

**EVALUACION DE METODOS DE PROPAGACION ASEXUAL DEL NOPAL  
(*Opuntia ficus - Indica*) Y RESPUESTA A DIFERENTES SUSTRATOS, EN EL  
MUNICIPIO LOS SANTOS – SANTANDER**

**AUTOR:  
CARLOS HERNAN MATEUS ARANGO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DE MEDIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE AGRONOMIA  
BUCARAMANGA  
MAYO DE 2018**

**EVALUACION DE METODOS DE PROPAGACION ASEXUAL DEL NOPAL  
(*Opuntia ficus - Indica*) Y RESPUESTA A DIFERENTES SUSTRATOS, EN EL  
MUNICIPIO LOS SANTOS – SANTANDER**

**AUTOR:  
CARLOS HERNAN MATEUS ARANGO**

**DIRECTOR:  
I.F. WILLIAM RICARDO DIAZ SANTAMARIA**

**Trabajo de grado presentado a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia,  
carrera de agronomía. Como requisito para optar al título de Agrónomo**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DE MEDIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE AGRONOMIA  
BUCARAMANGA  
MAYO DE 2018**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

Bucaramanga, mayo de 2018

## **DEDICATORIA**

A DIOS por darme la fuerza, dedicación y oportunidad de seguir creciendo como persona y como profesional.

A mis Padres LUZ MARINA Y JOSE por su apoyo, se preocuparon para que saliera adelante dándome una voz de aliento.

A mi Hermano JUAN PABLO quien fue el que me brindo la primera oportunidad para empezar mi carrera.

A mi Hija VALENTINA que me reactivo el deseo de superación y sacrificio para lograr mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al culminar este trabajo, es importante agradecer a las personas que influyeron directamente con su apoyo, para la realización del trabajo de grado.

Al Ingeniero William Ricardo DíazSantamaría, quien me asesoro en el último tramo del trabajo de grado, logrando así la mejor culminación del mismo.

Al Ingeniero Félix Eduardo Martínez, quien aporto ideas que contribuyeron en la mejora del proyecto.

Al Ingeniero Jorge Andrade, quien acepto de manera voluntaria asesorarme para hacer el mejor montaje del experimento apto para este trabajo. Acepto ser el Director del proyecto, brindando lo mejor de sus conocimientos para que este se desarrollara satisfactoriamente.

Al Ingeniero Pedro MaríaSánchez, por brindar esa idea inicial para poder ir desarrollándola a lo largo de la carrera y poderla clarificar con el desarrollo del proyecto de investigación.

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCION.....	13
2.	JUSTIFICACION.....	14
3.	OBJETIVOS.....	16
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
4.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
5.	HIPOTESIS.....	18
6.	MARCO REFERENCIAL.....	19
6.1.	MARCO TEORICO.....	19
6.1.1.	Origen y aprovechamiento del Nopal.....	19
6.1.2.	Valor nutricional y medicinal.....	20
6.1.3.	Taxonomía y clasificación.....	21
6.1.4.	Características morfológicas.....	21
6.1.5.	Tipos de Nopal.....	22
6.1.6.	Requerimientos del Nopal.....	23
6.1.7.	Propagación del Nopal.....	24
6.1.8.	Principales plagas.....	25
6.1.9.	Principales enfermedades.....	25
6.2.	MARCO GEOGRAFICO.....	26
6.2.1.	Municipio Los Santos – Santander.....	26
6.2.2.	Climatología del área experimental.....	27

7.	METODOLOGIA.....	29
7.1.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	29
7.2.	MANEJO AGRONOMICO DEL EXPERIMENTO.....	30
7.2.1.	Análisis de suelos.....	30
7.2.2.	Preparación de sustratos y embolsado.....	32
7.2.3.	Recolección de cladodios de Nopal.....	32
7.2.4.	Tratamiento de cladodios de Nopal.....	32
7.2.5.	Siembra.....	32
7.2.6.	Manejo del vivero.....	33
7.2.7.	Trasplante a sitio definitivo.....	33
8.	VARIABLES DE EVALUACION.....	34
8.1.	ANALISIS ESTADISTICO.....	34
9.	ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	35
9.1.	FORMACION RADICULAR DE CLADODIOS.....	35
9.1.1.	Tiempo de formación radicular.....	38
9.2.	INFLUENCIA DE LOS SUSTRATOS.....	38
9.3.	AREA DEL CLADODIO.....	43
10.	CONCLUSIONES.....	44
11.	RECOMENDACIONES.....	45
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	46

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Proporción de cladodios con formación radicular y tiempo, de acuerdo con el sustrato y método de los cladodios sembrados.....	36
<b>Tabla 2.</b> Proporción de cladodios enraizados y tiempo de formación vegetativa de acuerdo a su método.....	37
<b>Tabla 3.</b> Proporción de cladodios enraizados y tiempo de formación vegetativa de acuerdo con el tipo de sustrato.....	39
<b>Tabla 4.</b> Área de cladodio y raíz, y número de retoños primarios y secundarios por sustrato y método del cladodio.....	40
<b>Tabla 5.</b> Área de cladodio y raíz, y número de retoños primarios y secundarios por sustrato.....	43
<b>Tabla 6.</b> Área de cladodio y raíz, y número de retoños primarios y secundarios por método.....	43



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura No. 1.</b> Ubicación geográfica del área de estudio.....	27
<b>Figura No. 2.</b> Ubicación de los tratamientos dentro del vivero.....	30
<b>Figura No. 3.</b> Curva de formación radicular de todos los cladodios sembrados.....	35
<b>Figura No. 4.</b> Curvas de Kaplan Meier para el tiempo de formación radicular de los cladodios según su método y sustrato.....	37
<b>Figura No. 5.</b> Curvas de Kaplan Meier para el tiempo de formación radicular de los cladodios según su método.....	38
<b>Figura No. 6.</b> Curvas de Kaplan Meier para el tiempo de formación radicular de los cladodios según el sustrato utilizado.....	39
<b>Figura No. 7.</b> Área del cladodiopor sustrato y método de siembra.....	41
<b>Figura No. 8.</b> Área de raíz por sustrato y método de siembra.....	41
<b>Figura No. 9.</b> Numero de retoños primarios por sustrato y método de siembra.....	42
<b>Figura No. 10.</b> Numero de retoños secundarios por sustrato y método de siembra.....	42

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b> Análisis de suelo de zona fértil, Vereda Paso Chico en Los Santos – Santander.....	48
<b>Anexo B.</b> Análisis de suelo de zona caliche, Vereda Paso Chico en Los Santos – Santander.....	49
<b>Anexo C.</b> Fotografías varias.....	50

## **RESUMEN**

Este trabajo se realizó en la zona rural del municipio de Los Santos – Santander, realizando el siguiente procedimiento:

Se realizó el embolsado para la siembra de los cladodios con los distintos sustratos, previamente mezclados en el caso de los que contenían gallinaza compostada. En total se empacaron 120 bolsas de la siguiente manera: 30 bolsas de tierra caliche con gallinaza compostada, 30 con tierra fértil con gallinaza compostada, 30 con tierra caliche sin adición de gallinaza compostada y 30 con tierra fértil sin adición de gallinaza compostada.

Luego se procedió a la recolección de los cladodios de nopal, se realizó el debido tratamiento a estos con caldo bordelés y cal, para evitar que fuera atacada por insectos y hongos, se dejaron madurar durante doce días a la sombra para evitar deshidratación de los mismos. El mismo día de la siembra se hizo la división de los cladodios en dos y en cuatro partes, para evitar que se deshidrataran.

La primera hilada se sembró cladodios completos, la segunda hilada con cladodios divididos en dos partes y la tercera con cladodios divididos en cuatro partes. Este orden de ubicación de los cladodios se hizo de la misma manera para todos los sustratos. En total se hicieron doce (12) tratamientos.

Ya teniendo el montaje del proyecto listo, diariamente se le hizo observación de la evolución del mismo. Toda esta información se tabulo para realizar el análisis correspondiente al final del proyecto. Los resultados fueron analizados con distintos programas estadísticos.

### **PALABRAS CLAVES:**

CLADODIO, EMBOLSADO, NOPAL, SUSTRATO, TRATAMIENTO, VIVERO.

## **SUMMARY**

This work was carried out in the rural area of the municipality of Los Santos - Santander, carrying out the following procedure.

The bagging was made for the sowing of the cladodes (seed) with the different substrates, previously mixed in the case of those containing composted chicken. In total 120 bags were packed as follows: 30 bags of caliche land without the addition of composted chicken coop and 30 with fertile soil without the addition of composted chicken coop.

Then it proceeded to the collection of seeds (cladodes) cactus, the proper treatment was done to these broth bordeles and lime, to prevent it was attacked by insects and fungi, allowed to mature for twelve days in the shade to avoid dehydration of the same. On the same day of planting, the cladodes were divided into two and four parts, to prevent dehydration.

The first course was planted complete cladodes, the second course with cladodes divided into two parts and the third with cladodes divided into four parts. This order of location of the cladodes was done in the same way for all substrates. In total, twelve (12) treatments were made.

Once the assembly of the project was ready, it was daily observed the evolution of the project. All this information is tabulated to perform the corresponding analysis at the end of the project. The results were analyzed with different statistical programs.

### **KEYWORDS:**

CLADODES, BAGGUING, CACTUS, SUBSTRATE, TREATMENT, NURSERY.

## 1. INTRODUCCION

Los nombres comunes del Nopal (*Opuntia ficus indica*) son muy ilustrativos acerca de su origen y distribución. El nombre tuna es de origen caribeño, tomado por los primeros españoles que conocieron estas plantas. Más exactamente es un vocablo Taíno. Con éste término se designa mayormente a los frutos aunque también se utiliza para la parte vegetativa de las especies de *Opuntia*. Lo extendido de este nombre sugiere que fue el primero conocido por los españoles, aún antes que los nombres mexicanos. Nopal es un término mexicano derivado del Náhuatl "Nopalli", con el que se designa a varias especies. (Castro J. et al. 2009).

En Colombia el cultivo de Nopal no tiene mayor importancia económica, desaprovechando las bondades que este tiene como alternativas agropecuarias en zonas semi desérticas, con terrenos áridos y secos. El Nopal es un cultivo ecológico ya que necesita poca agua para su sostenimiento, ayuda a incorporar partículas de materia orgánica que estén presentes en el ambiente, sirve como forraje para ganado bovino, caprino y ovino, tiene diversos usos para el ser humano como en la preparación de yogurt, cremas, champú, harinas, en preparación de jugos o como verdura. Otro de los usos importantes, es la utilización como cerca viva, para ayudar a contener especies que invaden terrenos ajenos como son el ganado caprino y bovino.

