

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Presentación y Justificación del Trabajo Dirigido**

Puerto Margarita corresponde a la zona seca, semiárida, de vegetación xerofítica con poca precipitación pluvial, donde los cultivos agrícolas no son posible y la zona se adecua para desarrollar una ganadería extensiva, aprovechando los recursos forrajeros de la zona. Las precipitaciones escasas e irregulares que se registran en la región de Puerto Margarita limitan la producción de forraje para el consumo del ganado vacuno.

Según Romero (2000) la carga animal en el predio de la Estación Experimental de Puerto Margarita, era de 8,3 ha/ UGM, actualmente la carga animal se ha visto alterada por el fenómeno del cambio climático, ocasionando reducción de la oferta de biomasa fundamentalmente por los largos periodos de sequía y cortos de lluvia que han alterado la producción natural de forraje.

En los últimos años para evitar se incremente la tasa de mortalidad en el ganado vacuno, ante los escasos de forraje natural, la Estación Experimental de Puerto Margarita ha tomado medidas de elevar la tasa de extracción por una parte en introducir forrajeras como alternativas de pastoreo rotacional en potreros, este tipo de manejo en una ganadería tradicional eleva los costos de producción y provoca que la sostenibilidad de la actividad ganadera sea con mayor número de vacunos.

Como esta región al igual que otras se ve afectados por el cambio climático, provocando una marcada escasez de forraje que causa graves problemas de desnutrición en el ganado vacuno.

Según Iñiguez (2013), las zonas áridas comparten características comunes y marginales para la agricultura y ganadería. La marginalidad deriva de la escasa disponibilidad de agua como consecuencia de sequías prolongadas que pueden extenderse hasta diez

meses del año, a menudo presentando secuencias recursivas de episodios de sequía extrema a través de los años, además de altos índices de evapotranspiración. En tales condiciones ambientales, la producción de cultivos y forrajes debe acomodarse a la corta época de lluvias con altos riesgos, a menos de que se cuente con agua para producir en regadío.

En Latinoamérica estas zonas están extendidas desde México en Norte América, hasta el extremo sur en la Patagonia, con una variedad de climas, desde aquellos con temperaturas glaciales en los andes altos, a los de temperatura elevadas en climas tropicales y subtropicales secos como de los estados del noreste de Brasil, los estados semiáridos de Venezuela o la subregión del Chaco, compartida por Argentina, Bolivia y Paraguay. Albergan además, una población con los índices más altos de pobreza rural y marginalización en la región, sin que esta condición haya cambiado en las últimas décadas debido a un desarrollo precario en comparación con el desarrollo de otras zonas en condiciones más propicias para la producción agropecuaria.

Esta situación dio lugar a tasas elevadas de migración rural que crean desequilibrios sociales y económicos en los países, sin mencionar los efectos traumáticos que tal nefasto proceso impone a la familia del agricultor. Solo en años recientes, el desarrollo de estos territorios está siendo enfocado por los gobiernos de la región, en el intento de combatir la pobreza y revertir las condiciones de degradación ambiental generadas por el uso irrestricto y no controlado de los recursos naturales (Iñiguez 2013).

Por estas razones los criadores de bovino en la zona deben tomar en cuenta el enriquecimiento de la producción de biomasa con la finalidad de incrementar la capacidad de carga de las praderas nativas.

Tomando en cuenta lo indicado, se ha visto por conveniente introducir en Puerto Margarita la *Opuntia ficus-indica* “tuna forrajera” en diferentes densidades de cultivo con el propósito de valorar su comportamiento de tal manera que nos permita

enriquecer la producción de biomasa con especies no tradicionales en la zona pero que contribuye una alternativa para ser introducida por el valioso aporte fundamentalmente en agua tomando en cuenta que esta área constituye uno de los lugares más secos de la provincia O'Connor y tiene aptitud productiva en la ganadería.

### **Justificación**

Dada la actual situación de la crianza de ganado bovino en la provincia O'Connor donde el sistema tradicional no realiza un manejo adecuado de los forrajes y por los periodos largos de sequía que se presentan, al contar en la Facultad de ciencias Agrícolas y Forestales de la UAJMS con predio en Puerto Margarita donde tiene instalado un programa de bovinos bajo un sistema extensivo donde la producción se realiza de manera dirigida con un hato seleccionado de vacunos certificados con el genotipo de bovino criollo por ASOCRIOLLO, surge el interés del programa de difundir las experiencias de la producción sobre todo en lo referente a la alternativa de forrajes combatiendo el cambio climático como base fundamental de la alimentación bovina de tal forma que los rendimientos en la producción se enmarquen en lo aceptable con buenos indicadores.

Una opción para enfrentar las limitaciones descritas a nivel local, nacional y porque no mundial, es el cultivo de la tuna (del género *Opuntia*), la cual es altamente eficiente en el uso del agua, soporta periodos de sequía y altas temperaturas. Esta planta se adapta muy bien a suelos pobres en nutrientes y con limitaciones de recursos hídricos. Por otro lado, el alto potencial productivo, bajo condiciones de déficit hídrico, coloca a esta planta como una importante fuente de forraje. En zonas áridas y semiáridas, las pencas (paletas o cladodios) son utilizadas por los ganaderos para proporcionar alimento y agua en periodos de sequía y escasez de forraje a bovinos, ovinos y caprinos.

El establecimiento de plantaciones de tuna para producción de forraje, constituye una opción para disminuir la presión sobre las poblaciones silvestres. También mediante

un manejo especializado de plantaciones, se podrá mantener la producción por periodos largos y así atenuar los efectos negativos de las sequías recurrentes y prolongadas sobre las actividades pecuarias. Por otra parte, las plantaciones de tuna tienen un efecto ecológico benéfico ya que las plantas protegen al suelo contra la erosión hídrica y eólica.

La tuna es una planta de fácil propagación y con buen rendimiento de forraje, capaz de prosperar en tierras marginales, con la ventaja adicional de que esta planta produce frutos y verdura para consumo humano.

La introducción de tuna como forraje alternativo se viene realizando en diferentes partes de Bolivia en Santa Cruz el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) viene desarrollando una prueba de adaptación en Cañada Larga a 90 km de la ciudad donde predomina la sequía y así también en otras partes del país se viene realizando dicha investigación como: Boyuibe, Cochabamba (Pasorapa), Tarija (Yacuiba).

## **1.2. Características y objetivos de la institución donde realizo el trabajo**

La Estación Experimental de Puerto Margarita perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, ubicada en la Provincia O'Connor, cantón Chimeo Comunidad Itaparara, donde se desarrolló el presente Trabajo Dirigido tiene las siguientes características y objetivos

### **1.2.1. Identificación de la unidad**

La Estación Experimental de Puerto Margarita es una Unidad dependiente de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la UAJMS, en la que se desarrolla Producción (Programa de Producción de Bovinos Criollos), Investigación Académica (Prácticas de Pre Grado y Formación de Técnicos en la parte Pecuaria) y Transferencia de Experiencias y Tecnologías

### **1.2.2. Base legal de la Unidad**

Resoluciones del Honorable Concejo Facultativo aprueba la creación del Centro y la Decisión política de la universidad en su momento destinar la actividad productiva y de investigación

### **1.2.3. Dependencia Jerárquica y Repartición sobre las que ejerce la institución**

Depende de la decanatura de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, ejerce tuición sobre los programas internos de la estación experimental de puerto margarita y su entorno productivo y social.

### **1.2.4. Marco estratégico**

#### **Visión**

Desarrollar programas de Producción, Capacitación, Conservación de los recursos naturales y protección del medio ambiente, orientados a la investigación con fines de mejorar los rendimientos productivos y de productividad.

#### **Misión**

Transferir experiencias y resultados de producción e investigación a los estudiantes, productores, técnicos e interesados como alternativas de apoyo al desarrollo productivo, precautelando el uso racional de los recursos naturales y conservación del ecosistema.

### **1.3. Objetivo del Trabajo Dirigido**

#### **Objetivo general**

Evaluar el comportamiento agronómico y potencial forrajero de la tuna (*Opuntia ficus-indica L.*) con el propósito de difundir el cultivo como alternativa de alimentación para el ganado vacuno en zonas con condiciones de bajas precipitaciones y de altas temperaturas propias de Puerto Margarita y áreas circundantes.

