

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal



PROPAGACIÓN POR ACODO AÉREO DE *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, USANDO TRES
CONCENTRACIONES DE AUXINAS

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

Rodney Javier Pérez Concha

ASESORA

Mcblga. M. C. Marcela Arteaga Cuba

Jaén – Perú

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de Febrero de 1,962

"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL SECCIÓN JAÉN

Bolívar N° 1342 – Plaza de Armas – Telfs. 431907 - 431080
JAÉN – PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

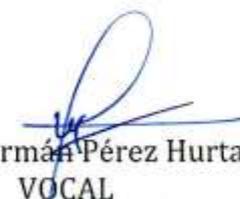
En la ciudad de Jaén, a los veintiocho días del mes de Noviembre del año dos mil diecisiete, se reunieron en el Ambiente del Auditorio Auxiliar de la Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 293- 2017-FCA-UNC, de fecha 17 de Julio de 2017, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"PROPAGACIÓN POR ACODO AEREO DE *Terminalia amozonia* (J.F, Gmel.) Exell, USANDO TRES CONCENTRACIONES DE AUXINAS"**. Ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales **don RODNEY JAVIER PÉREZ CONCHA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las diecisiete horas y cero minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **QUINCE (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para que inicie los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las dieciocho horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.


Ing. M. Sc. Segundo M. Tafur Santillán
PRESIDENTE


Ing. Leiver Flores Flores
SECRETARIO


Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
VOCAL


Blga. M.C. Marcela N. Arteaga Cuba
ASESOR

Dedicatoria

A mis padres, Segundo Pérez Delgado y Crisálida Beatriz Concha Meza, por toda su comprensión, apoyo, estímulo y enseñanzas. Ellos son los que me indujeron la educación, desde el inicio de mi formación hasta siempre, por lo que pude adquirir principios y valores para mi desempeño profesional, emocional y social: A ustedes padres les debo quien soy y hasta dónde pueda llegar.

A mis hermanos Tania, Sandra, Marcel y Marco Pérez Concha. A mi sobrino Anthony. Seres que de alguna forma directa e indirecta influyeron en mi formación integral.

Agradecimiento

Expresar mi profundo agradecimiento a:

A Dios, nuestro Creador, hacedor y dueño de la sabiduría universal; por haberme prestado la vida, la de mis seres queridos y la gente que me rodea; para poder hacer uso de sus infinitas maravillas naturales, para ser un ser integral y de bien ante la sociedad.

Especial agradecimiento a la Asesora Mtblga. M. Cs. Marcela Arteaga Cuba, por su apoyo incondicional y desinteresado en el proceso de transmisión de conocimientos y solución de problemas de desarrollos académicos, como es el perfeccionamiento del presente trabajo de investigación, la cual se ha podido desarrollar de una manera exitosa.

A la familia Bravo Campos: Don Ciro y Doña Liduvina por su apoyo límpido para lograr el objetivo. A Smith por su contagio de energía. Y especialmente al Ing. Einstein Bravo C. por guiarme incondicionalmente hacia las sendas del desarrollo de la presente investigación.

A Eli Becerra Aguilar, por su apoyo en la realización del trabajo en campo para la ejecución del presente trabajo de investigación. A su familia por acogerme en su morada muy amablemente.

*Al Ing. Eli Pariente, por su apoyo en la obtención de la constancia de determinación botánica de la especie *T. amazonia* en la UNALM.*

Al Ing. Cunchi y al Bach. José L. Cubas, amigos entrañables que dotaron un ánimo especial para la culminación de este trabajo.

Al Ing. Jarold Marín por su apoyo en la utilización de software necesario para el desarrollo de esta investigación.

Al Técnico Agrop. Junior por sus sugerencias y herramientas en la guía para la realización de este trabajo.

Al Dr. José León, M. C. Ing. Edinson Llamo y al Ing. Rigoberto Marín por sus guías para el desarrollo del estadístico de la presente investigación.

A la Universidad Nacional de Cajamarca – Sede Jaén: sus docentes, alumnos, administrativos y personal laboral que me instruyeron profesionalmente en la ciencia forestal, durante los años de permanencia dentro de esta casa de estudio.

Al Vivero Municipal “Manuela Díaz Estela” – Jaén por haberme permitido disponer de sus instalaciones y herramientas para adquirir conocimientos. A Don Aníbal que gracias a su sencillez es el ente neutral de acercamiento.

El mejor momento para plantar un árbol fue hace veinte años. El segundo mejor momento, es hoy.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRAC

