

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN -TACNA**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Escuela Profesional de Agronomía**

**TESIS**

**EFFECTO DEL ÁCIDO INDOL BUTÍRICO EN EL ENRAIZAMIENTO DE  
ESTAQUILLAS SEMILEÑOSAS DE GRANADO (*Púnica granatum* L.)  
VARIEDAD *WONDERFULL* EN LA LOCALIDAD DE SAMA  
REGIÓN TACNA**

**Presentada por:**

**Bach. YOSELYN SHELVI LOPEZ CASTILLO**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TACNA – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN -TACNA**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Escuela Profesional de Agronomía**

**TESIS**

**EFFECTO DEL ÁCIDO INDOL BUTÍRICO EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS  
SEMILEÑOSAS DE GRANADO (*Punica granatum* L.) VARIEDAD WONDERFULL EN LA  
LOCALIDAD DE SAMA  
REGIÓN TACNA**

**TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 15 DE MARZO DEL 2019,  
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR**

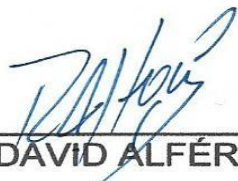
**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
**MSC. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO**

**SECRETARIO:**

  
\_\_\_\_\_  
**MSC. ARÍSTIDES CHOQUEGUANCA TINTAYA**

**VOCAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**ING. RODI DAVID ALFÉREZ GARCIA**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE**

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme salud y las herramientas necesarias para lograr mis objetivos en la vida, por permitirme nacer en una familia maravillosa, la cual día a día me impulsó a seguir adelante sin importar los obstáculos que la vida te pone, que me enseñó a seguir adelante y jamás rendirme, una familia que desde pequeña me enseñó que con esfuerzo todo es posible y que el obstáculo más grande en la vida eres tú mismo.*

*A mi madre maravillosa, señora Marlene Castillo, mi heroína, una guerrera de verdad, que dio la vida a cuatro hijas maravillosas, por las que luchó sin descanso, sin importar las adversidades, una mujer con armadura de hierro y con un corazón inmenso que nos inculco a siempre seguir nuestros sueños, sin importar lo difícil que sea luchar sin descanso, hoy lo único que le puedo decir es mamita linda "lo he logrado" gracias por tus caricias y regaños.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi profesor y asesor Dr.  
Oscar Fernández Cutire quien me  
apoyo siempre, fue difícil el  
camino lo sé pero con sus consejos  
lo pude lograr.*

*A mis profesores que me dieron la  
bienvenida desde que inicie esta carrera que  
aún no termina, maravillosas personas que  
estuvieron siempre conmigo para disipar  
mis dudas y alimentar mis conocimientos,  
no solo lecciones de escritorio, sino  
lecciones de vida, de amistad, apoyo,  
nobleza y compañerismo, el trabajo en  
equipo, gracias a todos ustedes que siempre  
estarán en mi corazón.*

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLA.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
EL PROBLEMA.....	4
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Formulación del problema.....	5
1.2.1. Interrogante principal.....	5
1.2.2. Interrogantes secundarias.....	5

1.3.	Delimitación de la investigación.....	6
1.3.1.	Espacio geográfico .....	6
1.3.2.	Tiempo.....	6
1.3.3.	Material de observación.....	6
1.4.	Justificación .....	7
CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....		8
2.1.	Objetivos.....	8
2.1.1.	Objetivo general .....	8
2.1.2.	Objetivo específico .....	8
2.2.	Hipótesis.....	9
2.2.1.	Hipótesis general.....	9
2.2.2.	Hipótesis específicas .....	9
2.3.	Variables.....	9
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....		10
3.1.	Antecedentes.....	10
3.2.	Cultivo de granada.....	13
3.3.	Biodiversidad .....	14

3.4. Descripción de la planta .....	15
3.5. Biología floral .....	18
3.6. Crecimiento y desarrollo del fruto .....	18
3.7. Requerimientos del cultivo.....	19
3.8. Propagación del granado.....	21
3.9. Propagación por estacas .....	23
3.10. Poda .....	24
3.11. Condiciones para el enraizamiento.....	26
3.11.1. Luz.....	26
3.11.2. Temperatura .....	26
3.11.3. Humedad.....	27
3.11.4. Sustancias reguladoras del crecimiento – Auxina. ....	28
3.12. Variedades cultivadas.....	30
CAPITULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
4.1. Tipo de investigación .....	33
4.2. Ubicación del experimento .....	33
4.3. Material experimental .....	33

4.3.1. La granada variedad <i>Wonderful</i> .....	33
4.4. Tratamientos en estudio .....	34
4.5. Variables de respuesta .....	34
4.5.1. Número de raíces por estaca (cm) .....	34
4.5.2. Longitud de raíces (cm) .....	35
4.5.3. Diámetro de raíz (mm) .....	35
4.5.4. Volumen de raíces (cc) .....	35
4.5.5. Porcentajes de enraizamiento .....	35
4.6. Diseño experimental .....	36
4.7. Características del campo experimental .....	36
4.7.1. Características del vivero .....	36
4.7.2. Características de la unidad experimental .....	37
4.8. Análisis estadístico .....	37
4.9. Aleatorización de tratamientos .....	38
4.10. Conducción del experimento .....	38
4.10.1. Recolección de estaquillas .....	38
4.10.2. Desinfección de estaquillas .....	39

4.10.3. Aplicación de ácido indol butírico .....	39
4.10.4. Estratificación de las estaquillas .....	39
4.10.5. Riego .....	40
4.10.6. Control fitosanitario.....	41
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	42
5.1. Número de raíces por estaquilla .....	42
5.2. Longitud de raíz (cm) .....	46
5.3. Diámetro de la raíz.....	50
5.4. Volumen de la raíz .....	54
5.5. Porcentaje de enraizamiento (%).....	58
5.6. Discusión de resultados.....	62
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS.....	74

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Análisis de varianza de número de raíces por estaquillas en granado <i>Wonderful</i> en Sama.....	42
Tabla 2. Análisis de regresión para número de raíces por estaquilla, en granado Var. <i>Wonderful</i> .....	43
Tabla 3. Prueba de significación de los coeficientes de regresión para número de raíces por estaquilla de granado.....	44
Tabla 4. Análisis de varianza de longitud de raíces (cm) en granado <i>Wonderful</i> , en Sama.....	46
Tabla 5. Análisis de regresión de longitud de raíces en estaquillas de granado var. <i>Wonderful</i> .....	47
Tabla 6. Prueba de significación de los coeficientes de regresión para longitud de raíces en estaquilla de granado.....	48
Tabla 7. Análisis de varianza de diámetro de la raíz (mm) en granado <i>Wonderful</i> en Sama.....	50

Tabla 8. Análisis de regresión de diámetro de raíces en estaquillas de granado var. <i>Wonderful</i> .....	51
Tabla 9. Prueba de significación de los coeficientes de regresión para diámetro de raíces en estaquilla de granado.....	52
Tabla 10. Análisis de varianza para volumen de la raíz en granado <i>Wonderful</i> en sama.....	54
Tabla 11. Análisis de regresión para volumen de raíces en estaquillas de granado var. <i>Wonderful</i> .....	55
Tabla 12. Prueba de significación de los coeficientes de regresión para volumen de raíces en estaquilla de granado.....	56
Tabla 13. Análisis de varianza para porcentaje de enraizamiento (%) en granado <i>Wonderful</i> en Sama.....	58
Tabla 14. Análisis de regresión para porcentaje de enraizamiento (%) de estaquillas de granado var. <i>Wonderful</i> .....	59
Tabla 15. Prueba de significación de los coeficientes de regresión del porcentaje de enraizamiento de estacas de granado.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aleatorización de tratamientos.....	38
Figura 2. Función cuadrática del número de raíces por estaca de granado Var. <i>Wonderful</i> (unidades).....	45
Figura 3. Función cuadrática de longitud de raíces en estaquillas de granado var. <i>Wonderful</i> (cm).....	49
Figura 4. Función lineal de diámetro de raíces en estaquillas de granado Var. <i>Wonderful</i> (mm).....	53
Figura 5. Función cuadrática de volumen de raíces en estaquillas de granado Var. <i>Wonderful</i> (cc).....	57
Figura 6. Función cuadrática de porcentaje de enraizamiento (%) de estacas de granado var. <i>Wonderful</i> .....	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. desinfección de estaquillas	75
Anexo 2. estratificación de las estaquillas	77
Anexo 3. enraizamiento de estaquillas	78
Anexo 4. Plantas logradas por tratamiento	78
Anexo 5. plantas madre	79

## RESUMEN

La presente tesis titulada “Efecto del ácido indol butírico (AIB) en el enraizamiento de estaquillas semileñosas de granado (*Púnica granatum* L.) variedad *wonderful* en la localidad de Sama, región Tacna”. Los tratamientos utilizados fueron concentraciones de ácido indol butírico: 0, 1500, 2000, 2500 y 3000 ppm (partes por millón). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 4 repeticiones. Los datos fueron analizados por la técnica del análisis de varianza y para determinar el efecto de las concentraciones de AIB, se utilizó el análisis de regresión. Las concentraciones de ácido indol butírico influyeron gradualmente en el número, longitud, diámetro y volumen de raíces en estacas de granado. La concentración adecuada del AIB fue de 1 787 ppm, con el cual se alcanzó un 84,2% de enraizamiento de estacas en granado *Wonderful*.

**Palabras clave:** *Estaquillas, enraizamiento, Púnica granatum, ácido indol butírico.*

## ABSTRACT

The present thesis entitled "Effect of indole butyric acid (AIB) in the rooting of semi-woody cuttings of pomegranate (*Punica granatum* L.) *wonderful* variety in the locality of Sama, Tacna region". The treatments used were concentrations of indole butyric acid: 0, 1500, 2000, 2500 and 3000 ppm (parts per million). The experimental design used was completely randomized with 4 repetitions. The data were analyzed by the analysis of variance technique and to determine the effect of the AIB concentrations, the regression analysis was used. The concentrations of indole butyric acid gradually influenced the number, length, diameter and volume of roots in pomegranate cuttings. The appropriate concentration of the AIB was 1 787 ppm, with which 84.2% of rooting of stakes was achieved in *Wonderful* pomegranate

**Keywords:** *Cuttings, rooting, Punica granatum, indole butyric acid.*

## **INTRODUCCIÓN**

En el Perú existen 1 500 hectáreas de granado, distribuidas entre Lima, Ica, La Libertad y Ancash. El 90% es administrado por las 14 compañías que integran PROGRANADA, el gremio de los productores y exportadores de granada en Perú. En dicha superficie, el volumen de producción alcanza las 12 mil toneladas destinadas para el mercado exterior e interno. En la costa norte y central del Perú existen unas 1 300 hectáreas plantadas de granadas, es decir el 86% del total.

La producción se concentra durante los meses de marzo y junio, cuando el Hemisferio Norte no tiene granadas. Sin embargo, tenemos algo de competencia con las granadas almacenadas de California o Israel de enero y febrero. El rendimiento promedio de granadas en el tercer año de producción, se aproxima entre 18 a 20 t/ha, con un 60 a 70% de fruta con calidad exportable, pudiendo llegar incluso hasta un 90%, esto se ve influenciado por los daños e imperfecciones que pudiera presentar el producto.

En la región de Tacna se viene logrando un gran incremento en la producción de granada; presentando así mejores expectativas de cultivo

debido a su rentabilidad y la posibilidad de cultivarlo en zonas áridas y con menor requerimiento hídrico. Por su rentabilidad y diversas propiedades este cultivo constituye una alternativa de producción; más aún por ser un cultivo de exportación.