El objeto principal del presente trabajo es evidenciar la viabilidad vegetativa del cladodio del Nopal en distintos sustratos y lo más importante, dividiéndolo para aprovecharlo al máximo sacando de un cladodio dos (2) o cuatro (4) unidades meristemáticas, evidenciando así el buen desarrollo y crecimiento de la planta que de estas crezcan.

La forma más común de propagar el cultivo de Nopal, es utilizando la propagación asexual mediante el cladodio. Este tipo de propagación, asemeja a la propagación por estaca, ya que cuando se habla de cladodio, se refiere a una parte del tallo o ramas de la planta de Nopal.

El presente experimento se realizó en el municipio de Los Santos – Santander, Vereda Paso Chico, Granja Las Nieves, localizada a una Altitud de 1201 MSNM, Longitud -73,146639 y Latitud 6,782806.

## 2. JUSTIFICACION

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 grados centígrados bajo cero, siempre y cuando no se presenten estas temperaturas por períodos prolongados. La *Opuntia ficus indica* 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 o más milímetros al año, aunque los excesos de humedad pueden provocar enfermedades fungosas y daños por insectos. (Castro J. et al. 2009).

En la zona rural del municipio de Los Santos – Santander, la cuales una zona casi desértica, donde últimamente sembrar variedades de cultivos como el tabaco, maíz, tomate, maracuyá, pepino, entre otros, esta dependido a que llueva fuertemente para garantizar la acumulación de agua para el riego de estos, se han visto en la obligación de implementar otros sistemas productivos que sean aptos para estos climas y suelos, y que a su vez genere progreso para sus habitantes.

Al ver la dificultad de sembrar cultivos, buscan otros medios de sustento como la producción de carne de ganado caprino y ovino. Estos animales no tienen ningún tipo de manejo técnico ni cultural, solamente se sueltan para que ellos busquen su alimento sin importar que terrenos invadan arbitrariamente, incluyendo granjas avícolas, en las cuales puede generar problemas de bioseguridad.

El nopal no sólo tiene importancia en los aspectos socioeconómicos, sino también agroecológicos, ya que como cerca viva y como cultivo permite la conservación del suelo, pues protege la capa fértil de éste contra la erosión debido al tipo de sistema radical que posee; así mismo, los cladodios retienen partículas orgánicas que mueve el aire, las cuales resbalan por su superficie tersa hasta el suelo o bien

se quedan en las conjunciones de las ramificaciones, de donde el agua de lluvia las arrastra para depositarlas en el pie de las plantas, formando así una capa de materia orgánica que aumenta constantemente de espesor y mejora la calidad del suelo. (García E. et al. 2003).

La importancia de este trabajo “Evaluación de métodos de propagación asexual del Nopal (*Opuntia ficus-indica*) y respuesta a diferentes sustratos, en el municipio Los Santos – Santander”, es que puede contribuir a que la propagación del nopal, sea más económico, ya que de una unidad meristemática (cladodio) salgan dos (2) o cuatro (4) unidades meristemáticas de las cuales se generaran nuevas plantas reduciendo así costos en este material.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar los métodos de propagación asexual del Nopal (*Opuntia ficus-indica*) y determinar el sustrato en el cual tiene mejor desarrollo vegetativo la planta, teniendo en cuenta las condiciones de los suelos y clima de Los Santos - Santander.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Valorar la viabilidad vegetativa de los cladodios que se dividan en dos y cuatro partes con relación al sustrato en que se sembraron, con el mismo tratamiento de desinfección.
- Realizar registros de datos del desarrollo de la planta, teniendo en cuenta la división de cada uno de los cladodios y los sustratos.
- Analizar los resultados obtenidos del trabajo realizado en campo.



#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el desarrollo del trabajo ¿Qué porcentaje de desarrollo vegetativo tiene el cladodio de nopal dividido en dos (2) y en cuatro (4) partes, y en cuál de los cuatro sustratos se desarrolla mejor?

Históricamente en Colombia no se le da mayor importancia al Nopal (*Opuntia ficus-índica*) como cultivo. Pero en departamentos como Santander, más específicamente en el corregimiento de La Mesa en el municipio de Los Santos, se presentan pequeños cultivos con el propósito de aprovechar los terrenos áridos en condiciones de alta sequía.

De ahí la necesidad de buscar técnicas que optimicen la propagación del Nopal, para disminuir costos en cladodios y transporte, promoviendo de esta manera aún más la intensión de que este se vuelva un cultivo a gran escala a lo largo del país, aprovechando los terrenos que no sean aptos para otro tipo de cultivos.

## 5. HIPOTESIS

- La viabilidad vegetativa de los cladodios sembrados en tierra fértil con adición de gallinaza compostada arroja los siguientes resultados: cladodio completo = 100% de viabilidad vegetativa; cladodio dividido en dos partes = 70% de viabilidad, y cladodio dividido en cuatro partes = 30% de viabilidad.
- La viabilidad vegetativa de los cladodios sembrados en tierra caliche sin adición de gallinaza compostada se estima lo siguiente: cladodio completo = 100% de viabilidad vegetativa; cladodio dividido en dos partes = 40% de viabilidad, y cladodio dividido en cuatro partes = 25% de viabilidad.

La comparación se hace en estos dos tipos de sustratos ya que son los más extremos, uno por ser el que presenta mejores condiciones (tierra fértil con adición de gallinaza compostada) y el otro porque teóricamente es el menos favorable para la proliferación de cualquier cultivo (tierra caliche sin adición de gallinaza compostada).

## 6. MARCO REFERENCIAL

### 6.1. MARCO TEORICO

#### 6.1.1. Origen y aprovechamiento del Nopal:

Según (Reynolds y Arias-Jiménez, 2003), citado por (CEZA), el Nopal (*Opuntia ficus-indica*) pertenece a la familia Cactácea, siendo las cactáceas especies endémicas del continente americano que se desarrollan principalmente en las regiones áridas y semiáridas (Flores et al. 1995). El centro primitivo de diferenciación de las cactáceas fue el Golfo de México y el Caribe, desde donde emigraron para constituir las dos zonas geográficas actuales: América del Norte y América del Sur.

Las Opuntias se han adaptado perfectamente a zonas áridas caracterizadas por condiciones secas, lluvias erráticas y suelos pobres expuestos a la erosión. Algunas especies son inclusive consideradas como plantas naturalizadas en países como Sudáfrica y Australia, donde las condiciones ambientales son particularmente favorables.

Una forma de aprovechamiento del nopal es en ensilados de los cuales se manejan dos tipos, el natural y el compuesto. Dentro de las posibilidades de transformación del fruto se ha trabajado en: jugos de nopalverde pasteurizados y concentrados; aceite de semilla de nopal, determinándose una composición similar a otros aceites vegetales comestibles, con un alto contenido de ácido linoleico, siendo una limitante su bajo rendimiento; geles de pulpa de nopal, se obtuvo un producto similar a los de guayaba y manzana, de color atractivo y textura firme; nopal congelado; láminas de pulpa de nopal, destinadas principalmente al segmento infantil, como un alimento natural, energético y de consumo inmediato; azúcar líquida de nopal, obteniéndose un producto que podría ser utilizado como un edulcorante alternativo a los tradicionales.

Dentro de las posibilidades de transformación del cladodio se ha estudiado: obtención y caracterización de mucílagos de cladodio y cáscaras del fruto, obteniéndose un producto de sabor y aroma neutro que puede potencialmente ser utilizado como agente espesante en la industria alimentaria; mermelada y confitados de cladodios de nopal, productos alternativos de la fruta confitada; obtención y caracterización de harina de nopal, producto de gran interés por su alto aporte de fibra dietética. De los productos reseñados a algunos de ellos se les ha determinado su factibilidad técnico-económica, siendo uno de los que presenta mayores posibilidades las láminas de fruta. (Ríos J., Quintana V. 2004).

### 6.1.2. Valor nutricional y medicinal:

La composición química del nopal en base húmeda es de 91% agua, 0.66% proteínas, 0.11% grasas, 5.5% de carbohidratos, 1.15% celulosa y 1.58% cenizas (Aguilar et al., 2008). Se considera a *Opuntia ficus indica* como un alimento que tiene alto valor nutricional, principalmente por su contenido en minerales, proteínas, fibra dietética y fotoquímicas (Feungang et al., 2006; Bensadón et al., 2010). Fernández- López et al. (2010) confirman que el contenido y el tipo de flavonoides presentes tanto en la fruta como en el vegetal, puede depender directamente de la especie o de las forma de cultivo.

Según (Hernández-Urbinola et al., 2010), entre los minerales que contiene el Nopal, los principales son el calcio y el potasio además de magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de hierro, aluminio entre algunos otros. La proporción de minerales también cambia con la edad del cladodio. Según (Rodríguez- Félix y Cantwell, 1988; Osorio- Córdoba et al., 2011), El nopal contiene también, en varias proporciones, diferentes glúcidos o carbohidratos y componentes nitrogenados. Según (Rodríguez- Félix y Cantwell, 1988; Osorio- Córdoba et al., 2011), Su contenido de fibra cruda está en 12-18% de peso seco, propiedad que le ha permitido posicionarse como una buena fuente de fibra dietética.

Según (Yeh et al., 2003), el incremento en la incidencia de enfermedades crónicas como la Diabetes ha representado en los últimos años, un problema estatal, nacional y mundial. Es por ello que se ve la necesidad de desarrollar y estudiar tratamientos alternativos, que ayuden a disminuir los niveles de glucosa a nivel sanguíneo. Entre estos tratamientos se puede mencionar el uso de plantas medicinales con efecto hipoglucemiante. El nopal (*Opuntia spp.*) es la planta más comúnmente usada para el control de la glucosa, ya que tiene un alto contenido de fibra soluble y pectinas, que pueden influir favorablemente la absorción de glucosa a nivel intestinal, por lo cual se le considera un hipoglucemiante. En estudios realizados en animales, reportan que decrece la glucosa postprandial en efecto sinérgico con la insulina.

Por otro lado, según (Bensadón et al., 2010), la combinación de fibra dietética asociada a los fotoquímicas descritos en el nopal, en conjunto con sus propiedades nutracéuticas, hacen que el nopal pueda usarse como suplemento dietético y/o como ingrediente alimenticio. En años recientes, se inició la comercialización de fibra deshidratada de nopal como auxiliar en trastornos digestivos. La pulpa deshidratada del nopal constituye un material fibroso, cuya función medicinal se basa, como cualquier otra fibra natural, en favorecer el proceso digestivo, reduciendo el riesgo de problemas gastrointestinales y ayudando en los tratamientos contra la obesidad. Adicionalmente, la fibra disminuye el nivel de lipoproteínas de baja densidad, y disminuye el colesterol en la sangre al interferir en la absorción de grasas que realizan los intestinos. (Torres R., et al. 2015).