#### **Objetivos específicos:**

- Implantar dos variedades de tuna forrajera, y evaluar su desarrollo en cada etapa fenológica de la planta
- Determinar el potencial forrajero del material en estudio a través del análisis bromatológico
- Determinar la edad de corte, a la planta no entre en estrés
- Valorar el grado de aceptación del material por parte del ganado a través de la entrega directa para su consumo.

## MARCO TEÓRICO

### 2.1. Origen

Las tunas son originarias de América tropical y subtropical y hoy en día se encuentra en gran variedad de condiciones agroclimáticas, en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano. Además, se ha difundido en África, Asia, Europa y Oceanía donde también se cultivan o se encuentran de forma silvestre.

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 a un mayor; en el continente americano, se encuentra desde Canadá a Chile, en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Estados Unidos de América, Perú y Venezuela y varios países de América central y el Caribe.



**Figura 1** Distribución de tuna en el mundo (Sáenz 2006)

## 2.2. Origen e Introducción en Bolivia

*Opuntia ficus-indica*, es entre la cactáceas de mayor importancia agronómica, tanto por sus sabrosos frutos como por sus tallos que sirven de forraje o pueden ser 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 Colon a América, aunque el primer registro cierto es para México, en 1515 (Fernández de Oviedo, 1535).

En el siglo XVII los navegantes la distribuyen en gran parte del mundo, ya que la consumían en ensaladas por sus propiedades antiescorbúticas. En Bolivia fue introducida por los conquistadores españoles.



**Figura 2** Ubicación de la tuna en Bolivia (mapas@google, 2018)



### **2.3. Un recurso natural en Bolivia**

El 41% del suelo boliviano está en proceso de degradación y la desertificación. La erosión es el desgaste de la capa superficial de la tierra, donde normalmente se halla 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, Oruro y Tarija, 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.

### **2.4. Taxonomía de la tuna (*Opuntias pp.*)**

Según Scheinvar, citado por Barbera *et al.* (1999), La taxonomía de esta especie es complicada por diferentes razones, sus fenotipos, que varían en gran medida de acuerdo a las condiciones ecológicas y la poliploidía, con un gran número de poblaciones que se reproducen vegetativa y sexualmente, así como a la existencia de numerosos híbridos inter específicos ya que casi todas las especies florecen durante el mismo periodo del año y no hay barreras biológicas que las separen.

Según Amaya y Julio (2009), el primer nombre español de la tuna fue *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.

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

**El Cuadro N°1** Presenta una clasificación taxonómica general para las cactáceas:

Reino	<b>Vegetal</b>
Sub reino	Embryophita
División	Angiospermae
Clase	Dicotyledonea
Sub clase	Dialipétalas
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntiae
Genero	Opuntia y Nopalea
Especie	Opuntia ficus-indica
Nombre vulgar	Tuna

*Fuente: Barrientos citado por Abraján, M. 2008.*

## **2.5. Anatomía y morfología de la planta de tuna**

La evolución del género *Opuntia* en ambientes áridos y semiáridos, donde distintas situaciones ambientales imponen limitantes a la sobrevivencia y productividad de las plantas del desierto, ha conducido a desarrollar características adaptativas en su anatomía, morfología y fisiología (Sudzuki, 1999). Ochoa *et al.* (2010), mencionan que

la especie *Opuntia ficus-indica* es entre las cactáceas, la de mayor importancia agrícola, tanto por sus frutos como por sus tallos que sirven de forraje o pueden ser consumidos como verduras.

De manera general, la tuna es una especie arbustiva de hasta 5 m de altura. Las pencas son oblanceoladas, chatas pero relativamente gruesas (12-50 cm de longitud, 15 mm de espesor) con bordes redondeados; se presentan -por lo regular- de 18-22 areolas, ligeramente prominentes, las flores son de 6 a 8 cm de longitud y de 7 a 10 cm de diámetro, estas nacen de los bordes de los pencas superiores, petaloides amarillos, el ovario es de color verde, fruto de color verde amarillento, jugoso y dulce, semillas: grandes, numerosas (Ochoa *et al.* 2010).

### 2.5.1. Areolas

Son depresiones en la epidermis de la planta, de donde nacen las espinas, pelos o cerdas y las hojas. Tienen yemas, lo cual les da la capacidad de generar ramificación y flores. Como también la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces según las condiciones ambientales (Granados y Castañeda 1996).



**Figura 3** areola de la *Opuntia ficus-indica*

### 2.5.2. Hojas

Según Quiguango (2011), las hojas son caducas, solo se observan sobre tallos tiernos, cuando se produce la renovación de pencas, en cuyas axilas se hallan las areolas de las cuales brotan las espinas, de aproximadamente 4 mm de longitud. Las hojas desaparecen cuando las pencas han alcanzado un grado de desarrollo y en cuyo lugar quedan las espinas.



**Figura 4** Hojas o cladodios de la *Opuntia ficus-indica*

### 2.5.3. Espinas

Según Ochoa *et al.* (2010), las espinas se originan de las areolas, es decir de las yemas de tejidos interiores de la planta. Están constituidas por tejidos muertos y mineralizados generalmente duros. Sin embargo también hay delicadas, como cerdas e incluso como pelos. Algunos cactus, relativamente pocos y la mayoría epifitos, no desarrollaron espinas, las tienen latentes. Sus funciones son varias: protección contra los herbívoros, como centro de condensación (al enfriarse el aire la humedad ambiente se condensa sobre ellas), también permiten que el agua se deslice por la superficie, llegue a la base de la espina y caiga al suelo para ser absorbida por las raíces superficiales.

Hay espinas de distintas formas: cilíndricas, cónicas, aplanadas, rectas, curvas, ganchudas, el tamaño es muy variable, desde muy pequeñas hasta de 20 cm o más, como en *Opuntia quimilo*.

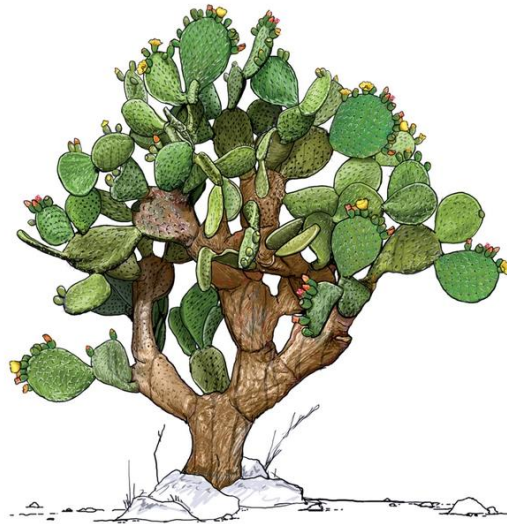


**Figura 5** Espinas del *Opuntia ficus-indica*

#### **2.5.4. Tallos**

Los tallos (técnicamente denominados cladodios o pencas) son suculentos y articulados, presentan formas de raqueta ovoide o alongada, alcanzando hasta 60 a 70 cm de longitud, dependiendo del agua y de los nutrientes disponibles (Sudzukiet *al.* 1993). Cuando miden 10-12 cm son tiernos y se pueden consumir como verdura.

Los tallos se lignifican con el tiempo y pueden llegar a transformarse en verdaderos tallos leñosos, agrietados, de color ocre blancuzco a grisáceo.



**Figura 6** Planta adulta mostrando los cladodios que forman el tallo

#### **2.5.5. Flores**

Las flores son sésiles, hermafroditas y solitarias, se desarrollan normalmente en el borde superior de las pencas. Su color es variable: rojo, amarillo, blanco, entre otros. En la mayor parte del mundo la planta florece una vez al año, sin embargo, en Chile bajo ciertas condiciones ambientales y con suministro de agua en verano, se presenta una segunda floración en marzo, que da origen a la llamada fruta “inverniza” (Sudzukiet *al.* 1993).



