojo y naranja, se rechaza la H_0 y se acepta la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el diámetro promedio de la tuna roja es menor al de la tuna blanca.

Cuadro 22. Comparación variedades B y N (DF)

Prueba de análisis estadístico	V-Blanco	V-Naranja
Media	5,26	5,06
Varianza	0,06	0,51
Observaciones	7,00	7,00
Varianza agrupada	0,29	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	12,00	
Estadístico t	0,70	
P(T<=t) una cola	0,25	
Valor crítico de t (una cola)	1,78	
P(T<=t) dos colas	0,50	
Valor crítico de t (dos colas)	2,18	

En el cuadro 22 en las comparaciones de las variedades de color blanco y naranja se estima que, se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el diámetro de la tuna blanca es mayor al de la tuna naranja.

Cuadro 23. Comparación variedades R y N (DF)

Prueba de análisis estadístico	V-Rojo	V-Naranja
Media	4,85	5,06
Varianza	0,08	0,51
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	0,31	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-0,67	
P(T<=t) una cola	0,26	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,52	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

En este caso se rechaza la H_0 y se acepta la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el diámetro de la tuna roja menor al de la tuna naranja. Como se presenta en el cuadro 23 de las comparaciones de variedades rojo y naranja.

Diámetro	R<B	B>N	R<N
----------	-----	-----	-----

Entonces de acuerdo a las comparaciones establecidas se puede estimar que la variedad de color blanca es de mayor diámetro que a variedades naranja y la variedad roja. Seguramente estos se debe ya sea a factores climáticos por el cual el diámetro de la variedad blanca es mayor a las otras.

6.1.6 Tamaño del fruto (cm)

Tamaño del fruto (TF)

Cuadro 24. Comparación variedades R y B (TF)

Prueba de análisis estadístico	V-Rojo	V-Blanca
Media	7,38	7,06
Varianza	0,42	0,38
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	0,40	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	0,93	
P(T<=t) una cola	0,19	
Valor crítico de t (una cola)	1,80	
P(T<=t) dos colas	0,37	

Valor crítico de t (dos colas)	2,20
--------------------------------	------

En el cuadro 24 se observa la comparación de variedades rojo y blanco, la cual al realizar la prueba de t-student nos indica que, se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el tamaño promedio de la tuna roja es igual al de la tuna blanca.

Cuadro 25. Comparación variedades B y N (TF)

Prueba de análisis estadístico	V-Blanca	V-Naranja
Media	7,06	8,01
Varianza	0,38	0,66
Observaciones	7,00	7,00
Varianza agrupada	0,52	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	12,00	
Estadístico t	-2,49	
P(T<=t) una cola	0,01	
Valor crítico de t (una cola)	-1,78	
P(T<=t) dos colas	0,03	
Valor crítico de t (dos colas)	2,18	

En el cuadro 25 se encuentra las comparaciones entre las variedades de tuna blanca y naranja. En este caso se rechaza la H_0 y se acepta la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el tamaño de la tuna blanca menor al de la tuna naranja.

Cuadro 26. Comparación variedades R y N (TF)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Naranja
Media	7,38	8,01
Varianza	0,42	0,66
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	0,55	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-1,53	
P(T<=t) una cola	0,08	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,16	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

El cuadro 26 de comparaciones las variedades de tuna roja y naranja nos indica que, se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el tamaño promedio de la tuna roja es menor al de la tuna naranja.

Tamaño	R=B	B<N	R<N
---------------	-----	-----	-----

Entonces de acuerdo a nuestras comparaciones podemos llegar a especular que a variedad de color naranja es mayor en tamaño con respecto a ambas variedades de color rojo y blanco. Pero también que las variedades rojas y blancas son estadísticamente iguales en tamaño.

6.1.7 Grosor de la cascara (cm)

Grosor de la cascara (GC)

Cuadro 27. Comparación variedades R y B (GC)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Blanca
Media	0,70	0,79
Varianza	0,00	0,01
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	0,01	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-1,95	
P(T<=t) una cola	0,04	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,08	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

Las comparaciones de las variedades de color rojo y blanco de acuerdo a su grosor de la cascara y nos indica que, en este caso se rechaza la H_0 y se acepta la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el grosor de la cascara de tuna roja es menor al de la tuna blanca. Como se presenta en el cuadro 27.

Cuadro 28. Comparación variedades B y N (GC)

Prueba de análisis estadístico	V-Blanca	V-Naranja
Media	0,79	0,71
Varianza	0,01	0,01
Observaciones	7,00	7,00
Varianza agrupada	0,01	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	12,00	
Estadístico t	1,25	
P(T<=t) una cola	0,12	
Valor crítico de t (una cola)	1,78	
P(T<=t) dos colas	0,24	
Valor crítico de t (dos colas)	2,18	

Las comparaciones de las variedades blanco y naranja del cuadro 28, nos señala que se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el grosor de la cascara promedio de la tuna blanca es igual al de la tuna naranja.

Cuadro 29. Comparación variedades R y N (GC)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Naranja
Media	0,70	0,71
Varianza	0,00	0,01
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	0,01	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-0,26	
P(T<=t) una cola	0,40	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,80	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

En el cuadro 29 de las comparaciones entre las variedades de color rojo y naranja nos señala que se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el grosor de la cascara promedio de la tuna roja es igual al de la tuna naranja.

Grosor cascara R=B B=N R=N

De acuerdo con nuestro análisis de comparaciones nos indica que se estima que el grosor de la cascara de las variedades roja, naranja y blanca son iguales, puede ser debido a las condiciones ambientales del lugar.

6.1.8 Numero de semillas/fruto

Numero de semillas por fruto (NSF)

Cuadro 30. Comparación variedades R y B (NSF)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Blanco
Media	260,33	268,14
Varianza	263,47	47,48
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	145,65	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-1,16	
P(T<=t) una cola	0,13	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,27	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

En el cuadro 30 de las comparaciones de las variedades de color rojo y blanco, señala que se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró

estadísticamente que el número de semillas promedio de la tuna roja es igual al de la tuna blanca.

