

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**SANTO DOMINGO**

**“EFECTO DE TRES CONCENTRACIONES DE ACIDO GIBERELICO  
(AG3) EN DOS VARIEDADES DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) EN LA  
PARROQUIA DE TUMBABIRO PROVINCIA DE IMBABURA”**

**DAVID ALEJANDRO CABEZAS ORQUERA**

**INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO  
AGROPECUARIO**

**SANTO DOMINGO - ECUADOR**

**2009 – 2010**

## DEDICATORIA

Con admiración, respeto y amor a mis

**PADRES**

por ser los gestores de mi vida y el ejemplo constante de superación. Así también a mi amada esposa y mi hijo quienes son mi apoyo y fortaleza en la vida.

## AGRADECIMIENTO

Ante todo a DIOS, quien guía mi vida y a mis padres  
por su esfuerzo y apoyo incondicional.

Mi agradecimiento es también para mis directores de tesis y técnicos  
del CIFANE, que a mas de ser una guía fueron buenos amigos.

Y todas aquellas personas que con su valiosa colaboración  
hicieron posible el desarrollo del presente estudio.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la desertificación se ha incrementado, así como la degradación de los recursos naturales de las zonas secas, debido a las variaciones climáticas, prácticas agrícolas inapropiadas, aumento de la densidad demográfica, presiones económicas, cambios en la tenencia de la tierra, especialmente por la deforestación y la explotación excesiva de los bosques (Anaya, 1989).

Más de 250 millones de personas se hallan actualmente afectadas por la desertificación, y alrededor de 1 000 millones se encuentran amenazadas por ella. La región de América Latina y El Caribe comprende aproximadamente una cuarta parte del total de áreas desérticas y áridas del mundo; 250 millones de hectáreas de tierra se encuentran afectadas (Miranda, s/f).

Bajo estas circunstancias, pocos cultivos prosperan, siendo uno de ellos la tuna, razón por la cual ha sido la planta favorita de programas de orientación socio-ecológica en el Norte de México y otros países. La plantación extensiva de tuna ha sido usada por estos gobiernos como una estrategia de empleo en zonas semiáridas, justificadas por el impacto ecológico potencial en áreas donde se abusó de las tierras.

La tuna se perfila como una alternativa para el uso de tierras y el reverdecimiento de los terrenos áridos, siendo un cultivo adecuado para recuperar suelos, otorgando beneficios por el aporte de material vegetal y orgánico, permitiendo además, evitar erosiones, deslaves y ayudando a eliminar la contaminación del medio ambiente reduciendo los niveles de dióxido de carbono; permite también realizar una labor de producción en lugares donde era imposible realizar agricultura; dejando que los habitantes de estos sectores vulnerables se incorporen a la sociedad económica activa, logrando que familias enteras obtengan el sustento y mejora de la calidad de vida (Mondragón, 2001).

En Ecuador y particularmente en la Provincia de Imbabura, el Centro Investigativo de Familias Negras (CIFANE) con la colaboración del FIE (Fondo Italo-ecuatoriano), a través del proyecto “Valor Chota” incentiva la siembra de tuna en las cuencas y mesetas de los ríos Chota y Mira donde actualmente ya se han implantado ciento cuarenta hectáreas, beneficiando a más de 400 familias con la venta de la fruta; y la proyección de industrializar y exportar la fruta hacia Alemania, Francia, Holanda e Inglaterra (CIFANE, 2009).

Debido a la importancia que está tomando este cultivo, en las zonas de Piquiucho, Juncal, Chalguayacu, Ambuquí, Carpuela, Bermejil, Chota, Mascarilla y Cuajara de

la provincia de Imbabura, algunos agricultores están cambiando los cultivos de caña y fréjol por tuna, para satisfacer la demanda interna de los mercados locales, que según Andrés Loyo gerente de Geengarden es de 5 000 kilos semanales (El Comercio, 2008).

Actualmente el rendimiento de producción de fruta es 12 Ton/ha lo que representa quince mil dólares por ha por año; rendimientos medios en comparación con Israel que presenta 25 Ton/ha.; México a pesar de tener la mayor superficie sembrada de 72 500 ha, su rendimiento es 6,75 Ton por hectárea, rendimientos que dependen fundamentalmente del nivel de tecnología aplicada al cultivo (Álvarez, 2007).

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, considera que el potencial de la fruta es importante, por la baja inversión y la alta rentabilidad. Además, no tiene problemas con las plagas y produce la mayor parte del año. Aunque Wilson Vásquez, técnico en frutales señala que uno de los limitantes es la falta de tecnología y el manejo profesional (El Comercio, 2008).

A pesar de que el cultivo de tuna es rústico, los técnicos del proyecto han observado una mortalidad que podría superar el 30% en la implantación y establecimiento, además de una emisión reducida de nuevos brotes (o cladodios) productivos, con lento crecimiento, impidiendo el desarrollo potencial del cultivo, con consecuencias desfavorables, por esta razón la presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de tres concentraciones (0 ppm, 100 ppm, 200 ppm y 300 ppm) de ácido giberélico (AG3), aplicados al material de siembra, en dos variedades de tuna (*Opuntia Ficus-Indica*) espinosa y semiespinosa.

Los objetivos específicos de la investigación fueron los siguientes:

- Cuantificar el prendimiento, enraizamiento y brotación desde la siembra hasta el quinto mes, en dos variedades de tuna, espinosa y semiespinosa.
- Analizar la incidencia del ácido giberélico en el comportamiento inicial de cada variedad para determinar la concentración óptima que mejore el establecimiento y precocidad del cultivo de tuna.
- Difundir los resultados obtenidos en el trabajo de investigación a los agricultores del sector para su conocimiento y aplicación.

La investigación se realizó durante 7 meses, en la parroquia de Tumbabiro, Hacienda “El Carmen” que presenta condiciones edáficas y climatológicas adecuadas para el desarrollo del cultivo de tuna.

De manera especial el realizar esta investigación permitió evaluar las siguientes variables: prendimiento, número de brotes al segundo, tercero y cuarto mes, tamaño de cladodios en el eje “x” y “y”, peso y longitud de raíz e incidencia de enfermedades, con cuya información se conocerá la mejor concentración y variedad para el establecimiento de plantaciones de tuna.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3. 1. UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de campo se estableció, en la Hacienda El Carmen, propiedad del Sr. José Pineda.

Fecha de Instalación: 16 de octubre del 2009

#### 3.1.1. Ubicación Política

Provincia: Imbabura  
Cantón: Urcuquí  
Parroquia: Tumbabiro  
Hacienda: El Carmen

#### 3.1.2. Ubicación Geográfica

Latitud: 00° 27'293" N  
Longitud: 78° 11'333" O

Figura 2.  
del lugar de

3.1.3.



Mapa político  
investigación

#### Ubicación ecológica

Altitud : 2 160 m s.n.m.

Temperatura media	:	17,8 °C.
Precipitación promedio anual	:	400 – 600 mm.
Meses de mayor precipitación	:	De septiembre a diciembre
Humedad relativa	:	65 %
Textura de suelos	:	Franco arenoso
pH	:	7,3 (Neutro)
Pendiente	:	5%
Drenaje	:	Bueno
Formación ecológica según Holdrige	:	Monte Espinoso Pre Montano

Fuente: Estación Meteorológica de Ibarra.

### 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

#### 3.2.1. Materiales de Campo

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| ❖ Calibrador          | ❖ Martillo,         |
| ❖ GPS                 | ❖ Vasos de medición |
| ❖ Piolas              | ❖ Fungicidas.       |
| ❖ Balanza             | ❖ Giberelinas       |
| ❖ Bomba de fumigación | ❖ Paletas           |
| ❖ Rótulos             | ❖ Motoguadaña       |
| ❖ Libreta de campo    | ❖ Baldes            |
| ❖ Cinta métrica       | ❖ Guantes.          |
| ❖ Insecticidas.       | ❖ Sacos o Fundas    |
| ❖ Tractor,            | ❖ Estacas           |
| ❖ Arado               | ❖ Pala              |
| ❖ Rastra              | ❖ Azadón            |

#### 3.2.2. Materiales y Equipos de Oficina

- |              |         |
|--------------|---------|
| ❖ Computador | ❖ Hojas |
| ❖ Impresora  | ❖ Cds   |



❖ Marcadores

❖ Libros

❖ Folletos

❖ Memory flash

❖ Cámara digital

❖ Carpeta

❖ Esferográfico

❖ Regla

### 3.3. METODOLOGÍA

#### 3.3.1. Diseño Experimental

##### 3.3.1.1. Factores en estudio

#### FACTOR A: Variedades

- V1 – Espinosa (Amarilla)  
V2 – Semiespinosa (Blanca)

#### FACTOR B: Concentración de ácido giberélico

- C1 – 0 ppm (Testigo)  
C2 – 100 ppm  
C3 – 200 ppm  
C4 – 300 ppm

##### 3.3.1.2. Tratamientos

Son ocho tratamientos que se obtienen de la combinación de dos variedades de tuna por cuatro concentraciones de ácido giberélico.