I. INTRODUCCIÓN

II. REVISIÓN DE LITERATURA..... 16

2.1. Antecedentes de la investigación 16

2.2. Bases teóricas 17

2.2.1. Distribución geográfica de la especie..... 17

2.2.2. Ecología de la especie..... 17

2.2.3. Importancia de especie..... 18

2.3. Método de propagación 20

2.3.1. Asexual..... 20

2.4. Medio de enraizamiento (sustrato)..... 29

2.5. Sustancias reguladoras del crecimiento..... 29

III. MATERIALES Y MÉTODOS 31

3.1. Ubicación de la investigación 31

3.1.1. Ubicación y localización..... 31

3.1.2. Accesibilidad..... 32

3.1.3. Características de la zona de estudio..... 33

3.2. Materiales 37

3.2.1. Material biológico..... 37

3.2.2. Materiales de campo 37

3.2.3. Materiales de laboratorio 38

3.2.4. Material de escritorio 38

3.2.5. Otros..... 38

3.3. Metodología 38

3.3.1. Trabajo de laboratorio.....	38
3.3.2. Trabajo de campo.....	40
3.3.3. Trabajo de gabinete.....	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1. De acuerdo al tratamiento.....	47
4.1.1. Tratamiento N° 1 (T ₁ - 200 ppm).....	47
4.1.2. Tratamiento N° 2 (T ₂ - 500 ppm).....	49
4.1.3. Tratamiento N° 3 (T ₃ - 1000 ppm).....	51
4.1.4. Tratamiento N° 4 (T ₄ - Testigo)	53
4.2. De acuerdo a la variable	55
4.2.1. Acodos enraizados (AE)	55
4.2.2. Acodos con callo (AC)	59
4.2.3. Acodos muertos (AM).....	61
4.2.4. Acodos no enraizados (ANE)	62
4.2.5. Número de raíces (NRT)	64
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1. Conclusiones	67
5.2. Recomendaciones	68
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXO	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01. Accesibilidad a la zona de estudio	31
Tabla 02. Coordenadas (UTM) de ubicación de las plantas madres utilizadas en el trabajo	32
Tabla 03. Zonas de vida en la provincia de San Ignacio	32
Tabla 04. Dosificación de los tratamientos con auxinas y agua destilada	38
Tabla 05. Tratamiento, auxina y cantidad de acodos por planta	43
Tabla 06. Análisis de varianza	45
Tabla 07. Resultados de los tratamientos y su incidencia en las variables del acodado	46
Tabla 08. Resultado de las variables en el acodado de <i>Terminalia amazonia</i> con 200 ppm de AIB	46
Tabla 09. Resultado de las variables en el acodado de <i>Terminalia amazonia</i> con 500 ppm de AIB	48
Tabla 10. Resultado de las variables en el acodado de <i>Terminalia amazonia</i> con 1000 ppm de AIB	50
Tabla 11. Resultado de las variables en el acodado de <i>Terminalia amazonia</i> con 0 ppm de AIB	52
Tabla 12. Tabla 12. Resultado de los acodos enraizados de <i>Terminalia amazonia</i> para cada tratamiento	54
Tabla 13. Resultado de los acodos con callo de <i>Terminalia amazonia</i> para cada tratamiento	58
Tabla 14. Resultado de los acodos muertos de <i>Terminalia amazonia</i> para cada tratamiento	60
Tabla 15. Resultado de los acodos no enraizados de <i>Terminalia amazonia</i> para cada tratamiento	61
Tabla 16. Número de raíces por tratamiento de <i>Terminalia amazonia</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Mapa de ubicación del lugar de investigación	31
Figura 02. Cantidad y porcentaje de las variables en el acodado de <i>Terminalia amazonia</i> con 200 ppm de AIB	46
Figura 03. Cantidad y porcentaje de las variables en el acodado de <i>Terminalia amazonia</i> con 500 ppm de AIB	48
Figura 04. Cantidad y porcentaje de las variables en el acodado de <i>Terminalia amazonia</i> con 1000 ppm de AIB	50
Figura 05. Cantidad y porcentaje de las variables en el acodado de <i>Terminalia amazonia</i> con 0.00 ppm de AIB	52
Figura 06. Cantidad y porcentaje de los acodos enraizados de <i>Terminalia amazonia</i> para cada tratamiento	54
Figura 07. Cantidad y porcentaje de los acodos con callo de <i>Terminalia amazonia</i> para cada tratamiento	58
Figura 08. Cantidad y porcentaje de los acodos muertos de <i>Terminalia amazonia</i> para cada tratamiento	60
Figura 09. Cantidad y porcentaje de los acodos no enraizados de <i>Terminalia amazonia</i> para cada tratamiento	62
Figura 10. Número de raíces generadas por cada tratamiento de <i>Terminalia amazonia</i>	64

ANEXO

- Anexo 01. Inventario de árboles de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell
- Anexo 02. Resultados de las concentraciones de auxinas en la evaluación de número de acodos enraizados, longitud y número de raíces presentes en los acodos de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell
- Anexo 03. Medición del diámetro y ancho del acodado de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, por tratamiento
- Anexo 04. Correlación de Pearson para los tratamientos y los acodos enraizados de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell
- Anexo 05. Correlación de Pearson para los tratamientos y los acodos con callo de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell
- Anexo 06. Función polinómica entre los tratamientos y las variables en los acodos de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell
- Anexo 07. ANVA para las variables y tratamientos de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell
- Anexo 08. Panel fotográfico
- Anexo 09. Constancia de identificación de la especie *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, otorgado la UNALM
- Anexo 10. Características generales de la zona de estudio

RESUMEN

La especie *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, es un árbol ampliamente distribuido en bosques lluviosos y muy valorados por su madera; sin embargo, en la zona de estudio no se ha determinado la presencia de especímenes en la etapa de brinzal y latizal debido a la existencia de semillas vanas. El acodado aéreo es una alternativa para la propagación vegetativa, donde se obtienen individuos semejantes. El presente estudio se realizó en el caserío La Unión, distrito de Huarango, provincia de San Ignacio - Cajamarca. Se evaluó el efecto de las hormonas reguladoras de crecimiento AIB (ácido indol-3-butírico) sobre el enraizamiento de los acodos en ramas terminales de *Terminalia amazonia*, utilizando como sustrato suelo forestal de la zona. Se seleccionaron 60 muestras tomadas de 4 árboles plus, correspondiendo 15 acodos por cada árbol y por tratamiento. Se evaluaron las concentraciones 0; 200; 500 y 1000 ppm de AIB, obteniéndose un 40% de acodos enraizados correspondientes al tratamiento de 1000 ppm; con las concentraciones de 500; 200 y 0 ppm se lograron un 33.3; 13.3 y 6.7% de acodos enraizados respectivamente. Se obtuvo 73.3% de acodos con formación de callo correspondiente al tratamiento de 1000 ppm; seguido por 53.3 y 20% de las concentraciones de 500 y 0 ppm de AIB respectivamente. Concluyendo que se obtuvieron diferencias significativas entre concentraciones de 1000 ppm sobre 200 y 0 ppm; y entre la concentración de 500 ppm sobre 200 ppm. Además, se demuestra que existe correlación entre los acodos enraizados y sus respectivos tratamientos.

Palabras claves: Enraizamiento, *Terminalia amazonia*, propagación vegetativa, acodos aéreos.

ABSTRACT

The species *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, is a tree widely distributed in rain forests and highly valued for its wood; however, in the study area the presence of specimens in the brinzal and latizal stage has not been determined due to the existence of vain seeds. Layered air is an alternative for vegetative propagation, where similar individuals are obtained. The present study was carried out in the hamlet of La Unión, district of Huarango, province of San Ignacio - Cajamarca. The effect of the growth regulating hormones AIB (indole-3-butyric acid) on the rooting of the layering in terminalia branches of *Terminalia amazonia* was evaluated, using forest soil in the area as a substrate. Sixty samples taken from 4 plus trees were selected, corresponding 15 layers for each tree and for treatment. The concentrations 0 were evaluated; 200; 500 and 1000 ppm of AIB, obtaining 40% of rooted layers corresponding to the 1000 ppm treatment; with concentrations of 500; 200 and 0 ppm a 33.3 was achieved; 13.3 and 6.7% of rooted layers respectively. 73.3% of layers with callus formation corresponding to the treatment of 1000 ppm were obtained; followed by 53.3 and 20% of the concentrations of 500 and 0 ppm of AIB respectively. Concluding that significant differences were obtained between concentrations of 1000 ppm over 200 and 0 ppm; and between the concentration of 500 ppm over 200 ppm. In addition, it is demonstrated that there is a correlation between the rooted layers and their respective treatments.