Cuadro 31. Comparación variedades B y N (NSF)

Prueba de análisis estadístico	V-Blanco	V-Naranja
Media	268,14	266,14
Varianza	47,48	239,14
Observaciones	7,00	7,00
Varianza agrupada	143,31	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	12,00	
Estadístico t	0,31	
P(T<=t) una cola	0,38	
Valor crítico de t (una cola)	1,78	
P(T<=t) dos colas	0,76	
Valor crítico de t (dos colas)	2,18	

Se realizó la comparación entre variedades de color blanco y naranja, donde indica que se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el número de semillas promedio de la tuna blanca es igual al de la tuna naranja. Como muestra el cuadro 31.

Cuadro 32. Comparación variedades R y N (NSF)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Naranja
Media	260,33	266,14
Varianza	263,47	239,14
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	250,20	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-0,66	
P(T<=t) una cola	0,26	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,52	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

De acuerdo al análisis de las comparaciones de las variedades de color rojo y naranja del cuadro 32, se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el número de semillas promedio de la tuna roja es igual al de la tuna naranja.

Numero de semillas	R=B	B=N	R=N
--------------------	-----	-----	-----

Según los cuadros de análisis de comparaciones entre las tres variedades de color naranja, rojo y blanco señala, que las tres variedades de tuna con respecto al número

de semillas son iguales, puede que sea debido a la escarificación, lavado y secado de las semillas, la cual genero alguna pérdida al momento del conteo.

6.1.9 Tamaño de semilla (cm)

Tamaño de semilla (TS)

Cuadro 33. Comparación variedades R y B (TS)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Blanca
Media	0,37	0,39
Varianza	0,00	0,00
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	0,00	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-0,77	
P(T<=t) una cola	0,23	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,46	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

Según el cuadro 33 de las comparaciones de las variedades de color rojo y blanco, señala que se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el tamaño de las semillas promedio de la tuna roja es igual al de la tuna blanca

Cuadro 34. Comparación variedades B y N (TS)

Prueba de análisis estadístico	V-Blanca	V-Naranja
Media	0,39	0,37
Varianza	0,00	0,00
Observaciones	7,00	7,00
Varianza agrupada	0,00	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	12,00	
Estadístico t	0,61	
P(T<=t) una cola	0,28	
Valor crítico de t (una cola)	1,78	
P(T<=t) dos colas	0,55	
Valor crítico de t (dos colas)	2,18	

El análisis de comparaciones de las variedades de color blanco y naranja que se encuentra en el cuadro 34, indica que se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el tamaño de las semillas promedio de la tuna blanca es igual al de la tuna naranja.

Cuadro 35. Comparación variedades R y N (TS)

Prueba de análisis estadístico	V-Roja	V-Naranja
Media	0,37	0,37
Varianza	0,00	0,00
Observaciones	6,00	7,00
Varianza agrupada	0,00	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	11,00	
Estadístico t	-0,17	
P(T<=t) una cola	0,43	
Valor crítico de t (una cola)	-1,80	
P(T<=t) dos colas	0,87	
Valor crítico de t (dos colas)	2,20	

En el cuadro 35 de la comparaciones de la variedad roja con la variedad naranja indica que se acepta la H_0 y se rechaza la H_A , esto quiere decir que se demostró estadísticamente que el tamaño de las semillas promedio de la tuna roja es igual al de la tuna naranja.

Tamaño de semilla	R=B	B=N	R=N
-------------------	-----	-----	-----

De acuerdo al análisis de comparación del tamaño d semilla de las tres variedades analizadas, la roja, naranja y blanca se estima que las son iguales.

Según (Pimienta, 1990; Scheinvar, 1999). Las semillas se encuentran con un diámetro de 3 a 4 milímetros.

Caracterización bromatológica de la tuna

Los resultados del análisis bromatológico de las tres variedades son las siguientes:

Cuadro 36. Análisis bromatológico del fruto de la tuna

COMPONENTE	UNIDADES	COLOR ROJO	COLOR NARANJA	COLOR BLANCO	MÉTODO DE ENSAYO
Vitamina A	ug/100g	7,908	12,42	6,4	Espectrofotometría
Carbohidratos	%	10,395	9,455	9,51	Fehling
Proteína	%	0,66	0,51	1,13	Kjendhal
Grasa	%	0,22	0,26	0,17	Barshal
Fibra	%	4,97	3,14	3,63	Hidrolisis acido base
Calcio	mg/100g	37,39	39,59	34,09	Volumetría
Fosforo	mg/100g	23,62	22,17	20,82	Espectrofotometría
Valor energético	kcal/100g	46,14	42,19	44,11	Calculo
Humedad	%	79,08	79,48	79,57	Gravimétrico
°Brix	°Brix	18,834	23,29	20,82	Refractometria
Cenizas	%	0,383	0,35	0,34	Gravimetría
Vitamina C	mg/100g	15,72	18,16	17,23	Espectrofotometría

Fuente: En base a la información del Seladis (2016)

Análisis de la información

6.2 Variables de Laboratorio

6.2.1 Vitamina A

Esta vitamina es considerada como un antioxidante y se encuentra también en el fruto de la tuna, los datos obtenidos nos demostraron que la variedad que tiene mayor cantidad de esta vitamina es la variedad de color naranja con el 12,42 ug/100 g, seguida de la variedad de color rojo con el 7,90 ug/100 g y finalmente con menor valor de la vitamina la variedad de color blanco con el 6,40 ug/100 g. por lo tanto si uno esta con déficit de esta vitamina A podría ingerir la variedad de color naranja.

6.2.2 Carbohidratos

Los carbohidratos o hidratos de carbono se consideran uno de los principales nutrientes de nuestra alimentación. Por lo cual en este análisis se pudo verificar que la variedad de tuna de color rojo presenta una mayor cantidad de hidratos de carbono con un 10,40 % , la variedad de color naranja con un 9,56%, y de menor valor la blanca con el 9,51. Para aquel sujeto que necesitaría engordar, podría ingerir la tuna de color rojo.

6.2.3 Proteína

La proteína fue medida mediante el método kjendhal , el que presenta mayor proteína con un 1,13% es la variedad blanco a comparación de la roja con 0,66% y en menor valor la naranja con 0,51%. Para la dieta es principal la proteína, por lo cual si el sujeto ingiere la variedad blanca le será de mucha ayuda en su alimentación.