Debido a este futuro incremento en el área cultivada del granado, es necesario plantear una o varias alternativas para la obtención de plantones. El granado puede propagarse por semilla botánica o de forma vegetativa, la reproducción por semilla botánica tiene la desventaja de no reproducir fielmente las características agronómicas y frutícolas que se desean, por ese motivo una excelente propuesta es la propagación por medio de enraizamiento estacas de plantas ya en producción, saltándose la fase juvenil, este tipo de multiplicación ofrece poca variabilidad. La propagación vegetativa por estacas de granado es un proceso en la cual se extrae un segmento del tallo de la planta madre, la cual en condiciones ambientales favorables van a producir raíces, constituyéndose en una planta independiente. Para garantizar este proceso y adquirir buena formación radicular podemos hacer uso de diferentes procedimientos que incluyen el empleo de auxinas.

En la actualidad el uso de fitohormonas resulta ser de mucha importancia para el éxito en la propagación vegetativa por estacas y esquejes, sobre

todo de aquellas con dificultad de enraizar, logrando así raíces en corto tiempo; ya que algunos tardan demasiado en enraizar. Las estacas que enraízan con rapidez son menos susceptibles al ataque de plagas y enfermedades y es más probable se constituya en una nueva planta.

En el presente trabajo de investigación ha sido estructurado en los siguientes capítulos: capítulo I, denominado el problema en el cual se da a conocer el planteamiento del problema, formulación del problema, así como la viabilidad y la justificación del presente estudio.

En el capítulo II, se da a conocer los objetivos e hipótesis del presente trabajo de investigación, así como la descripción de las variables. Luego en el capítulo III, se desarrolla el marco teórico y conceptual en el que se presentan los antecedentes de la investigación y se desarrolla la teoría correspondiente a las variables de estudio.

En el capítulo IV denominado metodología de la investigación se dan a conocer el tipo y diseño de investigación, así como los instrumentos y materiales empleados en el estudio. Finalmente el capítulo V se presenta la discusión de resultados y en seguida se da a conocer las conclusiones y recomendaciones a las que se arribó en el presente estudio.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento del problema

Actualmente las técnicas convencionales para la propagación del granado ya sea sexual o vegetativa invierten mayor tiempo y recursos para obtener plantas listas para el trasplante, además de una variabilidad genética alta en la reproducción por semilla. En la región de Tacna, distrito de Sama hay una escasa producción de frutales y bajo rendimiento en cultivos de la zona, por la escases y mala calidad de agua, además de suelos pobres en nutrientes. En virtud de lo expuesto, es necesario buscar alternativas que mejoren este problema, una de ellas es el cultivo de ganado *Wonderful*, el cual se adapta muy bien a este tipo de suelos, además de que es un cultivo de exportación que ayuda en el incremento de la economía del agricultor de la zona. El uso de hormonas como el ácido indol butírico (AIB), para facilitar el rápido enraizamiento de estaquillas, ayudará a la propagación de material vegetativo, para instalar en los campos de los agricultores de la zona de Sama.

No existen trabajos de investigación a nivel local en el cultivo del granado con respecto a la influencia del ácido indol butírico por lo que la presente investigación busca obtener nuevas plantas con características agronómicas de calidad haciendo uso de productos hormonales (auxinas), que permita la viabilidad de su propagación por estaquillas. Diferentes investigaciones realizadas muestran la eficiencia del ácido indol butírico y otros enraizadores en la propagación vegetativa de diferentes especies.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Interrogante principal**

¿Cuál será la concentración de ácido indol butírico (AIB) que influya en el enraizamiento de estaquillas semileñosas de granado *Wonderful* (*Púnica granatum* L.) bajo condiciones de vivero en la localidad de Sama, región Tacna?

### **1.2.2. Interrogantes secundarias**

¿Cuál será la concentración de ácido indol butírico que tendrá el mayor efecto en el enraizamiento de estaquillas semileñosas de granada?

### **1.3. Delimitación de la investigación**

#### **1.3.1. Espacio geográfico**

El ensayo se desarrolló en el distrito de Inclán, provincia y región Tacna, ubicado en el valle de Sama a 41 km nor-oeste (panamericana norte), en las siguientes coordenadas:

Longitud oeste: 70° 21´ y 70° 55´ del meridiano de Greenwich; latitud sur: 17° 30´ y 18° 10´ y a una altitud de 550 msnm.

#### **1.3.2. Tiempo**

El tiempo que se ejecutó la investigación fue en un periodo de 3 meses, desde mayo a agosto del 2017.

#### **1.3.3. Material de observación**

Los sujetos observados fueron el material vegetativo del granado variedad *Wonderful* correspondiente a estaquillas semileñosas.

#### **1.4. Justificación**

Es necesario investigar sobre la concentración más adecuada de ácido indol butírico que tendrá mayor influencia en el enraizamiento de estaquillas de granada de la variedad *wonderful*, con la finalidad de obtener plantones con la menor mortalidad al momento de la instalación en campo. Por lo cual la importancia del uso de las auxinas sintéticas como el ácido indol butírico (AIB), radica en que es un regulador del crecimiento que promueve y acelera la formación de raíces adventicias en las plantas.

Como producto de síntesis, tiene una débil actividad auxínica en general pero una excelente acción rizógena. Sin embargo, el AIB es probablemente el mejor material para uso masivo debido a que no es tóxico para las plantas en una amplia gama de concentraciones y es efectivo para estimular el enraizamiento de un gran número de especies de plantas (Hartmann & Kester, 1997). Este trabajo pretende investigar con diferentes dosis de ácido indol butírico el enraizamiento de estaquillas de granado y reflexionar sobre las dosis más adecuadas para la obtención de estaquillas enraizadas de granado de la variedad *wonderful*.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **2.1. Objetivos**

##### **2.1.1. Objetivo general**

Determinar el efecto del ácido Indol butírico en el enraizamiento de estaquillas semileñosas del granado (*Púnica granatum* L.) bajo condiciones de vivero en la localidad de Sama, región Tacna.

##### **2.1.2. Objetivo específico**

Determinar la concentración de ácido indol butírico de mayor efecto en el enraizamiento de estaquillas semileñosas de granada *wonderful* (*Púnica granatum* L.) en la localidad de Sama.

## **2.2. Hipótesis**

### **2.2.1. Hipótesis general**

La aplicación de ácido indol butírico favorecerá significativamente el enraizamiento de estaquillas semileñosas de granado (*Púnica granatum L.*) bajo condiciones de vivero en la localidad de Sama, región Tacna.

### **2.2.2. Hipótesis específicas**

Al menos hay una concentración de ácido indol butírico que induce un mayor enraizamiento en estaquillas semileñosas de granado variedad *Wonderful*.

## **2.3. Variables**

Variable independiente (X): Niveles de ácido indol butírico

Variable dependiente (Y): Numero de raíces y porcentaje de enraizamiento

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 3.1. Antecedentes

En vista de los antecedentes, y considerando que en granado no existe suficiente investigación sobre los sistemas de conducción, es necesario conocer su capacidad productiva, características fisiológicas y su calidad comerciales del granado, con el fin de poder generar conocimientos enfocados a mejorar la productividad y calidad.

Suarez (2016), investigó la propagación del Granado (*Púnica granatum L*) por estacas de tallo con hojas en propagador de neblina” con el fin de determinar el efecto de dos productos comerciales reguladores del desarrollo tipo auxina y la combinación de los mismos sobre el enraizamiento de estacas de tallo con hojas del granado (*Púnica granatum L.*) bajo el propagador de neblina, los tratamientos evaluados fueron la aplicación de Raizal (4000 ppm ANA). Racione 3AF (1000 ppm ANA,

500 ppm AIA, 200 ppm AIB, 20000 ppm Binomial) y la combinación de ambos productos. Se realizaron evaluaciones cada siete días contando el número de estacas enraizadas y también el número de raíces por estacas por tratamiento en la última revisión.

Los resultados obtenidos muestran que los mayores porcentajes de enraizamiento se obtuvo con el tratamiento T1 Raizal 4000 ppm que fue superior a los demás y los tratamientos T3 Radixone 3AF + Raizal 4000 ppm y T4 Radixone 3AF obtuvo porcentaje iguales, mientras que el T2 < testigo fue el que obtuvo menor porcentaje de enraizamiento. Se evidencia que este material requiere altas concentraciones de regulador para que se produzca el enraizamiento y se obtiene mayor enraizamiento al aplicar el enraizador en base ANA que al aplicar combinaciones de reguladores.

Tupa (2014), en su ensayo realizado en la provincia de Caylloma, distrito de Majes, cuya instalación la realizó en el vivero del área experimental del Centro de Recría de Vacuno (CRV) de PEMS-AUTODEMA. La tesis titulada “Enraizamiento de estacas de 4 variedades de granado (*Púnica granatum* L.) con 2 fuentes de auxinas en diferentes concentraciones”, se realizó en el vivero en un área de 7,2 m<sup>2</sup>, usando un arreglo factorial de 4x3x3 y 3 repeticiones por tratamiento en un diseño completamente al azar, haciendo un total de 36 tratamientos. El objetivo integral de este trabajo fue

estudiar la capacidad de enraizamiento de los diferentes clones de las variedades (*Wonderful standar*, *Wonderful 100-1*, *Acco* y *116-17*) teniendo en cuenta ciertos factores con influencia en la formación de raíces en estacas leñosas de esta especie. En este particular caso se estudió dos tipos de reguladores de crecimiento con la sinergia de estos (ANA, IBA e IBA+ANA) y dos concentraciones altas con la inclusión de testigos (0; 2 000;4 000 ppm), los cuales son capaces de incrementar el enraizamiento de los diferentes clones, este estudio muestra las posibilidades de propagación y los resultados para estas interesantes y demandadas variedades de granado. Las variables estudiadas fueron; rapidez de enraizamiento, porcentaje de enraizamiento, porcentaje de prendimiento, número, longitud acumulada y diámetro promedio de raíces primarias. Finalmente los resultados con respecto a los parámetros más importantes en la producción como la rapidez de enraizamiento y porcentaje de prendimiento favorecen a los tratamientos 35 y 36 cuyos códigos son V2H1C3 (Var. *Wonderful 100-1*, IBA, 4000ppm) y V2H3C3 (Var. *Wonderful 100-1*; IBA+ANA, 4 000 ppm), con medias de 61 y 68 días para su enraizamiento respectivamente siendo la variedad más precoz, y para el caso de prendimiento los tratamientos 30 y 36 cuyos códigos V2H3C2 (Var. *Wonderful 100-1*, IBA+ANA, 4 000ppm) y V4H3C3 (Var. *116-17*; IBA+ANA,

4 000 ppm) poseen los mejores porcentajes de sobrevivencia con 80% y 86,67% respectivamente.

### **3.2. Cultivo de granada**

Según Kolesnikov (1964), el granado se encuentra clasificado como sigue:

**División:** *Magnoliophyta*

**Subdivisión:** *Magnoliopsida*

**Orden:** *Myrtales*

**Familia:** *Punicaceae*

**Género:** *Punica*

**Especie:** *P. granatum*

El granado es conocido desde tiempos muy antiguos, su cultivo se ha realizado tradicionalmente en la zona de Oriente próximo, extendiéndose por el resto de Asia y el Mediterráneo. Actualmente, ya extendido por los cinco continentes, presenta unas excepcionales expectativas de cultivo debido a su rentabilidad y a la posibilidad de cultivo en zonas áridas y con menores requerimientos hídricos que otros cultivos, siendo capaz de vegetar y producir en condiciones en las que otros frutales más importantes no lo harían de manera rentable (Vit *et al.*, 2004).