Cuadro 3. Interacción AxB

CONCENTRACIÓN VARIEDAD AG3	C1	C2	C3	C4
V1	V1C1	V1C2	V1C3	V1C4
V2	V2C1	V2C2	V2C3	V2C4

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción
V1C1	Variedad espinosa, 0 ppm de AG3
V1C2	Variedad espinosa, 100 ppm de AG3
V1C3	Variedad espinosa, 200 ppm de AG3
V1C4	Variedad espinosa, 300 ppm de AG3
V2C1	Variedad Semiespinosa, 0 ppm de AG3
V2C2	Variedad Semiespinosa, 100 ppm de AG3
V2C3	Variedad Semiespinosa, 200 ppm de AG3
V2C4	Variedad Semiespinosa, 300 ppm de AG3

##### 3.3.1.3. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial A x B (2 x 4); donde A corresponde a las variedades y B a la concentración de giberilina.

**3.3.1.4. Repeticiones o bloques**

En la investigación se realizaron cuatro bloques o repeticiones, que dieron un total de 32 unidades experimentales (UE).

**3.3.1.5. Características de la unidad experimental**

Cada unidad experimental midió 12 m de largo por 9 m de ancho. La distancia entre plantas fue de 3 \* 3, sembradas en tres bolillos. Para efecto de borde se eliminó una hilera superior e inferior; la parcela neta estuvo constituida por 9 plantas de tuna.

Área total de la unidad experimental= 108 m<sup>2</sup> (12 m x 9 m)

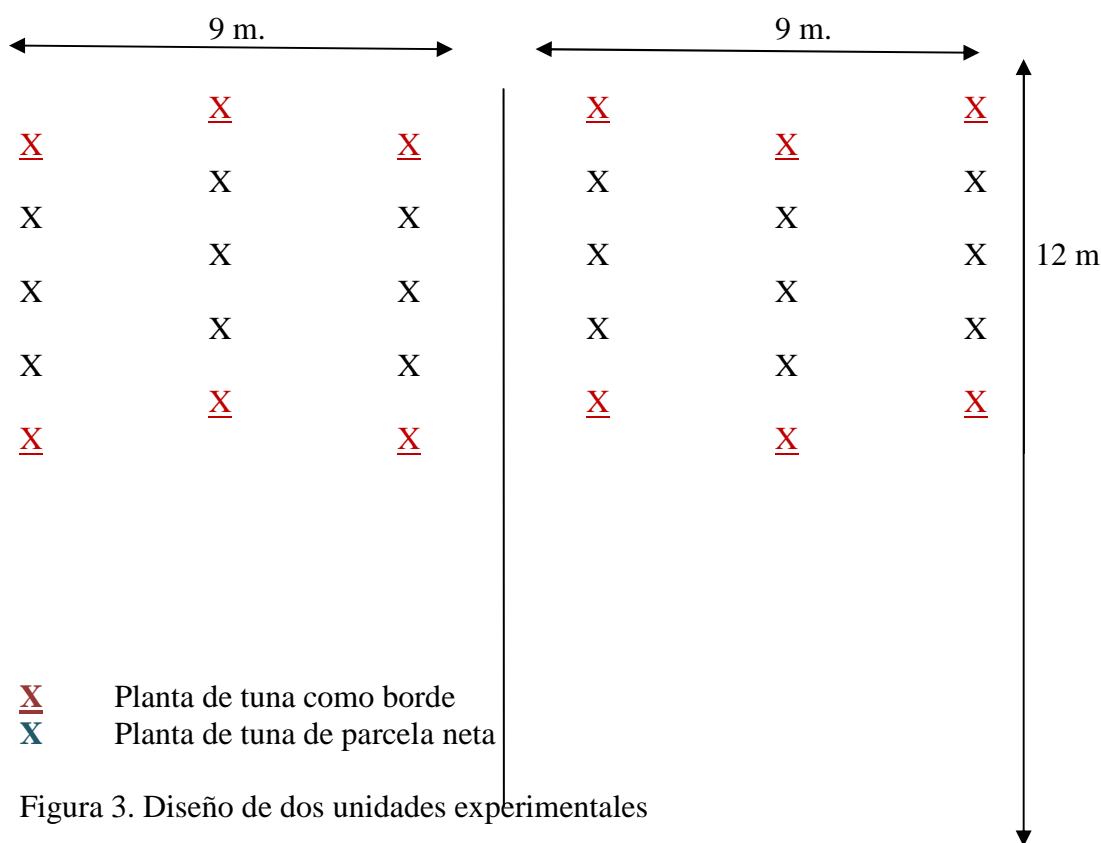
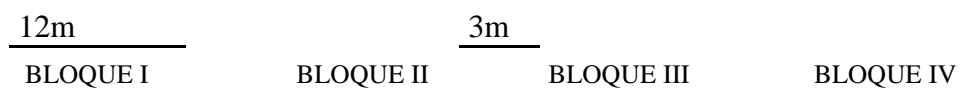


Figura 3. Diseño de dos unidades experimentales

**3.3.1.6. Croquis del diseño.**

Área total del ensayo = 4 104m<sup>2</sup> (57m x 72m)  
 Número de plantas en ensayo= 456



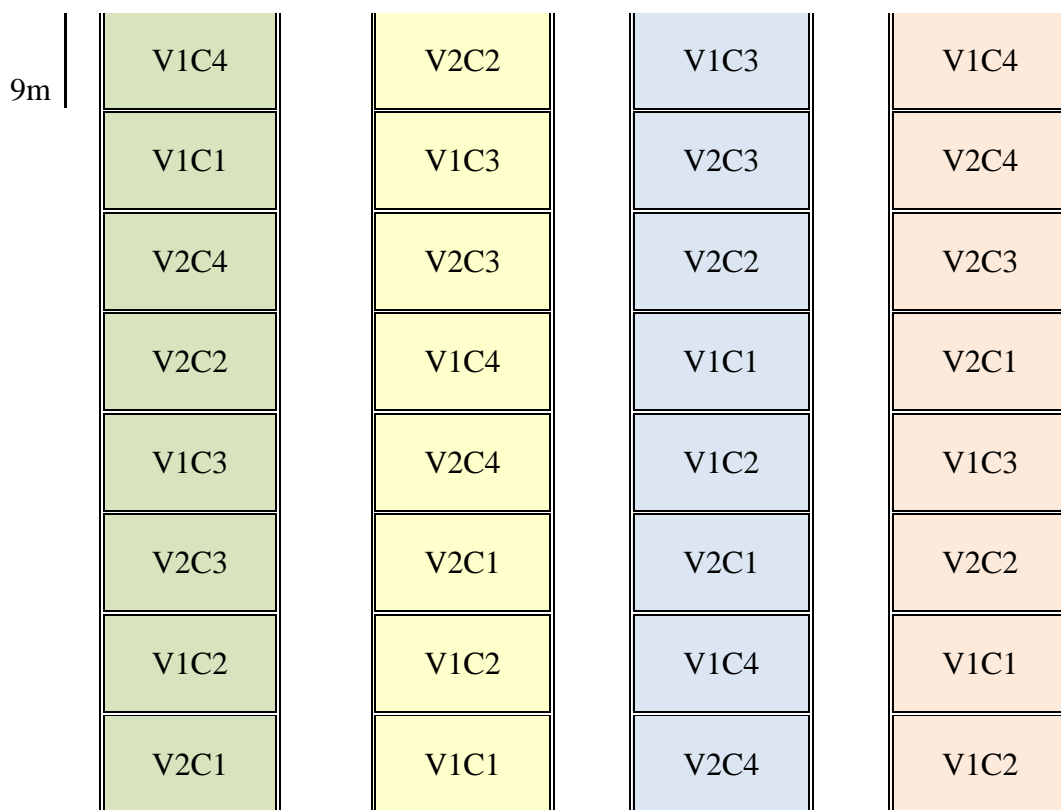


Figura 4. Disposición de las unidades experimentales

### 3.3.2. Análisis Estadístico

#### 3.3.2.1. Esquema de análisis de varianza

Cuadro 5. Esquema del ADEVA.