**Figura 7** Flor de *Opuntia ficus-indica*



**Figura 8** Diversidad de tonalidades de las flores de tuna

### 2.5.6. Frutos

Son una falsa baya con ovario ínfero simple y carnoso, la forma y tamaño de los frutos es variable. Chessa y Nieddu (1997) y Ochoa (2003), describen en detalle los tipos de frutos, hay ovoides, redondos, elípticos y oblongos con los extremos aplanados, cóncavos o convexos. Los colores son diversos: rojos, anaranjados, púrpuras, amarillos y verdes, con pulpas también de los mismos colores. La epidermis de los frutos es similar a la del cladodio, incluso con areolas y abundantes gloquidios y espinas, que a

diferencia del cladodio persisten aún después de la sobre madurez del fruto. La cáscara de los frutos difiere mucho en grosor, siendo también variable la cantidad de pulpa. Esta última presenta numerosas semillas que se consumen junto con la pulpa. Hay frutos que presentan semillas abortadas, lo que aumenta la proporción de pulpa comestible.

Debido a que existen preferencias en algunos mercados por frutos con pocas semillas o sin semillas, el mejoramiento genético está orientado hacia la búsqueda y multiplicación de variedades que presenten esta característica (Mondragón 2004).



**Figuras 9** Diversidad de formas y colores de frutos de tuna



### 2.5.7. Gloquidio

Según Ochoa *et al.* (2010), la subfamilia Opuntiodiae tiene en cada areola un verdadero cepillo de espinas pequeñas, los gloquidios (en nuestro medio conocido como *quepus*) que se desprenden muy fácilmente por tener la base débil. La superficie de los gloquidios es áspera, ya que un extremo de sus células superficiales se separa, de modo que al penetrar en la carne, es difícil extraerlos ya que actúan como anzuelos.



**Figura 10** Gloquidios de la tuna

### 2.5.8. Raíces

Según Sudzuki (1999), el sistema radicular es muy extenso, densamente ramificado, rico en raíces finas absorbentes y superficiales en zonas áridas de escasa pluviometría. La longitud de las raíces está en relación con las condiciones hídricas y con el manejo cultural, especialmente el riego y la fertilización.

Las raíces pueden contribuir para la tolerancia a condiciones de sequía en tres formas:

- Restringiendo la superficie radicular y reduciendo su permeabilidad al agua.

- Absorbiendo rápidamente la pequeña cantidad de agua suplementada por lluvias ligeras vía “raíces de lluvia” o vía la reducción de la superficie radicular desde donde fluye el agua.
- Reduciendo la transpiración debido a un alto potencial negativo radicular.

## 2.6. Longevidad de la plantación

La longevidad promedio de las plantaciones de tuna a nivel comercial es de 5 a 7 años, alcanzando algunas veces hasta 10 años en terrenos apropiados, con pH Neutro, con labores culturales permanentes y con buenos rendimientos. Con buen manejo de plagas y labores oportunas la planta de tuna puede llegar a vivir hasta 80 años alcanzando de 80 a 90 t/ha/año de masa fresca.

## 2.7. Valor nutritivo de la tuna

La tuna se caracteriza por ser un forraje succulento, bien aceptado por el ganado, con un elevado contenido de agua (83% a 92%) y un valor nutricional muy variado. Felker (1999), menciona que en general las tunas son consideradas altas en contenido de humedad (cerca de 85%), altas en digestibilidad *in vitro* (cerca del 75%), pero bajas en proteínas. De manera general se puede referir a:

**Cuadro N° 2** Valor nutritivo de la tuna

<b>Componente (en %)</b>	<b>Tuna</b>	<b>Chala Seca</b>
<b>Materia seca</b>	10.00	85.00
<b>Proteína bruta</b>	3.46	3.81
<b>Fibra cruda</b>	8.88	35.68
<b>Grasa</b>	2.77	0.88
<b>Ceniza</b>	60.60	7.92
<b>Carbohidratos</b>	68.36	48.20

*Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal (FCAYP - UMSS)*

Según Vázquez y Urrutia (2008), el nopal usado como complemento en la dieta del ganado mejora el aprovechamiento de otras fuentes de alimento, en especial de aquellos con alto contenido en fibra como los rastrojos de sorgo y maíz, que son de uso común en la región árida y semiárida del norte de México. El consumo del nopal suele tener un efecto laxante en los animales, en especial cuando se consumen grandes cantidades o cuando las pencas consumidas son jóvenes, lo cual se debe posiblemente al elevado contenido de sales. Su sabor agradable y la elevada digestibilidad de materia seca (50% al 70%) originan consumos elevados de nopal. El rápido paso por el sistema digestivo combinado con el bajo contenido de fibra y desequilibrio entre los niveles de Calcio y Fósforo, probablemente son la causa de la diarrea del ganado. Las pencas más jóvenes son más laxantes por lo que es conveniente utilizar pencas de dos o tres años. Por otra parte, el suministrar pajas o rastrojos antes del consumo del nopal, retarda la velocidad de paso y disminuye el efecto laxante. Una ventaja adicional del nopal para la alimentación del ganado es la fuente de forraje verde todo el tiempo, y a menudo constituye la única fuente de precursores de vitamina A, durante la estación seca.

### **2.7.1. Composición química de la tuna**

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 cuantos oligoelementos posee concentraciones importantes de hierro, zinc y manganeso.
- En su composición fitoquímica, es rica en sustancias con actividad antioxidantes como betalaínas, compuestos fenólicos, betacianinas y flavonoides. Se ha demostrado que posee actividad antioxidante, hipolipemiante, hipoglicemiante, gastroprotectora, neuroprotectora, hepatoprotectora y cicatrizante.

**Cuadro N° 3** Composición química de la tuna

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Parte comestible</b>	100
<b>Calorías (Kcal)</b>	58-66
<b>Proteínas (gr)</b>	3 o 5.1 %
<b>Grasa (gr)</b>	0.20
<b>Carbohidratos (gr)</b>	15.50: glucosa 35%, fructuosa 29%, fibra rica en pectina 14,4%
<b>Calcio (gr)</b>	30 o 2.09 %
<b>Fosforo (gr)</b>	28
<b>Azúcar</b>	12- 15 %
<b>Ácidos orgánicos</b>	0,10 %
<b>Potasio</b>	3.4 %

## **2.8. Requerimientos del cultivo de tuna**

La tuna se desarrolla bien con temperaturas medias anuales entre 12-34°C, con un rango óptimo de 16-23°C. Heladas de -10°C afectan al cultivo, sobre todo en plantaciones jóvenes. Las bajas temperaturas (promedio diario menor a 15°C) disminuyen el número de flores y alargan el periodo de maduración del fruto, pudiendo llegar hasta después del invierno. En la fructificación, cuando el promedio de temperatura diaria llega a 25°C, el periodo de maduración de los frutos es muy corto, lo que obliga a una rápida cosecha para evitar que los frutos pierdan su calidad comercial (Sudzukiet *al.*1993; Ríos y Quintana 2004; Álvarez 2007).

La tuna se produce en zonas con precipitaciones anuales desde 116 mm hasta 1805 mm, siendo el ideal 400 - 750 mm. Al respecto se señala que precipitaciones mayores a 1000 mm o menores a 200 mm limitan el crecimiento del cultivo. Los excesos de

humedad pueden provocar enfermedades fungosas y favorecer daños por insectos (Álvarez 2007; Sudzuki *et al.* 1993).

Se adapta bien a suelos con diversas texturas y composiciones, pero se desarrolla mejor en suelos arenosos, calcáreos, con al menos 30 cm de profundidad, bien drenados, pH 6,5 - 8,5 y pedregosos (Ríos y Quintana 2004).

Las condiciones ambientales para establecer una palma forrajera en el semiárido Brasileño incluye: temperaturas entre 18-38°C, humedad relativa entre 55-70% (tales condiciones son encontradas donde la altitud sobrepasa los 400 msnm), precipitación pluvial entre 400-800 mm, bien distribuidos, y topografía levemente ondulada. Estas plantas necesitan suelos bien drenados, de buena fertilidad y que no tengan problemas de salinidad (Farias *et al.* 2005).

## **2.9. Característica fenológicas**

La fenología de las plantas está relacionado a su requerimiento (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, por lo tanto es importante identificar la iniciación y finalización de la floración. Fase de fructificación y la duración del periodo de desarrollo del fruto. (Castro j, Paredes C, y muños D, 2009)

La diferencia visual de los pimpollos se puede realizar cuando el diámetro del brote alcanza aproximadamente los 4 mm (wesselsy swart 1990). El periodo de desarrollo de la flor, desde brote hasta su madurez, es de aproximadamente 25-37 días.