### **6.1.3. Taxonomía y clasificación:**

El nopal pertenece a la familia *Cactácea* comúnmente conocidas como cactáceas o cactus. Las cactáceas son plantas que caracterizan los paisajes mexicanos, se distribuyen principalmente en las zonas áridas aunque una gran diversidad de especies se encuentra en las zonas tropicales, subtropicales y templadas. En México se encuentra el mayor número de géneros y especies de toda América, vale la pena mencionar que de las 1600 especies que forman esta familia, en México habitan 1088.

Reino: Vegetal  
Subreino: Embryophita  
División: Angiospermae  
Clase: Dicotiledónea  
Subclase: Dialipétalas  
Orden: Opuntiales  
Familia: Cactácea  
Subfamilia: Opuntioideae  
Tribu: Opuntiae

(Ríos J., Quintana V. 2004)

### **6.1.4. Características morfológicas:**

#### **a) Raíz:**

El sistema radicular es perenne, extenso y superficial. Su estructura y funcionamiento le permiten captar con eficiencia la mayor cantidad de agua durante los breves periodos de lluvia.

#### **b) Tallo:**

El nopales un vegetal arborescente de 3 a 5m de alto, su tronco es leñoso y mide entre 20 a 50cm de diámetro. El tallo, a diferencia de otras especies de cactáceas, está conformado por un tronco y ramas aplanadas que posee cutícula gruesa de color verde de función fotosintética y de almacenamiento de agua en los tejidos.

#### **c) Flor:**

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

se abren a los 35 a 40 días de brotar. Sus pétalos son de colores vivos: amarillo, anaranjado, rojo, rosa. Sépalos numerosos de color amarillo claro a rojizo o blanco.

#### **d) Fruto:**

Es una baya polispermo de forma ovoide esférica de color verde y toma diferentes colores cuando maduran, son comestibles, agradables y dulces; la pulpa es gelatinosa conteniendo numerosas semillas, sus dimensiones y coloración varían según la especie; presentan espinas finas y frágiles de 2 a 3 mm de longitud.

#### **e) Cladodios:**

Forma pencas denominadas cladodios de 30 a 60cm de largo x 20 a 40cm de ancho y de 2 a 3cm de espesor. Sus ramas están formadas por pencas de color verde opaco con areolas que contienen espinas más o menos numerosas de color amarillas. Estas estructuras transforman la luz en energía química a través de la fotosíntesis y están recubiertos por una cutícula del tipo lipídica, interrumpida por la presencia de estomas, los 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. Las pencas y tallos tienen espinas. El sistema radicular es profundo; no obstante, dependiendo de la humedad ambiental, pueden desarrollar raíces laterales superficiales.

#### **f) Hojas:**

Sólo en cladodios internos, transformadas en espinas en forma de garra, engrosadas en su base, para defensa; las caducas sólo se observan sobre tallos tiernos. Cuando se produce la renovación de pencas, en cuyas axilas se hallan las aréolas 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. (Castro J., et al. 2009).

#### **6.1.5. Tipos de Nopal:**

Existe una gran diversidad de tipos de nopales silvestres y cultivados, y en casi todos los casos, los brotes tiernos son comestibles. (Flores 2004), revisando información, encontró que en San Luis Potosí, existen nopaleras silvestres de nopal Tapón (Wend) dondelos nopalitos son recolectados, desespinados y transportados a las fábricas que los preparan como nopalitos en salmuera y que se destina principalmente al mercado de exportación y en segundo término al mercado nacional. También indica que el sistema de producción de nopaleras en huertos familiares, nace en México junto con la agricultura y existen en el medio rural de todo México y se ha obtenido en ellos tuna y nopalitos para autoconsumo desde la época prehispánica hasta la actualidad. Bajo este sistema se produjeron

en forma natural cruzas entre especies y variedades con lo cual se diversificaron los tipos que a su vez fueron seleccionándose para superar a las nopaleras silvestres y que posteriormente (alrededor de 1950) fueron establecidas en parcelas agrícolas de acuerdo a la especialidad, fruta (tuna), verdura (nopalito), o forraje (pencas) y en producción de colorantes (cochinilla para grana). Es también en esa época que las universidades comienzan a interesarse en el cultivo del nopal y desarrollan variedades y sistemas de producción. El mismo autor, proporciona un listado de 15 variedades que se utilizan para la producción de nopal verdura y vale la pena destacar que este listado consigna que la variedad Copena V1, Copena F1 y el nopal manso, son los que se utilizan para producir nopalito en Sonora.

#### **6.1.6. Requerimientos del Nopal:**

Según (Nobel, 1999), citado por (CEZA, 2011), las plantas del género *Opuntia* se han desarrollado bien en distintos ambientes, desde zonas áridas a nivel del mar hasta territorios de gran altura como los Andes de 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. Por esta razón, estas especies pueden ser un recurso genético de interés para zonas ecológicas muy diversas.

Según (Álvarez, 2007; Sudzuki et al., 1993), citado por (CEZA, 2011), 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. Según (Ríos y Quintana, 2004), citado por (CEZA, 2011), 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.

Los suelos de la vereda Paso Chico del municipio de Los Santos – Santander, son moderadamente profundos, limitados por altos contenidos de arcilla, bien drenados y formados a partir de arcillolitas.

Estos suelos presentan un perfil medianamente evolucionado de tipo A/B/C. El horizonte A es de 15 cm, de color pardo grisáceo, textura franco arcillo arenosa y estructura blocosa; el B tiene 20 cm, de color pardo, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares moderadamente desarrollados. El horizonte C aparece a los 35 cm de profundidad, color pardo rojizo, estructura masiva, textura arcillosa.

La reacción es ácida; el contenido de materia orgánica es media en el primer horizonte y baja en los subsiguientes. La fertilidad natural es baja. Estas tierras tienen severas limitaciones que imposibilitan cualquier actividad agropecuaria

sostenible. Las limitaciones consisten en pendientes muy pronunciadas, alta erosión susceptible a ella, piedras no removibles, rocas en la superficie, poca profundidad efectiva, escasa precipitación durante el año.

Estas unidades se encuentran ocupadas por rastrojos y sotobosques y algunas explotaciones agropecuarias de subsistencia. Las tierras de esta subclase son propias para actividades forestales protectoras productoras con especies de vegetación nativa, para la protección de flora, fauna y cuencas hidrográficas o ser tratadas como áreas de recuperación de los recursos naturales. (EOT Los Santos, 2003).

#### **6.1.7. Propagación del nopal:**

Comercialmente cuando se desea establecer un vivero para la propagación del nopal, se debe tener en cuenta ciertas condiciones para facilitar su manejo y garantizar la viabilidad de las plántulas. El vivero debe estar cercano a carreteras para facilitar el traslado de las plántulas, es conveniente sembrar en suelos con buena fertilidad natural, con 30 cm de profundidad y sin pendiente fuerte, donde lluevan 350 mm anuales por lo menos.

La siembra de nopal se puede hacer por semilla, ya que tiene un alto poder germinativo, pero su desarrollo es muy lento y tiene alta variabilidad. Por eso se recomienda la siembra del vivero de forma asexual por cladodios. Este método de propagación, asemeja a la propagación por estaca, ya que el cladodio es parte del tallo o rama del nopal. El material que se va a utilizar para la siembra, debe ser conseguido de plantaciones jóvenes, con buena producción y vigorosidad.

Cuando los cladodios son desprendidos de la planta madre, la zona de corte se cicatriza, sellando los sitios de pérdida de humedad adicional. Esta libera inmediatamente el mucilago por los tejidos heridos, lo cual mejora y acelera la cicatrización. El agua almacenada cubrirá las necesidades de transpiración, la formación de nuevas raíces y de brotes cuando se coloca en el suelo. El cladodio puede sostener la pérdida de agua por un largo tiempo, hasta seis meses sin perder viabilidad si se almacena en un sitio sombreado y seco.

Si las condiciones para la siembra no son las mejores o existe poca disponibilidad de pencas, se puede tener un vivero en el cual se propagan los cladodios en bolsas o camas almacigueras y cuando tengan aproximadamente entre nueve a doce meses, se procede a la plantación en terreno definitivo. (Castro, Paredes y Muñoz. 2009).

Para garantizar una mejor producción de brotes, es necesario que se siembre en terrenos bien abonados. Cuando ya se tiene ubicados los puntos donde se va a sembrar los cladodios se recomienda incorporar 15 toneladas de estiércol seco por hectárea. (INIFAP 1998).



### **6.1.8. Principales plagas:**

El cultivo de Nopal no presenta ninguna plaga de importancia económica sin embargo, se señalarán las principales:

“Cochinilla” (*Dactylopius coccus costa*), constituye una plaga benéfica o perjudicial, dependiendo del objetivo trazado. Si dicho objetivo es la producción de fruta, la cochinilla incide en la producción de tunas, por lo tanto debe ser tratada como tal. Por esta razón no se recomienda tener plantaciones duales o mixtas, ya que el beneficio de la una, será en perjuicio de la otra. Un factor muy importante para la cóccido-cultura, es determinar el tipo de depredadores que inciden sobre la cochinilla, en razón, de que la reducción de las colonias de la cochinilla puede ser altamente significativa sin que se tenga una explicación adecuada, es necesario entonces vigilar las poblaciones de plagas que limitan la explotación del *Dactylopius coccus costa*.

El “gusano de la tierra” es una larva que se alimenta de las plantas de tuna tiernas y jóvenes causando deformaciones y perforaciones en las mismas.

“El gusano cogollero”, es una larva de color verde claro que mide hasta 3 cm de longitud, tiene como hábito alimenticio las paletas tiernas y jóvenes, provocando la deformación de estas.

“El gusano minador” (*Graciliriadeae*), es una larva pequeña, roja rosada, que vive debajo de la epidermis de las paletas terminales formando galerías. (Castro J., et al., 2009).

### **6.1.9. Principales enfermedades:**

“Roya”, enfermedad cuyo agente causal es el hongo *Aecidium* sp. que ataca a las paletas y los frutos, forma una pústula redonda de color amarillo-naranja que sobresale de la superficie de la paleta, que luego se seca dejando un gran hueco a veces a un lado de la paleta o en ambas caras. Lo más eficiente y económico para su control es la quema y entierro de las paletas afectadas.

“Pudrición de la raíz”, Incide en plantas que tienen más de cuatro años, el agente causal parece ser un complejo hongos y/o bacterias no identificados, que destruyen la raíz por pudrición, la cual puede llegar hasta el tallo. El síntoma más evidente es la plasmólisis o marchitez (arrugamiento) de las paletas, el control se realiza mediante la limpia o eliminación de las partes afectadas (podridas) y luego se aplica ceniza y finalmente cubriendo la planta con tierra buena.