La granada es nativa de Asia Menor y Asia (Gisper *et al.*, 2001).

Las flores son de color naranja-roja, tienen un diámetro de 4-6 cm sus pétalos son arrugados y poseen numerosos estambres. Las flores se disponen solitariamente o en pequeños grupos orientados hacia el final de las ramitas (Rodríguez, 1993).

Las frutas de la granada tienen un color que varía de amarillo-carmelitoso a rojo púrpura. Poseen un diámetro de 5-12 cm, y su cubierta es lisa y de textura correosa; son esféricas, algo aplanadas y con un cáliz persistente, que puede tener una longitud de 1-6 cm (Rodríguez, 1993).

### **3.3. Biodiversidad**

La gran diversidad que presenta la especie queda patente por el gran número de variedades descritas en los diferentes países del mundo tanto en el Oriente, área mediterránea y occidente. Así en España se dispone del principal banco de germoplasma de Europa con más de 104 accesiones (derechos de dominio), y en otros países como India, Turkmenistán, Irán, etc. También existen grandes colecciones, como la existente en Irán (principal productor mundial) con más de 760 accesiones o en Turkmenistán, cuya Estación Experimental de Recursos Genéticos de Plantas, creada en 1934, cuenta con 1 117 accesiones (Mars, 1988).

### **3.4. Descripción de la planta**

#### **3.4.1. Raíz**

El sistema radical es pivotante, aunque sin una raíz principal de importancia, por lo que generalmente se desarrolla horizontalmente. Está dotado de numerosas raíces muy ramificadas (Botti et al., 2002).

Las raíces poseen una alta capacidad de exploración de suelo (Franck, 2009).

#### **3.4.2. Hojas**

Se trata de un árbol o un arbusto (según la variedad y el manejo) de entre 5 y 10 m de altura. Las hojas son brillantes, verde oscuro, oblongas a ovales y de 2,5-3 cm. de longitud. Se disponen en forma opuesta o casi opuesta y están agrupadas en ramitas pequeñas (Rodríguez, 1993).

Las ramitas jóvenes son más o menos cuadrangulares o angostas y de cuatro alas, posteriormente se vuelven redondas con corteza de color café grisáceo. La mayoría de las ramas especialmente las pequeñas ramitas axilares son en forma de espina o terminan en una espina aguda (Franck, 2009).

### 3.4.3. Tallo

El granado desarrolla numerosos tallos y sierpes. Estos son erectos, con tendencia a ramificar desde la base, emiten chupones y la madera es flexible con espinas (Franck, 2009). Mucho más abundantes en las variedades silvestres y en algunas de las variedades cultivadas con características más rústicas. Las hojas son opuestas, solitarias o verticiladas, enteras, glabras y con pecíolo corto, presentándose 2-3 por nudo. Cuando son jóvenes, presentan nervadura rojiza y son de un color verde brillante cuando maduran. Las hojas presentan un tamaño que va entre 1 a 2 cm de ancho y de 3 a 9 cm de largo.

Existen diferencias en su forma entre las distintas variedades (las de la variedad *Wonderful* son angostas y terminan en punta, mientras que las de la variedad *Mollar* son más anchas y redondeadas). Posee tres tipos de yemas: vegetativas, mixtas y terminales. Las yemas mixtas dan origen a flores apicales, apicales y laterales y sobre anticipadas. Por otra parte, yemas terminales dan origen a espinas y flores (Franck, 2009).

#### **3.4.4. Flores**

Las flores son muy vistosas y aparecen en el ápice de la ramilla del año y ocasionalmente sobre ramillas de 2 o 3 años, presentándose solitarias o en grupos de 3 a 7. El cáliz es carnosos, ceroso, tubular, muy vistoso, de color naranja a rojo y con 5 a 7 sépalos. La corola está compuesta por pétalos que van de color blanco a rojo brillante, lanceolados, y que se igualan en número a los sépalos (Franck, 2009).

En valles calurosos, los árboles pueden presentar 2 a 3 floraciones durante la temporada, siendo cada una de ellas capaz de formar frutos. Los primeros frutos en cuajar, producto de las primeras flores que abren en la temporada, son los que logran mayor diámetro. La floración ocurre durante la primavera, pero puede prolongarse hasta fines de verano. Al fruto se le denomina balausta (Franck, 2009).

#### **3.4.5. Fruto**

Es esférico y de piel gruesa, de 7 a 15 cm de diámetro, de color rojo o rosado. Se desarrolla a partir de un ovario ínfero y se caracteriza por presentar dos corridas de carpelos basales que se sitúan dentro del receptáculo. Con el desarrollo del ovario, los carpelos externos se inclinan y se superponen, resultando en la formación de 2 cavidades que ocupan

una posición parietal. La balausta es de consistencia carnosa y está coronada en la base por el cáliz, que es persistente (Razeto, 2006).

### **3.5. Biología floral**

La floración del granado es muy extendida y se presentan varios eventos de floración durante la temporada. En general, las flores del primer evento de floración son las que darán origen a los frutos de mejor calidad (tamaño, color del fruto y arilos y contenido de sólidos solubles), mientras que los frutos de las últimas flores no alcanzan a llegar a término.

Por otro lado, el granado presenta flores hermafroditas, que darán origen a los frutos; y flores imperfectas o flor macho, las que no fructifican y caen a los pocos días. Debido a la extendida floración de la especie es común encontrar frutos maduros, frutos recién cuajados e incluso flores en un mismo momento.

### **3.6. Crecimiento y desarrollo del fruto**

Bajo condiciones climáticas favorables (temperaturas estivales cercanas a 38 °C), el fruto madura 5 a 7 meses después de la floración, entre los meses de marzo y junio para Chile y su tamaño estará determinado principalmente por el número de semillas que contenga en su interior, resultado directo de la polinización (Razeto, 2006).

Los frutos que se producen de las floraciones tardías no alcanzan a desarrollar buen color y tamaño. El jugo proveniente de frutos maduros tiene un 10 % a 15 % de azúcar; 1,5 % a 2,5% de ácido y cerca de 1,5% de proteínas. Se señala que los requisitos que debían presentar los frutos de una buena variedad de granadas, entre otras características, son: fruto de tamaño mediano a grande; piel rosada o rojo brillante, delgada y resistente al transporte; semillas abundantes, pequeñas en relación con el arilo, tiernas y fácilmente comestibles; jugo abundante y con buen color, poco ácido (Razeto, 2006).

### **3.7. Requerimientos del cultivo**

El granado es una especie típica de climas templados y subtropicales. En esta última área puede desarrollarse y producir bien entre los 800 y 1000 metros sobre el nivel del mar, aunque la especie también crece y produce frutos en localidades situadas al nivel del mar (Franck, 2009).

La especie tolera hasta -12 °C en fase de dormancia invernal y más de 40 °C en fase vegetativa. Los granados deben ser plantados en lugares soleados y cálidos para obtener fruta de mejor calidad. Las variedades dulces de granado son menos resistentes que las variedades ácidas a las bajas temperaturas. La especie necesita un largo período cálido antes del inicio del otoño para obtener una buena maduración de los frutos. El árbol

presenta un escaso requerimiento de frío (80- 200 horas frío) (Franck, 2009).

A pesar de su resistencia a bajas temperaturas, el árbol es sensible a heladas tardías de otoño, antes que la planta entre en su estado de latencia, y también a las tardías de primavera, ya que el granado florece tardíamente. La floración, la dehiscencia del polen y la fecundación están fuertemente influenciadas por la temperatura del aire: temperaturas de 20 a 25 °C son las óptimas para la fecundación. Las variaciones bruscas de la humedad atmosférica, así como también riegos profundos o lluvias después de períodos largos de déficit hídrico, suelen causar partidura de la fruta, lo que reduce fuertemente su calidad. Humedades relativas bajas favorecen la calidad de la fruta, por otra parte, lluvias tempranas también pueden producir problemas en la fruta (Botti *et al.*, 2002).

Las espinas presentes en sus ramas, la delicada epidermis del fruto y condiciones de fuerte viento pueden provocar heridas superficiales similares a "*russet*" en los frutos, sin afectar la calidad interna de la fruta. Si las condiciones de viento son muy extremas es conveniente colocar cortinas cortaviento. El granado es una especie poco exigente en sus requerimientos de suelo. Tolerancia suelos pobres, pedregosos, salinos y

alcalinos, donde la mayoría de los frutales no florecen y también se desarrollan en suelos de pH neutro a ácidos (Botti *et al.*, 2002).

El granado produce óptimamente en suelos profundos y aireados. En lo posible hay que evitar los suelos delgados, pesados y con nivel freático alto. Propagación y plantación El granado puede propagarse por semillas, estacas o in vitro. La reproducción por semillas es el método de propagación que se ha usado tradicionalmente.

### **3.8. Propagación del granado**

Tiene el inconveniente de no reproducir fielmente las características agronómicas y frutícolas que se desean perpetuar. Es una técnica sencilla, ya que las semillas germinan fácilmente sin pasar por períodos de reposo. Se utilizan semillas de frutos completamente maduros, las que se colocan directamente en el sustrato de germinación y 8 a 9 meses después se obtienen plantas listas para ser llevadas a terreno (Franck, 2009).

La propagación por estacas es una técnica sencilla. Se utilizan hormonas vegetales (ácido naftalén acético, ANA, o ácido indol butírico, AIB) que permiten aumentar el porcentaje de enraizamiento y el número y longitud de las raíces.

Las estacas enraízan fácilmente y las plantas producen fruta a los 3 años de edad. Se deben cortar trozos de brotes leñosos de entre 6 meses y 2 años de edad, de 25-30 cm de longitud y de 1-2 cm de diámetro, en pleno receso invernal. Las estacas se insertan a 2/3 de su longitud en el suelo (tierra de hojas con arena o perlita) o en un medio de enraizamiento cálido. En el caso de utilizar hormonas de enraizamiento la literatura señala que se obtuvieron buenos resultados sumergiendo la base de las estacas en AIB (1 000 ppm) o dejándolas por un minuto en AIB (250 ppm). Un trabajo realizado por la Universidad de Chile señala que se obtuvieron porcentajes de enraizamiento sobre el 70% colocando la base de las estacas leñosas de las variedades Mollar y Tendral en una solución de AIB (8 000 ppm) por 15 segundos (Botti *et al.*, 2002).

El granado también tiene facilidad para la propagación in vitro. Se pueden obtener plántulas a través de callos derivados de segmentos foliares o de paredes de anteras. La densidad de plantación puede variar entre 280 a 1000 plantas por hectárea. En terreno fértil se puede optar por distancias mayores, aunque la tendencia actual es a reducir el espacio asignado para cada árbol, de modo de obtener plantas más pequeñas y entrar antes en producción. Los marcos de plantación más utilizados en huertos comerciales de España son 6 x 3; 6 x 4 o 5 x 3 m (Botti *et al.*, 2002).

En otros países se recomienda plantar a 5 x 5 m o 6 x 4 m, con hoyos de plantación de 60 x 60 x 60 cm y aplicando una dosis de 20 kg de materia orgánica por planta. Plantaciones de alta densidad (5 x 2 m), con fertirrigación en clima semiárido, producen cerca de 2,5 veces más frutos que aquellos sistemas con marcos de plantación tradicional, aunque las distancias menores hacen difícil la cosecha y el colorido de la fruta es menor o se expresa lentamente. La distancia de plantación más usada en Turquía es de 6 x 4 m. En el caso de plantar un seto, los granados se plantan a 4 x 2 m, es decir, 1 250 plantas por hectárea. La mejor época para realizar la plantación es primavera. Según el sistema de formación se utilizará o no tutores (Franck, 2009).