El periodo de desarrollo del fruto varía según las condiciones climáticas (especialmente con la temperatura) desde 59 a 150 días (Brusth 1979, Nerd *et al.* 1990, pimienta barrios 1990).

## 2.10. Densidad de la Plantación

(Chirinos 2006) menciona que a mayor densidad de plantas se forma microclimas que son favorables para el desarrollo de plagas y enfermedades, y que con una mayor densidad el rendimiento es menor por planta, pero como se trabaja con un volumen mayor de plantas por hectáreas el rendimiento total se incrementa.

El rendimiento unitario de cochinilla seca por planta y por hectárea que Chirinos señala es el siguiente:

**Cuadro N° 4** Rendimiento unitario y total de la planta de tuna

<b>Densidad</b>	<b>Rendimiento unitario</b>	<b>Rendimiento total</b>
<b>(plantas/hectárea)</b>	<b>Gramos/planta año</b>	<b>Kilogramos/ha/año</b>
5.000	66	330
10.000	54	540
20000	43	860
90.000	13	1.170

*Fuente: Citado por Chirinos, M. 2006.*

Chirinos dice que para un área plana, con un sistema de riego por goteo, la densidad de planta debe estar entre 15.000 – 25.000 plantas/ha.

## 2.11. Propagación de la planta de tuna

### 2.11.1. Propagación por semilla

Amaya y Julio (2009), mencionan que la propagación de tuna se puede hacer por semilla la cual tiene alto poder germinativo, pero su desarrollo es muy lento, con una alta variabilidad y está destinado parcialmente a mejoramiento genético. Generalmente se utiliza la reproducción asexual, mediante pencas o cladodios.



**Figura 11** Semillas de tuna

### 2.11.2. Propagación asexual

Pimienta *et al.* Citados por Mondragón y Pimienta (1999), mencionan que el nopal tunero es cultivado en forma extensiva como una especie frutal y forrajera en muchos países. El nopal también ha sido útil en la preservación de la degradación ecológica de ambientes sensibles a largo plazo. El cultivo extensivo se basa en la propagación vegetativa, la cual es preferida por su sencillez.

La reproducción asexual o vegetativa resulta más ventajosa desde el punto de vista comercial, debido a que se conservan las características fenológicas de la planta madre. Las plantas obtenidas por este método tienen una producción más rápida. Esta forma

de reproducción puede realizarse mediante dos sistemas: pencas enteras o fracciones mínimas.

Desde el punto de vista botánico las areolas son tejidos meristemáticos capaces de producir nuevos brotes, flores o raíces, dependiendo de su posición así como en otros frutales perennes (Buxbaum 1950). En el nopal tunero, los cladodios, las flores, y aún los frutos en desarrollo, son capaces de diferenciación, sin embargo los cladodios son la unidad típica de propagación (Pimienta 1990).

## **2.12. Plagas y Enfermedades de la tuna**

### **2.12.1. Plagas**

Según Longo y Rapisarda (1999), todas las áreas productoras del nopal son dañadas por muchas plagas interfiriendo en la producción de fruta; dentro de estos organismos los insectos tienen un papel importante debido al número de especies involucradas y el daño que pueden causar.

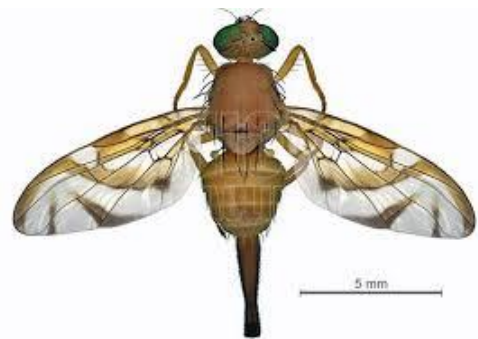
- **Cochinilla** (*Dactylopius coccus*).- A través de sus mordiscos alimenticios y la inyección de saliva tóxica, los insectos de cochinillas causan un amarillamiento severo de cladodios y frutos; el daño se localiza principalmente en la base de las espinas donde los insectos forman escamas algodonosas. Los cladodios pueden cortarse y los frutos caer prematuramente. Una opción para enfrentar este problema es el control biológico mediante insectos como la mariquita nativa *Exochomus flaviventris* Mader, *Empusa lecanii* Zimm; que es un patógeno fungoso que torna negra a la cochinilla atacada.





**Figura 12 y 13** Plaga de cochinilla en la tuna

- **Moscas** (*Ceratitiscapitata*) (Wiedemann).- La *Ceratitiscapitata* es una especie altamente polífaga y sus larvas pueden alimentarse en frutos de más de cien plantas silvestres y cultivadas (White y Elson citados por Longo y Rapisarda 1999). Los frutos de tuna también pueden podrirse y caer de cualquier forma, de tal modo que no son adecuados para el mercado. Para el control de esta plaga, el monitoreo de vuelo de los adultos, se puede realizar por varios tipos de trampa: trampas de color amarillo con un pegamento (15\*21cm), o trampas quimo-atrayentes que dieron mejor resultado, las cuales contienen una solución de 3% de fosfato diamónico. Si se detectan 2-3 frutos infestados se recomienda un tratamiento preventivo con atrayentes proteicos tóxicos; deben prepararse justo antes del tratamiento, utilizando proteína hidrolizada como Buminal, Lisatex u otro, el cual debe mezclarse con compuestos organofosforados como Dimetoato o Fentión.



**Figuras 14 y 15** Mosca en la tuna

### 2.12.2. Enfermedades bióticas y abióticas

Según Granata (1999), las enfermedades en plantas pueden clasificarse como:

- *Infectivas (bióticas)*: son causadas por varios agentes vivos como bacterias, micoplasmas, hongos, nematodos, virus.
- *No infectivas (abióticas)*: son causadas por condiciones adversas climáticas o nutricionales, anomalías genéticas, errores en el sistema de producción y aplicaciones equivocadas de pesticidas.

Otro grupo de enfermedades importantes en *Opuntia*, son las causadas por bacterias y levaduras, entre ellas se tiene:

**Pudrición blanda** (*Candidaboidimi*).- En los cladodios aparecen áreas oscuras provocadas por el tejido interno infectado; en una etapa más tardía el tejido interno se pudre y finalmente se torna una masa amorfa suave. Toda la superficie se ennegrece pero el tejido externo no se pudre lo que resulta en que el cladodio parece una bolsa irregular que contiene un líquido de olor desagradable. Para el control se recomienda la eliminación y destrucción de cladodios infectados, así como tratar con una mezcla de caldo bordelés a una concentración de 1% después de la cosecha de fruto o después de cualquier evento que cause daño a los cladodios.



**Figura 16** Cladodio de tuna con pudrición blanda

- **Necrosis en cladodios** (*Cercosporasp.*).- La superficie afectada de los cladodios reduce la actividad de fotosíntesis así como la superficie de cladodio en donde pueda colonizar la cochinilla *Dactylopiuscoccus*Costa, lo que resulta en menor producción del colorante carmín.



**Figura 17** Necrosis en cladodios

### **2.13. Usos generales de la tuna con énfasis en su utilización como forraje**

Los opuntias y sus productos son útiles para varios propósitos y es difícil encontrar plantas más difundidas y mejor explotadas, particularmente en las zonas áridas y semiáridas. De esta manera se han convertido en una fuente amplia de productos y funciones (Cuadro5), inicialmente como planta silvestre y más tarde como cultivo, tanto para la agricultura de subsistencia como para la orientada al mercado (Barbera 1995).

Según Luna y Urrutia (2008), la ganadería es una de las actividades rurales más comunes entre los habitantes de las regiones semiáridas. En los agostaderos la disponibilidad de forraje determina el sistema de manejo del ganado, ya que constituye la principal fuente de alimento para satisfacer la demanda nutricional del ganado en sus distintas etapas productivas. Por ejemplo en México, el periodo de Diciembre a Junio, se caracteriza por una elevada escasez de alimento y falta de agua, lo cual no sólo

afectan a la producción de forraje, sino también a la pérdida de peso del ganado y en casos extremos la muerte.