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

“Ranchar”, (*Phytophthora cactarum*), este hongo produce la enfermedad conocida como “podredumbre húmeda”, ataca a la tuna cuando tiene una vía de ingreso que puede ser una herida o una semilla que no ha sido cicatrizada, los daños que causa ésta enfermedad no son mayores, su control efectivo se realiza utilizando fitosanitarios con base de cobre.

“Mancha plateada” Causada por los hongos de los géneros *Phytophthora* y *Micosphaerella*, ocasionan un resquebrajamiento de la epidermis de las paletas y manchas necróticas grandes.

“La bacteriosis” es una enfermedad causada por bacteria del género *Pseudomona*, produce pudrición en las paletas.

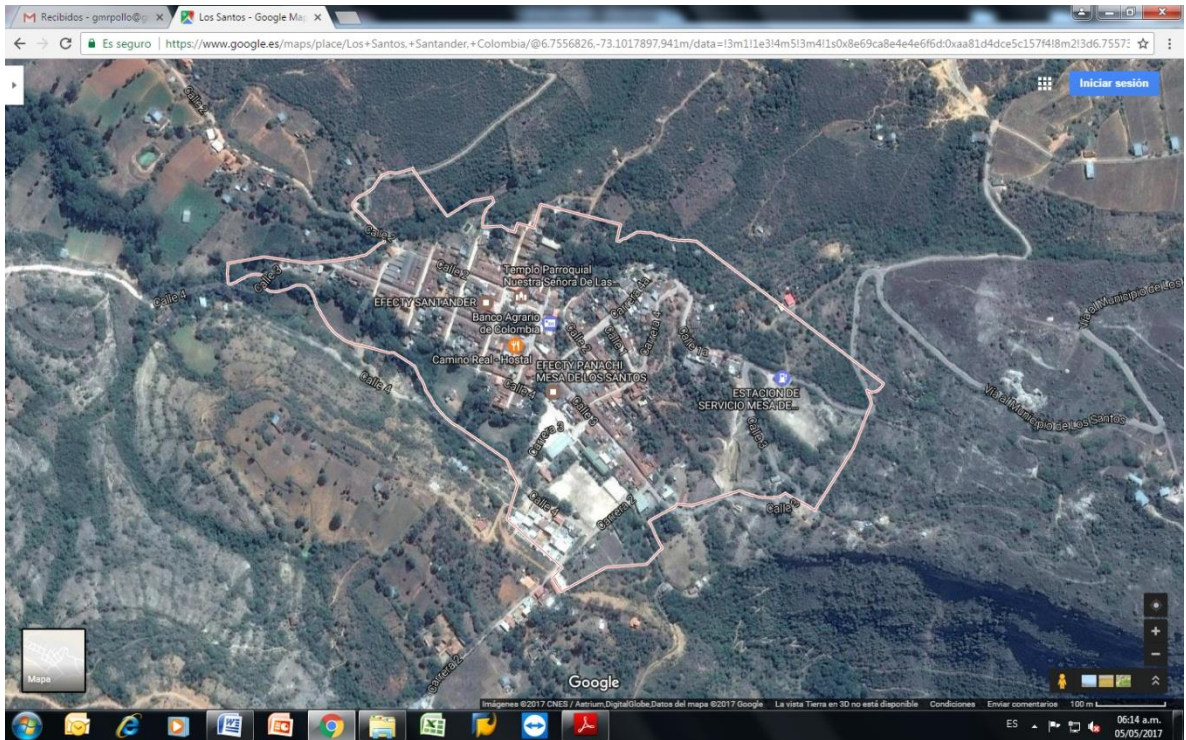
“Podredumbre apical”, es una enfermedad ocasionada por bacterias del género *Erwinia*, que producen la muerte total de las paletas, se inicia en el ápice y desciende progresivamente hasta su inserción con el tallo. (Castro J., et al., 2009).

## **6.2. MARCO GEOGRAFICO**

### **6.2.1. Municipio Los Santos – Santander:**

Los Santos es un municipio colombiano, (figura No. 1) ubicado en el departamento de Santander. Pertenece a la provincia de Soto. Tiene una extensión de 242 km<sup>2</sup>, y está ubicado a 62 km de distancia de la capital del departamento, y a 33 de la población de Los Curos. Limita por el norte con Girón (Santander) y Piedecuesta, por el sur con Jordán Sube y Villanueva, por el oriente con Aratoca, y por el occidente con Zapatoca. (WIKIPEDIA, 2015)

**Figura No. 1. Ubicación geográfica del área de estudio**



**Tomado de:**

<https://www.google.es/maps/place/Los+Santos,+Santander,+Colombia/@6.7556826,-73.1017897,941m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e69ca8e4e4e6f6d:0xaa81d4dce5c157f4!8m2!3d6.755734!4d-73.102305>

### **6.2.2. Climatología del área experimental:**

**a) Temperatura:** Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 28°C a los 200 msnm y los 20°C a los 1.530 msnm. La temperatura media anual de la cabecera municipal es de 21.3 °C

**b) Precipitación:** Varía entre los 950 milímetros anuales en la parte sur occidente y mayores a 1.000 milímetros en la parte centro y norte del municipio, disminuyendo ligera y paulatinamente desde el noreste hacia la hoya del río Chicamocha.

Balance hídrico realizado en la estación pluviométrica LA MESA se observa que de la disponibilidad de agua a nivel anual que presenta la zona de la meseta por Precipitación (982 mm) se pierde o sale del sistema un volumen aproximado al 94% por concepto de Evapotranspiración Potencial (920.3 mm) y si se considera la Evapotranspiración Real (861.4 mm) habría una pérdida del 88% de la Precipitación anual.

Lo anterior significa que del total de agua disponible en un año normal para alimentar las corrientes superficiales y los niveles freáticos más superficiales solamente se cuenta con aproximadamente el 12%.

Gran tendencia a desertificación por la influencia de los vientos del cañón del Chicamocha, favorecido por la características de las rocas existentes e incrementado por la deforestación de la cobertura vegetal y las practicas no adecuadas en el trabajo agrícola, como la aplicación de agroquímicos que esterilizan más el suelo. Estos procesos antrópicos apoyados con los climáticos (bajas precipitaciones), repercuten también en las corrientes de aguas, en una disminución acelerada de sus caudales, provocando una crisis de este recurso en esta zona. (EOT Los Santos, 2003)

## 7. METODOLOGIA

### 7.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el proyecto de investigación “EVALUACION DE METODOS DE PROPAGACION ASEXUAL DEL NOPAL (*OPUNTIA Ficus-indica*), Y RESPUESTA A DIFERENTES SUSTRATOS, EN EL MUNICIPIO LOS SANTOS – SANTANDER”, se hizo un vivero utilizando distintos sustratos y distintos métodos de propagación asexual (cladodios completos y divididos).

En este caso en particular, se hizo la siembra del vivero en bolsa, ya que se pudo controlar de una mejor manera factores importantes para la toma de información como lo son el sustrato a utilizar, formación radicular, aplicaciones hídricas y finalmente el trasplante.

Los sustratos con los que se trabajó como distintos testigos son: sustrato de tierra caliche sin gallinaza compostada, sustrato de tierra caliche con gallinaza compostada, sustrato de tierra fértil sin gallinaza compostada y sustrato de tierra fértil con gallinaza compostada. Esto con el objetivo de observar en cuál de estos se desarrolla mejor la parte radicular de las plántulas, más rápido y con mayor vigorosidad.

El método de propagación asexual que se utilizó fueron cladodios de nopal recolectados de plantas de la zona para garantizar la viabilidad de la misma, ya que estas están adaptadas al suelo árido y clima propios de la zona. Al hablar de cladodios, se asemeja al método de propagación por estaca, ya que el cladodio da formación al tallo y ramas del nopal. Para cada tipo de sustrato se sembró diez (10) métodos de propagación con cladodios (figura No. 2): cladodio completo, cladodio dividido en dos (2) partes y cladodio dividido en cuatro (4) partes. Para un total de ciento veinte (120) cladodios sembrados en la misma cantidad de bolsas.

El tipo de diseño experimental con el cual se trabajó para este proyecto es el factorial 4x3, ya que este diseño es muy útil cuando se quiere investigar la forma cómo influyen los factores sobre una variable respuesta y en cada factor se considera solamente tres niveles. El término “experimento factorial” o “arreglo factorial” se refiere a la constitución de los tratamientos que se quieren comparar. Diseño de tratamientos es la selección de los factores a estudiar, sus niveles y la combinación de ellos. El diseño de tratamientos es independiente del diseño experimental que indica la manera en que los tratamientos se aleatorizan a las diferentes unidades experimentales y las formas de controlar la variabilidad natural de las mismas.

**Figura No. 2. Ubicación de los tratamientos dentro del vivero**

CALICHE CON GALLINAZA			FERTIL CON GALLINAZA			CALICHE SIN GALLINAZA			FERTIL SIN GALLINAZA		
100%	50%	25%	100%	50%	25%	100%	50%	25%	100%	50%	25%
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Mateus C. 2018

En la figura No. 2 se puede evidenciar la ubicación de cada método de propagación por cladodio del nopal en los respectivos sustratos. Los cladodios completos son los nombrados (100%), los divididos en dos partes son (50%) y los divididos en cuatro partes son (25%).

## 7.2. MANEJO AGRONÓMICO DEL EXPERIMENTO.

### 7.2.1. Análisis de suelos:

#### a) Resultados de análisis de suelo en zona fértil:

Suelo de reacción ligeramente ácido pH 6.3, de textura pesada con alto y saturado complejo de cambio. Altos los contenidos de calcio (Ca) y de Magnesio (Mg) con relación Ca/Mg muy amplia (8,6). Muy alto su porcentaje de saturación de calcio (Ca) 119,6 %. El fósforo (P) asimilable tiene contenidos altos y bajos para el Potasio (K) soluble. La materia orgánica (M.O) tiene contenidos bajos.

### **b) Plan de fertilización de Nopal en zona fértil:**

Aplicar durante la adecuación del terreno 100 ton/ha o 10 kg/sitio de compost vegetal o bovinaza, ubicar el abono lo más cerca posible a la línea de siembra.

Realizar el siguiente fraccionamiento del abonamiento:

FERTILIZANTE	3 MDT	6 MDT	9 MDT	12 MDT
Compost	4 kg	5 kg	6 kg	7 kg
Nitrax	10 gr	12,5 gr	15 gr	20 gr
KCl	10 gr	20 gr	35 gr	50 gr

Las diferentes fuentes pueden ser mezcladas entre sí, evitar el contacto directo de los fertilizantes con la planta.