6.2.4 Grasa

Medida por el método de Barshal, existe menor cantidad de grasa en la variedad de color blanco con un 0,17%, y las variedades roja y naranja con mayor cantidad de grasa es decir, con una 0,22% y 0,26% respectivamente. Por lo cual cuando el sujeto este con poca energía seria bueno que consuma la tuna de variedad naranja.

6.2.5 Fibra

Medido mediante el método de ensayo de hidrolisis acido base, con la cual se llevó el siguiente análisis, de acuerdo a los datos establecido la variedad con mayor cantidad de fibra es la variedad de la roja con un 4,97%, la variedad de color blanco con el 3,63 % y la variedad con menor cantidad de fibra es la naranja con 3,14 por ciento.

6.2.6 Calcio

Es uno de los minerales mas importantes para el bienestar del cuerpo humano y útil para la plata, lo cual el fruto de la tuna obtuvo, que la variedad de color naranja con 39,59 mg/100G es la de mayor cantidad de calcio, seguida de la de color rojo con el 37,39 mg/100 g y la de menor cantidad de calcio con el 34,09 mg/100 es la de color blanco gramos de Calcio. Para sujetos de poca edad y de mayor edad podría consumir la tuna de color naranja que los ayudaría en su alimentación.

6.2.7 Fosforo

El Fosforo juntamente con el Calcio es también uno de los minerales más importantes, por lo cual según los datos obtenidos se que el fruto de color rojo es el de mayor cantidad de fosforo con el 23,62 mg/100g, seguida de la variedad color naranja con el 22,17 mg/100g y finalmente la variedad de color blanco con el 20,82 mg/100 gramos. Para una maor cantidad de fosforo en la alimentación, sería necesario recomendar el consumo de tuna de color rojo.

6.2.8 Valor Energético

Llamado valor calórico, o cantidad de calorías en el análisis del fruto de la tuna, se encontró mayor cantidad de calorías en la variedad de color rojo con el 46,14 Kcal/100g, la variedad naranja con un valor medio de y 42,19 Kcal/100g y la variedad blanca con 44,11 Kcal/100g.

6.2.9 Humedad

Se determinó la cantidad de agua que existe en el fruto de la tuna, con mayor cantidad de agua es la variedad de color blanco con el 79,57%, y las variedades naranja y roja, con 79,57% y 79,08% respectivamente.

6.2.10 °Brix

Determina el cociente total de sacarosa (cantidad de azúcares) que se pudo encontrar en el fruto de la tuna, realizando el análisis respectivo se llegó a la conclusión que la variedad que tiene la mayor cantidad de sacarosa es la variedad naranja con el 23,29°brix, seguidamente con la blanca con el 20,82°brix y finalmente la roja con el 18,83 °brix. Superando los niveles establecidos por los autores (CEZA, 2011 y Sudzuki, 1993). Para aquellos sujetos que les guste la cantidad de dulzor sea mayor, se o recomendaría consumir la tuna de color naranja.

6.2.11 Cenizas

Las cenizas representa la cantidad de minerales y un índice de calidad en el fruto, en este caso el análisis de la tuna tiene una mayor índice de cenizas en la variedad de color rojo con el 0,38%, seguida de la variedad naranja con el 0,35% y la de menor es la variedad blanca con el 0,34 por ciento.

6.2.12 Vitamina C

Es esencial para la construcción y el mantenimiento de los tejidos en el cuerpo del ser humano. En este análisis se pudo obtener que la variedad que tiene mayor cantidad de vitamina C es la naranja con el 18,16 mg/100 g, las variedades blanca y roja con valores de 17,23 mg/100 g y 15,72 mg/100 g respectivamente.

Cuadro 37. Resultados del análisis comparativo

Componente	Unidades	Bajo	Medio	Alto
Vitamina A	ug/100g	Blanco	Rojo	Naranja
Carbohidratos	%	Blanco	Naranja	Rojo
Proteína	%	Naranja	Rojo	Blanco
Grasa	%	Blanco	Rojo	Naranja
Fibra	%	Naranja	Blanco	Rojo
Calcio	mg/100g	Blanco	Rojo	Naranja
Fosforo	mg/100g	Blanco	Naranja	Rojo
Valor Energético	kcal/100g	Blanco	Naranja	Rojo
Humedad	%	Rojo	Naranja	Blanco
°Brix	°Brix	Rojo	Blanco	Naranja
Cenizas	%	Blanco	Naranja	Rojo
Vitamina C	mg/100g	Rojo	Blanco	Naranja

De acuerdo a la investigación la variedad de color naranja es de mayor calidad nutricional esto quiere decir que contiene una mayor cantidad y porcentaje a comparación de las otras dos variedades debido a los componentes principales que tiene que tener un fruto, pero sin dejar de lado a las otras variedades que también tienen un grado de importancia en su composición.

La variedad naranja compone alta cantidad de vitamina A y C, porcentaje de grasa, calcio, y °brix es decir de mayor contenido de azúcar. En segundo lugar se encuentra la variedad de color rojo con alta cantidad de valor energético, fósforo, mayor porcentaje de carbohidratos, fibra, y cenizas. Y finalmente la variedad de color blanco que destaca en alto porcentaje de proteína y humedad.

6.3 Variables calificables

Análisis de la información

Para conocer los conocimientos, usos, hábitos, percepciones y creencias que tiene la gente respecto a los valores nutritivos del fruto de la tuna, se realizó una encuesta que permitió recoger información sobre el cultivo de la tuna. Esta encuesta se realizó mediante visitas a familias de las comunidades de Achocara Alto y Achocara Bajo pertenecientes al municipio de Luribay, se tomó en cuenta los datos de los productores de la zona y aquellos productores de tuna, también se encuestó a familiares y vecinos a la población que se determinó por fórmula ver página 53.

Los resultados son los siguientes:

6.3.1 Consumo

De las 42 personas encuestadas el 95% señala que consumen el fruto de la tuna y el 5% no la realiza (anexo 16). Luribay es considerada una zona rica en producción frutícola, no se deja atrás la producción de tuna, por lo cual el 95 % de las personas del lugar si consumen con toda facilidad ya que esta cultivada en casi todas sus hogares y/o parcelas en poca o mucha cantidad. Esto nos quiere decir que la mayoría de la comunidad de Achocara consume el fruto de tuna.