FUENTES DE VARIACIÓN		GL
Total	$(t \times r) - 1$	31
Repeticiones	$(r-1)$	3
Tratamientos	$(t-1)$	7
Variedades (V)	$(v-1)$	1
Concentración de AG3 (C)	$(c-1)$	3
V x C	$(v-1)(c-1)$	3
Error experimental	$(t-1)(r-1)$	21

#### 3.3.2.2. Coefficiente de variación

El coeficiente de variación se expresó en porcentaje para todas las variables medibles en estudio.

$$CV\% = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde: CV = Coeficiente de Variación  
CME = Cuadrado Medio del Error experimental  
X = Promedio

### **3.3.2.3. Análisis funcional**

Se realizó prueba de Tukey al 5% para variedades y concentración de ácido giberelico y su interacción.

### **3.3.3. Variables e Indicadores**

- a). Prendimiento
- b). Número de brotes al segundo, tercero y cuarto mes
- c). Tamaño de los cladodios en eje "x"
- d). Tamaño de los cladodios en eje "y"
- e). Peso radicular
- f). Longitud de raíz
- g). Incidencia de Enfermedades

### **3.3.4. Métodos Específicos del Manejo del Experimento**

#### **3.3.4.1. Análisis de suelo**

Se tomó una muestra de suelo del área de ensayo, un mes antes de la siembra, esta muestra se envió a la Estación Experimental INIAP Santa Catalina en la ciudad de Quito (Anexo 1).

#### **3.3.4.2. Preparación del suelo**

Con la ayuda del tractor se procedió a darle un pase de arado y uno de rastra para preparar, nivelar el terreno y eliminar la vegetación arvense.

#### **3.3.4.3. Trazado del lote**

Se delimitó y estableció el sitio de cada una de las unidades experimentales con piolas y estacas. Además se colocaron rótulos en cada unidad experimental para identificar los tratamientos.

#### **3.3.4.4. Hoyado**

Luego de terminar con el trazado del lote, usando una piola marcada cada tres metros de distancia se excavaron los hoyos usando dos palas rectas, un azadón y una barra; los

hoyos fueron de 0,40 m de largo x 0,40 m de ancho x 0,40 m de profundidad. El sistema usado para la siembra fue en tres bolillo a 3 x 3 m.

#### **3.3.4.5. Adquisición del material vegetativo**

El material vegetativo fue obtenido de la propiedad del señor Iván Santos, ubicada en la comunidad de Chalguayacu, parroquia Pimampiro. La plantación tiene 14 años, la que empezó con una extensión de 5 000 metros cuadrados con semilla de la zona en las dos variedades, hoy cuenta con 5,4 hectáreas de este cultivo con las variedades espinosa (amarilla) y semiespinosa (blanca). Se seleccionaron los mejores cladodios teniendo en cuenta criterios de vigorosidad y sanidad. Las herramientas fueron debidamente desinfectadas con cloro para garantizar la calidad del material vegetativo; en todo este proceso se contó con la participación de los técnicos de la organización CIFANE (Centro de Investigación de Familias Negras) los que dirigen cultivos de tuna establecidos.

El valor de cada paleta fue de 0,10 dólares americanos. Las cuales fueron transportadas el mismo día al lugar del ensayo.

#### **3.3.4.6. Clasificación y pesaje**

Previo a la siembra se realizó una clasificación del material vegetativo según su tamaño y peso; tomamos mediciones del espesor, ancho y peso de cada paleta (Anexo 2).

#### **3.3.4.7. Adición de ácido giberélico**

El ácido giberélico se preparó en tinas plásticas, para las concentraciones de 100 ppm, 200 ppm y 300 ppm. El material vegetativo se sumergió por 30 segundos en su respectiva tina de concentración y luego fue llevado al lugar de siembra. Posteriormente se realizaron aplicaciones semanales por tres ocasiones después de la siembra. La cantidad de disolución usada por planta fue de 80cc.

#### **3.3.4.8. Siembra**

En cada hoyo se enterró un cladodio o paleta en un tercio de su tamaño, con una inclinación de 30°. Sin desinfección del suelo a fin de mantener las mismas condiciones de los agricultores.

#### **3.3.4.9. Labores culturales**

Se regó por gravedad por dos ocasiones a la corona de cada planta durante el mantenimiento del cultivo, debido a la escases de precipitaciones que caracteriza la zona y al excesivo verano presente por esta fecha.

Se efectuaron dos deshieras utilizando una motoguadaña para mantener la cobertura y aclaramiento de coronas, de esta forma buscamos también evitar la erosión eólica. Las malezas predominantes en la zona y en el área del ensayo principalmente son: Amor seco (*Bidens pilosa L.*), Bledo (*Amaranthus hybridus*), Malva (*Malva sp.*), Coquillo

(*Cyperus rotundus*) Chamico (*Datura stramonium*), Guagruma o Abrojo (*Tribulus terrestris*). y Salinera.

#### **3.3.4.10. Aplicación de fungicida**

Antracnosis y fusarium afectaron el ensayo en un 15%. Se realizó una aplicación de caldo bordelés al 2%, (en nuestro caso utilizamos 30 litros de agua, 600 gramos de sulfato de cobre y 600 gramos de cal hidratada), para el control de estas enfermedades aplicamos 60cc por planta, la que se evaluó usando como referencia la tabla de CIAT para pudriciones.

### **3.3.5. Variables Evaluadas**

#### **3.3.5.1. Prendimiento**

Se evaluó el prendimiento (sobrevivencia) en cada una de las unidades experimentales contabilizando el número de paletas y cladodios que estaban vivos, al cuarto mes de haber sido sembrados o establecidos. Este valor se expresó en porcentaje teniendo en cuenta el número de plantas por parcela neta (A3. Cuadro 12)

#### **3.3.5.2. Número de brotes**

Las fechas de medición fueron el 18 de diciembre, 19 enero y 17 de febrero; que correspondían al segundo, tercero y cuarto mes de establecida la investigación. Se evaluó el número de brotes y crecimiento de los nuevos cladodios o nuevos brotes (A3. Cuadro 13, 14 y 15)

#### **3.3.5.3. Tamaño de los cladodios en el eje “x” y “y”**

El tamaño de los cladodios se midió al cuarto mes desde la fecha de siembra, se anotó la longitud en centímetros tanto del eje mayor (“y”) como el eje menor (“x”) del cladodio, mediante una cinta métrica. Se tomaron tres plantas al azar de cada parcela neta y se anotaron las medidas de los cladodios de los costados cada una (A3. Cuadro 16 y 17).

#### **3.3.5.4. Peso radicular**

El peso radicular se tomó al quinto mes, de cuatro plantas al azar de cada tratamiento, las mismas que fueron extraídas cuidadosamente para ser cortadas en la base del tallo, lavadas y pesadas en gramos con la ayuda de una balanza (A3. Cuadro 18).

#### **3.3.5.5. Longitud de raíz**

La variable longitud de raíz se evaluó al quinto mes de establecido el cultivo, se extrajo del suelo tres plantas al azar de cada tratamiento con la ayuda de una barra y una pala, evitando arrancar las raíces, las mismas que fueron medidas con una cinta métrica y el valor se expresó en centímetros (A3. Cuadro 19).

#### **3.3.5.6. Incidencia de enfermedades**

Para la variable incidencia de enfermedades se tomó en cuenta a Antracnosis y Fusarium por ser las más agresivas y persistentes que afectan la mayoría de cultivos de tuna. Se tomó como referencia la escala de “reacción a enfermedades y pudriciones” del CIAT (1999)

Donde:

- 1 = Sin síntomas visibles
- 3 = 10% de afección
- 5 = 25% de afección
- 7 = 50% de afección
- 9 = 75% de afección

La evaluación se la realizó a los tres meses y medio a partir de la siembra, observando todas las plantas de la parcela neta. El valor se expresó en porcentaje.