### **c) Resultados de análisis de suelo en zona caliche:**

Suelo de reacción ligeramente ácido pH 6,1, de textura pesada con medio y saturado complejo de cambio. Altos los contenidos de calcio (Ca) y de magnesio (Mg) con relación Ca/Mg muy amplia (10,8). Muy alto su porcentaje de saturación de calcio (Ca) 180,6 %. El fósforo (P) asimilable tiene contenidos bajos al igual que el potasio (K) soluble. La materia orgánica (M.O) tiene contenidos bajos.

### **d) Plan de fertilización de Nopal en zona caliche:**

Aplicar durante la adecuación del terreno 100 ton/ha o 10 kg/sitio de compost vegetal o bovinaza, ubicar el abono lo más cerca posible a la línea de siembra.

Realizar el siguiente fraccionamiento del abonamiento:

FERTILIZANTE	3 MDT	6 MDT	9 MDT	12 MDT
Compost	4 kg	5 kg	6 kg	7 kg
Nitrax	10 gr	12,5 gr	15 gr	20 gr
DAP	10 gr	10 gr	10 gr	10 gr
KCl	10 gr	20 gr	35 gr	50 gr

Las diferentes fuentes pueden ser mezcladas entre sí, evitar el contacto directo de los fertilizantes con la planta.

## **NOTA:**

Estos planes de fertilización no fueron tenidos en cuenta para ningunos de los sustratos manejados en el experimento. Es solo a manera informativa de las condiciones de estos.

### **7.2.2. Preparación de sustratos y embolsado:**

Para la preparación de los distintos sustratos a manejar para el llenado de bolsas, se utilizó tierra propia de la zona de la Vereda Paso Chico del municipio de Los Santos – Santander. Los cuales son tierra caliche, esta tiene alto contenido de calcio; y tierra fértil la cual es bastante arcillosa. Con estos dos tipos de suelos, se trabajaron cuatro sustratos, los cuales fueron: Tierra fértil sin adición de gallinaza compostada, tierra fértil con adición de gallinaza compostada, tierra caliche sin adición de gallinaza compostada y tierra caliche con adición de gallinaza compostada.

Antes de hacer la mezcla de los distintos suelos con la gallinaza, a esta se le sometió a un proceso de compostaje durante 30 días. En los dos tipos de sustratos utilizados con adición de gallinaza, se trabajó con un porcentaje de 80% de suelo y 20% de gallinaza. Se determinó este porcentaje ya que si se aplica en exceso gallinaza compostada, puede afectar la zona radicular por compactación del sustrato. Después de hacer la debida mezcla se procedió a llenar las ciento veinte (120) bolsas con los distintos sustratos.

### **7.2.3. Recolección de cladodios de nopal:**

Para la adquisición de cladodios, se recolecto de distintas plantas de nopal nativas en la zona. Se recolectaron de plantas que presentaban una buena madurez vegetativa, sanidad, vigorosidad y un tamaño del cladodio ideal para su propagación.

### **7.2.4. Tratamiento de cladodios de nopal:**

Luego de recolectar todos los cladodios, se procede a sumergirlos por un tiempo de quince (15) minutos en un balde con 10 L de agua, que contenía una solución de 30 g de caldo bordelés con 1 Kg de cal. En el caso de los cladodios divididos en dos y cuatro partes, se hizo el debido fraccionamiento el mismo día en que se sembró para así evitar posible mortalidad de estos a causa de deshidratación, ataque fungoso o de insectos, y se le realizo el mismo tratamiento de desinfección.

### **7.2.5. Siembra:**

Los cladodios se sembraron respetando el mismo orden en todos los tipos de sustrato. La primera hilera se sembró el cladodio completo (100%), la segunda hilera se sembró el cladodio dividido en dos partes (50%) y la tercera hilera se



sembró el cladodio dividido en cuatro partes (25%). Para este procedimiento se garantizó que por lo menos la mitad del cladodio quedara tapado con el sustrato, en el caso de las cladodios divididos se garantizó que la parte de los cortes quedaran totalmente cubiertos con el sustrato.

#### **7.2.6. Manejo del vivero:**

El trabajo en el vivero era visualizar diariamente el desarrollo de las plantas, se procuró hacer un riego a capacidad de campo cada siete días, se hizo control de arvenses cada vez que era requerido

#### **7.2.7. Trasplante a sitio definitivo:**

A los ciento diez y seis (116) días después de la siembra de los cladodios, se evidencio que era necesario empezar el trasplante de las plantas ya que no se evidenciaba mayor evolución por parte de estas. En el momento de extraer las plantas de las bolsas, se tuvo el debido cuidado de no dañar las raíces para poder tomar los respectivos datos de estas. Las plantas se sembraron de tal manera que quedaran las del mismo método de propagación seguidas para así visualizar y comparar el comportamiento que estas tendrán con el tiempo.

## **8. VARIABLES DE EVALUACION**

### **8.1. ANALISIS ESTADISTICO**

Se calcularon las frecuencias y proporciones de los cladodios que tuvieron formación vegetativa hasta los 116 días de seguimiento, para cada tratamiento y para cada tipo de cladodio, y se compararon con la prueba exacta de Fisher. Se realizó un análisis de supervivencia de Kaplan Meier que permitió calcular la mediana del tiempo de formación radicular de acuerdo con el tipo de sustrato y el tamaño de las mismas y se compararon las curvas de formación radicular con la prueba de Log-Rank.

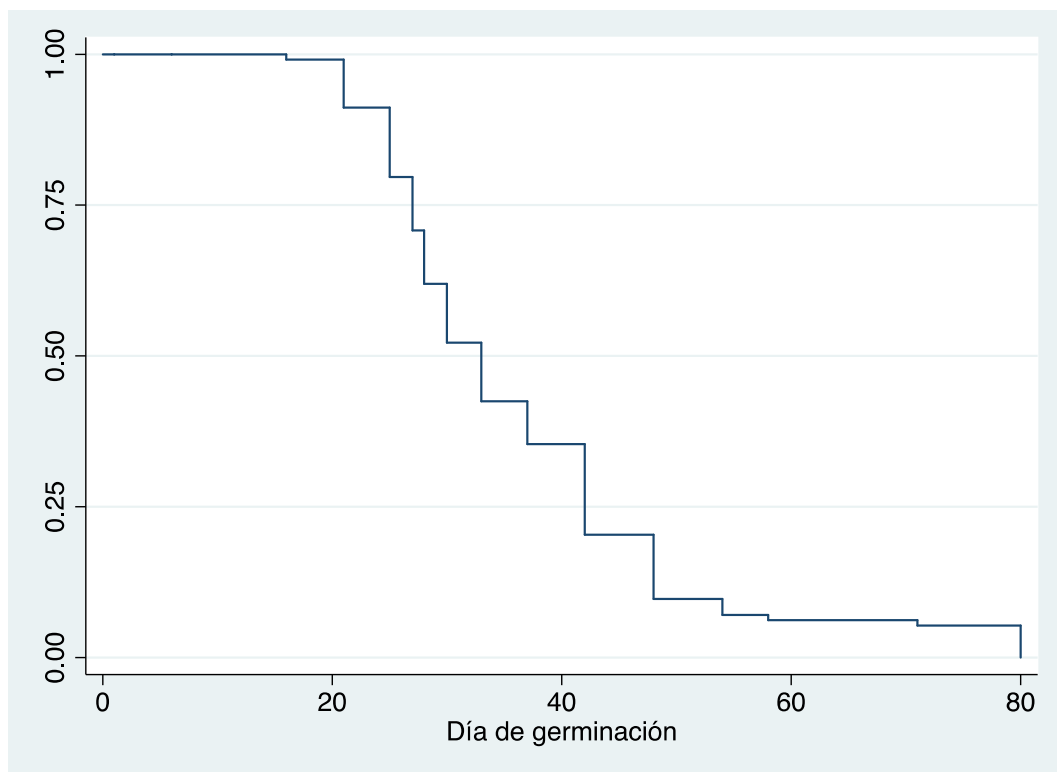
Se evaluó la normalidad de las variables área del cladodio y de la raíz y el número de retoños primarios y secundarios de cada cladodio, en cada tratamiento y se encontró que ninguna tuvo distribución normal. Por lo tanto, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para comparar los sustratos y los tamaños de los cladodios.

## 9. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

### 9.1. FORMACION RADICULAR DE CLADODIOS

En total se realizó el seguimiento a 120 cladodios sembrados en los diferentes sustratos, de las cuales formaron raíz en 116 (94.1%) y por lo menos la mitad de estas fueron hacia el día 33 del seguimiento con un rango intercuartílico entre 27 y 42 días, como se muestra en la figura 1.

**Figura 3: Curva de formación radicular de todos los cladodios sembrados (n=120)**



**FUENTE:** Mateus C. 2018

Al analizar el tiempo de formación radicular por sustrato, teniendo en cuenta el tamaño del cladodio, se pudo observar que el grupo que se desarrolló más rápido fue el de los cladodios completos sembrados en sustrato fértil con gallinaza compostada. Por el contrario, el que germinó más lento fue el de los cladodios cortados en cuartos y sembrados en caliche sin gallinaza compostada.

Igualmente, en este sustrato fue donde se observó la mayor mortalidad de cladodios, como se observa en la tabla 1.

**Tabla 1: Proporción de cladodios con formación radicular y tiempo, de acuerdo al sustrato y método del cladodio sembrado**

Tratamiento (n)	Cladodios germinados <sup>£</sup> (%)	Tiempo de germinación (días)*		
		Mediana	IQR	
Caliche con gallinaza 100% (10)	9 (90)	27	27	33
Caliche con gallinaza 50% (10)	10 (100)	33	28	54
Caliche con gallinaza 25% (10)	10 (100)	37	37	48
Fértil con gallinaza 100% (10)	10 (100)	21	21	21
Fértil con gallinaza 50% (10)	10 (100)	30	30	42
Fértil con gallinaza 25% (10)	10 (100)	33	28	37
Caliche sin gallinaza 100% (10)	10 (100)	27	25	28
Caliche sin gallinaza 50% (10)	7 (70)	48	48	48
Caliche sin gallinaza 25% (10)	7 (70)	80	80	80
Fértil sin gallinaza 100% (10)	10 (100)	25	25	25
Fértil sin gallinaza 50% (10)	10 (100)	33	30	42
Fértil sin gallinaza 25% (10)	10 (100)	42	30	42