6.3.2 Usos

Como se observa en el anexo 17, el 57 % de las personas utilizan como alimento el 17 % de las otras en la salud, como remedios caseros, y los demás porcentajes en menores resultados como sus usos en forraje, alimento, ayuda al suelo y otros. Esto nos indica que podría la gente dar otros usos al cultivo de tuna, pero mayormente se estima que solo usan el fruto como alimento.

6.3.3 Nutrientes del fruto de tuna

En el anexo 18 se puede observar que el 90% de las personas encuestadas no están suficientemente informadas sobre la cantidad y calidad de nutrientes que tiene este fruto y el otro 10% indica saber pero con poca claridad los nutrientes que tiene este fruto.

¿Qué importancia tienen estos nutrientes?

De acuerdo con los entrevistados, nos dieron varias respuestas, entre ellas están; son buenas para el riñón, el hígado, la gastritis o para muchos para la resaca. Estas mismas de acuerdo a su propia experiencia o de sus conocidos.

6.3.4 Dificultades al consumir el fruto de tuna

El 50% de las personas encuestadas cree que no hay dificultad al consumir este fruto, el 19% es solo por el costo, el 17% por las espinas que tiene el fruto y el otro restante porcentaje es porque no se produce muchas veces al año (anexo 19).

6.3.5 Frecuencia de consumo

Como se muestra en el anexo 20, el 74% de las personas consumen en su temporada de producción del fruto de la tuna casi con frecuencia en el día, el otro 24% es todos los días una vez al día, los restantes por cuestión de salud y otros es menos frecuente su consumo.

6.3.6 Compra del fruto de tuna

Se reporta, que el 67% es de consumo rápido ya que muchas veces se puede encontrar por la calles ya peladas y frescas para consumirlas, el 23% por el costo, y los otros porcentuales de 7% y 2% son por la adquisición y su valor nutritivo respectivamente (anexo 21).

6.3.7 Calificación del fruto de tuna

El 86% es por su sabor dulce, y el 12% es considerada moderadamente dulce y los restantes no le es agradable al paladar que nos muestran un desagrado mínimo al consumirlo (anexo 22).

6.3.8 Variedades de fruto de tuna de preferencia

Mayormente las personas encuestadas no tiene preferencia considerable a la hora de consumir el fruto, ya que las variedades de este fruto se distinguen por su sabor dulce y agradable, pero al parecer destaca con la mayor cantidad de consumo es la tuna blanca con el 40% ya que ellos la consideran más dulce, con el 24% consumen de preferencia la de color amarillo y finalmente la roja con un total de 29% y para aquellos que no distinguen diferencia un 7% (anexo 23).

6.3.9 Áreas para el cultivo de tuna

El 50% de los agricultores utilizan mayor a 1 hectárea en cultivos de tuna, los otros como 1 hectárea, $\frac{1}{2}$ hectárea y $\frac{1}{4}$ de hectárea están con el 29%, 12% y 9% respectivamente (anexo 24).

6.3.10 Producción y cosecha de tuna en Luribay

La producción de tuna en promedio es de 70 a 80 tunas por planta, mucho tiene que ver nos indicaron los productores, si tienen plagas como la cochinilla pues deja a la planta improductiva completamente.

Los agricultores nos indicaron que solamente se puede cosechar una vez al año, estos en los inicios del mes de diciembre y a finales del mes de enero o febrero.

6.3.11 Venta del fruto de tuna

Los productores las venden en cajas, estas cajas pueden contener entre 100 a 120 tunas, a un precio entre 80 a 100 Bs, que depende del tamaño de las tunas.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

La investigación sobre el fruto de la tuna que se realizó en el municipio de Luribay en las comunidades de Achocara alto y Achocara bajo tuvieron los siguientes resultados.

En cuanto a las características físicas evaluadas de la tuna (*Opuntia ficus indica*), analizada por el método de comparación t-student, se observó la variabilidad existente entre colores rojos, naranjas y blancos. Los resultados resaltaron a la variedad de color naranja, los datos obtenidos en base al peso, como el peso total, peso de la pulpa, peso de la cascara y de semilla, la variedad que destacó es la variedad naranja ya que de mayor importancia es el peso de la pulpa, la pulpa es la porción comestible del fruto y de este modo es comercializada mayormente, esta con un promedio de 73,11 gramos a comparación de la variedades roja y blanca.

En el caso del tamaño, la variedad naranja resultó ser de mayor tamaño con un tamaño promedio de 8,01 cm, esta comparada por el análisis de comparaciones t-student al respecto con las variedades de color rojo y blanco. En el diámetro la variedad de color blanco es la que destacó puede ser por la forma casi redondeada que tiene está, a comparación de las otras variedades que son ovaladas y más largadas esta con un diámetro promedio de 5,26 centímetros.

En el número de semillas los datos resultaron ser iguales estadísticamente demostrados por las pruebas de comparación t-student, puede ser debido a que contiene dos tipos de semillas las viables y abortivas, los cuales modificaron algún tipo de diferencia entre las variedades de tuna, de igual manera el grosor de la cáscara resultaron ser iguales, puede ser que sea a modificación en su clima o tal vez la falta o exceso de agua en algunos sectores del cultivo

Respecto a las características químicas, se evaluó la composición química de las diferentes variedades de tuna, la naranja, roja y blanca por lo que se pudo observar en el cuadro 36, en cuanto a la proteína, carbohidratos, grasas, fibra, calcio, fósforo, valor energético, cenizas, vitaminas A y C, humedad y °Brix que fueron analizados en la institución de Seladis, resultó que la variedad de color naranja tiene altos niveles de vitamina A con un 12,42 ug/100g, grasa con el 0,26%, Calcio con 39,59 mg/100g,

Vitamina C con 18,16 g y °brix con 23,29 °Brix. Se podría estimar que la variedad de color naranja es de mayor dulzor y tiene las mayores cualidades de un fruto nutritivo.