### **3.9. Propagación por estacas**

Se utilizan generalmente las estacas de ramo de brote y de hoja. La estaca de ramo estaca leñosa está constituida por un trozo de ramo de una longitud variable, comprendida entre los 20 cm y 30 cm. La aptitud rizógena o capacidad de emitir raíces varía sensiblemente de especie a especie y puede favorecerse mediante adecuados tratamientos. Los métodos más empleados actualmente son el calor de fondo y el tratamiento con ácido indolbutírico (IBA), utilizados juntos o por separado. Para la aplicación del método de calor de fondo se utiliza determinado tipo de cajoneras cuyo

fondo se calienta, mediante resistencias eléctricas, a una temperatura de 20°-25°C. Las estaquillas se colocan verticalmente enterradas en un substrato (generalmente de turba y perlita o material similar) con la base a 2cm -3cm del plano de calentamiento (Tiscornia, 1995).

Las estaquillas de brotes (estacas herbáceas) o de hojas exigen una instalación que se conoce con el nombre de *mist*, palabra inglesa que significa llovizna. Los brotes provistos de hojas y las mismas hojas, a causa de su gran transpiración, deben mantenerse mojadas constantemente para que permanezcan vitales y en actividad. El *mist* consiste en una bomba y una serie de boquillas, que controlados por un temporizador, pulverizan a intervalos regulares una lluvia finísima sobre las estaquillas que se quiere propagar. Las estaquillas se entierran por la parte basal en un substrato de perlita o vermiculita solas o mezcladas con turba y previamente tratadas generalmente con IBA (Tiscornia, 1995).

### **3.10. Poda**

Existen dos tendencias en la formación de los árboles de granado. La primera consiste en respetar el hábito de crecimiento basitónico de la especie, permitiendo que en los primeros años forme dos o más troncos que actuarán como soporte de la producción. Esto se recomienda especialmente en sectores que presentan heladas invernales, ya que si son

muy fuertes y provocan daños en los tejidos de la planta, habría más posibilidades de recuperar al árbol y su nivel de producción en 2 o 3 temporadas.

El árbol de un solo tronco puede ser totalmente destruido, pero sobrevivirá con los retoños que se formarán en su base. Los árboles con varios troncos no requieren muchos cuidados y empiezan a fructificar antes que los de un solo tronco. Otro método de formación consiste en formar la planta sobre un solo tronco. Para ello, las plantas deben ser rebajadas cuando tengan 60 cm de alto, y desde este punto se debe permitir que se desarrollen 4-5 brotes bien distribuidos alrededor del tronco. Los brotes deben partir de 30 cm desde el suelo, dejando un tronco corto bien definido. Cualquier brote que aparezca sobre o bajo estas ramas debe ser removido, al igual que cualquier sierpe o chupón. Dado que la fruta se origina en los extremos de los nuevos crecimientos se recomienda que los primeros 3 años las ramas se corten anualmente, para aumentar al máximo el número de nuevos brotes (Botti *et al.*, 2002).

### **3.11. Condiciones para el enraizamiento**

#### **3.11.1. Luz**

Cuculiza (1996), manifiesta que durante el enraizado, cuando hay baja intensidad de luz la emisión de raíces se realiza antes que las hojas, sin embargo, para que se realice la función fotosintética, se debe dar cuanto menos un 30% de luz a las estacas, sin que este eleve la temperatura óptima.

Es necesario proporcionar sombra al área de propagación, para reducir la irradiación a niveles adecuados. El uso de una malla de Saráno Rashell, ha dado buenos resultados para la mayoría de especies evaluadas (Mesen, 1998).

#### **3.11.2. Temperatura**

Para el enraizamiento de las estacas de la mayoría de las especies son satisfactorios temperaturas ambiente diurnas de unos 21° a 27°C, con temperaturas nocturnas de 15°C. Además, a medida que la temperatura se incrementa (dentro de sus límites), las estacas metabolizan más rápido y enraízan mejor (González, 1995).

Las temperaturas del aire en excesivo elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas antes que el desarrollo de las raíces e incrementar

la pérdida de agua por las hojas; no obstante, se conoce que la temperatura ambiente óptima para el desarrollo de un cultivo es probablemente el mejor para el enraizamiento de estacas (Hartmann & Kester, 1987).

### **3.11.3. Humedad**

Para Díaz (1991), la condición hídrica de las estacas es gobernada por el balance entre las pérdidas por evaporación a través de las hojas y la absorción de agua por las estacas. Puesto que las estacas carecen de raíces al inicio, deben depender de la retención de su turgencia y de la absorción de agua a través del corte en la base y/o a través de la superficie de las hojas y el tallo.

Para conseguir éxito en el enraizado, es necesario disminuir la transpiración para limitar la desecación de la estaca, esto se logra manteniendo la humedad del ambiente alta, saturada (65 a 80%) y también constante para reducir al máximo las pérdidas de agua por evapotranspiración, con respecto a la cantidad de agua que tiene que estar presente en el sustrato debe ser mínima con la finalidad de evitar una saturación del mismo por mucho tiempo lo que desencadenara un estado de hipoxia en las estacas (Cuculiza, 1996).

#### **3.11.4. Sustancias reguladoras del crecimiento – Auxina**

El desarrollo normal de una planta depende de la interacción de factores externos, luz, nutrientes, agua y temperatura, entre otros, como así mismo de factores internos, tales como las hormonas vegetales o fitohormonas. Las fitohormonas se han definido como compuestos naturales que poseen la propiedad de regular procesos fisiológicos en concentraciones muy por debajo de la de otros compuestos (nutrientes y vitaminas) y que en dosis más altas los afectarían (Salisbury, 1994).

Dentro de las hipótesis más acertadas en el mecanismo de regulación de las fitohormonas, está la acción de receptores específicos capaces de reconocer a la hormona, y la sensibilidad de los tejidos para responder a sus efectos (Weaver 1975).

Estudios referentes a los procesos de formación de raíces adventicias dan una mayor importancia a la dinámica de los reguladores, que a su cantidad en los tejidos vegetales. Su acción se genera mediante cofactores (ácidos fenólicos, flavonoides y terpenos), los que actuarían desbloqueando genes reprimidos y sintetizando enzimas nuevas las que influirían en la formación del callo radicular e iniciación de primordios (Puga, 2001).

Se han establecido cinco grupos de hormonas vegetales (fitohormonas) promotoras del crecimiento, entre ellas las auxinas, siendo el ácido indol-3-acético (AIA), el compuesto que actualmente se considera como la auxina principal de las plantas, encontrándose sobre todo, en tejidos en crecimiento activo (Puga, 2001).

Las auxinas son compuestos orgánicos diferentes a los nutrientes, que regulan el crecimiento de las plantas, y en pequeñas cantidades, fomentan, inhiben y modifican el proceso fisiológico normal (Weaver 1975).

Los efectos típicos de las auxinas son:

- Alargamiento de las células.
- Incremento de la longitud del tallo.
- Desarrollo del fruto en ausencia de polinización.
- Producción de raíces adventicias.

En el proceso de formación de raíces adventicias, las auxinas provocan la desdiferenciación de células parenquimáticas y luego ellas mismas estimulan la formación de las iniciales de raíz, actuando sobre la división celular (Puga, 2001).

**Ácido indol butírico (AIB):** Producto de síntesis, tiene una débil actividad auxínica en general pero una excelente acción rizógena. Sin embargo, el AIB es probablemente el mejor material para uso masivo debido a que no es tóxico para las plantas en una amplia gama de concentraciones y es efectivo para estimular el enraizamiento de un gran número de especies de plantas (Hartmann & Kester, 1997). Los sistemas de enzimas destructores de auxinas la destruyen en forma relativamente lenta, además se desplaza muy poco, se retiene cerca del sitio de aplicación (Weaver 1990), y es foto estable (Hartmann & Kester, 1990). La mayoría de las especies forestales enraízan bien con dosis de 0,2% a 0.3% (3000ppm) de AIB, aunque algunas pueden requerir dosis mayores o menores (Soudre et al., 2008; Mesen, 1998).

### **3.12. Variedades cultivadas**

#### **a. Variedades en el grupo *Wonderful***

Cuando se habla de granadas agri dulces, principalmente se piensa en *Wonderful*, el ícono de la granada actual demandada, cuyo origen es Israel y Estados Unidos. Esta variedad es en realidad una familia de clones como 100, 100-1, 102, 104-5, haciendo que la identificación de planta madre originaria del material sea muy importante para el inicio de la multiplicación.

*Wonderful* es la más difundida. Se han seleccionado clones de esta variedad de mejor color siendo notoriamente mejor el clon *Wonderful* 100-1, el cual reemplaza al clon Standard en las nuevas plantaciones de Israel (Tupa 2014). Presenta un fruto grande, rojo, con apariencia brillante, su grosor de piel es moderado, con arilos pequeños de color rojo oscuro, además posee un alto contenido de sólidos solubles (altos grados brix), ácidos orgánicos (ácido cítrico o tartárico) y antocianos (Sepúlveda et al., 2000). Es la más requerida por los mercados y la más reconocida en los principales consumidores ya que se busca una fruta grande, roja por fuera, roja por dentro, arilos jugosos de semillas medianas, que tenga buenos atributos para la salud, alto contenido de antioxidantes y altos grados *brix*, esta variedad cumple con todos esos requisitos.

**b. Variedad Acco:** Variedad tipo *Wonderful* temprana , se cosecha 30 días antes que *Wonderful*, es de color rojo por fuera y menos rojo por dentro similar a *Wonderful*, pertenece al grupo de variedades de color por su rojo muy intenso de la cascara. Presentan rendimientos de 30 a 40 t/ha con 500 a 600 g. de peso por fruto, arilos oscuros con 21 grados *Brix*.

**c. Variedad 116-17** La variedad 116-17 es también parte del grupo de los granados de color, internamente madura 15 días antes de *Wonderful*. Normalmente la cosechan 30 días antes de *Wonderful* e inmadura por tener color muy tempranamente. Esta variedad está en retroceso en Israel producto de su alta acidez y por esperar la madurez tiene problemas de deshidratación de la corona. Los frutos presentan 17 grados *Brix* de dulzor y alta acidez titulable.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Tipo de investigación**

La investigación fue de tipo experimental; la muestra estuvo constituida por estaquillas de gradado variedad *wonderful*, de la unidad experimental.

#### **4.2. Ubicación del experimento**

La investigación se realizó en el vivero de la propiedad de la actuada del presente trabajo de investigación ubicado en el distrito de Sama, provincia de Tacna, con una altitud de 550 msnm, cuyas coordenadas geográficas son latitud sur 17°47'42" y longitud oeste 70°29'42".

#### **4.3. Material experimental**

##### **4.3.1. La granada variedad *Wonderful***

Es la más extendida mundialmente, de un color rojo muy intenso de grano y de piel, de buen rendimiento de 30 a 50 t/ha y calibres de 500 a 750 g, la flor más roja, de arilos algo ácidos, corona más marcada y comienza a tomar el rojo desde su formación.