### **3.3.6 Metodología de Difusión de Resultados Obtenidos, a los Agricultores del Sector**

El día de campo se efectuó el sábado 8 de Mayo del 2010 a las 08:00 horas, al que fueron invitados pobladores del sector y los productores de tuna ubicados en la cuenca de los ríos Mira y Chota que participan del proyecto “Valor Chota”. Se hizo una exposición de las variedades de tuna, el sistema de plantación, la metodología de aplicación del ácido giberélico, las dosis aplicadas, los resultados obtenidos, sus beneficios nutritivos y económicos. Se elaboraron 100 trípticos en los que se resumía el trabajo y las conclusiones a las que se ha llegado en el desarrollo del proyecto de investigación, los que fueron entregados a los participantes como material de apoyo.

También los trípticos (Anexo 4) impresos fueron entregados en el parque central de la parroquia de Tumbabiro a agricultores interesados en el cultivo, así también se entregó varios trípticos al presidente de la asociación para que los comparta en su comunidad.

Al día de campo asistieron también técnicos del CIFANE los mismos que aclararon la importancia que está tomando el cultivo de tuna para las zonas áridas y los beneficios sociales que ha tenido en las áreas de influencia del proyecto. Agricultores de Chota y Chalguayacu y vecinos del sector dieron a conocer el interés por el cultivo debido a los bajos costos para el establecimiento y producción, además de reconocer que es alternativa para lugares donde son difíciles las labores agrícolas para cultivos tradicionales; aunque algunos agricultores mencionaron que el inconveniente sería la manipulación por las espinas.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. PRENDIMIENTO

Según el ADEVA (A5., Cuadro 20) para la variable prendimiento, se encontró diferencias altamente significativas para tratamientos y concentración. Esto nos demuestra que las concentraciones de AG3 influenciaron en los tratamientos. No existió interacción entre las variedades y concentración, sugiriendo que la respuesta de las variedades fueron independientes de la concentración. El Coeficiente de Variación (CV) fue de 10,12 %.

La prueba de Tukey determinó cuatro rangos, obteniendo los mejores promedios, el tratamiento V1C1 con 88,9%, V2C2 con 86,1% y V1C2 con 83,3%. El promedio más bajo en prendimiento fue para el tratamiento V2C4 con 58,33% (Fig. 5. y Cuadro 6)

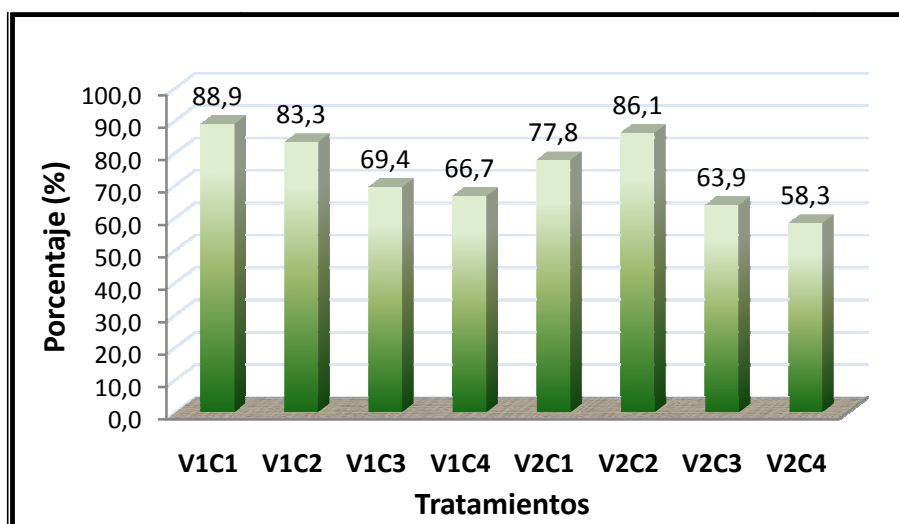


Figura 5. Representación gráfica de la variable prendimiento.

Los resultados muestran que el material vegetal de calidad, con un buen proceso de secado, enraíza bien; aparentemente, el ácido giberélico no habría respondido para esta variable.

En trabajos similares se encontró que la concentración de 100 ppm de giberelina dio lugar a una mayor capacidad de prendimiento; como en el caso del yacón, más conocida con el nombre de jíquima en Venezuela, Colombia y parte de Ecuador, en el que se ha probado la técnica de multiplicación rápida por esquejes del tallo principal con auxinas, y con ácido giberélico, obteniendo un prendimiento significativamente mayor, investigación realizada en Ayacucho, Perú, por [De la Cruz et al. \(1994\)](#).

### 4.2. NÚMERO DE BROTES

#### 4.2.1. Número de Brotes al Segundo Mes.

En el ADEVA (A5., Cuadro 21) se puede observar que hubo diferencias altamente significativas para tratamientos y concentración, demostrando que, las concentraciones

de ácido giberélico aplicado en las paletas de tuna tuvieron incidencia en la emisión de nuevos brotes. El CV fue de 12,08%.

No existió diferencias significativas para variedades, ni para la interacción de variedades por concentración, por tanto, la respuesta de las variedades no dependieron de las concentraciones. La diferencia altamente significativa entre bloques justifica al diseño experimental.

La prueba de Tukey al 5% para la variable número de brotes al segundo mes, determinó tres rangos. El primero para V2C2 con 2,78 y V1C2 con 2,75. En segundo rango se encontró V1C3, V2C3, V2C4 y V1C4 con 2,57, 2,40, 2,30 y 2,08 respectivamente; y en el tercero los tratamientos testigos V1C1 con 1,13 y V2C1 con 1,29 brotes (Fig.6 y Cuadro 6).

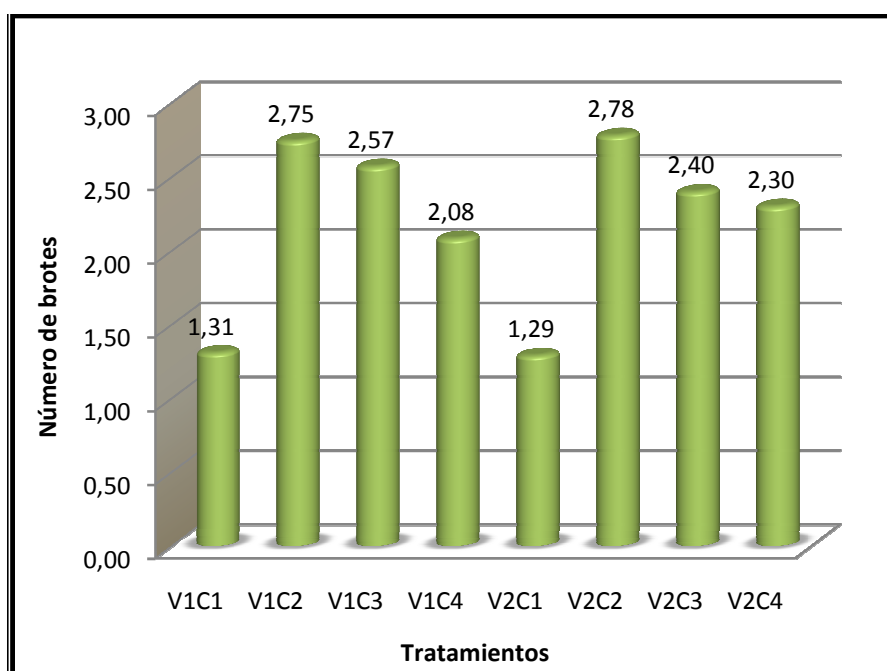


Figura 6. Representación gráfica de la variable número de brotes al segundo mes.

Se puede indicar que los tratamientos con la dosis de 100 ppm de ácido giberélico originó un mayor número de brotes en cada paleta tanto de la variedad espinosa como de la semiespinosa. A diferencia del testigo que en promedio produjo 1,30 brotes por paleta (Figura 6).

#### 4.2.2. Número de Brotes al Tercer Mes.

En el ADEVA (A5., Cuadro 22) de esta variable, se observó diferencias altamente significativas para bloques, tratamientos, y concentración, no hubo para la interacción VxC. Los resultados demuestran que la concentración de ácido giberélico mantuvo una influencia en la brotación de nuevos cladodios en las paletas. El CV fue de 9,09%.

La prueba Tukey al 5% determinó tres rangos. El primer rango para V1C2 con 3,18 y V2C2 con 3,02, el segundo para V1C3, V2C3, V2C4 y V1C4 con 2,71, 2,58, 2,26 y

2,21 respectivamente; y en el tercero para los tratamientos testigo V1C1 con 1,69 y V2C1 con 1,61 (Fig. 7 y Cuadro 6).