Seguidamente la variedad de color rojo también tiene cualidades nutricionales importantes, como los carbohidratos con el 10,40%, Fibra 4,97%, fosforó 23,62 mg/100 g, valor energético de 46,14 Kcal/100 g, y cenizas de 0,38 por ciento. Pero esta tal vez sería destinada a otro tipo de dieta, a sujetos que requieran aumentar de peso.

También la variedad de color blanco destaca en ciertos nutrientes como la proteína con 1,13% y la cantidad de agua con el 79,57%. Se estima que sería destinada a sujetos que quieran tener menor cantidad de grasa y mayor musculo.

Las encuestas realizadas en la investigación, se pudo observar que la mayoría de la gente consume el fruto de la tuna, ya que es un fruto muy agradable al paladar, es de consumo rápido y económico. En cuanto a los usos sobre la planta de tuna como tal, lamentablemente no tiene muchos, la explotación está centrada solo en la fruta, poco en la planta y mucho menor en explotación con las cochinillas, se puede realizar mayor manejo de la *Opuntia* con la información apropiada así mejorando y explotándola en forma óptima y productiva. Respecto a la información que la población tiene sobre la composición química del fruto, estas son casi nulas, ya que no existe información respecto a este fruto.

En nuestro país es insuficiente la explotación e información sobre esta planta, aun no se han realizado mayores investigaciones. La bibliografía de investigación realizada en el país son pocas, en la mayoría son de países líderes en producción como México, Chile, Perú y otros.

7.2 Recomendaciones

Continuar las investigaciones sobre esta planta *Opuntia ficus-indica*, para ampliar mayores conocimientos y fortalecer un producto alimenticio en el ámbito agrícola sino también industrial.

Realizar estudios sobre la mayor plaga que aqueja a la tuna que es la cochinilla, puesto que investigaciones indican grandes beneficios existentes en este tipo de insectos en el cultivo de tuna.

Llevar el cultivo de la tuna a mayores producciones y/o explotaciones, ya que su adaptabilidad es una gran ventaja para los climas existentes en nuestra región, no solo a nivel La Paz sino también a nivel Bolivia.

Así también continuar buscando nuevas alternativas alimenticias existentes en nuestro país que aún no se han descubierto o falta ser reconocidas, se requiere mayor investigación y aporte de conocimientos e información.

8 BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, F., (2011), “Efecto del tiempo de almacenamiento y tipos de procesamiento que los antioxidantes de nopal”. México. pp 84-96.

ANGULO, S., (2012), “La tuna tiene propiedades beneficiosas para la salud”, Opinion, Bolivia, (10/06/15).

AGUILAR, G. (2005), “Producción forzada de nopal (*Opuntia ficus-indica*, cv.) Tlaconopal mediante anillado parcial”, Revista Fitotecnia Mexicana 28 (3): 295-298.

APARICIO, J., (2006), “Diagnostico del ecosistema en localidades de la puna y valles interandinos del norte del departamento de La Paz-Bolivia”, Bolivia, 98 p.

APOYALA M., s.f., “Operacionalizacion de variables”, DISAN FAP, Mexico, 51 p.

BARBERA, G., (1999), “Historia e importancia económica y agroecológica”, Roma, pp.1-12.

BOLAÑOS, A., (2014), “Evaluación de la influencia potencial de tres especies: Tunal (*Opuntia ficus-indica* L.), Chacatea (*Dodonea viscosa* Jacq.) y Molle (*Schinus molle* L.) sobre las propiedades edáficas dentro de un sistema agroforestal en Combuyo - Vinto.”(Tesis de Licenciatura), Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, Cochabamba-Bolivia, 169 p.

CAMACHO M. et. al. (1993),”Guía tecnológica para el cultivo del Chapulixtle (*Dodonea viscosa* (L) Jacq. Guía Tecnológica No 1”, CENID-COMEF/INIFAP. México. 36 p.

CASTRO, J., PAREDES C., MUÑOZ D. (2009), “Manual técnico de la tuna (*Opuntia ficus indica*)”, Recuperado

CHURQUI, M., LOZANO, R., SERRANO, M., CESPEDES A., (2014), “Evaluación de la agrobiodiversidad en los agroecosistemas del PN-ANMI Serranía del Ñao (Bolivia, Chuquisaca). Proyecto BEISA3 – Universidad Real Pontificia Mayor San Francisco Xavier de Chuquisaca.”, 3(6): 165-193 pp. Recuperado <http://www.revistasbolivianas.org.bo>

CEREZAL, P., DUARTE, G., (s.f.), "Algunas características de tunas (*Opuntia ficus-índica* (L.) Miller) cosechadas en el altiplano andino de la 2da Región de Chile", Recuperado de <http://www.ipacd.org>

CELI SOTO CARMEN., (2013), "Manejo del tamaño de fruto y calidad de la tuna (*Opuntia ficus- indica*, mediante a regulación de la carga frutal, bajo condiciones de zona mediterránea y tropical", Universidad de Chile, Facultad de ciencias agronómicas, Santiago-Chile, 66 p.

CEZA, (2011), "Centros de Estudios de Zonas Arisadas", Ministerio de agricultura. Chile. 12p.

CORRALES, J. Y FLORES, C. A., (2003), Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del nopal y la tuna" 1ª Ed. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM, México, 167-215 p.

EGUILUZ P., T. (1978), "Ensayo de integración de los conocimientos sobre el genero *Pinus* en México. Tesis Licenciatura", UACH. Chapingo, Edo. de México.

ENRÍQUEZ, M., (2010), "El 41% del territorio boliviano sufre erosión y desertificación. Efectos: Un experto en cambio climático cree que Bolivia puede sufrir una "migración climática" si empeora la situación.", La Prensa, La Paz, (30/09/2013).

FAO, (s.f.), "Antecedentes generales de la *Opuntia*. Grupo de pastizales y cultivos forrajeros división de producción y Protección vegetal", 5 p. Recopilado en <http://www.fao.org>

FAO/OMS Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), (2000). Base de datos sobre aditivos alimentarios (con excepción de los utilizados como aromatizantes. <http://www.codexalimentarius.net/web/jecfa.jsp>

....., (2013), "Fruta de Luribay Sapahaqui y Carioma expondrán las 2da Feria Exposaludable" , La Patria, Bolivia,(26/05/15).