Keywords: Rooting, *Terminalia amazonia*, vegetative propagation, aerial layers.

I. INTRODUCCIÓN

La *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, es un árbol grande, ampliamente distribuido en el bosque lluvioso, valorado por su madera de alta calidad, libre de plagas y patógenos, con habilidad aparente para prosperar en rodales puros, es un buen candidato para plantaciones con altitudes de bajas hasta medianas que están entre los 40 a 1200 msnm. Su rango de temperatura oscila entre los 21 a 24 °C con precipitaciones anuales de 2500 a 3000 mm. La especie es sensible a períodos secos mayores a 4 meses y crece en una amplia gama de suelos, desde moderadamente profundos (mayor a 60 cm) a profundos. Su crecimiento óptimo se da en suelos arcillosos a francos con pH de ácido a neutro, de 4 a 7 (Solís y Moya, 2004).

Terminalia amazonia crece en forma natural; así, en América Central se localiza en colinas de poca pendiente y llanuras costeras semipantanosas; en México se encuentra en el bosque perennifolio del litoral Atlántico y en América del Sur, en los llanos y en zonas del litoral inundadas temporalmente. En Perú está distribuido en los departamentos de Amazonas, Huánuco, Junín, Cajamarca, Madre de Dios, San Martín y Ucayali. Los entornos más favorables para el desarrollo de *T. amazonia* son el bosque húmedo Premontano, bosque húmedo Tropical y bosque muy húmedo Tropical. Se adapta bien a suelos ultisoles y andisoles, por lo que no es sensitivo a suelos ácidos (Montero y Kanninen, 2005).

Terminalia amazonia (J. F. Gmel.) Exell, es una especie con potencial maderable que produce semillas sexuales; sin embargo, esta vía de propagación presenta algunos inconvenientes como baja existencia de árboles semilleros, bajo porcentaje de germinación, semillas vanas (Hidalgo, 1996). La regeneración natural de *Terminalia amazonia* es improbable debido a la alteración e intervención de su hábitat natural relicta. Se determinó la ausencia de especímenes en la etapa de brinzal y latizal, lo que demuestra que no hubo y no hay regeneración natural debido a la infecundidad de sus semillas (Bravo, 2014). Los porcentajes de germinación que se obtienen con frutos de diferentes procedencias no se deben, en su mayor parte, a

problemas de germinación de las semillas, sino a que los frutos son vanos (Flores y Sandi, 1997); además de ello, su regeneración natural es insuficiente, siendo de mínima a escasa, debido a la alteración e intervención de su hábitat natural relicto, dando como resultado la extinción de esta.

Los conocimientos sobre las características y análisis de la aplicación de tratamientos para la propagación vegetativa de una especie, son vitales si se quiere desarrollar herramientas prácticas que permitan el buen manejo de la especie seleccionada para los proyectos de reforestación. A pesar de la capacidad de adaptación, de su manejo y productividad de *Terminalia amazonia*, estas características podrían mejorarse con una buena selección del material genético y adecuada selección del sitio (Montero y Kanninen, 2005).

Considerando los inconvenientes que presenta la propagación sexual y a la vez las ventajas que ofrece la propagación vegetativa, se plantea el presente trabajo con el objetivo de determinar el efecto de tres concentraciones de auxinas en la propagación por acodo aéreo de *Terminalia amazonia* (J. F.Gmel.) Exell.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Hidalgo (1996), realizó un estudio de propagación mediante acodos aéreos de *Terminalia amazonia*. Seleccionó una rama de 20 mm de diámetro e hizo un corte circular de la corteza. Remojó con algodón el tejido expuesto, una solución de 200 ppm de AIB. Cubrió el corte con musgo y envolvió con papel aluminio, sellando los extremos. El porcentaje de sobrevivencia fue del 90%.

Otros estudios (en cualquiera de sus formas) sobre propagación vegetativa de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, no se han reportado en específico; lo que se logró encontrar es un trabajo de investigación de Bravo (2014), en germinación de semilla botánica realizada en Huarango (Provincia de San Ignacio), cuyo resultado fue nulo; es decir, no se logró germinar ninguna plántula debido a la presencia de semilla vana causada por la falta de tejido embrionario y presencia de polen insuficiente.

Aldaz y Ochoa (2011), realizaron un análisis comparativo entre tres métodos de propagación asexual de *Cinchona officinalis*. Recolectaron 30 muestras para cada método. Para el acodado aéreo tomaron ramas de 15 cm de longitud y con una navaja de injertar realizaron una incisión circular de 2,5 cm de ancho, colocando la dosis de 0.05 g de ácido alfanaftalenacético (Hormonagro 1), por un lapso de 10 minutos, luego se cubrió la superficie acodada con 227 g de musgo *Sphagnum* previamente humedecido, finalmente se hizo la envoltura del acodo con una funda plástica de polietileno perforada color negro de 40 cm x 25 cm, dando la apariencia a un caramelo. El 47% lograron propagarse (correspondiente a 14 acodos). Señalaron que la cantidad y calidad de raíces, está en completa relación con el porcentaje de prendimiento. Por lo tanto, indicaron que *Cinchona officinalis* tiene más posibilidades de generar nuevos individuos a partir de acodos aéreos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Distribución geográfica de la especie

Montero y Kanninen (2005), señalan que:

- La *Terminalia amazonia* crece en forma natural desde el Golfo de México en la vertiente Atlántica, hasta Colombia, Venezuela, las Guayanas, Surinam, Trinidad y Tobago, Brasil, Perú, Ecuador, Bolivia, Argentina, Uruguay y Paraguay.
- En América Central se localiza en colinas de poca pendiente y llanuras costeras semipantanosas; en México se encuentra en el bosque perennifolio del litoral Atlántico y en América del Sur, en los llanos y en zonas del litoral inundadas temporalmente.
- La *Terminalia amazonia* en Perú está distribuido en los departamentos de Amazonas, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali.