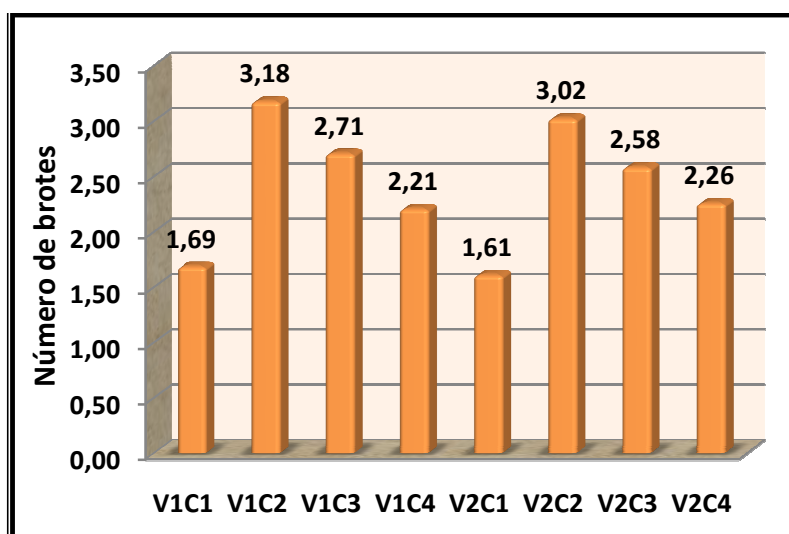


Figura 7. Representación gráfica de la variable número de brotes al tercer mes.

La figura 7, muestra que los tratamientos V1C2 y V2C2 continúan siendo los mejores y la cantidad de nuevos brotes aumentó a 3,18 y 3,02 respectivamente, a diferencia del testigo que muestra la mitad de brotes nuevos, además se destacó la ligera superioridad de V1 (variedad espinosa aunque estadísticamente no existen diferencias).

#### 4.2.3. Número de Brotes al Cuarto Mes.

En esta variable se observó diferencias altamente significativas en tratamientos, bloques y concentración. El CV fue de 11,42% (A5., Cuadro 23).

La prueba de Tukey al 5% determinó cuatro rangos. Los tratamientos V2C2 con 3,66 y V1C2 3,54 se ubican en el primer rango, V1C3 con 2,97 y V2C3 con 2,89 en el segundo, V2C4 con 2,39 y V1C4 con 2,38 en el tercero y V1C1 con 1,96 y V2C1 con 1,85 (Fig. 8 y Cuadro 6)

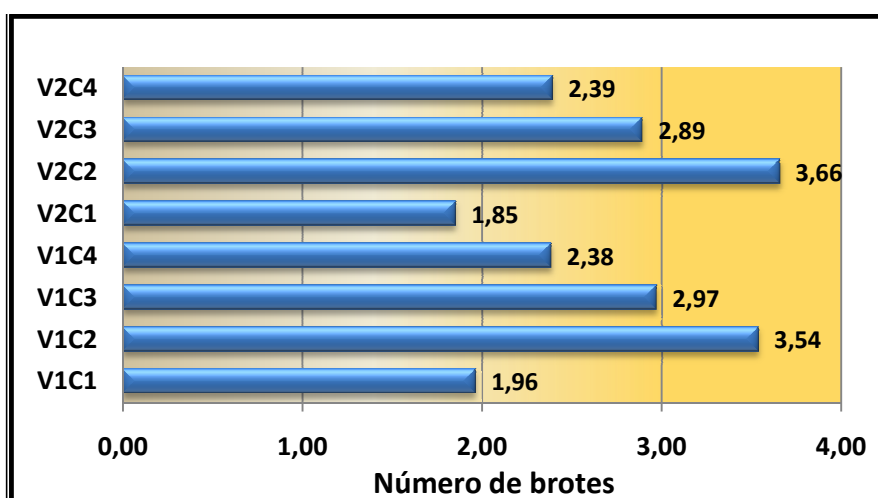


Figura 8. Representación gráfica de la variable número de brotes al cuarto mes.

Los resultados demostraron que al finalizar el cuarto mes, la concentración de 100 ppm de ácido giberélico estimuló la brotación, sigue habiendo influencia del AG3. Lo que permite mencionar que la aplicación de ácido giberélico incide directamente en la producción de nuevos brotes. Así mismo en un estudio en el Instituto de Investigaciones de Cítricos y otros Frutales en Cuba; se cultivaron embriones inmaduros y maduros de diferentes cultivares de aguacatero (*Persea americana* Mill.) en medio mineral de Murashige y Skoog a la mitad de su concentración, con la adición de 0.5 mg/L de BA (6-bencil aminopurina) en un caso y de 0.5 mg/L de BA y de GA3 (ácido giberélico) en el otro. Los mejores resultados se obtuvieron en el medio que contenía GA3 que logró la formación de 3 a 10 brotes por embrión (Rodríguez *et al.*,1999).

Cuadro 6. Resumen de resultados en Prendimiento y Número de brotes.

Tratamientos	Prendimiento (%)	Número de brotes		
		2do. mes	3er. mes	4to. mes
V1C1	88,9 a	1,31 c	1,69 c	2,0 d
V1C2	83,3 ab	2,75 a	3,18 a	3,5 a
V1C3	69,4 c	2,57 b	2,71 b	3,0 b
V1C4	66,7 c	2,08 b	2,21 b	2,4 c
V2C1	77,8 b	1,29 c	1,61 c	1,9 d
V2C2	86,1 a	2,78 a	3,02 a	3,7 a
V2C3	63,9 cd	2,40 b	2,58 b	2,9 b
V2C4	58,3 d	2,30 b	2,26 b	2,4 c

CV 10,12% 12,08% 9,09% 11,42%

#### 4.3. TAMAÑO DE CLADODIOS EN EL EJE "X"

En el ADEVA, (A5., Cuadro 24) encontramos diferencias altamente significativas para tratamientos, concentración, variedades y bloque. No existe significancia para la interacción VxC. El C.V. fue de 11,72%

La prueba de Tukey al 5% determinó tres rangos; V1C2, V1C3 y V1C4 en el primer rango con 8,5, 8,3 y 8,3 respectivamente. Los tratamientos V2C2, V2C4 y V2C3 con 7,4, 7,1 y 6,6 en segundo rango y V1C1 y V2C1 en tercer rango con 5,3 y 3,9; demostrando, que la diferencia entre tratamientos estuvo influenciada por el uso de giberelina (Fig. 9 y Cuadro 7)

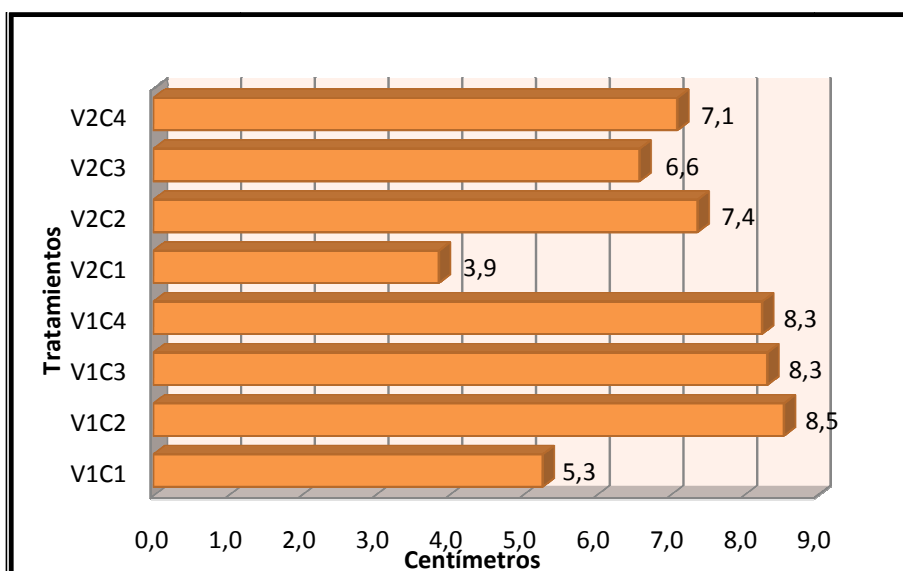


Figura 9. Representación gráfica para la variable tamaño de cladodios en el eje “x”.

En la figura 9, se puede observar claramente las diferencias que existe entre los tratamientos en los que se uso AG3 versus los que no se uso, pues la adición de este ácido afecta positivamente al crecimiento.