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. Ito”, Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia. Universidad de Valencia, España, 67 p.

FLORES-VALDEZ, C. A. (1999).” Producción, industrialización y comercialización de Nopalitos”, Roma, pp 97-105.

FLORES-VALDEZ, C., (2003),”Importancia del nopal”.1ª Ed. Universidad Autónoma Chapingo, CUESTAAM, México, pp 1-18.

FRANCK, N., (2014),”El Agua en las Plantas”. Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal. Ed. Trillas. México, pp. 69-73.

Google Mapas, (2016), “Mapa de Provincia Loayza, La Paz”, Recuperado de <http://mapasamerica.dices.net>

GeoBol La Paz, 2013. Recuperado de www.geo.gob.bo

HERNÁNDEZ S., FERNÁNDEZ C., BAUTISTA L., (2010), “metodología de la investigación McGraw-hill interamericana”, México, 960 p.

<http://www.ipacd.org/contents>

<http://www.provar.uchile.cl>

INGLESE, P., (1999), “Orchard planting and management”, Rome, 78 p.

KERLINGER, F. N. y LEE, H. B. (2002), “Investigación del comportamiento: métodos de investigación las ciencias sociales”, México: McGraw-Hill Interamericana Editores.

KIESLING R., (s.f.), “Origen, Domesticación y Distribución de Opuntia ficus-indica”, 3(2):7-9, Recuperado de <http://www.ipacd.org>

....., (2011), “Origen y distribución geográfica actual del cultivo”, Recuperado

KIESLING, R. 1998. Origen, domesticación y distribución de Opuntia ficus-indica. Journal of the Professional Association for Cactus Development. Recuperado.

LARCHER A, (2003), “El Agua en las Plantas. Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal”, Ed. Trillas, México, pp. 69-73.

LA PRENSA, (2010),” Noticias ambientales internacionales”, 09/2010, 1 p.

LEGASPI, A. (2006), "Manual de producción y comercialización de tuna. Secretaría de Desarrollo Agropecuario", SEDAGRO, México.

LÜTTGE, U. (2004). Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM). *Annals of Botany* 93: 629-652.

MAMANI R., (2006), "Ho linda Luribay", La Paz-Bolivia, 142 p.

MELGAREJO, P. (2000), "Tratado de Fruticultura para zonas áridas y semiáridas vol. I. El Medio Ecológico, La higuera, el algarrobo y el nopal", Ed. Mundi-prensa y AMV, Madrid-España, 422 p.

MONDRAGÓN-JACOBO, C., S. PIMIENTA-BARRIOS, (1995), "Cactus (*Opuntia* spp.) as forage", Roma, 169 p.

NIEDDU, G., Y D. SPANO., (1992), " Flowering and growth in *Opuntia ficus-indica*", *Acta Hort.* 296: pp. 153-159.

NOBEL P. (1991), "Los Incomparables Agaves y Cactus". Ed. Trillas, México, pp. 45-62.

NOBEL, P.S., (1999), "Biología ambiental", Roma., pp. 37-50.

PIMIENTA B, S. LOZA y M. CASTILLO, A., (2003). "Caracterización Anatómica y Conductividad Hidráulica Teórica de los elementos de Vaso de Variedades Silvestres y Cultivadas de Nopal Tunero (*Opuntia*)", *Acta Botánica*, Mexico, pp. 21-30.

PIMIENTA, E., (1990), "El nopal tunero", Universidad de Guadalajara, México.

REYES M., y LAVIN A., (2009), "Tuna", Chile, pp 106-115.

REYNOLDS, S., y JIMÉNEZ E., (2003), "El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. Estudio FAO producción y protección vegetal", México ,169 p.

ROSAS, P., Y E. PIMIENTA., (1986), "Polinización y fase progámica en nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) tunero", *Fitotecnia* 8: pp. 164-176.

SÁENZ C., (2006), "Utilización agroindustrial del nopal", *Boletín de servicios agrícolas de la FAO* N° 162, Roma, 182 p.

s.a., 2016, botánica_ on line, Propiedades de nopal. Recuperado de [www.botanica online](http://www.botanicaonline.com)

SCHEINVAR, L. (1999), "Taxonomía de las Opuntias utilizadas". Estudio FAO Producción y Protección Vegetal N° 132. Roma, pp. 21-28.

STADLER, N., (2014), "La Agroforestería - el Vivir Bien en la diversidad. Mollesnejta, en Combuyo, Vinto, Valle de Cochabamba/Bolivia. Calle Cota del Parque Tunari s/n", 6(3): 288-293 .Recuperado de <http://www.ucbcba.edu.bo>

SUDZUKI, F., (1993), "El cultivo de la tuna (Cactus Pear). Departamento de Reproducción Agrícola", Universidad de Chile. 46 p.

TAIZ L, E ZEIGGER, (2002), "Plant Physiology. Sinauer Associates", Inc. Publisher, USA, pp:1-792.

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

VIADEZ, N., (2005), "Produccion de semillas de pepino (Cucumis sativus L.) con el manejo de guias productivas y frutos" (Tesis de grado), Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia. 70 p.

VILLCA, V., (1999), "Determinación de las propiedades químicas de cinco especies forestales de los bosques nativos andinos de Bolivia" (Tesis de grado), Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia. 188 p.

www.elpaionline.com

www.senamhi.gob.bo

WINTER K. Y SMITH J., (1996)," An introduction to crassulacean acid metabolism: biochemical principles and biological diversity. En: Winter K. y Smith J.A.C. Eds. Crassulacean Acid Metabolism. Biochemistry, Ecophysiology and Evolution", Springer, Berlín, pp. 1-13.