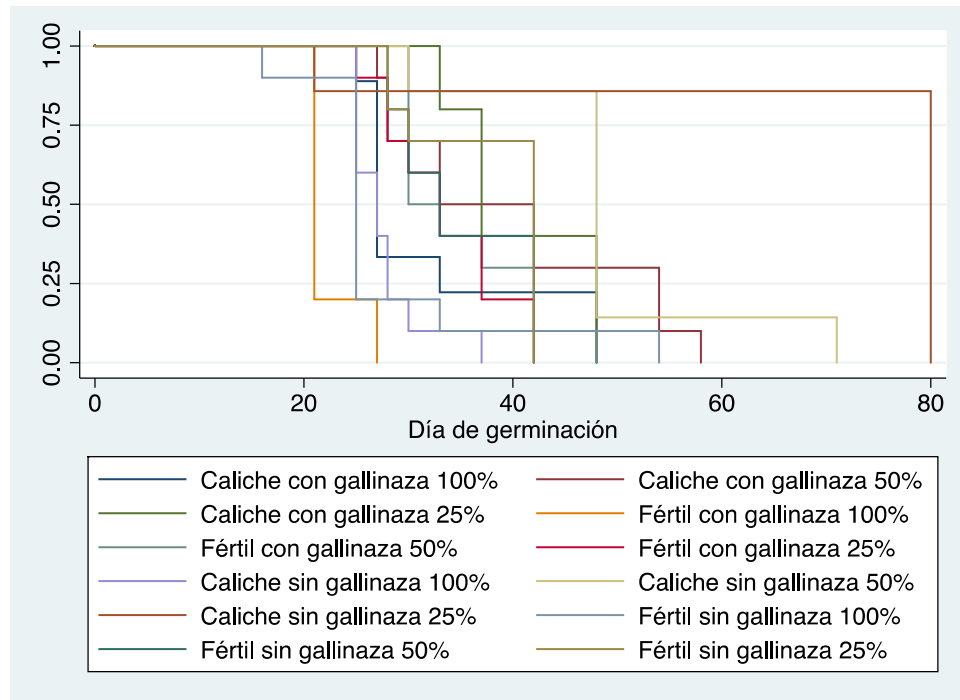
£Valor p de Prueba exacta de Fisher=0.004

\*Valor p de prueba de Log-rank <0.001

**FUENTE:** Mateus C. 2018

En la figura 4 se observa gráficamente el momento de formación radicular de los cladodios en cada grupo de tratamiento.

**Figura No. 4: Curvas de Kaplan Meier para el tiempo de formación radicular de los cladodios según su método y sustrato**



**FUENTE:** Mateus C. 2018

Al calcular el tiempo de formación radicular de acuerdo con el método del cladodio, es evidente que sembrarlo al método completo (100%) favorece la formación temprana de la planta, mientras que los cladodios divididos en cuatro partes (25%) se forman más lentamente, como se puede observar en la tabla 2 y la figura 5.

**Tabla 2: Proporción de cladodios enraizados y tiempo de formación vegetativa de acuerdo a su método**

Tratamiento (n)	Cladodios enraizados <sup>£</sup>	Tiempo de formación vegetativa (días)			Valor p*
		Mediana	IQR		
<b>Cladodio 100% (40)</b>	39 (97.5)	25	25	27	<0.001
<b>Cladodio 50% (40)</b>	37 (92.5)	37	30	48	
<b>Cladodio 25% (40)</b>	37 (92.5)	42	33	48	

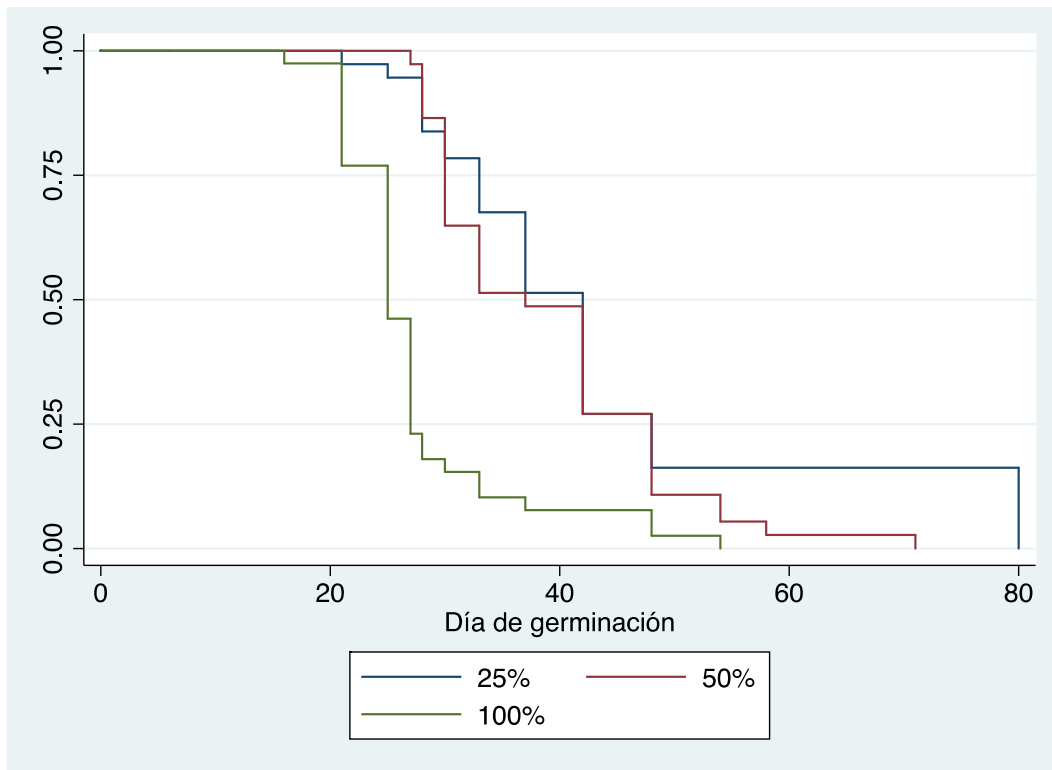
<sup>£</sup>Valor p de Prueba exacta de Fisher=0.697

\*Prueba Log-rank

**Fuente:** Mateus C. 2018

### 9.1.1. Tiempo de formación radicular:

**Figura No. 5: Curvas de Kaplan Meier para el tiempo de formación radicular de los cladodios según su método.**



**FUENTE:** Mateus C. 2018

### 9.2. INFLUENCIA DE LOS SUSTRATOS:

Según el sustrato elegido, como se muestra en la tabla 3, el fértil con y sin gallinaza compostada permitió la formación de raíces de todos los cladodios sembrados. Adicionalmente, ambos sustratos permitieron esta formación más rápida (mediana 30 días), pero el que tenía gallinaza compostada tuvo un rango intercuartílico de formación radicular más rápido y un poco más corto (21 a 37 días vs 25 a 42 días). Al contrario, el peor resultado fue obtenido por el sustrato de caliche sin gallinaza compostada como se observa en la figura 6.

**Tabla 3: Proporción de cladodios enraizados y tiempo de formación radicular de acuerdo con el tipo de sustrato**

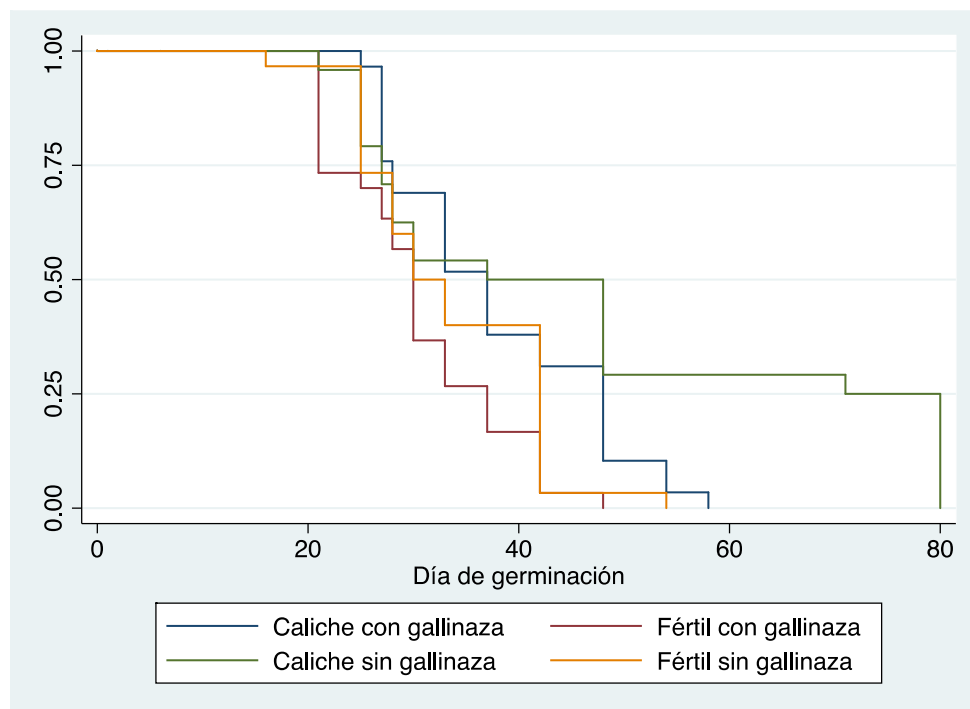
Tratamiento (n)	Cladodios enraizados <sup>£</sup> (%)	Tiempo de formación radicular (días)			Valor p*
		Mediana	IQR		
Caliche con gallinaza (30)	29 (96.6)	37	28	48	0.013
Fétil con gallinaza (30)	30 (100)	30	21	37	
Caliche sin gallinaza (30)	24 (80)	37	27	80	
Fétil sin gallinaza (30)	30 (100)	30	25	42	

<sup>£</sup>Valor p de Prueba exacta de Fisher=0.004

\*Prueba Log-rank

FUENTE: Mateus C. 2018

**Figura No. 6: Curvas de Kaplan Meier para el tiempo de formación de raíces de los cladodios según el sustrato utilizado**



FUENTE: Mateus C. 2018

Al momento del trasplante de todos los cladodios, se observó que la mediana de su área fue 152 cm<sup>2</sup>IQR (123; 198), la de la raíz fue 68 cm<sup>2</sup>IQR (40; 112), el número de retoños primarios fue de 1 IQR (1; 2) y el de retoños secundarios fue de 0 IQR (0; 2.5)

Al realizar la comparación entre grupo de tratamientos y teniendo en cuenta el tamaño del cladodio sembrado, se encontraron diferencias significativas en las cuatro variables, siendo la mayor área de cladodios y de número de retoños primarios para los completos (100%) del sustrato caliche con gallinaza y el mayor área de raíz y número de retoños secundarios para los cladodios completos (100%) del sustrato fértil con gallinaza. En la tabla 4 se presentan en detalle los resultados para cada grupo.