Beale citado por Daga y Antezana (2014), indica que la penca de tuna *Opuntia* spp. Es un alimento succulento (gran cantidad de agua) y de bajo tenor proteico y materia seca total, pero es rico en carbohidratos de alta y mediana digestibilidad, tratándose de un valioso recurso forrajero en zonas áridas y semiáridas, principalmente en la época crítica de déficit forrajero.

Su utilización se incrementó a principios del siglo XVII, con la introducción del ganado en áreas semiáridas y la subsiguiente disminución de los pastizales. La situación obligó a los ganaderos a cortar los cladodios de *Opuntia*, después de quemar las espinas, y usarlos para alimentar al ganado, especialmente durante las sequías (Anaya 2003

**Cuadro 5** Usos actuales y potenciales de *Opuntia* sp

<b>Rubro</b>	<b>Usos</b>
<b>Alimentación humana</b>	Frutos: frescos, jugosos, puré, mermelada, yogurt, miel, queso (torta formada por presión de frutos secos), mucilagos, bebidas (fermentadas o no). Semillas: aceites, fragancias. Cladodios: nopalitos, mucilagos.
<b>Energía</b>	Frutos y cladodios: alcohol, biogás, leña,
<b>Alimentación animal</b>	Cladodios (pastoreo directo o cosecha y suministro en corral), frutos.
<b>Medicina y cosmetología</b>	Flores: diurético; aceite esencial para perfumería. Cladodio: descongestionante, antidiabético, antidiarreico; mucilagos para uso farmacéutico y cosmético. Raíces: diurético.

<b>Agronomía, protección y ornamentación del ambiente</b>	Fijación de suelos; cercos; cortinas rompe vientos; control de escorrentía y erosión; manejo de cuencas; mejoramiento de suelos; rehabilitación de áreas degradadas; alimentación y refugio de fauna silvestre.
<b>Colorantes</b>	Frutos: betaninas. Ácido carmínico (tintura de cochinilla roja) para industrias cosmetológicas, farmacéuticas, textiles, alimentarias y para actividades artesanales y artísticas.
<b>Otros</b>	Cladodios: material plástico elástico y flexible (con características similares al caucho).

**Fuente:** Sáenz y Sepúlveda (1993); Barbera (1995); Ingleset al. (1995); Le Houérou (1996); Mohamed et al. (1996); Ueckert (1997).

Los índices de reproducción y los niveles de producción de vacas, ovejas y cabras, son superiores cuando los rancheros complementan la dieta normal del ganado con el nopal, durante la estación seca (Flores 1997).

Algunas de las ventajas concretas del cultivo de la tuna para forraje son:

Alta producción de biomasa	Alta palatabilidad
Variado valor nutritivo	Resistencia a la sequía
Adaptación a diferente tipo de suelo	Tolerancia a la salinidad

No obstante, su mayor atractivo es la eficiencia de convertir agua en materia seca y por tanto en energía digestible (Nobel citado por Florio y Florio 2008).

## METODOLOGÍA

### 3.1. Introducción

El presente trabajo es componente del proyecto “Conservación del bovino criollo como un recurso genético local estratégico para enfrentar los efectos del cambio climático” que se viene ejecutando , mediante un convenio entre la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho con la Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba, trabajo dirigido que tiene como propósito probar alternativas forrajeras en zona que sean aptas para el ganado vacuno y se lleva a cabo en la Estación Experimental de Puerto Margarita.

Para realizar el trabajo se obtuvo el material biológico consistente en pencas de la especie *Opuntia ficus-indica* (L.) que presenta características adecuadas para su utilización como forraje, en especial por su escasa presencia de espinas y tamaño de pencas, además de su carácter suculento. Este material se adquirió de la estación experimental del INTI de Yacuiba de la carrera de Ingeniería Agronómica, nos proporcionaran dos variedades de tuna pertenecientes a la región que tienen por nombre (vallejas y tolaba), siendo el tallo (cladodio) los plantines para realizar el respectivo cultivo.

El terreno fue facilitado por la Estación Experimental en uno de sus extremos de los potreros, cerca de la provisión de agua, allí se procedió con los trabajos de desmonte, limpieza de las hierbas y malezas dejándolo libre para el cultivo de la tuna, se procedió a la preparación del suelo para realizar la plantación de las tallos (cladodios) y las delimitaciones del terreno colocando los postes y alambres para evitar el ingreso de animales.

El seguimiento del cultivo se realizó en el transcurso de más de un año donde se recogieron, datos del tamaño de la planta el número de hojas y el tamaño de las mismas,

también se realizó un análisis bromatológico para determinar el valor nutricional de la tuna en lo que respecta a materia seca “M.S.”, proteína bruta, calcio y fósforo, de tal forma que se pueda utilizar esta forrajera en la alimentación del ganado vacuno, mediante la prueba de palatabilidad.

### 3.2.Ubicación

La Estación Experimental de Puerto Margarita se encuentra ubicada en la ciudad de Tarija y a 30 km. de Palos blancos; sus límites son los siguientes: limita por el este con la familia Exeni, al Oeste con la quebrada de palos blancos, por el Norte con el rio Pilcomayo, y por el sur con el campamento de la Repsol. Departamento de Tarija, provincia O’Connor en el cantón CHIMEO, distante a 200km

Se encuentra geográficamente:

Latitud sud  $21^{\circ} 15' 02''$

Latitud Oeste  $63^{\circ} 45' 42''$

Altura 562 m/s/n /m

Pertenece a la cuenca Hidrográfica del Río Pilcomayo



**Figura 18** Ubicación del área ganadera en estudio de la Estación Puerto Margarita

### 3.3. Características climáticas

La estación experimental de Puerto Margarita en estudio, presenta un clima típico del chaco semiárido del departamento de Tarija, con veranos calurosos y otoños e inviernos con vientos helado, apto para actividades ganaderas bajo condiciones extensivas ya que la zona es de mucha calidad.

### **3.3.1 Temperatura**

Según datos de SENAMI la comunidad de Puerto Margarita se caracteriza por presentar una temperatura máxima anual de 53.9° C, siendo la temperatura mínima de -4° C, y con una humedad relativa media de 55 %.

La precipitación media anual alcanza los 306 mm.

## **3.4.Descripción Sistematizada del Desarrollo del Trabajo dirigido**

### **3.4.1 Identificación de material biológico**

Primero se desarrolló el trabajo de identificar las pencas de la especie *Opuntia ficus-indica* (L.), con características adecuadas para su utilización como forraje. Esto se realizó con ayuda de la Estación Experimental del INTI de Yacuiba, que proporcionó el material.

### **3.4.2. Identificación del desarrollo de las tunas según su densidad**

Para estos datos, se registró el desarrollo que tuvo las plantas de tuna en las diferentes densidades que se las colocó.

### **3.4.3. Determinación del desarrollo anual de la tuna**



Se tomó el rendimiento anual de las tunas midiendo y pesando las plantas más representativas.

#### **3.4.4. Determinación el valor de aceptación de la tuna con el ganado bovino**

Se colectó los cladodios (hoja) y se entregó de forma directa en comederos al ganado bovino de la estación experimental de Puerto Margarita.

### **3.5. Método técnico**

El método que se desarrolló en este trabajo es de sub dividir la parcela con 5 plantas por repetición de cada variedad, así para poder obtener datos que se puedan comprobar, midiendo las variaciones y los efectos que se den en el transcurso del trabajo.

Para valorar el comportamiento de la tuna en desarrollo se utilizó la variedad y densidad del cultivo, a los que se les aplicó los estadígrafos estadísticos a efectos de su valoración.

### **3.6. Materiales Implementados**

Se utilizó diferentes materiales como:

#### **Material experimental**

- Material biológico
- Bolsas de yute
- Azadón
- Baldes
- Alambre

- Taladro
- Postes
- Balanza
- Metro
- Calibrador vernier

### **Material de escritorio**

- Libreta de campo
- Revisión bibliográfica
- Computadora
- Impresora
- Cámara fotográfica

## **3.7. Procedimiento o desarrollo de las siguientes etapas del trabajo dirigido**

### **3.7.1. Etapa de implantación de las dos variedades en campo Vallejas y Tolaba**

- **Preparación terreno**

Se realizó en el mes de Abril del 2017 la primera semana, se procedió a limpiar el terreno de arbustos, hierbas o restos de materia vegetal. En las misma fechas se realizó el cierre del terreno se colocaron los postes a una distancia de 2.5 m cada uno, posteriormente se realizó el colocado del alambre utilizando el taladro para poder colocar el alambre por medio de los postes para evitar el ingreso del ganado a la parcela. También se realizó el hoyado para poder proceder con la plantación a distancia según las densidades definidas de 1, 2 y 3 metros para las dos variedades que se plantó.