Existió diferencias entre variedades debido a que la característica morfológica de la variedad espinosa es producir cladodios más anchos que la otra.

Cárdenas, Álvarez, Barragán y Rivera en el 2009 realizaron un estudio con el tema “Efecto del ácido giberélico y la 6-bencilaminopurina sobre el desarrollo de yemas en injertos de cacao (*Theobroma cacao* L.)”, en el que se utilizó un diseño completamente aleatorizado con siete tratamientos, tres de ellos correspondientes a concentraciones de 5, 10 y 15 mg/L de ácido giberélico (AG3), y otros tres aplicando 6-bencilaminopurina (6BAP) en las mismas concentraciones, más un testigo sin aplicación de hormonas. El AG3 permitió alcanzar los mayores valores en longitud, número de hojas, área foliar y masa fresca y seca del injerto (con diferencias estadísticas en algunos casos). Dentro de las aplicaciones de AG3, la realizada a una concentración de 10 mg/L mostró los mejores resultados en ambos clones.

#### 4.4. TAMAÑO DE CLADODIOS EN EL EJE “Y”

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas para tratamientos, concentraciones y bloques. No hubo significancia para la interacción variedad por concentración. El CV fue de 17,29% (A5., Cuadro 25).

El análisis determinó dos rangos, dentro del primero se ubicaron todos los tratamientos que llevan giberelina como V2C3 con 22 cm, V1C4 con 22,1 cm, V2C2 con 21,8 cm, V2C4 con 21 cm, V1C3 con 20,4 cm, y V1C2 con 19,5 cm y en el segundo rango los tratamientos testigo V1C1 y V2C1 con 9,8 cm y 9 cm respectivamente (Fig. 10 y Cuadro 7).

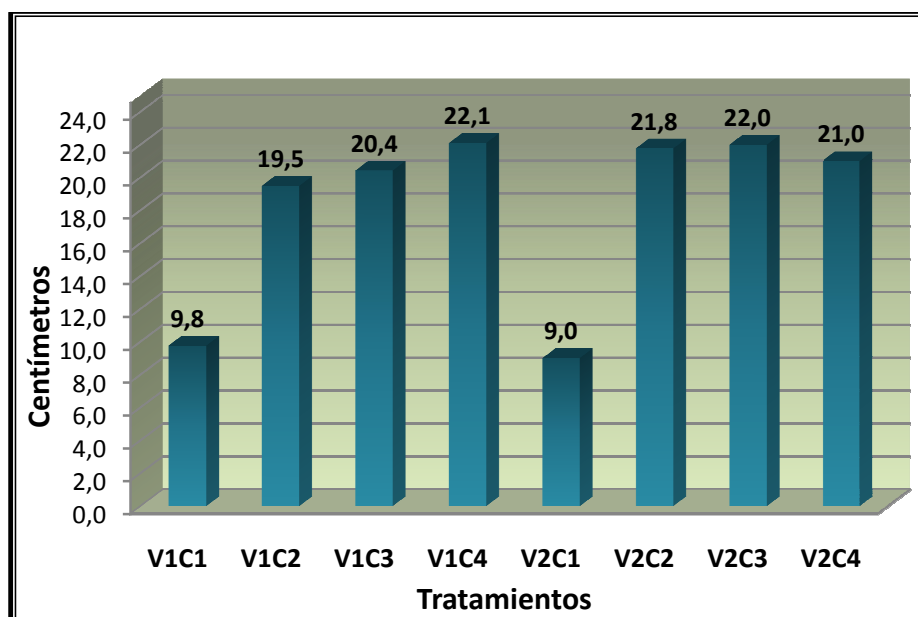


Figura 10. Representación gráfica para la variable tamaño de cladodios en el eje “y”.

El uso de giberelina aumentó el tamaño de los cladodios en este eje.

Cocha Mario (1999), en su tesis “Efecto de dosis de ácido giberélico y épocas de aplicación sobre el fruto de tuna (*Opuntia ficus indica* Mill)” la cual consistió en la aplicación de las dosis de ácido giberélico 40, 100, 150, 200 y 250 ppm., en las épocas yema floral, botón floral, plena flor, 20 días y 40 días después de plena flor; además, se incluyó un tratamiento testigo. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó: El ácido giberélico incrementó el largo y diámetro del fruto de tuna, lo que fue acompañado de un mayor peso, sin embargo, este incremento en el peso del fruto se debió, principalmente, a un mayor crecimiento de la cáscara, en cambio, el peso de la pulpa presentó una escasa variación. No se obtuvieron frutos partenocápicos, sin embargo, se redujo el contenido de residuo en la mayoría de los tratamientos. El contenido de sólidos solubles y volumen de jugo, en general, no fueron afectados por el ácido giberélico.

#### 4.5. PESO RADICULAR

En el análisis estadístico, se observó diferencias altamente significativas para tratamientos, concentración y la interacción de variedades por concentración. También hubo diferencias significativas para variedades. El CV fue de 18.36% (A5., Cuadro 26)

De acuerdo con la prueba se encontró cinco rangos; V1C3 se ubica en primer lugar con 47.33 gramos; V1C4 en segundo lugar con 39.33 g; V2C3, V2C2, V1C2 y V2C4 en el tercer lugar con 32,6 g, 30,3 g, 29,5 g, y 29 g; V2C1 en cuarto lugar con 21,2 g y V1C1 en el último con 13,8g (Fig. 11 y Cuadro 7).

Las variedades se ven influenciadas en su peso radicular por la concentración de AG3.

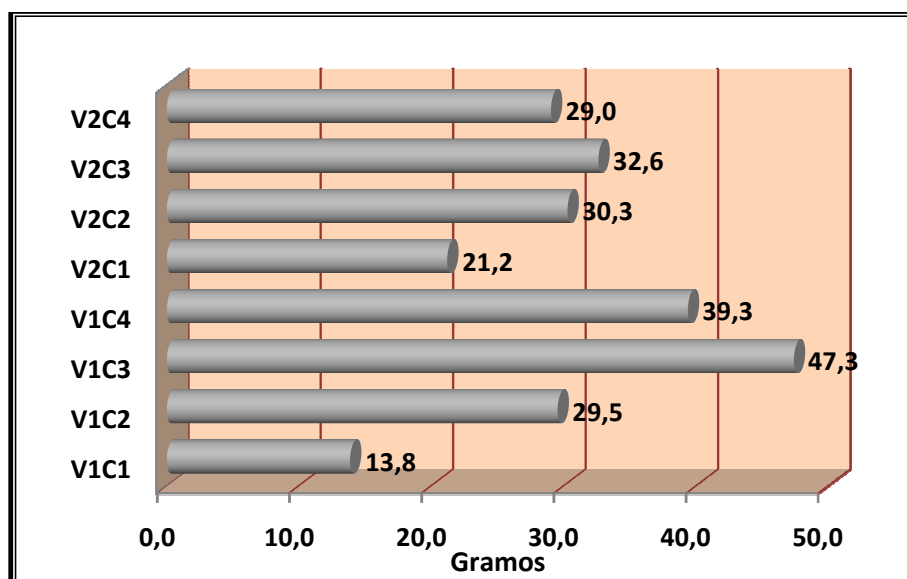


Figura 11. Representación gráfica para la variable peso radicular.

En estudios realizados en Invernadero de la Universidad Nacional de Colombia, se comparó la acción del ácido giberélico altamente diluido y dinamizado (30 CH), con el ácido giberélico de uso comercial y un testigo, sobre el crecimiento, desarrollo y la composición final de micronutrientes de lechugas romanas en cultivo hidropónico, sugiriendo mayor desarrollo radicular (Martínez y López, 2005).

#### 4.6. LONGITUD DE RAÍZ

En el ADEVA (A5., Cuadro 27), mostró diferencias altamente significativas para tratamientos y concentración. No existen diferencias significativas para variedades ni para la interacción VxC. El CV fue de 11.87%.

Tukey, permite encontrar cuatro rangos estadísticos ubicándose en la primera posición V1C3 con 48,2 cm; en el segundo rango están los tratamientos V2C2, V2C3, V1C2 y V1C4 con 44,4 cm, 42,1 cm, 41,6 cm, 40,08 cm respectivamente. En tercer rango se encuentra el tratamiento V2C4 con 36,2cm y por último los tratamientos V1C1 y V2C1 con 26,2 y 22,8 respectivamente (Fig. 12 y Cuadro 7).