#### **4.4. Tratamientos en estudio**

Los tratamientos estuvieron constituidos por cinco dosis de ácido indol butírico (AIB); cuyas concentraciones fueron expresadas en ppm:

t <sub>0</sub>	0
t <sub>1</sub>	1 500
t <sub>2</sub>	2 000
t <sub>3</sub>	2 500
t <sub>4</sub>	3 000

#### **4.5. Variables de respuesta**

##### **4.5.1. Número de raíces por estaca (cm)**

Se evaluó después de 60 días de la instalación de las estaquillas de granada; el número de raíces por estaca se realizó mediante un conteo rápido en las plantas seleccionadas, para lo cual se tomaron 5 estacas marcadas de granada al inicio del ensayo por cada evaluación experimental que se realizó.

#### **4.5.2. Longitud de raíces (cm)**

Se evaluó a los 60 días después de la instalación de las estaquillas; la longitud de raíces se midió con la ayuda de una regla metálica, para lo cual se tomaron 5 estacas de granada marcadas por cada evaluación experimental.

#### **4.5.3. Diámetro de raíz (mm)**

Medido con un vernier electrónico, su expresión fue en mm, se evaluó una estaca por unidad y posteriormente se marcó.

#### **4.5.4. Volumen de raíces (cc)**

Medido en una probeta de 1 000 ml, se evaluó una estaca por unidad experimental, se cortó todas las raíces se las puso en la probeta y se llenó con 200 ml de agua destilada y se leyó el volumen total final, se expresó en centímetros cúbicos (cc).

#### **4.5.5. Porcentajes de enraizamiento**

Al final del ensayo se determinó el número total de plantas logradas expresadas en porcentajes de cada uno de los tratamientos tomando el total de cada una de ellas.

#### **4.6. Diseño experimental**

Se utilizó el diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones. El modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = la j-enésima observación del i-enésimo tratamiento

$\mu$  = es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento

$\tau_i$  = Efecto del i-enésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

$e_{ij}$  = efecto aleatorio de variación

#### **4.7. Características del campo experimental**

##### **4.7.1. Características del vivero**

Las características del vivero fueron:

Largo y ancho de 20 y 10 metros respectivamente y un área total de 400 m<sup>2</sup>.

La malla rachel utilizada fue del 50 %, que se caracteriza porque es un tejido de diferentes densidades, fabricado a partir de cintas de polietileno de alta densidad, tratadas especialmente contra rayos ultravioleta (UV), que permite una duración de hasta cuatro temporadas de uso con excelentes propiedades mecánicas y gran estabilización de la luz y térmica.

#### **4.7.2. Características de la unidad experimental**

La unidad experimental comprendió de 15 bolsas de propagación de 12 x 7 x 4 cm, haciendo un total de 15 estaquillas de granada variedad *Wonderful*.

#### **4.8. Análisis estadístico**

Para el análisis de datos se utilizó la técnica del análisis de varianza, la prueba estadística fue F a un nivel de significación  $\alpha = 0,05$  y  $0,01$ , para determinar el efecto de concentraciones de ácido indol butírico, se utilizó análisis de regresión.

#### 4.9. Aleatorización de tratamientos

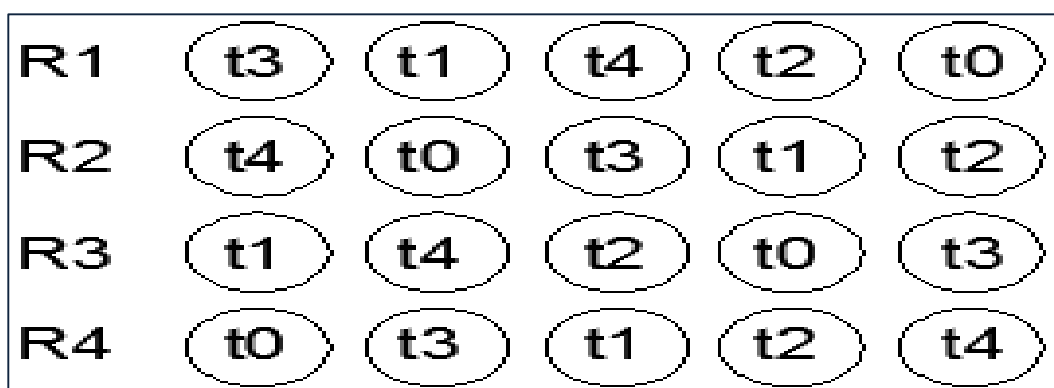


Figura 1. Aleatorización de tratamientos  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.10. Conducción del experimento

##### 4.10.1. Recolección de estaquillas

Las estaquillas de granado elegidas fueron vástagos bien desarrollados que hayan dado flor (grosor de un lápiz, de 6 a 10 mm). Los brotes sin flor son menos vigorosos, por lo que poseen menos reservas para el enraizamiento.

Esta actividad se realizó en el mes de mayo del 2017, periodo en el cual las variedades se encuentran en receso vegetativo. La recolección de estacas tuvieron las siguientes características según los antecedentes revisados; número de yemas dormantes de por lo menos 3 por estaca, longitud de 30 a 35 cm, apariencia leñosa y un grosor de 1cm de diámetro aproximadamente.

#### **4.10.2. Desinfección de estaquillas**

Las estacas se agruparon y rotularon, se mantuvieron en un ambiente fresco y seco, para la cicatrización del corte y su posterior tratamiento con fungicida Homai (tiofanatemetil 50%+ thiram 30% PM.) al 0,5%, para la podredumbre antes de la instalación.

#### **4.10.3. Aplicación de Ácido indol butírico**

Las estaquillas se colocaron en solución del ácido indol butírico, previamente preparado a las concentraciones de acuerdo a los tratamientos (1 500; 2 000; 2 500 y 3 000 ppm), sumergiendo por un tiempo de 10 segundos como lo indica el producto comercial a utilizar. Esta operación solo se realizó para aquellos tratamientos que lo indica el presente trabajo de investigación.

#### **4.10.4. Estratificación de las estaquillas**

A todas las estacas antes de ser instaladas se les extrajo las hojas existentes, luego se desinfestaron de manera preventiva con una solución de Homai al 0,5% por 5 minutos en contenedores de plástico para evitar la proliferación de hongos, luego aquellos que llevaron regulador fueron recubiertas en su base por la solución que contiene AIB en una concentración de 0; 1 500; 2 000; 2 500 y 3 000 ppm. El regulador fue

proporcionado por el Laboratorio de Biotecnología de la Escuela de Agronomía, contemplando el uso del regulador químicamente puro (QP). Una vez realizado este proceso se instaló cada estaca a una profundidad de 20 cm o 2/3 de su longitud, asegurándose que la base de la estaca quede en contacto con el sustrato. Cabe señalar que cada unidad experimental estuvo formada por 15 estacas. Posteriormente se elaboró un mapa para la ubicación de los tratamientos.

#### **4.10.5. Riego**

Luego de haber concluido con el estaquillado, se dio un riego por nebulización, con micro aspersores de 5 l/h; posterior a ello se realizó con una frecuencia de 4 veces al día, durante los primeros ocho días; a partir de allí se realizaron 2 veces al día, durante el proceso de enraizamiento, para mantener turgentes a las estacas, teniendo cuidado que todos los tratamientos reciban la misma cantidad de agua por aspersion.

#### **4.10.6. Control fitosanitario**

El control fitosanitario se realizó en forma eventual para detectar y corregir problemas patológicos, eliminar hojas caídas y estaquillas que pudieran convertirse en foco de infección. Hubo la presencia de necrosis en la zona en contacto con el sustrato, se procedió a la aplicación de un fungicida (Homai 0,5%), preparándose una solución de 5 litros.

Posterior a la emisión de las primeras hojas en los brotes, se presentaron pulgones, se asperjó con Cipermetrina a una dosis de 30 ml/5 litros.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1. Número de raíces por estacilla

**Tabla 1.**

***Análisis de varianza de número de raíces por estaquillas en granado Wonderful en Sama.***

F.V.	SC	gl	CM	fc	f $\alpha$	
					0,05	0,01
<b>Tratamientos</b>	5,88	4	1,47	10,07**	3,06	4,89
<b>Error Exp.</b>	2,19	15	0,15			
<b>Total</b>	8,07	19				

C.V.=7,63 %

\*\*= Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 1 los resultados encontrados en el análisis de varianza de número de raíces por estaca de granado, muestran que se presentó diferencias altamente significativas para los tratamientos, lo que implica que las concentraciones del ácido indol butírico (AIB), influyeron de manera visible en el número de raíces en estacas de granado. El coeficiente de variación de 7,63%, indica que los resultados son confiables.

**Tabla 2.**

***Análisis de regresión para número de raíces por estacilla, en granado Var. Wonderful***

<b>Fuente</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>fc</b>
<b>Regresión</b>	388,73	2	194,365	8,05**
<b>Error Exp.</b>	410,22	17	24,1306	
<b>Total</b>	798,95	19		

R<sup>2</sup>= 48,65

\*\* = Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 2 el análisis de varianza de regresión para número de raíces por estaca de granado, presentó alta significancia estadística, lo que implica que el modelo utilizado es apropiado para conocer los efectos del ácido indol butírico en el número de raíces por estaca de granado var. *Wonderful*. El R<sup>2</sup> indica que el 48,65% de la variación del número de raíces por estaca se deba a la aplicación del ácido indol butírico (AIB).

**Tabla 3.**

***Prueba de significación de los coeficientes de regresión para número de raíces por estacilla de granado.***

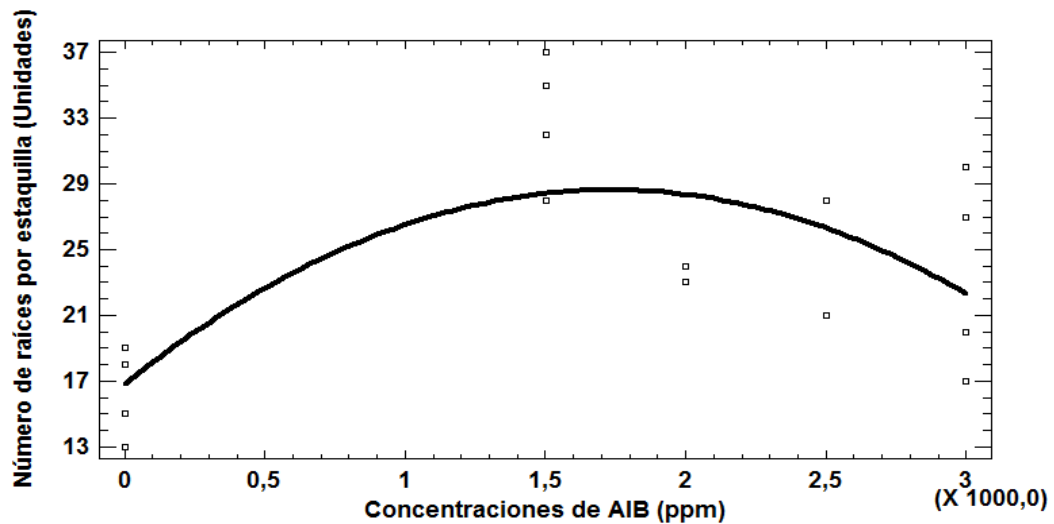
Predictor	Coefficiente	tc
Constante	16,8254	6,88644**
Lineal	0,0136283	3,88706**
Cuadrático	-3,93171E-06	-3,3984**

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión de número de raíces por estaca, muestra que tanto la respuesta lineal como la cuadrática resultó significativa por lo que permite establecer la siguiente función de respuesta:

$$\hat{Y} = 16,8254 + 0,0136283X - 0,00000303171X^2$$

Mediante esta ecuación se determinó el nivel óptimo de ácido indol butírico (AIB) de esta función de respuesta, indica que, la cantidad de AIB más adecuado fue 2 247 ppm, permitiendo alcanzar un número máximo de 32 raíces por estaca de granado Var. *Wonderful* respectivamente.