2.2.2. Ecología de la especie

Clima

Solís y Moya (2004), mencionan que *T. amazonia* en Costa Rica crece desde los 40 hasta los 1200 msnm. Su rango de temperatura oscila entre los 21 a 24 °C con precipitaciones anuales de 2500 a 3000 mm. La especie es sensible a períodos secos mayores a 4 meses y crece en una amplia gama de suelos.

Para Montero y Kanninen (2005), las condiciones climáticas más favorables son: Bosque húmedo premontano, Bosque húmedo tropical y Bosque muy húmedo tropical.

Suelos

Montero y Kanninen (2005), mencionan que *T. amazonia* se adapta bien a suelos ultisoles y andisoles, por lo que no es sensitivo a suelos ácidos.

Solís y Moya (2004), han observado que en su ambiente natural *T. amazonia* crece en suelos con buen drenaje, desde moderadamente profundos (mayor a 60 cm) a profundos. Se encuentra en una gran variedad de suelos, incluyendo arenas, gravas, suelos volcánicos de tierras altas, arcillas de baja fertilidad y suelos calcáreos. Su crecimiento óptimo se da en suelos arcillosos a francos con pH de ácido a neutro.

Factores limitantes

Solís y Moya (2004), indican que *T. amazonia* no tolera suelos arcillosos pesados y compactados; es susceptible a la competencia con el pasto llamado brachiaria. Es sensible a periodos secos mayores a cuatro meses. Tolerancia a un gran rango de climas y altitudes, al plantarla es muy importante escoger una fuente de semillas apropiada. Si la semilla proviene de una zona seca posiblemente no crecerá bien en una zona húmeda, si es de una zona baja no crecerá bien a altitudes frías y viceversa.

2.2.3. Importancia de especie

Económica

Según CATIE (1997), citado por Solís y Moya (2004), *T. amazonia* tiene una amplia gama de usos comercializables: barcos, chapas, contrachapados, muebles, tornerías, mangos para herramientas, construcción en general, embalaje, papel, traviesas para ferrocarril, parquet, pisos, puentes, construcciones marinas, carrocerías, construcción de minas.

Ambiental

Para Montero y Kanninen (2005), el uso de especies nativas en los programas de reforestación es una actividad que toma auge día a día. *T. amazonia* ha generado mucho interés por su gran potencial de crecimiento, adaptabilidad a condiciones difíciles como colinas y planicies costeras, suelos rojos o amarillos, suelos lateríticos profundos, derivados de materiales aluviales o ígneos, atributo que la convierte en una especie clave para programas de reforestación.

Agroforestal

Solís y Moya (2004), indican que *T. amazonia* es utilizada en combinaciones con pasto – ganado y también se ha plantado asociado con café. En Costa Rica existen parcelas demostrativas asociada con frutales (*Averrhoa carambola*, *Persea americana*, *Diospyros discolor* y *Chrysophyllum cainito*). Los resultados fueron de crecimiento normal para los frutales, un estado sanitario satisfactorio y buen crecimiento para *T. amazonia* en comparación con parcelas de monocultivo o en condiciones de sombra en bosque secundario, similar a parcelas de asocio con maíz en sistema tipo “taungya”.

Construcción

Montero y Kanninen (2005), mencionan que la *T. amazonia* por su alta fortaleza y acabado atractivo tiene diversos usos en construcción pesada en general: pisos, armazones de barcos, puentes y durmientes para vías de ferrocarril, encofrados, pilotes, tarimas, pisos industriales, barriles y puertas.

Industrial

Solís y Moya (2004), indican que la corteza es rica en taninos y puede utilizarse en el curtido de pieles.

2.3. Método de propagación

2.3.1. Asexual

Hocker (1984), dice que la propagación asexual o vegetativa, es la capacidad que tienen algunos órganos vegetativos de regenerar parte de la planta y formar un nuevo individuo independiente, a través de la mitosis, ya que la planta posee los genes necesarios para su crecimiento y desarrollo. Aunque las especies que se propagan de esta manera, se encuentran limitadas al medio ambiente en el que están adaptadas.

Según Hartmann y Kester (1987), la mitosis ocurre en áreas específicas de la planta para originar el crecimiento, las cuales son: el ápice de los tallos y las raíces, el cambium y las zonas intercalares (bases de los entrenudos en plantas monocotiledóneas). Dicho proceso es básico para el crecimiento vegetativo normal de la regeneración y cicatrización de heridas, que hace posible la propagación vegetativa, a través de la multiplicación por estaca, injerto, acodo, separación y división. Esos métodos son importantes debido a que permiten la multiplicación a gran escala de una planta individual, en tantas plantas separadas como la cantidad de material paterno.

i. Ventajas de la propagación vegetativa:

Según Rojas et al. (2004), la propagación vegetativa es una técnica que ha adquirido gran importancia en la multiplicación y conservación de especies en peligro de extinción o amenazadas, principalmente de especies arbóreas tropicales. Con la propagación vegetativa se pretende:

- Valorar genéticamente el material vegetal, incluyendo estudios de interacción genotipo ambiente, manifestaciones juveniles y maduras de una misma característica, etc.

- Preservar genotipos y complejos genéticos en bancos clónales y arboretos.
- Acortar ciclos reproductivos para acelerar procesos de cruzamiento y prueba.
- Conservar genotipos superiores que determinan características genéticas favorables (resistencia a plagas y/o enfermedades, crecimiento, producción, calidad de frutos, tolerancia a condiciones extremas de humedad).

ii. Variantes de la propagación vegetativa:

Según Vásquez et al. (1997), la propagación vegetativa tiene tres variantes:

- **Propagación por partes vegetativas** como rizomas (plátano), estacas (la yuca, la caña), bulbos (la cebolla), tubérculos (papa), estolones (algunos pastos) y segmentos de órganos, como tallos y hojas.
- **Propagación por injertos** donde segmentos de una planta se adhieren a otra receptiva más resistente o de mejores características, por ejemplo en especies como caucho, cacao, cítricos, uva, se puede utilizar esta técnica.
- **Propagación in Vitro**, en la cual células o pequeñas partes de tejidos u órganos son cultivados en condiciones controladas de laboratorio.

Hartmann y Kester (1987), citan las principales técnicas de multiplicación vegetativas:

- a) Propagación: de embriones apomícticos, estolones e hijuelos.
- b) Acodado: de puntas, simple, trinchera, montículo, aéreo y compuesto.