- **Plantación**

Preparado el terreno y una vez realizado los hoyos lineados de 20 cm de profundidad ya preparados los tallos (cladodios) con 10 a 15 yemas. El procedimiento de la plantación a diferentes densidades recomendadas, colocando los tallos de forma vertical cubriéndolos un poco menos de la mitad posteriormente alrededor del cultivo se realizó una excavación o diámetro para el almacenamiento de agua.

- **Riego**

Debido a que la tuna es un cultivo tolerante a la sequía, los riegos son casi nulos, pero en caso de que se necesite (por sequía muy prolongada), se aplicó una lámina de riego de 10 mm, cada mes en los meses de Mayo y Junio no siendo tan necesario el riego se realizó cada trimestre esto hasta que la planta obtuvo un buen desarrollo.

### **3.7.2. Etapa de evaluación del rendimiento anual y desarrollo del cultivo**

- **Seguimiento Mensual**

La plantación fue realizada en el mes de abril del año 2017 realizándose el seguimiento del cultivo y hasta obtener su rendimiento anual y a partir del año de la plantación, se tomaron los datos mensuales, medidas de altura de cada planta representativa en la parcela de tuna que se encuentran en diferentes densidades para obtener así una diferencia en su desarrollo; también se tomara en cuenta el número de cladodios, así también su tamaño de las mismas y su diámetro.

- **Corte con fines de estudio bromatológico**

Las paletas u tallos fueron cortadas de la planta en el mes de Junio para realizar el análisis bromatológico.

Se llevaron al laboratorio para su correspondiente análisis químico para conocer su valor nutricional, los resultados de la composición química de la planta nos permitió realizar una dieta de forma racional evitando deficiencias o excesos de nutrientes para el ganado vacuno de la Estación Experimental de Puerto Margarita.

Los nutrientes determinados en el análisis:

Agua HUMEDAD - MATERIA SECA (MS)

Proteínas – PROTEINA CRUDA (PC)

Minerales – CENIZAS (Ca - P)

- **Valorar la entrega de la forrajera al ganado vacuno**

La tuna para forraje puede utilizarse mediante consumo directo de las paletas y transporte en fresco a comederos para el consumo animal, corte de paletas para entregarle al animal. Procesó que se llevó a cabo en el mes de junio.

Lo que se buscaba de la valorización es ver el porcentaje de agua que aporta a los animales y cuanto reduce su consumo del mismo, viendo también si mantienen un peso corporal constante y si reduce el consumo de otros alimentos

### **3.7.3. Etapa de Sistematización de información**

La sistematización de datos se realizó en el mes de julio con los datos ya obtenidos del análisis bromatológico y la valorización del consumo de la tuna por el ganado vacuno, igualmente se desarrolló la tabulación de los datos de cada una de las variables respuesta; desarrollo del cultivo de la tuna obteniendo así las diferencias de crecimiento.

Con los datos que se registraron de las lecturas del seguimiento se elaboraron los siguientes cuadros:

**Cuadro N°6** Comportamiento agronómico de la opuntia ficus-indica/N° cladodio/diámetro cm/ largo cm/ancho cm/altura total cm/Rdmt.kg./M.V./Variedad

Variedad	N° de cladodios	Diámetro del cladodio cm	Largo del cladodio cm	Ancho del cladodio cm	Altura total de la planta	Rendimiento total kg
Variedad (1)	4	1,94	12,23	21,30	65,94	0,67
Variedad (2)	4	1,78	10,47	16,34	57,04	0,52

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro N°7** Valoración nutritiva del opuntia ficus-indica /M.S/P.B/P/Ca/Variedad

Variedad	Materia seca (M.S.)	Proteína Bruta (P.B.)	Fosforo (P)	Calcio (Ca)
Variedad (1)	16,02	1,09	31,13	4,64
Variedad (2)	16,02	1,09	31,13	4,64

**Fuente:** Elaboración propia

El cuadro nos muestra que calidad nutricional de los factores medidos en bromatología como ser M.S, P.B, P, Ca, tienen el mismo valor nutricional.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Porcentaje de rendimiento (kg) de las tunas en el periodo de un año

Se evaluó el rendimiento anual de las tunas tomadas de diferente densidad de plantación arrojando los siguientes resultados:

**Cuadros N°8** Rendimiento anual de la tuna (*Opuntia ficus-indica L.*)  
kg/M.V/tratamiento/planta

Tratamiento	I	II	III		$\Sigma$	X
V 1	1,04	0,61	0,37		2,02	0,67
V 2	0,53	0,49	0,54		1,56	0,52
$\Sigma$	1,57	1,1	0,91			
	0,78	0,55	0,45			

Después de realizar una comparación de los porcentajes de rendimiento podemos observar que el tratamiento V1 presenta mayor porcentaje de rendimiento alcanzando un 67 % de peso por planta, el tratamiento V2 con un 52 % de rendimiento en peso por planta menos exitoso.

Se observa también el rendimiento de cada densidad por tratamiento, viendo que la V1 tiene un mejor rendimiento en peso que las demás repeticiones.

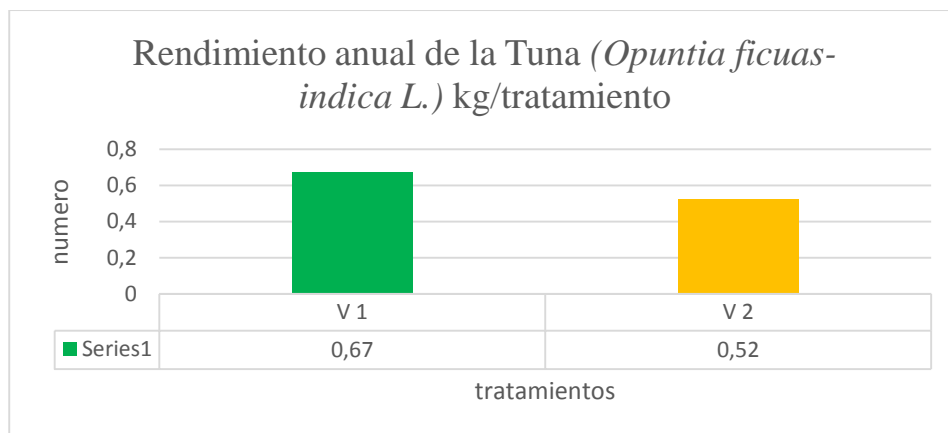
Una vez tabulados los datos de porcentaje de rendimiento en los tratamientos y repeticiones se realiza un “ANÁLISIS DE VARIANZA” presentado en el cuadro número 9.

**Cuadro N° 9** Análisis de varianza de rendimiento anual de la tuna (*Opuntia ficus-indica L.*)Kg /M.V/tratamiento/planta

FV	GI	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
<b>Total</b>	5	0,267				
<b>Tratamientos</b>	1	0,035	0,0353	0,606	18,5	98,5
<b>Bloques</b>	2	0,115	0,0577	0,991	19	99
<b>Error</b>	2	0,116	0,0582			

Una vez realizado el análisis de varianza se observa que no existe diferencia significativa al 5 % de probabilidad ni al 1% de probabilidad entre los 2 tratamientos en sus diferentes repeticiones, teniendo los rendimientos V1 y V2 las mismas capacidades estadísticas de rendimiento en peso.

**Gráfica N°1** Rendimiento anual de la tuna (*Opuntia ficus-indica L.*)Kg M.V./tratamiento/planta



El mayor porcentaje obtenido de rendimiento del primer tratamiento se debe a la variedad más vigorosa y con aceptación a adaptarse a cambios climáticos bruscos que se dan en la zona la segunda variedad tiene una similitud en adaptación ya que su diferencia en su rendimiento no es tan grande.