ANEXOS

Anexo 1. Área de investigación comunidades Achocara alto y bajo



Anexo 2. Medición y toma de algunos datos para la investigación



Anexo 3. Medición de a) largo, b) ancho de la penca



Anexo 4. Toma de muestras de fruto de la tuna



Anexo 5. Tunas muestreadas en la zona de estudio



Anexo 6. Desinfectado de muestras



Anexo 7. Pesado total de las muestras de tuna



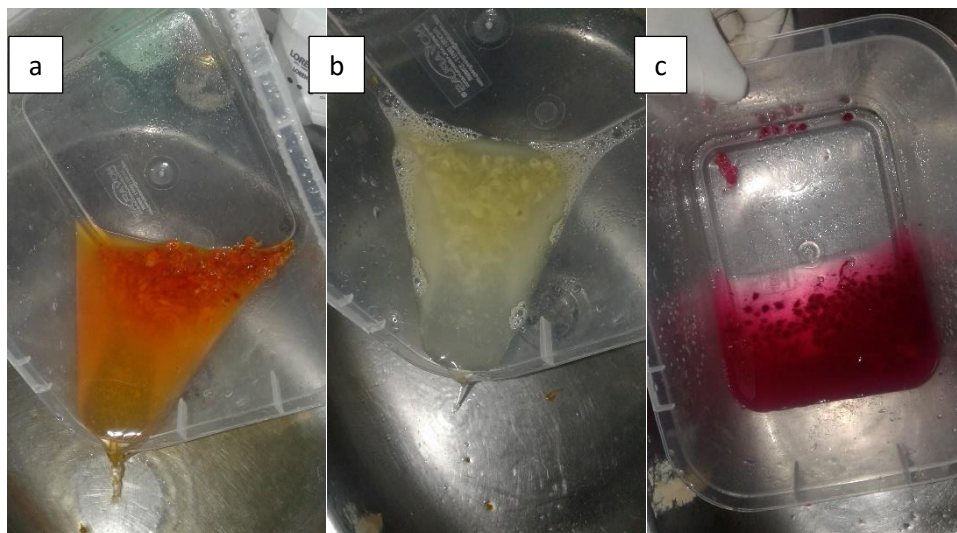
Anexo 8. Pesado del fruto sin cascara



Anexo 9. Pesado de la cascara



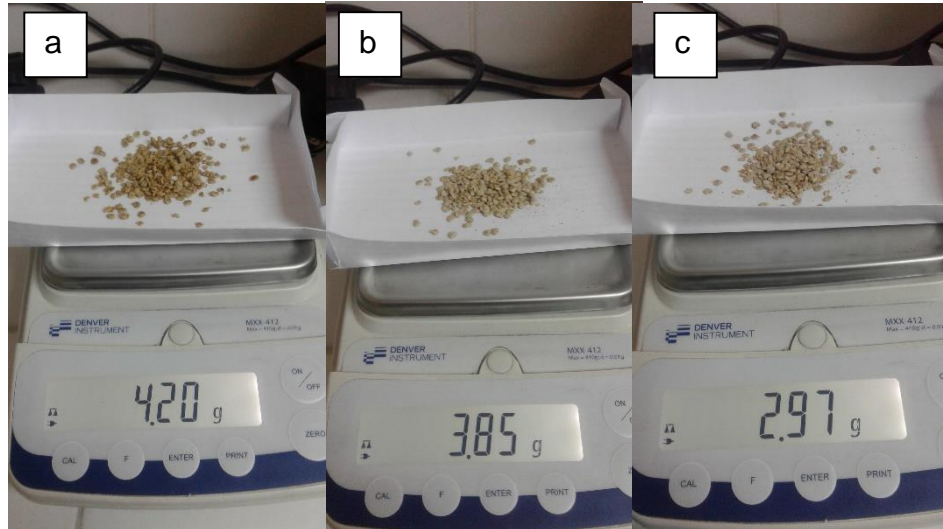
Anexo 10. Lavado de las semillas, separadamente por variedad a) naranja, b) blanca y c) roja.



Anexo 11. Escarificado de la semilla de tuna



Anexo 12. Pesado de la semillas. a) naranja, b) roja y c) blanca.



Anexo 13. Diámetro del fruto



Anexo 14. Grosor de la cascara



Anexo 15. Formulario de la encuesta

ENCUESTA

Nombre:.....**Fecha:**.....

Lugar:**Edad:**.....

1. ¿Usted consume el fruto de la tuna?

- Si
- No

2. ¿Usted sabe cuáles son los usos que se le da a la tuna como planta?

- Forraje
- Alimento
- Salud
- Ayuda al suelo
- Cerco
- Otros

3. ¿Sabe cuáles son los nutrientes que nos aporta el fruto de la tuna?

- Si
- No

4. (A continuación de la pregunta anterior, si la respuesta era **SI** nos deberían explicar para que nos sirve estos nutrientes ¿Qué importancia tienen estos nutrientes?
.....

5. ¿Qué dificultad cree usted que pueda tener el consumir el fruto de la tuna?

- Costo
- Es incomodo pelarlo
- No es de rápido consumo
- No existe mucho en el mercado

6. ¿Con que frecuencia consume el fruto de la tuna?

- Cada día
- Una vez por semana
- Una vez al mes
- Solo cuando es temporada

7. ¿Que consideraría al comprar este fruto?

- Costo
- Valor nutritivo
- Fácil alcance
- Rápido consumo

8. ¿Cómo califica el sabor del fruto de la tuna?

- Dulce
- Moderadamente dulce
- Amargo
- No tiene sabor

9. ¿Qué variedad del fruto consume de su preferencia?

- Rojo
- Anaranjado
- Blanco
- Todos

Preguntas netamente a productores de tuna

10. ¿Cuánto es el área aproximada del cultivo?

- >1 hectárea
- 1 hectárea
- ½ hectárea

¼ hectárea

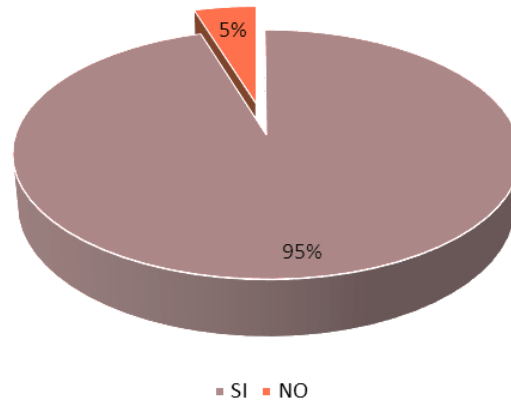
11. ¿Cuánto es su producción por temporada de cosecha?