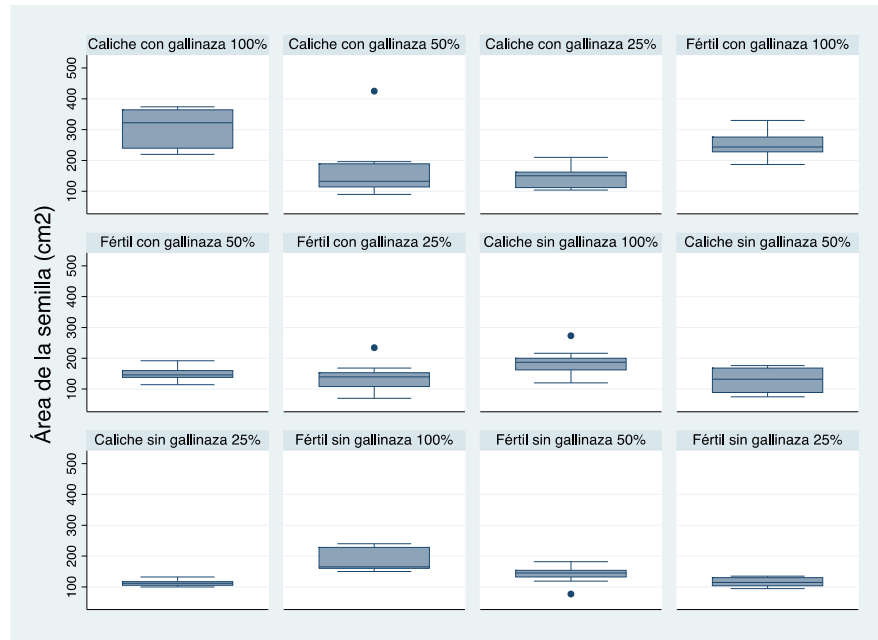
**Tabla 4: área de cladodio y raíz, y número de retoños primarios y secundarios por sustrato, y método del cladodio**

Tratamiento	Área cladodio (cm <sup>2</sup> )		Área raíz (cm <sup>2</sup> )		Retoños Primarios (n)		Retoños secundarios (n)	
	Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR
Caliche con gallinaza 100% (9)	322	240 – 364	120	90 – 150	3	2 – 4	2	0 – 3
Caliche con gallinaza 50% (10)	132.5	114 – 189	63	30 – 77	1.5	1 – 2	0	0 – 0
Caliche con gallinaza 25% (10)	150	112 – 162	37.5	12 – 70	1	1 – 1	0	0 – 0
Fértil con gallinaza 100% (10)	243.5	228 – 276	137	84 – 182	2.5	2 – 4	3.5	2 – 13
Fértil con gallinaza 50% (10)	138	146 – 160	49.5	30 – 81	1.5	1 – 2	2	0 – 3
Fértil con gallinaza 25% (10)	139.5	108 – 153	46	30 – 72	1	1 – 1	0	0 – 0
Caliche sin gallinaza 100% (10)	187	162 – 200	115	88 – 130	2	1 – 3	0	0 – 5
Caliche sin gallinaza 50% (7)	132	89 – 168	90	50 – 126	1	1 – 2	0	0 – 0
Caliche sin gallinaza 25% (7)	112	105 – 117	28	16 – 45	1	1 – 1	0	0 – 0
Fértil sin gallinaza 100% (10)	165	160 – 228	99	90 – 117	2	2 – 4	3	0 – 5
Fértil sin gallinaza 50% (10)	145	132 – 154	63	39 – 114	1.5	1 – 2	1.5	0 – 5
Fértil sin gallinaza 25% (10)	114.5	103.5 – 130	37.5	30 – 45	1	1 – 1	0	0 – 0
Valor p	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

FUENTE: Mateus C. 2018

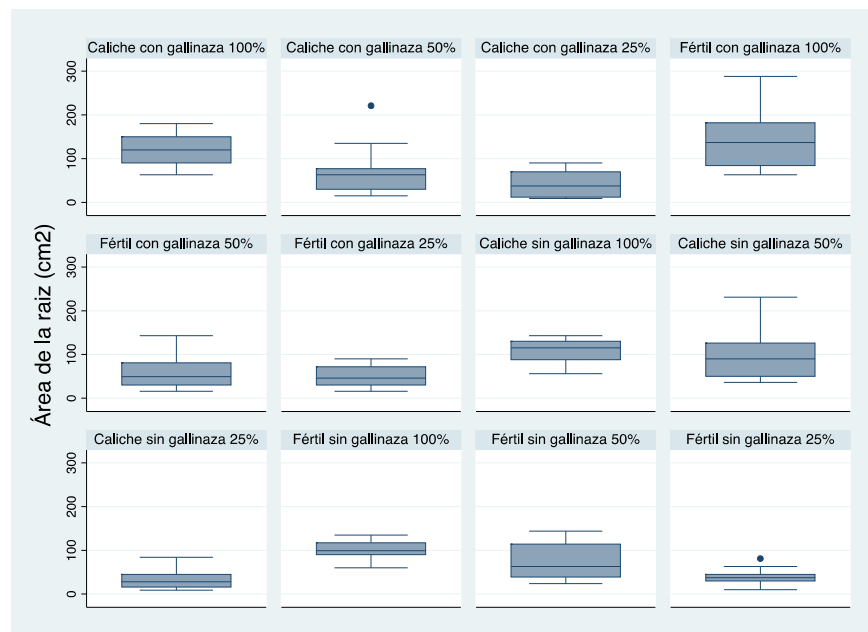


**Figura No. 7: área de cladodio por sustrato y método**



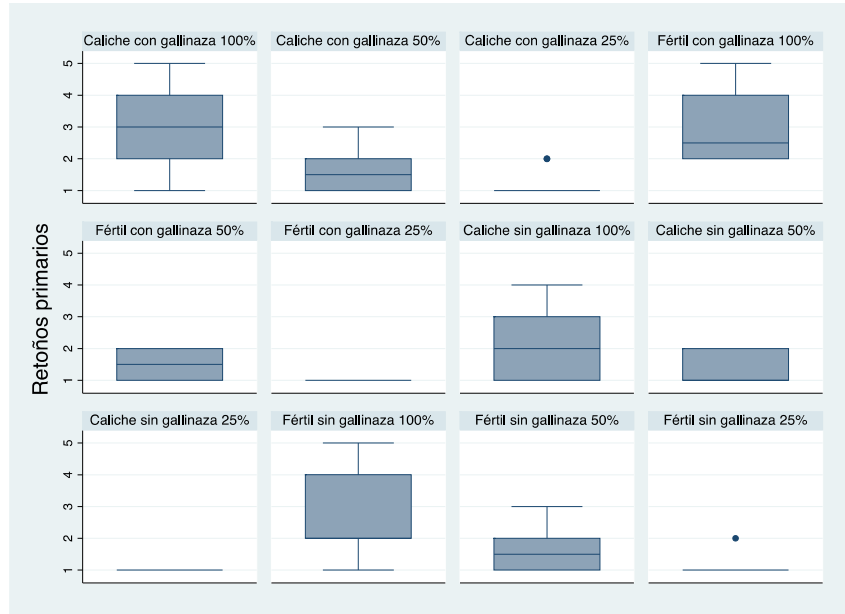
FUENTE: Mateus C. 2018

**Figura No. 8: área de raíz por sustrato y método**



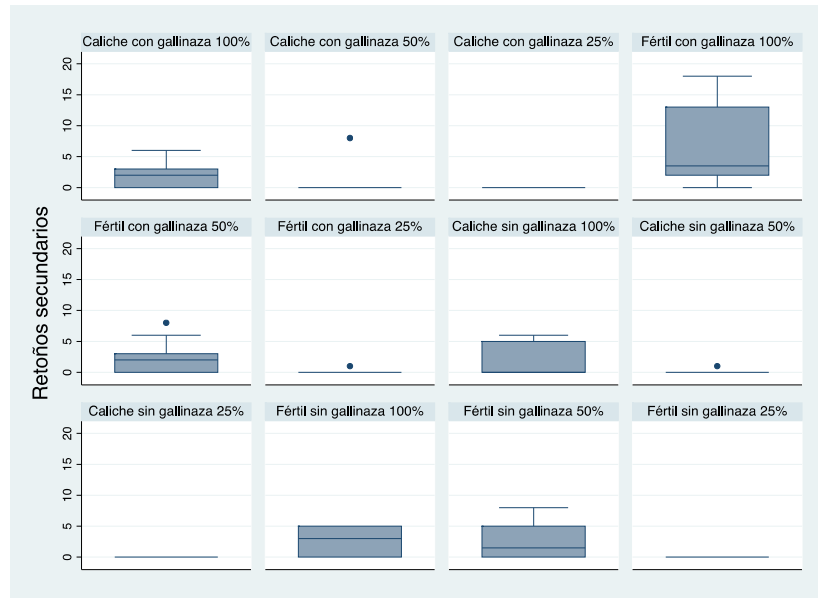
FUENTE: Mateus C. 2018

**Figura No. 9: número de retoños primarios por sustrato y método**



FUENTE: Mateus C. 2018

**Figura No. 10: Número de retoños secundarios por sustrato y método**



FUENTE: Mateus C. 2018

Sin embargo, al hacer la misma evaluación, pero teniendo en cuenta solo el tipo de sustrato utilizado, se encontraron diferencias en el número de retoños secundarios para el sustrato fértil con gallinaza, como se observa en la tabla 5.

**Tabla 5: área de cladodio y raíz y número de retoños primarios y secundarios por sustrato**

Tratamiento (n)	Área de cladodio (cm <sup>2</sup> )		Área de raíz (cm <sup>2</sup> )		Retoños primarios (n)		Retoños secundarios (n)	
	Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR
Caliche con gallinaza (29)	162	126 – 240	63	35 – 100	2	1 – 3	0	0 – 0
Fértil con gallinaza (30)	157	138 – 234	67.5	42 – 120	1.5	1 – 2	1	0 – 3
Caliche sin gallinaza (24)	141	112.2 – 183.5	88	43.5 – 123	1	1 – 2	0	0 – 0
Fértil sin gallinaza (30)	140	119 - 164	63	39 - 99	1	1 - 2	0	0 – 4
<b>Valor p</b>	0.067		0.829		0.772		0.018	

FUENTE: Mateus C. 2018

### 9.3. AREA DE CLADODIO:

En la tabla 6 se muestran las cuatro características según el método del cladodio y se puede observar que para todas hay diferencias significativas, siendo los mejores resultados para los cladodios sembrados completos (100%). Así mismo, los peores resultados fueron para el método dividido en cuatro (25%).