**Figura 2. Función cuadrática del número de raíces por estaca de granado var. Wonderful (unidades)**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2, se observa las concentraciones del AIB aplicados en las estaquillas, donde se aprecia el efecto cuadrático, que indica que al aplicar dosis más elevadas del enraizador, el número de raíces por estaca disminuye; la concentración óptima del AIB fue de 2 247 ppm, con lo que se logra un número de 32 raíces por estaca de granado variedad *Wonderful*.

## 5.2. Longitud de raíz (cm)

Tabla 4.

Análisis de varianza de longitud de raíces (cm) en granado *Wonderful*, en Sama.

Fuente	SC	GI	CM	fc	f $\alpha$	
					0,05	0,01
Tratamientos	209,896	4	52,4739	3,76	3,06	4,89**
Error exp.	209,616	15	13,9744			
Total	419,511	19				

C.V.= 22,6% \*\*= significativo

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 4, para longitud de raíces, se observa que, existen diferencias significativas entre los tratamientos. Lo que indica que las respuestas de longitud de raíces fueron diferente a las concentraciones de ácido indol butírico.

El coeficiente de variabilidad fue de 22,6%.

**Tabla 5.**

***Análisis de regresión de longitud de raíces en estaquillas de granado var. Wonderful***

<b>Fuente</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>fc</b>
<b>Regresión</b>	149,347	2	74,6735	4,7*
<b>Error exp.</b>	270,164	17	15,892	
<b>Total</b>	419,511	19		

$R^2 = 35,6\%$       \*= Significativo

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5, se presenta el análisis de varianza de la regresión, en la que se observa que existe diferencias con significación estadística, lo que indica que el modelo utilizado es el apropiado para conocer los efectos del ácido indol butírico en la variable longitud de raíces en estacas de granado var. *Wonderful*.

El coeficiente de determinación  $R^2$  indica que el 35,6% de la variación de número de raíces por estaquilla es debido a la aplicación de las concentraciones del AIB.

**Tabla 6.**

***Prueba de significación de los coeficientes de regresión para longitud de raíces en estacilla de granado***

<b>Predictor</b>	<b>coeficiente</b>	<b>tc</b>
<b>Constante</b>	13,7599	6,93969**
<b>Lineal</b>	0,00841523	2,95759**
<b>Cuadrático</b>	-2,87554E-06	-3,06272**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6, la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión de longitud en estacas de granado, muestra que tanto en coeficiente lineal como el cuadrático resulta con alta significación estadística, por lo que se pudo establecer la siguiente función de respuesta:

$$\hat{Y} = 13,7599 + 0,00841523X - 0,00000287554X^2$$

La respuesta encontrada, corresponde a una función cuadrática, lo que implica que las concentraciones de ácido indol butírico aplicados, permitieron el incremento progresivo de la variable longitud de raíces en estacas de granado var. *Wonderful*, la misma que muestra valores ascendentes a medida que las concentraciones se elevan a partir de cero hasta alcanzar un límite máximo, a mayores concentraciones, la longitud de raíces en estacas de granado ya no se incrementan.

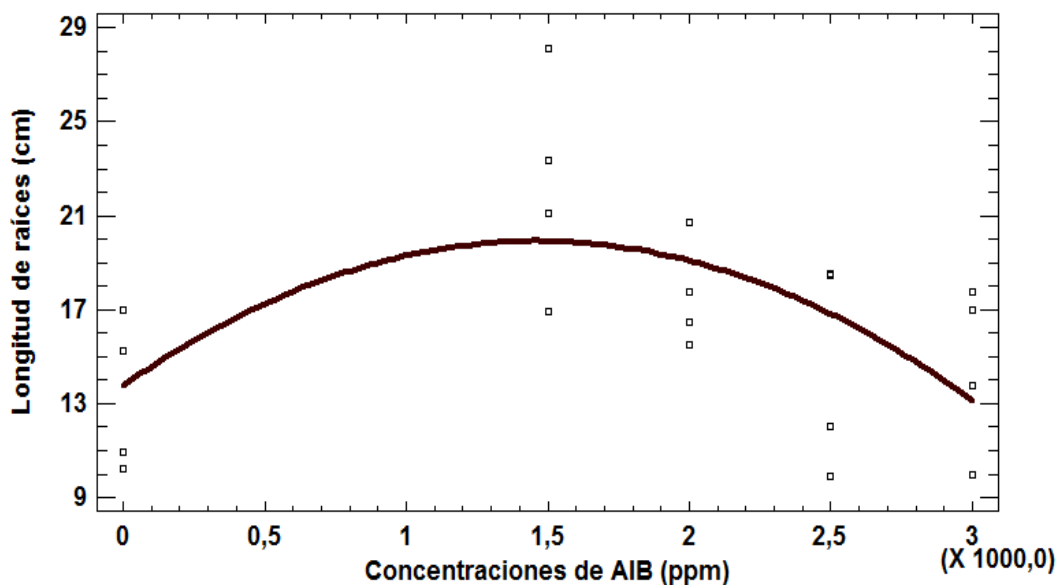


Figura 3. Función cuadrática de longitud de raíces en estaquillas de granado var. Wonderful (cm)

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3, se observa las concentraciones del AIB aplicados en las estaquillas, donde se aprecia el efecto cuadrático, que indica que al aplicar dosis más elevadas del ácido indol butírico (AIB), la longitud de raíces disminuye, encontrándose la concentración de AIB de 1 463 ppm, siendo adecuada lográndose una longitud de raíz de 19,9 cm en estacas de granado variedad *Wonderful* respectivamente.



**Tabla 8.**

***Análisis de regresión de diámetro de raíces en estaquillas de granado var. Wonderful***

<b>Fuente</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>fc</b>
<b>Regresión</b>	0,10956	1	0,10956	23,64**
<b>Error exp.</b>	0,08342	18	0,00463	
<b>Total</b>	0,19298	19		

R<sup>2</sup>= 56,77% \*\*= Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 8 el análisis de varianza de regresión de diámetro de raíces, se observa que existe diferencia estadística altamente significativa, lo que indica que el modelo utilizado es apropiado para conocer los efectos del ácido indol butírico en la expresión de longitud de raíces en estacas de granado. El coeficiente de determinación R<sup>2</sup> indica que el 56,77% de la variación de longitud de las raíces en estacas de granado, obedece a la aplicación de las concentraciones del ácido indol butírico.

**Tabla 9.**

***Prueba de significación de los coeficientes de regresión para diámetro de raíces en estaquilla de granado***

<b>Parámetro</b>	<b>Coefficientes</b>	<b>Tc</b>
<b>Constante</b>	0,718396	23,4308**
<b>Lineal</b>	-7,18868E-05	-4,8619**

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de hipótesis de los coeficientes de regresión de diámetro de raíces en estaquillas de granado (tabla 9), muestra que el componente lineal resultó con alta significación estadística, por lo que se constituye la siguiente ecuación de respuesta:

$$Y = 0,718396 - 0,000018868X$$

La respuesta encontrada, corresponde a una función lineal, lo que implica que las concentraciones del ácido indol butírico (AIB) aplicados como enraizante, permiten una disminución progresiva en la variable diámetro de raíces en estacas de granado, la misma muestra valores menores a medida que las concentraciones se elevan a partir de cero hasta 3 000 ppm que constituye la concentración máxima utilizada en el presente ensayo. Se observa efectos negativos o reducción del diámetro de raíces a medida que se incrementan las concentraciones del AIB.

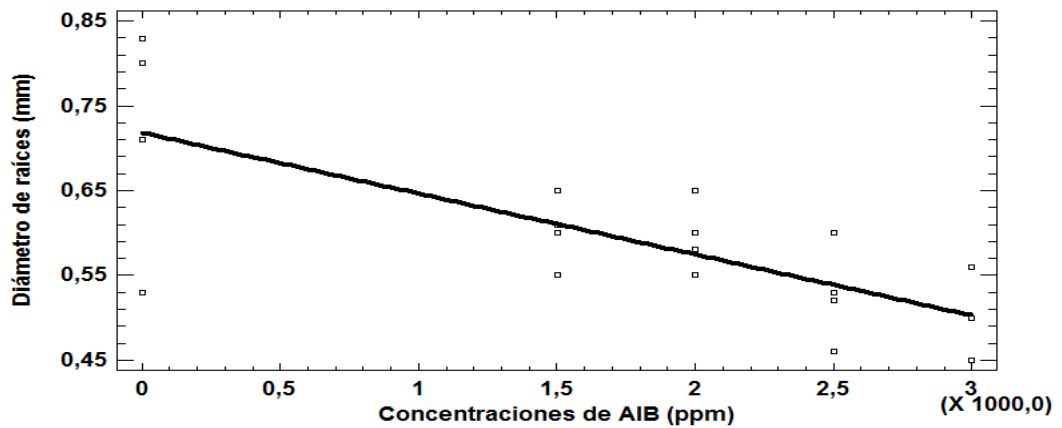


Figura 4. Función lineal de diámetro de raíces en estaquillas de granado var. Wonderful (mm).

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 4 los resultados obtenidos para la variable de respuesta diámetro de raíces, ponen en evidencia que la aplicación del ácido indol butírico aplicado como enraizante, no influye significativamente en la expresión de esta característica a medida que se elevan las concentraciones a partir de cero hasta 3 000ppm; así mismo se observa que el volumen de raíces por estaca de granado vario desde 0,71 mm disminuyendo hasta 0,66 mm; por lo que se considera que el ácido indol butírico en esta investigación, no permitió el incremento del diámetro de raíces en estacas de granado variedad *Wonderful*.

#### 5.4. Volumen de la raíz

Tabla 10.

*Análisis de varianza para volumen de la raíz en granado Wonderful en sama.*

Fuente	SC	Gl	CM	fc	f $\alpha$	
					0,05	0,01
Tratamientos	2,332	4	0,583	3,45*	3,06	4,89
Error exp.	2,53438	15	0,168958			
Total	4,86638	19				

CV=23,93 % \*= significativo

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 10 el análisis de varianza de volumen de la raíz, se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos, lo que indica que los tratamientos difieren entre sí, por lo tanto un tratamiento es ligeramente superior.

El coeficiente de variabilidad fue de 23,93 % aceptable para las condiciones del experimento.

**Tabla 11.**

***Análisis de regresión para volumen de raíces en estaquillas de granado var. Wonderful***

<b>Fuente</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>fc</b>
Regresión	1,95247	2	0,976234	5,7*
Error exp.	2,91391	17	0,171406	
Total	4,86638	19		

$R^2 = 40,12\%$                       \* = significativo

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza de regresión de diámetro de raíces (tabla 11), muestra que existe diferencia estadísticamente significativa, lo que indica que el modelo utilizado es apropiado para conocer los efectos del ácido indol butírico en la expresión volumen de raíces en estacas de granado.

El coeficiente de determinación  $R^2$  indica que el 40,12% de la variación de volumen de las raíces en estacas de granado, obedece a la aplicación de las concentraciones del ácido indol butírico.