12. ¿Cuántas cosechas al año se puede realizar de este fruto de la tuna?

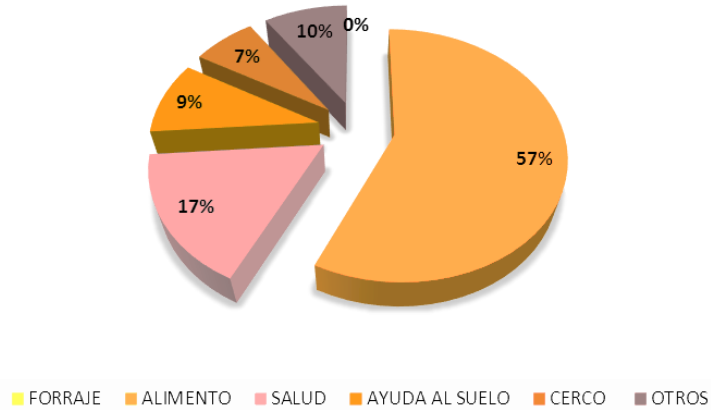
13. ¿Cuánto es el costo de la venta del fruto de la tuna?

14. ¿Cuáles son las labores culturales que realizan en el cultivo de la tuna?

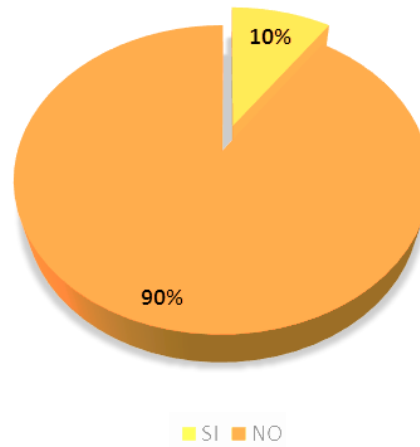
Anexo 16. Consumo del fruto de la tuna



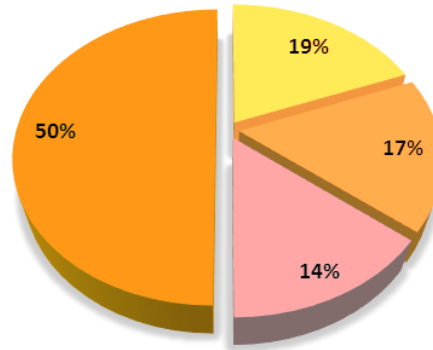
Anexo 17. Usos que tiene la tuna como planta



Anexo 18. Nutrientes que aporta el fruto de la tuna

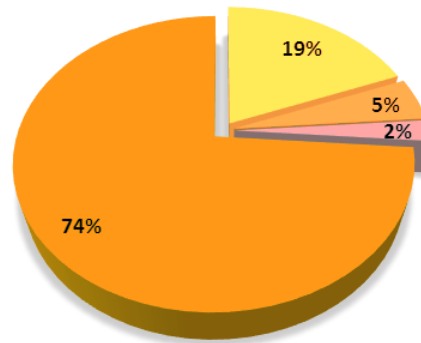


Anexo 19. Dificultad al consumir del fruto de la tuna



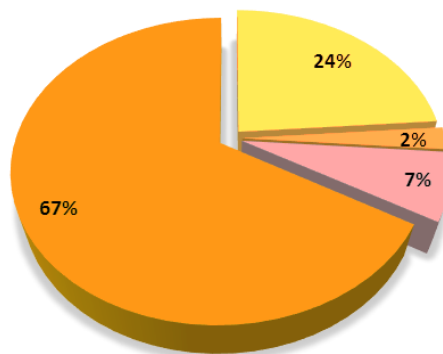
■ COSTOSO ■ ES DIFICIL SU CONSUMO ■ PRODUCE POCAS VECES AL AÑO ■ NO HAY DIFICULTAD

Anexo 20. Frecuencia del consumo del fruto de la tuna



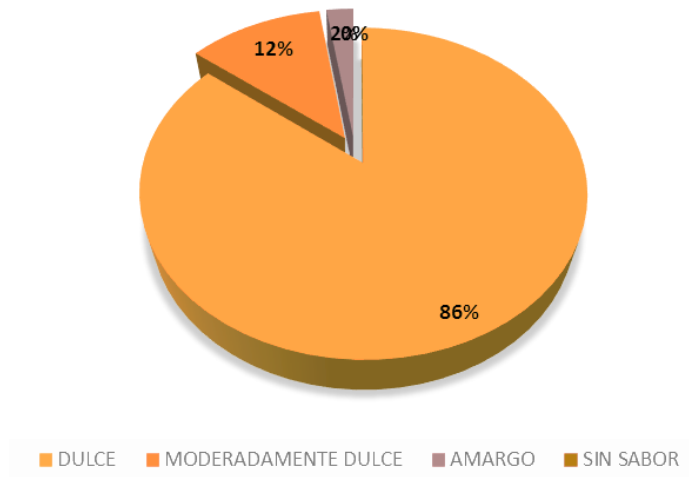
■ CADA DIA ■ UNA VES POR SEMANA ■ UNA VES AL MES ■ SOLO CUANDO S TEMPORADA

Anexo 21. Consideraciones al comprar el fruto de tuna

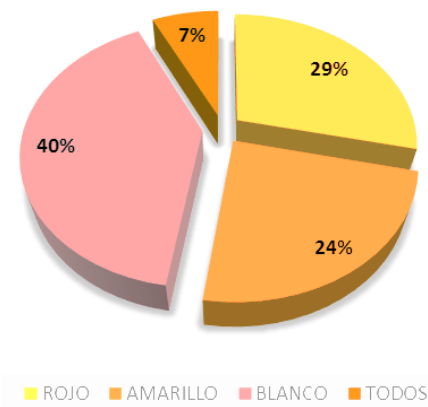


■ COSTO ■ VALOR NUTRITIVO ■ ADQUIRICION FACIL ■ RAPIDO CONSUMO

Anexo 22. Calificación del sabor del fruto de la tuna



Anexo 23. Variedad de tuna que consume por preferencia



Anexo 24. Área para el cultivo de tuna