**Tabla 6: área de cladodio y raíz y número de retoños primarios y secundarios por método**

Tratamiento (n)	Área de cladodio (cm <sup>2</sup> )		Área de raíz (cm <sup>2</sup> )		Retoños primarios (n)		Retoños secundarios (n)	
	Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR	Mediana	IQR
Cladodio 100% (39)	228	187 - 273	113.5	88 - 63	2	2 - 4	2	0 – 5
Cladodio 50% (37)	140	126 - 160	63	39 - 102	1	1 - 2	0	0 – 3
Cladodio 25% (37)	126	108 - 144	40	24 - 60	1	1 - 1	0	0 – 0
<b>Valor p</b>	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

FUENTE: Mateus C. 2018

## 10. CONCLUSIONES

- Como se evidencia en el análisis de los resultados, el nopal tiene la capacidad de desarrollarse vegetativamente por medio del cladodio bien sea completo (100%), dividido en dos partes (50%) o dividido en cuatro partes (25%). Es evidente que los tres métodos de propagación del nopal, tienen un alto porcentaje de desarrollo vegetativo.
- La mediana en tiempo de formación vegetativa de los cladodios completos (100%) es de 25 días, de los cladodios divididos en dos (50%) es de 37 días, y el de los cladodios divididos en cuatro (25%) es de 42 días. Esto evidencia que sembrar los cladodios completos, favorece el tiempo del desarrollo radicular de estos.
- A pesar que el nopal es una planta que tiene la capacidad de desarrollarse en casi todos los tipos de suelos, es evidente que entre mejores sean las condiciones de este, los cladodios tendrán mejor porcentaje de formación radicular y mayor vigorosidad. Como es el caso del sustrato de tierra fértil, en el cual se formaron todos los cladodios con la misma mediana de tiempo (37 días), pero el que tenía adición de gallinaza compostada tuvo un periodo intercuartilico menor que el que no tenía (21 a 37 días vs 25 a 42 días).

## 11.RECOMENDACIONES

- El cladodio del Nopal se puede sembrar bien sea en vivero o en siembra directa. Si la siembra se va a hacer directamente en el sitio, es necesario tener presente que calidad de suelos existe, para así conocer de antemano las condiciones de este y de esta manera aplicar los respectivos correctivos, ya que entre mejores sean sus condiciones, mejor será el desarrollo vegetativo del cladodio y la planta como tal.
- Al momento de pensar en el cultivo de Nopal, se deben tener en cuenta diversos factores como el clima, el suelo, entre otros. Se debe tener presente donde se van a conseguir los cladodios, el valor de estos y el transporte. Si tiene facilidad de transportar los cladodios desde sitio donde se compra al lugar donde se va a implementar el cultivo de Nopal, y se cuenta con el suficiente capital para comprarlos, es recomendable sembrar el cladodio completo. Pero si por el contrario es difícil y costoso el transporte, y no se cuenta con suficiente capital para invertir en estos, es viable dividirlos en dos partes para reducir costos en estos aspectos.
- El tiempo es otro factor para tener en cuenta a la hora de implementar el cultivo de Nopal. Productivamente las plantas que nacen de cladodios completos, tienen desarrollo vegetativo más rápido. Pero si se quiere optar en dividir en dos los cladodios, se reducirá costos en estos y en su transporte, teniendo en cuenta que su desarrollo será más lento pero con las mismas características que se tendría si se sembrara completo.


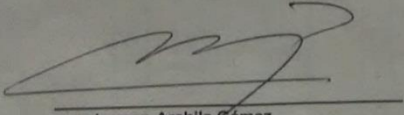
## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **ALCALDIA MUNICIPAL DE LOS SANTOS – SANTANDER.** Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Los Santos – Santander. 2003. Tomado de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/lossantossantandereot2003.pdf>.
- **Aldabe L.** (2009). Curso de actualización en la planificación y manejo del cultivo de tomate y su articulación con la industria. 3.
- **Castro J., Paredes C., Muñoz D. (Gerencia Regional Agraria La Libertad).** (2009). Cultivo de Tuna. 5-13. Disponible en <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>.
- **CEZA (Centro de Estudios de Zonas Áridas).** Gobierno de Chile. Tomado de <http://www.provar.uchile.cl/doc/TUNA%202011.pdf>.
- **García E., Hernández I., Tarango L., Torres M., Becerra J., Pastor F., Martínez O., Valverde A., García J., Espinosa A., Cedillo I., Talavera D., Quero A., Amante A., Rossel D., Ortiz H., Tizcareño A.** (2003). Características de la cadena agroalimentaria del Nopal Tunero e identificación de sus demandas tecnológicas. 5-7.
- **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).** (1998). Propagación de planta de nopal tunero en vivero. 3 – 12.
- **Lorenzo M., Perestelo L., Castro M., Perdomo A.** Marco referencial o teórico de la investigación.
- **Maldonado.** (2010). Morfología del tallo. 15.
- **Ríos J., Quintana V.** Manejo general del cultivo del Nopal. (2004). 41 y 42. Tomado de [http://www.elquiglobalenergy.com/english/datas/Manejo\\_general\\_cultivo\\_Nopal.p](http://www.elquiglobalenergy.com/english/datas/Manejo_general_cultivo_Nopal.p).

- **ROBLES Fabián; MACÍAS Rubén; GRIJALVA Raúl.** Tecnología de producción de nopal verdura para el noreste de Sonora. 2008, pp. 42 – 43. Tomado de: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1615/Tecnologia%20de%20produccion%20de%20nopal%20verdura%20para%20el%20noroeste%20de%20Sonora.pdf?sequence=1>.
- **Rodríguez S., Martínez E., Omelas J., Garnica L.** Optimización de la extracción del mucilago del Nopal (*Opuntia ficus-indica*).
- **Rodríguez S., Torres M.** (1994). Análisis cuantitativo de componentes principales y secundarios en la corteza de diversas especies nativas y exóticas de la provincia de Llanquihue, X región, Chile. 45.
- **TORRES Reyna; MORALES Deyanira; BALLINAS María; NEVAREZ Guadalupe.** El Nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. Revista mexicana de ciencias agrícolas, vol. 6, núm.5, junio-agosto, 2015, pp. 1129-1142. Tomado de: <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263139893015.pdf>.
- **WIKIPEDIA.** Consultado el 1 de mayo de 2015. Tomado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Los\\_Santos\\_\(Santander\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Los_Santos_(Santander)).


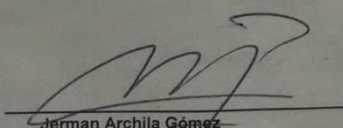
### 13. ANEXOS

#### ANEXO A: Análisis de suelo de zona fértil, vereda Paso Chico en Los Santos-Santander

		ABONOS INTEGRALES MI GRANJA LTDA LABORATORIO DE SUELOS BUCARAMANGA				CODIGO: RCM-08-00											
						N° MUESTRA		1									
NOMBRE:	CARLOS MATEUS ARANGO	DIRECCIÓN:	TRANSVERSAL ORIENTAL # 47-36	TELEFONO:	3214495164												
FINCA:	LAS NIEVES	VEREDA:	PASO CHICO	MUNICIPIO:	LOS SANTOS												
FECHA DE RECIBIDO:	31/03/2016	ANALISIS	CARACTERIZACION	DEPARTAMENTO	SANTANDER												
FECHA DE ENTREGA:	12/04/2016		FERTILIDAD	XXX	CODIGO:	IS-016-029											
RESULTADOS OBTENIDOS																	
CODIGO	TEXTURA	pH	CIC	M.O	C. Org	N Total	K Soluble	Ca	Mg	Al	P Asi.	Fe	Mn	B	Cu	Zn	
			meq/100g	%			meq/100g			ppm							
IS-016-029	franco arcilloso	6,3	23	0,2	0,12	0,01	0,12	27,5	3,2	*	79,2	*	*	*	*	*	
METODOS ANALITICOS				OBSERVACIONES													
pH: Potenciométrico C.I.C: Volumétrico M.O, C Org, N. Total, S: Espectrofotométrico K. Sol, Ca, Mg, Al: Espectrofotométrico P. Asi, Fe, Mn, B, Zn, Cu: Espectrofotométrico				SIEMBRA DE NOPAL (ZONA FERTIL)													
ANALISTA DE LABORATORIO																	
 German Archila Gómez T.A Universidad Industrial De Santander -UIS-																	
Cliente: _____ C.C																	



## ANEXO B: Análisis de suelo de zona caliche, vereda Paso Chico en Los Santos-Santander

		<b>ABONOS INTEGRALES MI GRANJA LTDA</b> <b>LABORATORIO DE SUELOS</b> <b>BUCARAMANGA</b>				CODIGO: RCM-08-00										
		N° MUESTRA		1												
NOMBRE:	CARLOS MATEUS ARANGO	DIRECCIÓN:	TRANSVERSAL ORIENTAL # 47-36	TELEFONO:	3214495164											
FINCA:	LAS NIEVES	VEREDA:	PASO CHICO	MUNICIPIO:	LOS SANTOS											
FECHA DE RECIBIDO:	31/03/2016	ANALISIS	CARACTERIZACION	DEPARTAMENTO	SANTANDER											
FECHA DE ENTREGA:	12/04/2016		FERTILIDAD	XXX	CODIGO:	IS-016-028										
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>																
CODIGO	TEXTURA	pH	CIC	M.O	C. Org	N Total	K Soluble	Ca	Mg	Al	P Asi.	Fe	Mn	B	Cu	Zn
			meq/100g		%		meq/100g									
IS-016-028	arcilloso	6,1	18	1,5	0,85	0,07	0,13	32,5	3,0	*	3,5	*	*	*	*	*
<b>METODOS ANALITICOS</b>								<b>OBSERVACIONES</b>								
pH: Potenciométrico C.I.C: Volumétrico M.O, C Org, N. Total, S: Espectrofotométrico K. Sol, Ca, Mg, Al: Espectrofotométrico P. Asi, Fe, Mn, B, Zn, Cu: Espectrofotométrico								SIEMBRA DE NOPAL (ZONA CALICHE)								
<b>ANALISTA DE LABORATORIO</b>																
 German Archila Gómez T.A Universidad Industrial De Santander -UIS-																
Cliente: _____ C.C																

## ANEXO C: Fotografías varias



Preparación de sustratos



Embolsado



Ubicación de bolsas en vivero



Tratamiento de cladodios recolectados



Cladodios divididos en cuatro partes



Cladodios divididos en dos partes



Siembra de cladodios



Vivero de Nopal totalmente sembrado



Muerte de cladodio (4días)



Primer retoño primario (Tierra fértil sin gallinaza 100% (9 días)



Desarrollo vegetativo de todos los Cladodios Tierra fértil con gallinaza (27 días)



Desarrollo vegetativo de todos los cladodios Tierra fértil sin gallinaza (53 días)



Vivero de Nopal en desarrollo



Plantas de cladodios completos  
Para trasplantar



Medición área radicular  
Cladodio completo



Plantas de cladodios dividido en dos  
partes, para trasplantar



Plantas de cladodios dividido en Cuatro partes, para trasplantar



Medición de área radicular dividida en cuatro partes



Plantas de Nopal recién trasplantadas



Invasión de ganado ovino en Granja avícola