**Tabla 12.**

***Prueba de significación de los coeficientes de regresión para volumen de raíces en estacilla de granado***

<b>Predictor</b>	<b>Coefficientes</b>	<b>tc</b>
<b>Constante</b>	1,39163	6,75813**
<b>Lineal</b>	0,000965895	3,26873**
<b>Cuadrático</b>	-3,29E-07	-3,36945**

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 12 a prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión de volumen de raíces en estaquillas de granado, muestra que tanto el componente lineal como el cuadrático resultaron con alta significancia estadística, lo que permitió establecer la siguiente función de respuesta:

$$Y = 1,39163 + 0,000965895X - 0,000000329X^2$$

La respuesta encontrada, corresponde a una función cuadrática, lo que implica que las concentraciones de ácido indol butírico aplicado como enraizante, permitieron el incremento progresivo de la variable volumen de raíces en estacas de granado, la misma que muestra valores ascendentes a medida que las concentraciones se elevan a partir de cero hasta alcanzar un límite máximo, a mayores concentraciones de AIB, el volumen de raíces en estacas de granado ya no se incrementan.

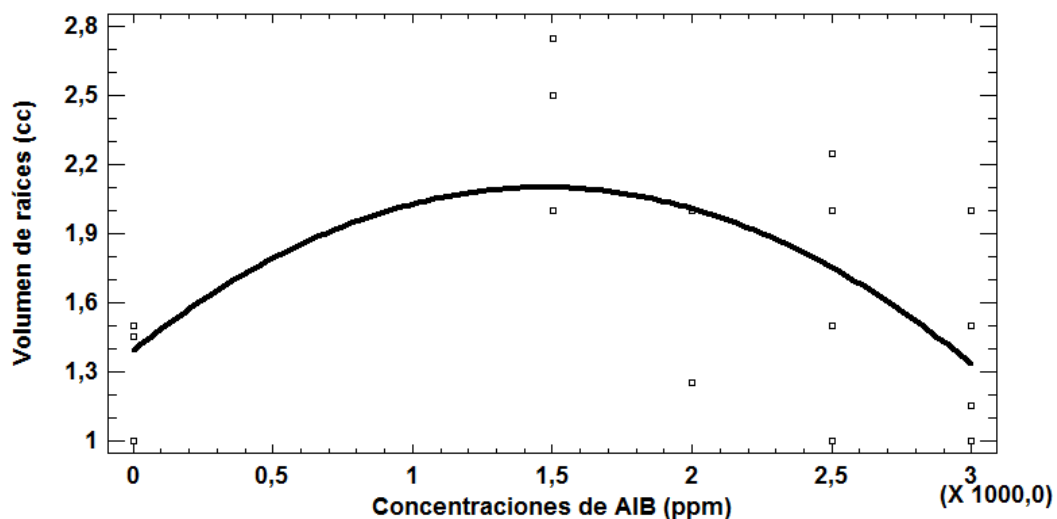


Figura 5. Función cuadrática de volumen de raíces en estaquillas de granado var. Wonderful (cc)

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5, se presenta el gráfico de la función de respuesta para volumen de raíces en estacas de granado, en el que se observa la variación del volumen de raíces en relación a las concentraciones de AIB aplicadas en la investigación, los resultados muestran que, al derivar la ecuación encontrada, la concentración más alta del AIB permisible fue 1468 ppm, con el cual el volumen de raíces fue de 2,10 cm<sup>3</sup>. Los resultados además indican que cantidades superiores de ácido indol butírico no favorecen el incremento del volumen de raíces en estaquillas de granado.

## 5.5. Porcentaje de enraizamiento (%)

Tabla 13.

*Análisis de varianza para porcentaje de enraizamiento (%) en granado Wonderful en Sama.*

Fuente	SC	Gl	CM	fc	f $\alpha$	
					0,05	0,01
Tratamientos	843,442	4	210,861	4,66*	3,06	4,89
Error exp.	679,032	15	45,2688			
Total	1522,47	19				

CV= 5,58%                      \*= Significativo

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 13, los resultados del análisis de varianza de porcentaje de enraizamiento de estacas de granado, muestra que existen diferencias estadísticas significativas para los tratamientos, lo que indica que la respuesta de porcentaje de enraizamiento fueron diferentes a las concentraciones de ácido indol butírico.

El coeficiente de variación de 5,58% se encuentra dentro del rango de aceptación para las condiciones del experimento.

**Tabla 14.**

***Análisis de regresión para porcentaje de enraizamiento (%) de estaquillas de granado var. Wonderful***

<b>Fuente</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>fc</b>
<b>Regresión</b>	840,961	2	420,48	10,49**
<b>Error exp.</b>	681,514	17	40,0891	
<b>Total</b>	1522,47	19		

$R^2=55,23\%$                       \*\*= Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza de regresión de porcentaje de enraizamiento (tabla 14), muestra que existen diferencias con alta significación estadística, lo que indica que el modelo utilizado es adecuado para conocer el efecto del ácido indol butírico (AIB) en el porcentaje de enraizamiento de estacas de granado var. *Wonderful*.

El coeficiente de determinación  $R^2$  indica que el 55,23% de la variación del porcentaje de enraizamiento, obedece a la aplicación de las concentraciones del ácido indol butírico.

Para la mejor evaluación de los resultados, se procedió a realizar la prueba de significación de los coeficientes de regresión.

**Tabla 15.**

***Prueba de significación de los coeficientes de regresión del porcentaje de enraizamiento de estacas de granado***

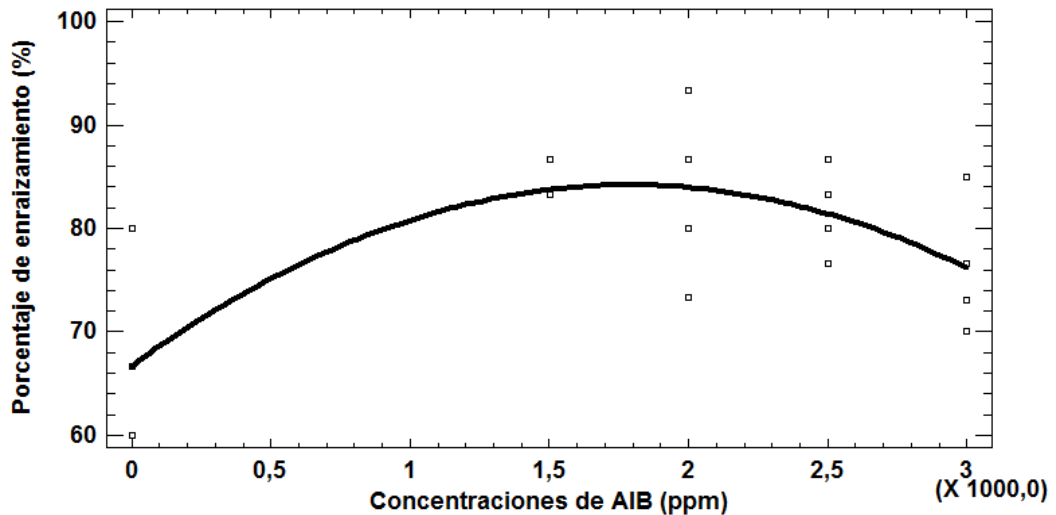
<b>Predictor</b>	<b>Coeficientes</b>	<b>tc</b>
<b>Constante</b>	66,7074	21,1824**
<b>Lineal</b>	0,0195638	4,32915**
<b>Cuadrático</b>	-5,47098E-06	-3,66885**

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 15, la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión del porcentaje de enraizamiento de estacas de granado, muestra que el componente lineal y cuadrático resultó significativo, lo que permitió establecer la siguiente función de respuesta:

$$Y = 66,7074 + 0,0195638X - 0,00000547098X^2$$

La respuesta encontrada, corresponde a una función cuadrática, lo que implica que las concentraciones de ácido indol butírico aplicados a las estacas de granado permitieron el incremento progresivo del porcentaje de enraizamiento, la misma que muestra valores ascendentes a medida que las concentraciones se elevan a partir de cero hasta alcanzar un límite máximo, a mayores concentraciones de AIB, el porcentaje de enraizamiento ya no se incrementa.



**Figura 6. Función cuadrática de porcentaje de enraizamiento (%) de estacas de granado var. Wonderful**

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6, se visualiza el gráfico de la función de respuesta para el porcentaje de enraizamiento de estacas de granado, en el que se observa los cambios del porcentaje de enraizamiento en relación a las concentraciones del ácido indol butírico aplicados a los tratamientos, los resultados indican que al derivar la ecuación encontrada, la concentración más alta de ácido indol butírico permisible fue 1 787 ppm, con el cual el porcentaje de enraizamiento máximo de estacas fue de 84,2 %. Los resultados indican que concentraciones superiores de ácido indol butírico no favorecen el incremento del enraizamiento de estacas de granado var, *Wonderful*.

## **5.6. Discusión de resultados**

### **5.6.1. Numero de raíces**

Tupa (2014), en su trabajo de investigación titulado “enraizamiento de estacas de 4 variedades de granado (*Púnica granatum* L.) con 2 fuentes de auxinas en diferentes concentraciones, Majes 2013, obtuvo el mayor número de raíces por estacas con 21,26 en la variedad *Wonderful* 100-1, y 16,81 raíces por estaca en la variedad 116-17 estos resultados son inferiores a los obtenidos en la presente investigación donde se logró un número máximo de 32 raíces por estaca, a una concentración óptima de 2 247 ppm a los 60 días de la aplicación de los tratamientos. Se evidenció en los resultados que las concentraciones del enraizante (AIB) influyen en el número de raíces. Hartmann & Kester (1999), mencionan que por lo general concentraciones relativamente bajas de auxinas estimulan el crecimiento, en cambio las muy altas lo inhiben, aunque la concentración óptima depende de la especie y del tipo de tejido. Los mismos autores indican que, el ácido indol butírico (AIB) es un producto de síntesis, tiene una débil actividad auxínica en funciones en general pero una excelente acción rizógena y es probablemente el mejor material para uso masivo debido a que no es tóxico para las plantas en una amplia gama de concentraciones y es efectivo para estimular el enraizamiento de un gran número de

especies de plantas. Asimismo mencionan que uno de los principales factores que afectan la formación de raíces adventicias es la condición fisiológica de las plantas madres, es decir que cada variedad tiene una condición fisiológica distinta y mejor a otras con mejor material para enraizar estacas donde hay mayor riqueza de carbohidratos, lo que a su vez puede asociarse a la firmeza del tallo.

Además el número de raíces también está muy sujeto al desarrollo anticipado de brotes y hojas, que por fotosíntesis producen carbohidratos y aminoácidos como triptófano precursor de las auxinas como el AIA que es muy activo, su acción es más localizada, obtenido por síntesis en estos órganos, es poco tóxico para la plantas por ser natural pero degradable con facilidad y el cual es traslocado en forma basipétala y así también influye la formación de raíces (Salisbury, 1991 y Hartmann & Kester, 1999).

Cabe destacar que las condiciones sanitarias y la presencia de agentes patógenos no solo reduce el porcentaje de enraizamiento, sino también el número de raíces que forman las estacas así lo indican (Hartmann & Kester, 1999).

### **5.6.2. Diámetro de raíces**

Tupa (2014), en su ensayo “enraizamiento de estacas de 4 variedades de granado (*Púnica granatum* L.) con 2 fuentes de auxinas en diferentes concentraciones, Majes 2013”, concluye que las variedades 116-17, *Wonderful* 100-1 y *Acco* alcanzaron el mayor diámetro de raíces con 1,26 mm; 1,23 mm y 1,21 mm, así mismo afirma que el tipo de regulador de crecimiento no influye marcadamente, no tiene efecto significativo en el diámetro de raíces, estos resultados son superiores y tienen relación a los obtenidos en la presente investigación donde el máximo diámetro de raíces fue 0,71 mm, y donde se concluye que el AIB no influye en el diámetro de raíces. Por ello se puede afirmar que el tratamiento testigo presenta el mayor diámetro de raíces. Melgarejo et al., (2000); Melgarejo & Martínez, (1992) indican que el diámetro, longitud y hasta peso de raíces adventicias están influenciadas por muchos factores endógenos y exógenos. Asimismo Hartmann, (1997); Melgarejo & Salazar, (2003), indican que existe diferencias en la capacidad de enraizar de las especies vinculados a factores endógenos y genotípicos.