**Cuadro N° 10** Rendimiento anual de la tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) kg /ha/MV.

<b>Variedad</b>	<b>Densidad</b>	<b>N° (planta/Ha)</b>	<b>N° (cladodio/Ha)</b>	<b>Peso kg /MV.</b>	<b>Total Kg/Ha/año/MV</b>
<b>Vallejas</b>	1	10000	4	1,04	10040
<b>Vallejas</b>	2	5000	3	0,6	3000
<b>Vallejas</b>	3	3333,33	3	0,37	1233,33
<b>Tolaba</b>	1	10000	3	0,53	5333
<b>Tolaba</b>	2	5000	3	0,49	2450
<b>Tolaba</b>	3	3333,33	4	0,54	1799,99

En la tabla de rendimiento anual se puede observar un óptimo desarrollo del cultivo, viendo a la variedad VALLEJAS con densidad de 1 m, su desarrollo es superior a las demás. Observando en último lugar la variedad VALLEJAS con la densidad de 3m.

Observando que no cumple la teoría de (chirinos 2006) entre mayor densidad en rendimiento por planta es menor, pero como se trabaja con volumen mayor por plantas por hectárea el rendimiento total incrementa

#### **4.2. Altura de la planta**

Para la realización de la medición correspondiente fue necesario tomar como parámetro la medición desde el primer cladodio en brotar hasta el ápice del último cladodio, colocando cuidadosamente la cinta métrica para efectuar una clara medición y registro de datos.

Se tabularon los siguientes datos los cuales se sometieron a un ANÁLISIS DE VARIANZA.

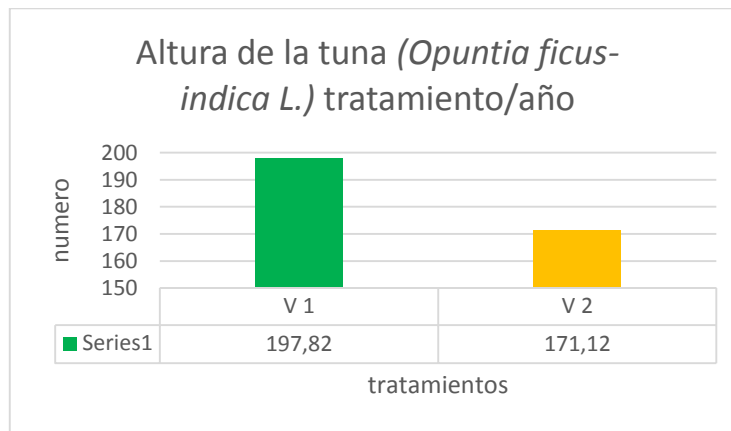


**Cuadro N° 11** Medidas de altura de la tuna (*opuntia ficus-indica L.*) tratamiento cm/año/M.V.

Tratamiento	I	II	III	suma	Media
V 1	72,16	70,66	55	197,82	65,94
V 2	59	60,12	52	171,12	57,04
Suma	131,2	130,78	107	368,94	
Media	65,6	65,39	53,5		

Al obtener estos resultados de la media se observa que el tratamiento de mayor altura es el tratamiento V1 con un 65,94 cm, y el tratamiento V2 con 57,04 cm.

**Gráfica N°2** Altura de la tuna (*Opuntia ficus-indica L.*) tratamiento cm/año



Tomando en cuenta estos datos se realizó un “ANÁLISIS DE VARIANZA” O ANÁLISIS ESTADÍSTICO expresado en el cuadro N° 10.

**Cuadro N°12** Análisis de varianza altura de la tuna (*Opuntia ficus-indica L.*) tratamiento cm/año

FV	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
<b>Total</b>	5	338,2				
<b>Tratamientos</b>	1	118,8	118,81	8,541	18,5	98,5
<b>Bloques</b>	2	191,6	95,778	6,885	19	99
<b>Error</b>	2	27,82	13,912			

Se observa en el análisis de varianza que no hay diferencia significativa en la probabilidad de 5% y 1%, por lo que se sobre entiende que la densidad no afecta.

#### 4.3. Número de cladodios

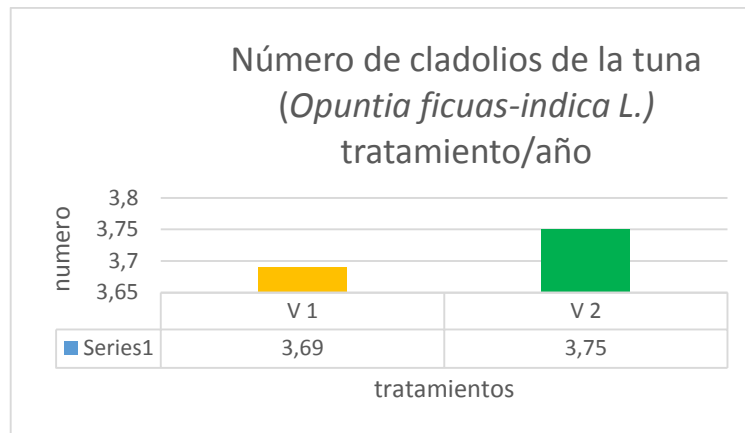
Para realizar este análisis se procedió a el conteo de los cladodios que se encuentra en el tallo productivo, el conteo se efectuó al año del cultivo, en el cual la mayoría de las planta presentaban un número significativo de tallos.

**Cuadro N°13** Números de cladodios de la tuna (*Opuntia ficus-indica L.*) tratamiento/año

Tratamiento	I	II	III	suma	Media
<b>V 1</b>	4,16	3,66	3,25	11,07	3,69
<b>V 2</b>	3	3,75	4,5	11,25	3,75
suma	7,16	7,41	7,75	22,32	

Se puede observar una igualdad en las medias de producción de cladodios en el periodo de un año del cultivo entre los tratamientos V1 y V2 con 4 cladodios por planta.

**Gráfica N°3** Número de cladodios de la tuna (*Opuntia ficus-indica L.*) Tratamiento/año



Una vez realizado esto se procedió a hacer un análisis de estadístico

**Cuadro N°14** Análisis de varianza número de cladodios de la (*Opuntia ficus-indica* L.) tratamiento/año

FV	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
<b>Total</b>	5	1,546				
<b>Tratamientos</b>	1	0,005	0,0054	0,007	18,5	98,5
<b>Bloques</b>	2	0,088	0,0438	0,06	19	99
<b>Error</b>	2	1,453	0,7263			

Se concluye por el análisis de varianza que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos y las repeticiones al 5% de probabilidad ni al 1% de probabilidad por lo que no existe diferencia en cuanto a la cantidad de cladodios independientemente de la altura a la que fue extraída.

#### 4.4. Diámetro de cladodio

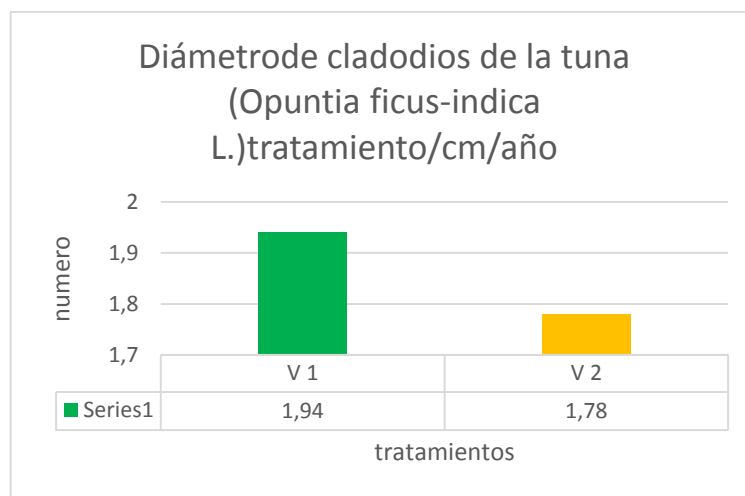
Para realizar este análisis se procedió a medir con un calibrado vernier cada una de las hojas representativas obteniendo los siguientes resultados.