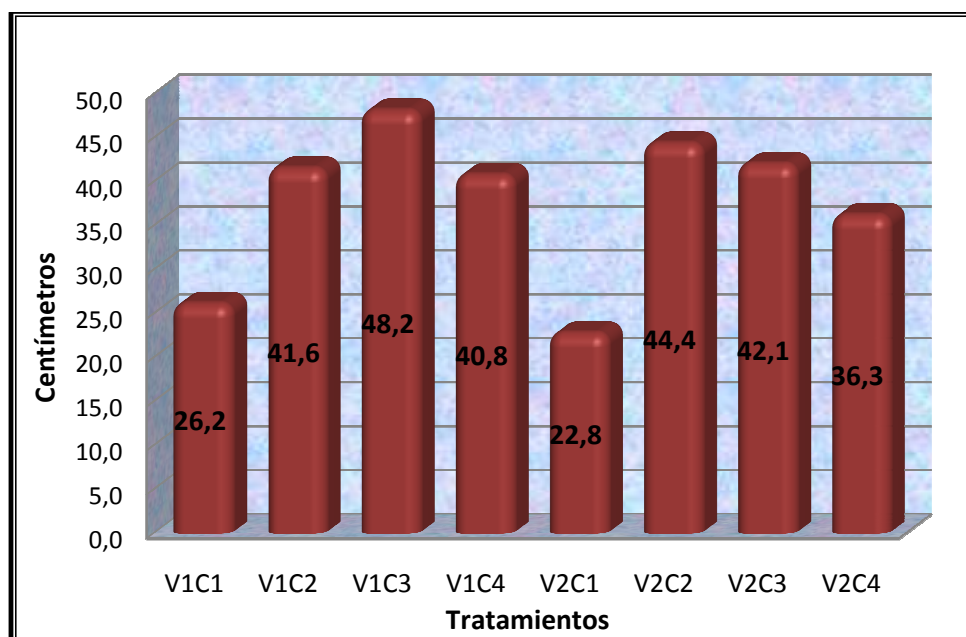


Figura 12. Representación gráfica para la variable longitud de raíz.

La figura 12, muestra que los tratamientos fueron influenciados por la concentración de ácido giberélico, mas no por la variedad ya que se comportan de igual manera.

#### 4.7. INCIDENCIA DE ENFERMEDADES

Al evaluar la incidencia de enfermedades en el cultivo de tuna se tomó como referencia la escala de “reacción a enfermedades y pudriciones” del CIAT (1999)

Donde:

- 1 = Sin síntomas visibles
- 3 = 10% de afección
- 5 = 25% de afección
- 7 = 50% de afección
- 9 = 75% de afección

Se pudo conocer el porcentaje de infección por hongos (antracnosis y fusarium) en los tratamientos, siendo V1C1 el de menor afección con aproximadamente un 10% y V2C4 el más afectado en un 25% (A5., Cuadro 28).

En el cuadro 7, se muestra la incidencia de la enfermedad en los tratamientos.

Cuadro 7. Datos para la variable incidencia de enfermedades y la participación de los factores en estudio.

Variedad	Concentración de Ac. Giberélico				$\Sigma$	$\chi$
	C1	C2	C3	C4		
V1	9,667	11,111	17,556	14,000	52,333	3,271
V2	11,097	12,667	15,667	20,125	59,556	3,722



Se observó la forma que incidió la concentración y la variedad para presentar síntomas de enfermedad, se dedujo que la variedad espinosa es más resistente que la variedad semiespinosa y que las concentraciones más altas de 200 ppm y 300 ppm de giberelina llegan a ser perjudiciales para la planta.

#### 4.8. RESUMEN DE RESULTADOS

Cuadro 8. Resumen de resultados para las variables tamaño de cladodios, peso radicular y longitud de raíz.

Tratamientos	Tamaño de cladodios (cm)		Peso radicular (g)	Longitud de raíz (cm)	Incidencia de enfermedades
	eje "x"	eje "y"			
V1C1	5,3 c	9,8 b	13,8 e	26,17 d	2,42
V1C2	8,5 a	19,5 a	29,5 c	41,58 b	2,78
V1C3	8,3 a	20,4 a	47,3 a	48,17 a	4,39
V1C4	8,3 a	22,1 a	39,3 b	40,83 b	3,50
V2C1	3,9 c	9,0 b	21,2 d	22,83 d	2,77
V2C2	7,4 b	21,8 a	30,3 c	44,42 b	3,17
V2C3	6,6 b	22,0 a	32,6 c	42,08 b	3,92
V2C4	7,1 b	21,0 a	29,0 c	36,25 c	5,03

CV                    11,72%            17,29%            18,36%            11,87%

#### 4.9. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

De acuerdo con los resultados, las variables evaluadas en general fueron afectadas en general por las concentraciones de ácido giberélico.

Por consiguiente se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alternativa.

**CONCLUSIONES.**

- ❖ Se evidenció, que cuando el material vegetativo tiene optimas condiciones sanitarias, peso y tamaño adecuado y además recibe un buen tratamiento de secado presenta alto porcentaje de prendimiento, la adición de ácido giberélico no influyó en esta variable.
- ❖ El número de brotes durante el segundo, tercero y cuarto mes, estuvo influenciado por el ácido giberélico, en la concentración de 100 ppm.
- ❖ El peso fresco de raíces y longitud de las mismas, al quinto mes de establecida la plantación, se incrementó con el uso de ácido giberélico, lo que permitirá una mayor captación de agua, nutrientes y anclaje de la planta.
- ❖ El estudio demostró que la dosis de 300 ppm de AG3 sfueron perjudiciales para la tuna por que la volvió más susceptible al ataque de enfermedades.

**RECOMENDACIONES.**

- ❖ Para establecer una plantación de tuna se recomienda proveerse de material vegetativo de plantas seleccionadas con buenas cualidades sanitarias; de peso y tamaño adecuado, especialmente del primero y segundo piso; y que hayan cumplido un buen proceso de secado.
- ❖ Las variedades de tuna estudiadas pueden ser utilizadas independientemente por los agricultores ya que tienen sus propias características agronómicas y no manifiestan diferencias altamente significativas entre ellas, además los frutos de ambas son aceptados en los mercados.
- ❖ Se recomienda usar ácido giberélico en dosis de 100 ppm, pues mejora el establecimiento, emisión de brotes y crecimiento radicular.
- ❖ A base de los resultados, se recomienda también seguir capacitando a los productores, pues la tuna constituye una alternativa para ambientes desérticos y terrenos pobres.
- ❖ Se recomienda además continuar con la investigación para evaluar sus efectos en precocidad, floración, producción y calidad de fruto.

## VII. RESUMEN

La presente investigación se realizó en la hacienda “El Carmen”, Provincia de Imbabura, Cantón Urcuquí, Parroquia Tumbabiro, se basa en el efecto que tienen diferentes concentraciones de ácido giberélico (AG3) en plantas de tuna (*Opuntia ficus-indica*); se evaluaron concentraciones de 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, y 300 ppm de ácido giberélico en dos variedades de tuna (variedad espinosa y semiespinosa) dando ocho tratamientos, para lo cual se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables en estudio fueron: número de brotes al segundo, tercero y cuarto mes, prendimiento, incidencia de enfermedades, largo de cladodios en eje “x”, largo de cladodios en eje “y”, largo de raíces, y peso de radicular, al final se realizó un día de campo para la difusión de los resultados.

Los mejores resultados en número de brotes en los tres meses obtuvieron los tratamientos V2C2 (variedad semiespinosa) y V1C2 (variedad espinosa), en la variable prendimiento los dos mejores tratamientos fueron V1C1 y V2C2; para largo y peso radicular el tratamiento V1C3 fue el mejor, para tamaño de cladodios en eje “x” V1C2 mientras que en el eje “y” el tratamiento V1C4. Como conclusión obtenemos que en las dos variedades de tuna la concentración de 100ppm de giberelina es la más recomendable debido a sus efectos beneficiosos en comparación con el testigo.

**Palabras claves:** Acido giberélico, tuna, concentraciones, (ppm) partes por millón, brotes o cladodios, prendimiento.

### VIII. SUMMARY

This research was conducted at the Hacienda El Carmen, Province of Imbabura, Canton Urcuquí, Tumbabiro Parish, is based on the effect they have different concentrations of gibberellic acid (GA3) in plants of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*); the concentrations evaluated, 0 ppm, 100 ppm, 200 ppm, and 300 ppm gibberellic acid in two varieties of prickly pear (spiny and half-spiny variety), giving eight treatments, for which we used a design of a randomized block with four replications. The variables studied were: number of buds to the second, third and fourth month, to take root, disease incidence, length of cladodes in x-axis, length of cladodes in y-axis, root length and root weight and dissemination of results.