- c) Separación: de bulbos y cormos.
- d) División: de rizomas, hijuelos, tubérculos, raíces tuberosas y coronas o collares.
- e) Estacas: de hoja, tallo (de madera dura, semidura, suave o herbáceos), raíz y de hoja con yemas.
- f) Injerto: de raíz, corona, copa o aéreo, por aproximación, yema, astilla, parche, canutillo, en “I” y en “T”.
- g) Micro propagación: cultivo de meristemos, cultivo de tejidos y cultivo de embriones.

A. Acodado

Para Hocker (1984), Hartmann y Kester (1987), Weaver (1990) y Baldini (1992), el acodado es un método de multiplicación vegetativa que estimula la formación de raíces adventicias en tallos adheridos a la planta madre. Aquí una descripción de tipos de acodado:

a. Acodo de punta

Hocker (1984), menciona que las puntas de las ramas son dobladas y enterradas en el suelo. El enraíce ocurre con rapidez en la punta de las ramas y al final de la misma estación las plantas están listas para extraerse.

b. Acodo simple

Hocker (1984), dice que el método consiste en doblar la rama hasta el suelo y cubrirla parcialmente con tierra o algún otro medio de enraíce, volviendo a doblar la punta de la rama y dejando descubierto el extremo terminal. Con frecuencia se hacen incisiones en la parte inferior de la rama. Puede emplearse un alambre para mantener al acodo en su lugar y

junto a la parte saliente de la rama se coloca una estaca vertical para mantenerla recta.

c. Acodo compuesto, serpentario o serpentino

Hartmann y Kester (1987), señalan que es semejante al acodado simple, excepto que la rama es cubierta y expuesta alternadamente a lo largo de su extensión, lo que favorece la obtención de varias plantas nuevas con una sola rama (madre); una vez enraizados los acodos o terminada la estación de crecimiento, se procede a seccionar la rama formada por los nuevos brotes y la porción que presenta las raíces. Se emplean ramas largas y flexibles.

d. Acodo en montículo o banquillo

Según Hartmann y Kester (1987), consiste en amontonar tierra en torno a las bases de los brotes jóvenes. Antes de iniciar el crecimiento vegetativo (estación de reposo) se corta la planta a unos centímetros del suelo. Cuando el tocón emite brotes y alcanzan una altura determinada se cubren con tierra para promover el enraizamiento, que al término del período de crecimiento se cortan y trasplantan como plantas nuevas.

e. Acodo en trinchera

Según Weaver (1990), consiste en colocar una planta entera en posición horizontal en el fondo de una trinchera, cubriéndola de tierra a medida que los brotes desarrollado emitan raíces adventicias. Primero se establecen las plantas madre con una inclinación de 30 a 45° respecto al terreno en el fondo de la trinchera, un año antes de comenzar el acodado. Para mantener a las plantas progenitoras en su lugar se usan estacas o pequeños pedazos de alambre doblado en forma de U.

f. Acodo aéreo

Según Weaver (1990), este acodado recibe los siguientes nombres: acodo chino, acodo de maceta, acodo en tiesto, circumposición, marcottage y gootee. Se emplea para propagar árboles y arbustos tropicales y subtropicales, en especial plantas ornamentales como las azaleas (*Rhododendron* spp.), magnolias (*Magnolia* spp.), higuera (*Ficus carica*) y acebos (*Ilex* spp.).

Weaver (1990), explica que primero se realiza el anillado (extracción de un anillo de corteza) en la rama, dependiendo de la especie; ésta acción se puede omitir y simplemente se realiza una incisión por debajo de la rama. Después se cubre la herida con algún medio de enraíce, que se envuelve con un material aislante para evitar la evaporación del agua, comúnmente se usan bandas o películas de polietileno, ya que reúne propiedades de alta permeabilidad a los gases (bióxido de carbono y oxígeno), baja transmisión del vapor de agua y durabilidad.

Para Weaver (1990), cuando el acodo ha desarrollado un buen sistema radical, se realiza la separación de los acodos, con un corte por debajo de las raíces, preferentemente cuando la planta se encuentra en reposo. El sistema radical es pequeño en proporción a la copa, por ello, es aconsejable realizar una poda ligera para equilibrar ambas partes, aunque no es necesario realizar dicha acción.

Según Weaver (1990), durante el procedimiento de acodado, se pueden aplicar hormonas reguladoras del crecimiento (auxinas) sobre la herida de la rama, ya que a través de dichas sustancias se promueve o incrementa la formación de raíces adventicias en la rama acodada. Algunas especies requieren de dos estaciones de crecimiento para tener un buen sistema

de raíces, es decir, requieren de dos años para que sus raíces lleguen a su madurez y estén listas para cumplir con su función de absorción y anclaje.

Ventajas y desventajas del acodo aéreo

Para Hocker (1984), el acodado es más exitoso que la multiplicación por estacas, debido a la rápida obtención de plantas de mayor tamaño en menor tiempo; debido a que la rama acodada no se separa de la planta, recibe nutrientes a través del xilema.

Según Hartmann y Kester (1987) y Blanco (1999), es un método fácil de realizar y económico que puede efectuarse a la intemperie a diferencia de las técnicas de micro propagación. Además, es un método útil para conservar y multiplicar determinadas características de la planta madre.

Hartmann y Kester (1987), aportan que entre las desventajas del método, es que existe mayor demanda de mano de obra, puede ser caro (comparado con otras técnicas tradicionales) y requiere de mayor tiempo para enraizar. Por esto último, las técnicas de micro propagación pueden reemplazar muchos procedimientos de acodado, debido a la rápida multiplicación.

B. Anillado

Blanco (1999), dice que el anillado consiste en remover un cilindro (anillo) de corteza del tallo, seguido de un ligero raspado para eliminar residuos de cambium. Noel (1970), citado por Alcántara (2001), propone que la mejor época para realizarlo es la estación de crecimiento activo, primavera.

Hartmann y Kester (1987), Weaver (1990) y Baldini (1992); afirman que a través del anillado se obstruye la translocación descendiente por el floema, de los fotosintatos (carbohidratos y

hormonas endógenas) provenientes de las hojas y ramas en desarrollo, estos materiales son acumulados por encima de la zona descortezada e inducen la formación de las raíces adventicias. En cambio Higdon y Westwood (1963), citado por Alcántara (2001), dicen que en algunas especies, basta con realizar el anillado para incrementar la emisión de raíces, sin aplicar reguladores del crecimiento.