**Cuadro N° 15** Diámetros de cladodios de la tuna (*Opuntia ficus-indica L*) tratamiento cm/año

Tratamiento	I	II	III	suma	media
V 1	2,43	1,8	1,59	5,82	1,94
V 2	1,99	1,53	1,82	5,34	1,78
suma	4,42	3,33	3,41	11,16	

Se obtuvo los resultados siguientes de las medias de los tratamientos que la gráfica se puede observar que el tratamiento V1 tiene un mismo diámetro dejando de lado la densidad la que se la cultivo a diferencia del tratamiento V2

**Gráfica N°4** Diámetros de cladodios de la tuna (*Opuntia ficus-indica L*) tratamiento cm/año



**Cuadro N°16** Diámetros de cladodios de la tuna (*Opuntia ficus-indica L*)  
tratamiento cm/año

FV	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
<b>Total</b>	5	0,529				
<b>Tratamientos</b>	1	0,038	0,0384	0,633	18,5	98,5
<b>Bloques</b>	2	0,369	0,1846	3,043	19	99
<b>Error</b>	2	0,121	0,0606			

En el análisis de varianza se puede observar q no hay diferencia estadística entre los tratamientos V1 y V2 el 5%de probabilidad y el 1% de probabilidad

#### 4.5. Largo de cladodio

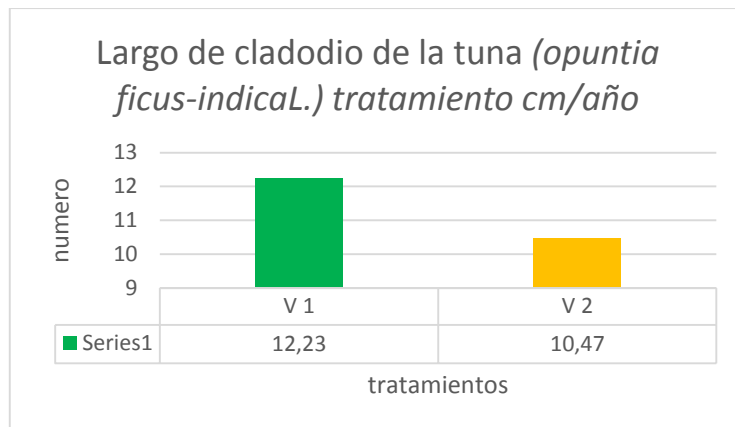
Para obtener los siguientes datos se tomó en cuenta el cladodio más representativo de la planta y con mucho cuidado se pidió desde el ápice del cladodio hasta su nudo de desarrollo.

**Cuadro N°17** Resultados de largo de cladodio de la tuna (*Opuntia ficus-indica L*)  
tratamiento cm/año

Tratamiento	I	II	III	suma	media
<b>V 1</b>	13,13	12,9	10,66	36,69	12,23
<b>V 2</b>	11,26	10,63	9,53	31,42	10,473
Suma	24,39	23,53	20,19	68,11	

En los resultados ya obtenidos de las medias se puede observar que en el tratamiento V1 tiene un mejor desarrollo con 12,23 cm de largo y el tratamiento V2 con un desarrollo de 10,43 cm teniendo ambos tratamientos las mismas condiciones.

**Grafica N°5** Resultados de largo de cladodio de la tuna (*Opuntia ficus-indica L*) tratamiento cm/año



**Cuadro N°18** Análisis estadístico de largo de cladodio de la tuna (*Opuntia ficus-indica L*) tratamiento cm/año

FV	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
<b>Total</b>	5	9,886				
<b>Tratamientos</b>	1	4,629	4,6288	27,67	18,5	98,5
<b>Bloques</b>	2	4,923	2,4613	14,71	19	99
<b>Error</b>	2	0,335	0,1673			

En el análisis estadístico no se observa una diferencia significativa entre los tratamientos V1 y V2 en las probabilidades del 5% y 1% de probabilidades.

#### 4.6. Potencial forrajero analisis bromatologico

**Cuadro N° 19** Determinacion de Ca, P, M.s. y Proteina total de la tuna (*Opuntia ficus-indica L.*) en la E.E.P.M.

Parametro	Tecnica y/o Metodo de ensayo	Unidad	Resultado
Calcio total	Absorcion atomica	Mg/100 g	464
Fosforo	SM 4500-P-D	Mg/ 100 g	31,13
Materia seca	NB 313010:05	%	16,02
Proteina total	NB/ISO 8968-1:08	%	1,09

*Fuente: CEANID 2018 (solicitado)*

Del análisis practicado podemos observar : bajo contenido de proteina total (1.09%), bajo contenido de materia seca M.S. (16,02%)con un aporte de minerales de calcio (Ca)y fósforo (P).

Se puede confirmar que si bien la tuna no ofrece un buen aporte nutricional en proteina, tienen un alto contenido en agua lo que ayuda a disminuir el consumo de agua por el ganado en zonas secas.

Los resultados del análisis bromatologico es represntativo a la teoria que explica que la tuna es pobre en proteinas pero muy rica en minerales y en el contenido de agua.

#### 4.7. Edad de Corte para consumo forrajero

Las pencas maduras fueron colentadas en el mes de abril del año 2018 cumpliendo un año el cultivo de la Estacion Experimental de Puerto Margarita. Se separó de un solo corte en la base de la penca de la planta usando un cuchillo afilado, evitando hacer

cortes innecesarios en la planta para reducir el riesgo de pudriciones. El número de cladodios que fueron cosechados durante el primer año, fue de 2 a 4 pencas por planta.

Con la finalidad de que la planta no sufra un estrés y tengamos rendimientos estables, a la planta se le deja con una a dos pencas orientadas a la hilera de plantación.

#### **4.8. Grado de aceptación del material por parte del ganado**

.

Para la obtención de este resultado se hizo el corte de cladodios para el ganado bovino de la Estación Experimental de Puerto Margarita en el cual consistió en reunir un número determinado de bovinos y se les proporcionó el material vegetal en sus comederos observando así que el ganado bovino lo consumió sin ningún inconveniente, siendo altamente palatable esta forrajera.



## CONCLUSIONES

El Trabajo Dirigido que se realizó sobre el comportamiento de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la Estación Experimental de Puerto Margarita de acuerdo a los resultados obtenidos y posteriormente analizados se concluye que:

1. En cuanto a las características físicas evaluadas de la tuna (*Opuntia ficus-indica*), analizadas por el método estadísticos se observó que no existe una diferencia significativa entre las dos variables a evaluación. Los resultados resaltaron a la variedad en base al rendimiento total (kg) anual por hectárea, la variedad vallejas con un rendimiento de 10.040 kg M.V/ha con una distancia de 1m de planta a planta.
2. En la altura de la planta, en análisis estadístico no hay diferencia significativa entre ambas variedades, pero se podría tomar como la mayor altura la planta de 72,16 cm que corresponde variedad vallejas de densidad 1m.
3. En el desarrollo de la planta en sus diferentes etapas se observa que el tratamiento V1 tiene un óptimo desarrollo en sus diferentes densidades en las cuales fueron cultivadas a comparación del tratamiento V2 que tiene similares resultados ya que estadísticamente no hay diferencia entre ambos tratamientos.
4. En el análisis bromatológico se terminó las características químicas de las diferentes variedades, Vallejas y Tolaba lo que nos representa, en cuanto a la proteína (1,09%), materia seca (MS 16,02%), calcio (Ca 31,13 Mg/100 g) y fosforo (P 464 Mg/100 g) que fueron analizados en la institución de la “universidad Autónoma Juan Misael Saracho” Facultad de “Ciencias y Tecnología” Centro de Análisis Investigación y Desarrollo “CEANID”.

5. En cuanto a la edad de corte, se concluyó que la tuna no sufre un estrés a la edad de un año es decir que la penca es una forrajera que puede ser utilizada para le corte y alimentación animal a partir de esta edad.
6. El grado de aceptación por el ganado bovino fue elevado ya que los animales al momento de entregarles el material vegetal lo consumen sin ningún problema viéndose así que es altamente palatable como forrajera.

## RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos y las conclusiones del trabajo dirigido efectuado se recomienda:

1. Continuar las investigaciones sobre esta planta *Opuntia ficus-indica* Para ampliar mayores conocimientos y validar este producto en zonas semiáridas.
2. Difundir este cultivo a nivel de productores asentados en zonas secas como alternativa de incrementar la producción de biomasa a menor costo para sus vacunos.
3. Se debe tomar en cuenta que el material vegetativo sea sano, vigoroso y de origen genético conocido. Además de ver formas de propagación ya que la tuna es fácil de cultivar, si bien la forma tradicional como se realizó con pencas enteras es más directa, se debe tomar en cuenta que también se puede utilizar trozos de la misma,