The best results for the variable number of buds in the three months were V2C2 treatments (half-spiny variety, 100 ppm Ac. gibberellic) and V1C2 (spiny variety, 100 ppm Ac. gibberellic); in the variable to take root the two best treatments were V1C1 (spiny variety, 0ppm Ac. gibberellic) and V2C2; for root length and weight V1C3 treatment (spiny variety, 200ppm Ac. gibberellic) was the best; for cladodes in size x-axis V1C2, while the y-axis V1C4 treatment (spiny variety, 300 ppm Ac. gibberellic). In conclusion we obtain that in the two varieties of tuna 100ppm concentration of gibberellin is recommended due to its beneficial effects compared with the witness.

---

Keywords: gibberellic acid, prickly pear, concentrations (ppm) parts per million, buds or cladodes, to take root.

**BIBLIOGRAFÍA**

ABUNDIZ, D.; BONILLA, L. 1990. El género *Selaginella* Pal. Beauv. (SELAGINELLACEAE, LYCOPODIOPHYTA). *Acta Botánica Mexicana*. No II. Instituto de Ecología. 23-47p. Estado de México.

ACKERMAN, B.; ALIAGA, J.; TAMAYO, J., LOPEZ, J. 1995. Las Gramíneas de México. Tomo IV. COTECOCA-SARH.

AGROMAR 2005. La tuna trae verdor al Valle del Chota citado en el diario EL COMERCIO redactado por Benalcázar Whashington en Ibarra. Disponible en [www.elcomercio.com](http://www.elcomercio.com).

ÁLVAREZ, B. 2007. Análisis de factibilidad del cultivo de tuna en la localidad de Icaño, departamento de La Paz, Argentina. Disponible en [www.produccioncatamarca.gov.ar](http://www.produccioncatamarca.gov.ar).

AYERDE, L. 1989. Diagnóstico de la actividad forestal en el estado de Guerrero. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.

ANAYA, C.M.C. 1989. Estudio de la subfamilia bambusidae (Poaceae), con revisión taxonómica para el estado de Jalisco, México. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. 149 p.

BARBERA, G.; e INGLESE, T. 1993. Mejoramiento de la calidad del nopal a través de podas fitosanitarias y formativas. Universidad del Estado de México. *Acta Botánica Mexicana*. 74 p.

BELLO, G. 1987. Los encinos (*Quercus*) del estado de Michoacán. CEMCA/SARH/INIFAP. 193 p.

CÁRDENAS, JF., ÁLVAREZ, J., BARRAGÁN, E., y RIVERA, C., 2009. Efecto del ácido giberélico y la 6-bencilaminopurina sobre el desarrollo de yemas en injertos de cacao (*Theobroma cacao* L.) Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos52/tuna-exportacion/tunaexportacion2.shtml>

CIFANE – Centro Investigativo de Familias Negras. 2009. Informe del Proyecto “Valor Chota” Ibarra – Ecuador.

COCHA, M., 1999. Efecto de dosis de ácido giberélico y épocas de aplicación sobre el fruto de tuna (*Opuntia ficus indica* Mill). Universidad Católica de Valparaíso. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/>

COOPROHIGO 2005. Cultivo del higo (*Opuntia ficus indica*). Colombia. Disponible en: [http://www.cooprohigo.com.co/h\\_cultivo.htm](http://www.cooprohigo.com.co/h_cultivo.htm).

CRUZ, G. BARRANTES, F. y AYALA, H. 1994. Evaluación preliminar de la multiplicación rápida en *Polymnia sonchifolia*, Yacón. En: Resúmenes de trabajos presentados al VIII Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos.

Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/biblio.htm#58>

ENDARA, I. 1989. Proyecto para la siembra de tuna. Corporación Financiera Nacional. Ibarra-Ecuador .

ESPINOSA, E. 1990. La tuna y la cochinilla en América. Lima-Perú. Primera edición. pag 80.

EGUILUZ P, T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género Pinus en México. Tesis Licenciatura. UACH. Chapingo, Estado de México.

EL COMERCIO diario nacional. 15 de Diciembre del 2008. La tuna crece pero la superficie aún es pequeña. Quito – Ecuador. Disponible en [www.elcomercio.com](http://www.elcomercio.com).

ESTACION METEOROLOGICA DE IBARRA. 2008. Libro anual meteorológico. Ibarra – Ecuador.

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA, 2008. Producción de tuna bajo riego en secano. Chile. Disponible en <http://bibliotecadigital.innovaciónagraria.cl>  
GUEVARA M. 1998. Cultivo y Explotación comercial de la Tuna y la Cochinilla. Primera edición. Quito-Ecuador.

MAG. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA DEL ECUADOR. 2001. Tuna. Disponible en: [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec)

MARASSI, M. 2008. Hormonas vegetales. Hipertexto del área de biología; Argentina. Disponible en: <http://www.biologia.edu.ar/plantas/hormona.htm>

MARTINEZ, N., LOPEZ, L., 2005. Acción del ácido giberélico diluido y dinamizado en cultivo hidropónico de lechugas romanas. Disponible en: [api.ning.com/.../ACCINDELCIDOGIBERELICODILUIDOYDINAMIZADO](http://api.ning.com/.../ACCINDELCIDOGIBERELICODILUIDOYDINAMIZADO)

MENDEZ J., Y GALLEGOS, C., 2001. Producción de Grana Cochinilla, Colegio de Postgraduados Mexico 140 p.

MENDEZ S. Y GARCÍA, J. 2006. La Tuna. Biodiversistas. Boletín N° 64 Bimestral de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. Disponible en: [www.conabio.gov.mx](http://www.conabio.gov.mx)

MERCOOPSUR. 2001. El cultivo de tuna. Argentina. Disponible en: <http://www.mercoopsur.com.ar/agropecuarias/notas/elcultivodetuna.htm>

MIRANDA G. S/f. Deforestación de zonas desérticas. Disponible en [www.monografías.com.htm](http://www.monografías.com.htm).

MONDRAGON, C., MÉNDEZ, S., OLMOS. G. 2001. El cultivo de opuntia para la producción de forraje. Depósito de la FAO., México; Disponible en: [www.fao.org/docrep/007.htm](http://www.fao.org/docrep/007.htm)

NOBEL 1995. Ecofisiología de las Opuntias. México. Universidad Autónoma de México (UNAM). 324 p.

OCEANO CENTRUM, s/f. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. España, 1032 p.

PAREDES, I. 2009. Utilización de giberelinas en explantes vegetales. Santiago, 26 de mayo del 2009. Disponible en [www.scribd.com/doc/giberelina](http://www.scribd.com/doc/giberelina).

RODRIGUEZ, N., CAPOTE, M., ZAMORA, V., 1999. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 231-237. CULTIVO *in vitro* DEL AGUACATERO (*Persea americana* Mill.) Instituto de Investigaciones de Cítricos y otros Frutales, Cuba. Disponible en: [http://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4\\_p231.pdf](http://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4_p231.pdf)

S/a. 2001. El género *Opuntia* y el cultivo de tuna (*Opuntia ficus-índica*) Argentina. Disponible en: [http://www.geocities.com/achuma\\_ar/opuntia.html](http://www.geocities.com/achuma_ar/opuntia.html)

SOBERÓN, J., SHUMER W., WHICHTER C., WALACE P., (2008). Giberelinas. Disponible: [www.biologia.edu.ar/planta/regulador\\_vegetales\\_2005/giberelinas.htm](http://www.biologia.edu.ar/planta/regulador_vegetales_2005/giberelinas.htm)

TABLAS ESTADÍSTICAS. Distribución *F* de Fisher-Snedecor con *u* y *v* grados libertad. Disponible en: <http://www.udc.es/dep/mate/estadistica2/documentos-pdf/dmtablas.pdf>

USDA, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS, 2006. Disponible en:

VADEMECUM AGRÍCOLA. 2000. Edifarm; Sexta edición. Ecuador. Pag 810.

WALES, J. (2008). Giberelinas. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Giberelinas>

ZAVALA CH., F. (1989). Identificación de encinos de México. DICIFO. UACH. Chapingo, México. 150 p.