Edad, diámetro, longitud y hojas de las ramas

Para Baldini (1992), la capacidad rizógena es afectada por la edad de los acodos, ya que en tallos de un año de edad en plantas jóvenes, la formación de raíces es mayor que en aquellos provenientes de plantas más maduras. Zobel y Talbert (1988), dicen que esto puede deberse a que los tejidos fisiológicamente maduros tienen menor capacidad rizógena, necesitan más tiempo para enraizar y producen menor cantidad de raíces que el material fisiológicamente joven.

Blanco (1999) y Alcántara (2001), manifiestan en varias investigaciones que los acodos de ramas adultas (madera vieja) presentan menor capacidad de formación de raíces adventicias y dificultad en el momento de realizar el trasplante, ya que las plantas son de mayor tamaño.

Ireta (1970), menciona que experimentando con el grosor de los acodos en *Litchi chinensis*, conforme aumenta el grosor de la rama se incrementa el número de raíces adventicias.

Blanco (1999), dice que situación similar ocurre en acodos de *Atriplex nummularia*, con diámetros mayores o iguales a 1 cm. Sin embargo, entre mayor sea el diámetro mayor es el tamaño de la rama y más difícil será el manejo de los acodos.

Para Hartmann y Kester (1987), la longitud de la rama es otra característica a considerar en el acodado, pues a mayor longitud es mayor el éxito en el enraizamiento del acodo; pero a medida que aumenta su tamaño se dificulta el trasplante del acodo.

Garner (1969) y Baldini (1992), afirman que las hojas realizan las funciones de fotosíntesis y respiración; además, son la fuente principal de abastecimiento de nutrimentos y hormonas del crecimiento, importantes para el enraizamiento. Por tanto, la base para el éxito del acodado aéreo es la presencia de hojas por encima del anillado o herida que conllevan al desarrollo vigoroso de raíces adventicias, pues la eliminación de yemas y hojas impide la formación de las raíces.

Weaver (1976), aduce que en la multiplicación por acodo aéreo se presenta una mejor respuesta al enraizamiento, debido a que los fotosintatos se traslocan a la rama acodada a través del floema, el cual queda intacto (arriba del anillado) e incrementa la formación de raíces.

B.1. Época de realización

Ramírez (2001), afirma que la época más exitosa para realizar el acodado aéreo es en primavera, tal es el caso del mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en el que se obtuvo el mayor porcentaje de enraizamiento, mientras que el acodado realizado en las estaciones de otoño e invierno no presentó enraizamiento.

Por otro lado Blanco (1999) y Alcántara (2001), dicen que en otras especies los resultados más satisfactorios se obtienen en la estación de verano, como ocurre con las especies *Atriplex nummularia*, *Morus alba* y *Ficus carica*.

B.2. Formación de callo

Hocker (1984), Margara (1988), Baldini (1992) y Blanco (1999), afirman que el callo es un tejido parenquimático cicatricial, que funciona como protección de una herida ante patógenos presentes en el ambiente, el cual presenta células no diferenciadas que pueden formar brotes y raíces iniciales. La formación del callo y la rizogénesis son procesos independientes.

Margara (1988), dice que la mitosis ocurre cuando se forma el callo en una parte herida de la planta y cuando se inician nuevos crecimientos en porciones del tallo o la raíz. El parénquima del callo está constituido de células nuevas que se dividen activamente en las superficies cortadas, como respuesta a una herida.

B.3. Proceso de rizogénesis

Baldini (1992), define a la rizogénesis como el proceso de organización de los iniciadores radiales (células del floema secundario, cambium y/o rayos parenquimatosos de leño) que se transforman en primordios radicales, éstos a su vez, crecen y atraviesan la corteza para salir al exterior como raíces adventicias, e interiormente se conectan con el sistema conductor (floemático y xilemático).

Alcántara (2001), propone que la formación de raíces adventicias es inducida por los cortes y la ausencia de luz, tanto de la corteza como de los haces vasculares, especialmente el floema, ya que se interrumpe la traslocación de nutrimentos y otros compuestos orgánicos (carbohidratos y hormonas reguladoras del crecimiento) que se acumulan cerca del punto de tratamiento y estimulan el enraizamiento por arriba del corte.

2.4. Medio de enraizamiento (sustrato)

Según Wright (1964), citado por Díaz (1991), una formación rápida de raíces ocurre en la mayoría de los casos cuando el sustrato es ligero, suelto, esterilizado, de temperatura templada y de humedad continua.

Según Hartman y Kester (1987), el medio de enraicé tiene tres funciones: mantenerlos en su lugar durante el enraizamiento, proporcionar humedad a las estacas y permitir la penetración del aire a la base.

Por otro lado Ramírez (2001), afirma que en la multiplicación por acodo aéreo en mezquite, empleando dos sustratos diferentes (musgo y aserrín) se determinó que el enraizamiento conseguido con ambos sustratos es semejante.

2.5. Sustancias reguladoras del crecimiento

Según Primo y Cuñat (1968), citado por Díaz (1991), afirman que los reguladores de crecimiento, hormonas vegetales o auxinas son sustancias elaboradas por la propia planta y en pequeñísima proporción controlan el crecimiento y otras funciones vitales de la misma.

Según Hartmann y Kester (1987), para la iniciación de raíces adventicias, algunas concentraciones de materiales que ocurren naturalmente tienen una acción hormonal más favorable que otras.

Hartmann y Kester (1987), afirman que los productos más utilizados para favorecer el enraizamiento son las auxinas sintéticas o ácidos orgánicos, tales como el ácido indolbutírico (IBA), el ácido naftalenacético (ANA) y en un menor grado el ácido indolacético (AIA). En razón a su actividad fisiológica se le ha dado el nombre de hormonas auxinas de síntesis, por analogía con las hormonas naturales, pero es preferible designarlas con el nombre de sustancias reguladoras de crecimiento.

Según Weaver (1976), los reguladores de las plantas se pueden definir como compuestos orgánicos (diferentes de los nutrientes) que, en

pequeñas cantidades, fomentan, inhiben o modifican de alguna forma cualquier proceso fisiológico vegetal. Varias clases de reguladores del crecimiento como las auxinas, citoquininas, gibberelinas, ácido abscísico y etileno influyen en la formación de raíces. De ellos, las auxinas son las que ejercen mayor efecto en la formación de raíces en los esquejes.