### **5.6.3. Longitud de raíces**

Tupa (2014), en su investigación “enraizamiento de estacas de 4 variedades de granado (*Púnica granatum* L.) con 2 fuentes de auxinas en

diferentes concentraciones, Majes 2013”, la variedad 116-17, *Wonderful* 100-1 muestran mejores promedios de longitud acumulada de raíces a los 117 días, pero con diferencias entre sí, no siendo así a los 131 días, que muestra igualdad estadística entre ellas, cuyas respuestas fueron 106,53cm y 93,75cm de longitud así mismo concluye que el regulador de crecimiento que se utilice no influye marcadamente en este parámetro. Estos resultados no tienen relación con los encontrados en la presente investigación donde se concluye que la concentración óptima para lograr una longitud raíz máxima de 19,9 cm en estacas de granado variedad *Wonderful* es de 1 463 ppm respectivamente. Con lo cual se concluye que las concentraciones más elevadas producen efectos negativos para el caso de longitud de raíces. Por lo general, concentraciones relativamente bajas de auxinas estimulan el crecimiento, en cambio las muy altas lo inhiben, aunque la concentración óptima depende de la especie y del tipo de tejido (Hartmann & Kester, 1999). En este caso, el granado es estimulado por bajas concentraciones sin señales de inhibición, pero esto no sucede en todas las variedades. (Melgarejo et al., 2008), señala que hubo excelente resultados con 12000 ppm, en especial con IBA.

#### 5.6.4. Porcentaje de enraizamiento

Tupa (2014), en su investigación titulada “enraizamiento de estacas de 4 variedades de granado (*Púnica granatum* L.) con 2 fuentes de auxinas en diferentes concentraciones, Majes 2013”, observó que para el factor variedad de granado, las variedades 116-17 y *Wonderful* 100-1, muestran mejores medias para el porcentaje de enraizamiento 75,56% y 72,59%, asimismo encontró que los niveles donde está presente el regulador sintético IBA, en los niveles de factor regulador IBA+ANA tienen un porcentaje de 64,44% en ambos niveles, concluyendo que la presencia de IBA eleva el efecto de regulador en nivel de enraizamiento obtenido. Estos resultados tienen relación con los encontrados en la presente investigación, donde se halló la concentración de AIB óptima de 1 787 ppm, con el que se logra un porcentaje de enraizamiento máximo de 84,2 %. Pearse 1948; Weaver 1972; (citado por Sharma, 2009), indican que el cultivo de granado reacciona mucho mejor con IBA que con ANA y esto tiene una explicación a su efectividad; se observó que IBA siendo una auxina tiene una ventaja sobre ANA, este es lentamente destruido por las enzimas encargadas de controlar los niveles internos de auxinas, además IBA es traslocado pobremente; por lo tanto, es retenido cerca de los sitios de aplicación lo cual también lo hace más efectivo

## CONCLUSIONES

### PRIMERA:

La concentración de ácido indol butírico que tuvo mayor efecto en el porcentaje de enraizamiento de estacas de granado *var. Wonderful* fue 1787 ppm, incrementándose en relación a la concentración aplicada, el máximo porcentaje de enraizamiento fue de 84,2 %.

### SEGUNDA:

La concentración más adecuada de ácido indol butírico para la obtención de número de raíces por estaca fue de 2247 ppm, con lo que se logra un total de 32 raíces por estaca de granada de *var. Wonderful*.

### TERCERA:

La concentración de ácido indol butírico que tuvo mayor efecto en la longitud de raíces por estaca fue 1463 ppm, lográndose una longitud de 19,9 cm de raíz en las estacas de granado de *var. Wonderful*.

### CUARTA:

La concentración de ácido indol butírico mas adecuada para volumen de raíces por estaca de la *var. Wonderful* fue 1468 ppm, con el cual se obtuvo un volumen de 2,10 cm<sup>3</sup>.

## RECOMENDACIONES

### **PRIMERA:**

Se recomienda aplicar 1 787 ppm de ácido indol butírico (AIB) para enraizar estacas de granado var. *Wonderful*.

### **SEGUNDA:**

Se recomienda estudiar las respuestas de otras variedades de granado a la aplicación de ácido indol butírico (AIB), así como evaluar el tiempo de sumergido de las estacas de granado; en otras investigaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEX. (2016). *Asociación de exportadores del Perú*. Lima, Perú.
- ASYTEC. (2009). *Plan de Manejos para Granados*. Recuperado de <http://www.viverosur.com>.
- Botti, C., Prat, L., Carrasco, O., Loannidis, D., Franck, N., y Osses, D. (2002). *El Granado (Punica granatum L.)*. Serie Ciencias Agronómicas Núm. 7, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
- Cuculiza, P. (1996). *Propagación de plantas*. Lima, Perú, Villanueva s.a. p.289
- Defilippi, D.G., Whitaker, B. D., Hess-Pierce, B. M., Kader, A. A. (2006). Development and control of scald on wonderful pomegranates during long-term storage. *Postharvest Biology and Technology* 41: 234–243.
- Díaz, M. (1991). *Propagación asexual de especies forestales*. Barcelona, España: Editorial Agrícola Española.

- Franck, N. (2009). *Producción y manejo de plantaciones de granado en Chile, Israel y Argentina*. pp. 28-35. In: Granados, Perspectivas y Oportunidades de un negocio emergente. Agosto 2009.
- Hess-Pierce, B. M., y Kader, A. A. (2003). *Responses of „Wonderful“ pomegranates to controlled atmospheres*. Acta Hort., 600-751. Fundación Chile, Chile.
- Gisper, C., Gay, J., y Vidal, J. A. (2001). *Enciclopedia práctica de la agricultura y ganadería*, Editorial . Grupo océano, pp 703-704
- Hartmann, H. T., y Kester, D. L. (1987). *Propagación de plantas*. 3ra reimpresión. México, DF. Continental. 810 p.
- Hartmann, T. y Kester, D. (1999). *Propagación de plantas. Principios y Prácticas*, México: Editorial Continental.
- Loannidis, D. (1999). *Granado: morfología, fenología, variedades, métodos de cultivo. Cinco cultivos para las zonas áridas: higuera, granado, alcaparra, jojoba y tuna*. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
- García, K. (2011). *Estimación de la acumulación de biomasa y extracción estacional de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en*

*plantas de granado (Punica granatum L.)*” Universidad de Chile. 101 pp.

Melgarejo P. et al, 2000. *Estudio de capacidad de enraízamiento en 10 variedades de granado*, Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández, España.

Melgarejo, P. y D. Salazar. 2003. *Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas vol. II. El algarrobo, granado y jinjolero*. Madrid, España: Ed. Mundi-Prensa y AMV. 442p.

Melgarejo, P. y Martínez, R. (1992). *El granado*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 163pp.

Mesén, F. (1998). *Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación*. Turrialba. Proyecto de Semillas Forestales, CATIE. 36 p.

Puga, K. (2001) *Reguladores del crecimiento utilizados en cultivo de tejidos vegetales: términos y conceptos fundamentales*. Quito. Ecuador

Quiroz, I. (2009). Granados, características generales. pp. 6-13. In: *Granados, Perspectivas y Oportunidades de un negocio emergente*. Fundación Chile, Chile.

- Razeto, B. (2006). *Para entender la fruticultura*. (4° edición). Santiago, Chile: Ed. Bruno Razeto. 518p.
- Rodríguez, A. J. (1993). *Fruticultura, ciencia y arte*; Agt Editor, S.A. 344 p.
- Salisbury, F. (1991). *Fisiología vegetal*. México: Iberoamericana. 579 p
- Salisbury, F.B., y Ross, C. W. (1992). *Fisiología de las plantas*. Madrid: Paraninfo. 974 p.
- Schneider, E. A., Kazakoff, C. W., & Wightman. (1985). *Gas chromatography-mass spectrometry evidence for several endogenous auxins in pea seedling organs*. *Planta* 165: 232-241.
- Sharma, N. (2009). *Standardization of pomegranate (Punica garanatum L.) propagation through cuttings*. University of Horticulture and Forestry of Solan. India.
- Soto, L. (2006). *Efecto de diferentes dosis de AIB sobre el enraizamiento de Benjamina ficus L. en diferentes épocas del año*. *Revista Ra Ximhai*. Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM). 2: 795-814.
- Soudre, M; Mesen, F; Del Castillo, D; Guerra, H. 2008. *Memoria del curso internacional "Bases técnicas para la propagación vegetativa de*

*árboles tropicales mediante enraizamiento de estaquillas*” IIAP, Pucallpa. Perú. 100 p.

Suarez, E. (2016). *Propagación del Granado (Púnica granatum L) por estacas de tallo con hojas en propagador de neblina*. Tesis Agronomía. Venezuela.

Tiscornia, J. (1995). *Multiplicación de las plantas frutales, forestales de adornos, injertos viveros, invernaderos*. Buenos Aires. p. 62-63

Trebilcock, P. (2008). Granados: El futuro está en la agroindustria. *Revista Red Agrícola Chile* 24: 20-22.

Tupa, D. H. (2014). *Enraizamiento de estacas de 4 variedades de granado (Punica granatum L.) con 2 fuentes de auxinas en diferentes concentraciones, Majes 2013*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.

Vit, P., Corao, G. (2004). (Punica granatum) L. Ficha botánica de interés Apícola en Venezuela, No. 9 Granada. *Revista de la facultad de farmacia* 46 (2) 41 p

Weaber, R. (1976). *Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura*. México. Trillas. pp 50-55.

# **ANEXOS**

### COSTOS DEL EXPERIMENTO

Tarea	Item	Cantidad	Unidad	Mes	Valor Unitario	Sub Total
Recolección	Estaquillas De Granado Var. Wonderful	300.0	und	mayo	S/ -	S/ -
	Mano De Obra	2.0	jh	mayo	S/ 30.00	S/ 60.00
Desinfección	Fungicida Homani	0.5	gr	mayo	S/ 30.00	S/ 15.00
Aplicación De Tratamiento	Ácido Indol Butirico (AIB)	0.5	gr	mayo	S/ 90.00	S/ 45.00
Estratificación	Turba	80.0	kg	mayo	S/ 1.50	S/ 120.00
	Bolsa De Polietileno	3.0	ciento	mayo	S/ 15.00	S/ 45.00
	Mano De Obra	1.0	jh	mayo	S/ 30.00	S/ 30.00
Riego	Horas	30.0	hr	may-jul	S/ -	S/ -
Control Fitosanitario	Fungicida Homani	0.5	%	may-jul	S/ 30.00	S/ 15.00
	Cipermetrina	0.3	ml	may-jul	S/ 20.00	S/ 6.00
Flete	Traslado Del Material Recolectado Al Vivero	1			S/ 50.00	S/ 50.00
<b>Total, costos directos de producción (S/. Plantas)</b>						<b>S/ 386.00</b>

Elaboración propia.

### Anexo 1. Desinfección de estaquillas



## Anexo 2. Estratificación de las estaquillas



Fuente: propia

### Anexo 1. Enraizamiento de estaquillas



### Anexo 4. Plantas logradas por tratamiento



## Anexo 2. Plantas madre