Auxinas: Según Rojas et al. (2004), existen varios tipos de auxinas, algunas son naturales y otras sintéticas. Se conocen al ácido indolacético (AIA), ácido naftalacético (ANA), ácido indolbutírico (AIB), 2, 4,-D y 2, 4,5-T. El ácido indol-3-acético o AIA es la más conocida, es una hormona natural que se produce en los ápices de los tallos, meristemas y hojas jóvenes de yemas terminales, de allí migra al resto de la planta en forma basipétala (de arriba para abajo) mediante un mecanismo activo, exhibiendo fuerte polaridad durante el transporte a través de las células del floema y del parénquima presente en el xilema; durante su circulación, la auxina reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo, manteniendo de esta forma la dominancia apical.

Citoquininas: Según Rojas et al. (2004), se encuentran en forma natural y sintética, las más conocidas son: zeatina, kinetina y benzil amino purina (BAP). Son producidas en las zonas de crecimiento, como los meristemas, en la punta de las raíces (zonas próximas del ápice) y son transportadas vía acropétala (de abajo hacia arriba), moviéndose a través de la savia en los vasos correspondientes al xilema desde el ápice de la raíz hasta el tallo o brote, estimulando la división celular en tejidos no meristemáticos. Las citoquininas, son inhibidoras de la rizogénesis a fuertes dosis; sin embargo, su presencia es positiva porque actúan en interacción con las auxinas en el papel que ellas ejercen sobre la desdiferenciación y sobre la división celular. Es importante realizar un justo equilibrio (auxinas/citoquininas > 1). Este equilibrio existe naturalmente en la mayor parte de los vegetales. Es igualmente importante su efecto de romper la latencia en yemas axilares.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la investigación

3.1.1. Ubicación y localización

El trabajo de investigación se desarrolló en el caserío La Unión, centro poblado Huarandoza, distrito de Huarango, provincia de San Ignacio, región Cajamarca. Con coordenadas de Latitud Sur 5° 17' 05" y de Longitud Oeste 78° 52' 02.21"; a una altitud de 550 msnm.

El distrito de Huarango limita por el sur con los distritos de Santa Rosa y Bellavista (provincia de Jaén), por el este con la cordillera oriental de los Andes, por el oeste con los distritos de Chirinos y San José de Lourdes, separados por los ríos Chinchipe y Chirinos; por el norte con la provincia de Bagua (Amazonas).

Las plantas seleccionadas para el trabajo proceden del caserío La Unión, con la finalidad de disminuir los cambios de los factores geográficos (altitud, topografía) y climáticos (temperatura, humedad, radiación, etc.) que podrían influenciar en los resultados entre las plantas de la misma especie.

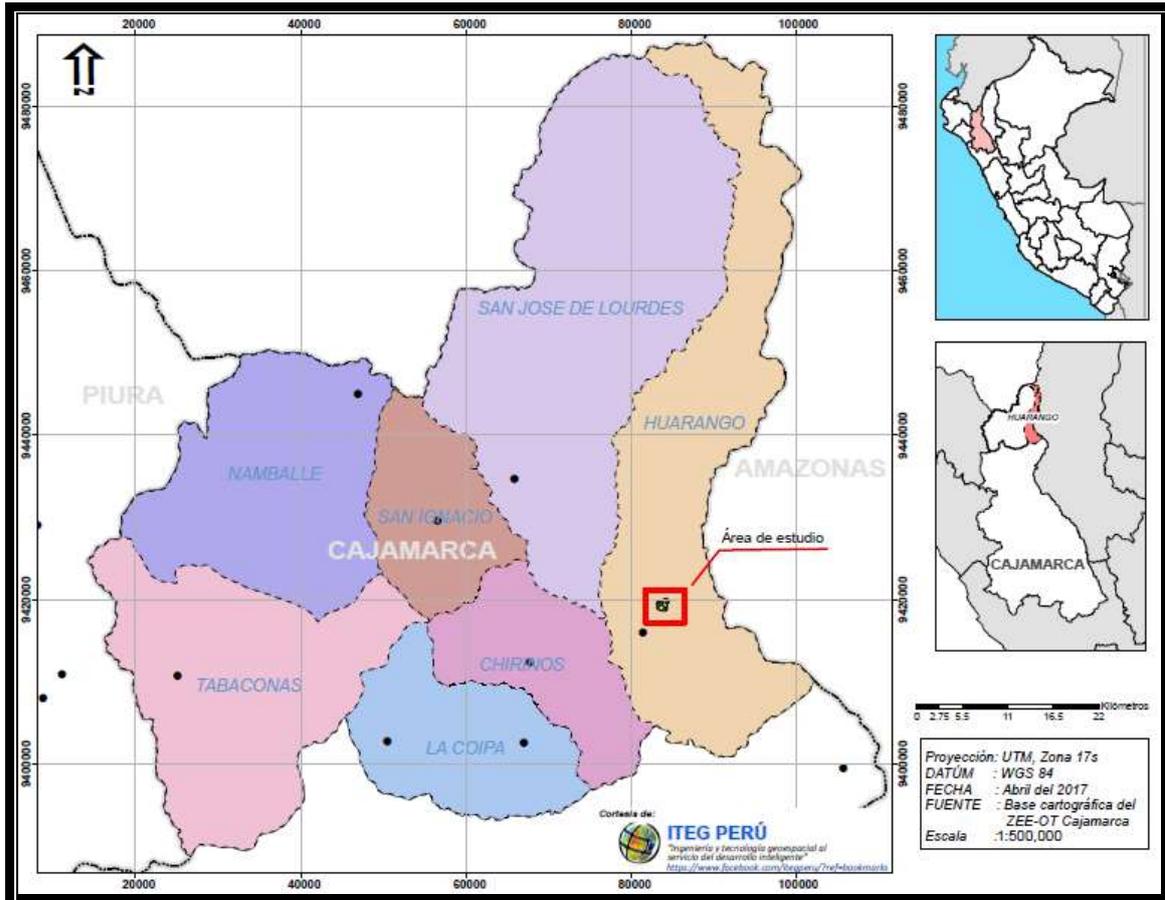


Figura 1. Mapa de ubicación del lugar de investigación

3.1.2. Accesibilidad

La ruta desde la ciudad de Jaén para acceder a la zona de estudio en vehículos motorizados, se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Accesibilidad a la zona de estudio

Rutas	Tipo de vías de acceso	Recorrido (km)	Tiempo (min)
<i>Prov. Jaén – C.P. Puerto Ciruelo</i>	Carretera asfaltada	63	60
<i>C.P. Puerto Ciruelo – Dist. Huarango</i>	Carretera	8	15
<i>Dist. Huarango – Cas. Diego Sánchez</i>	Trocha carrozable	10	20
<i>Cas. Diego Sánchez – Cas. La Unión</i>	Camino de herradura	1.5	30

El recorrido para el acodado desde la primera hasta la cuarta planta madre, es de 2 horas aproximadamente (camino peatonal). Las coordenadas de las plantas madres se muestran en la tabla 2 (Anexo 1).

Tabla 2. Coordenadas (UTM) de ubicación de las plantas madres utilizadas en el trabajo de investigación

PLANTA MADRE N°	ESTE	NORTE	ALTITUD (msnm)	DAP (cm)	ALTURA (m)
1	749271	9419925	611	60	25
2	749047	9420248	606	45	18
3	748982	9419785	618	41	20
4	748820	9418879	627	52	23

3.1.3. Características de la zona de estudio

A. Ecología de San Ignacio según zonas de vida

Tabla 3. Zonas de vida en la provincia de San Ignacio

Nomenclatura	Zona de vida	Ha	%
Bmh-PT	Bosque muy húmedo Premontano Tropical	76 143.63	15.28
Bh-MBT	Bosque húmedo Montano Bajo Tropical	49 630.95	9.96
Bp-MBT	Bosque pluvial Montano Bajo Tropical	1 348.15	0.27
Bh-T	Bosque húmedo Tropical (transicional a bosque muy húmedo Premontano Tropical)	25 845.02	5.18
Bp-MT	Bosque pluvial Montano Tropical	30 234.84	6.06
Bh-PT	Bosque húmedo Premontano Tropical	143 649.17	28.83
Bmh-MT	Bosque muy húmedo Montano Tropical	6 724.14	1.34
Bs-T	Bosque seco Tropical (transicional a bosque húmedo Premontano Tropical)	55 038.83	11.04
Bmh-MBT	Bosque muy húmedo Montano Bajo Tropical	93 220.02	18.71
Bms-T	Bosque muy seco Tropical	16 334.29	3.27
Total		498 169.08	100.00

Fuente: Holdridge (1972)

Según la clasificación de Holdridge (1972), la provincia de San Ignacio en la cuenca del río Chinchipe cuenta con ocho zonas de vida y dos zonas de transición (Tabla 3). Esta clasificación fue realizada por el Instituto Nacional De Recursos Naturales (INRENA, 1995).

B. Precipitación de la zona

Según Llerena et al. (2010), la zona presenta una precipitación promedio de 800 mm/año, con una temperatura promedio anual de 25 °C que alcanza la máximas de 32 °C. Las condiciones climáticas son favorables para la zona que presenta franjas de tierra con buena aptitud agrícola, aprovechadas principalmente para el cultivo de arroz mediante infraestructura de riego menor; así como también para las actividades pecuarias.

C. Cobertura vegetal y uso actual de la tierra

Para el Gobierno Regional de Cajamarca (2011), en el distrito de Huarango se encuentran:

Tierras con cultivos agrícolas y vegetación arbustiva

Se encuentran cubiertos por cultivos agrícolas y vegetación arbustiva con 50% cada uno respectivamente. Esta asociación se encuentra distribuida en extensiones variables, sobre todo en aquellas áreas donde se ha ampliado la frontera agrícola y está ocupando un paisaje heterogéneo de relieve mayormente ondulado. Los cultivos agrícolas son propios de cada zona y ambiente ecológico, mientras que la vegetación arbustiva está constituida por arbustos diversos que se cubre de verde y tiene mayor densidad durante la época de lluvias. Esta asociación juntos con otros distritos de similares características, ocupan una extensión de 243,314.95 ha, lo cual representa el 7.38% de toda la región Cajamarca.

Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escasa y afloramientos rocosos

Se trata de la asociación más grande en toda la región, ocupada por vegetación arbustiva (50%) más tierras de escasa vegetación y afloramientos rocosos (50%). Esta asociación se encuentra distribuida en grandes extensiones, ocupando preferentemente las zonas altas del territorio de la mayoría de las provincias de la región Cajamarca. La vegetación arbustiva está constituida por arbustos diversos bastante densos, sobre todo durante el periodo de lluvias; mientras que el resto de las unidades están cubiertos por escasa vegetación con presencia de afloramientos rocosos. Esta asociación junto con otros distritos de similares características ocupa una extensión de 518,361.37 ha, lo cual representa el 15.73 % de toda la región Cajamarca.

C.1. Actividad agrícola

Según el Gobierno Regional de Cajamarca (2011):

En cuanto a la producción agrícola, ésta se distribuye en 8 localidades del distrito, siendo el cultivo de mayor expansión el arroz con 6800 ha, seguido por el café con 3200 ha, maíz amarillo 3000 ha, maíz amiláceo 3000 ha, pasturas 2916 ha, frutas y cacao 4400 ha y otras tierras 803 ha.

Arroz

El arroz es de gran importancia económica provincial en los últimos años y viene incrementando sus áreas de cultivo en la zona, se siembra en las partes bajas, en áreas bajo riego. Aunque también se cultiva arroz de secano generalmente para autoconsumo. Una finca en zona baja puede tener: arroz, ganadería, maíz amarillo, soya y pastos cultivados.

Café

El producto de mayor importancia relativa es el café: según la agencia Agraria de San Ignacio, sólo en la provincia de San Ignacio, en el año 2004 se encontraban en producción 26,923 has de cafetales que produjeron 16,152 TM de café. La importancia del cultivo es pareja en los 7 distritos de la provincia. Buena parte de la producción, cuenta con certificación orgánica. El café procedente de Jaén y San Ignacio es aproximadamente el 10% de la producción nacional.

El café es el producto de mayor importancia para la economía de la zona, y su importancia en el ámbito macro regional es medio – alta. Las fincas de café tienen diferentes combinaciones de productos dependiendo de las condiciones de sitio:

- Café asociado con plátano, guabas, naranjas, pastos cultivados, carne.
- Café, paca, plátano, granadilla, pastos cultivados.
- Café, granadilla, pastos cultivados, trigo, producción lechera.

Existen pequeñas asociaciones de productores de café integradas por entre 10 a 20 productores, que siembran de 1 ha hasta 2 ha de café. No cuentan con asistencia técnica; las plantaciones muestran bajos rendimientos promedio de 10 qq/ha debido también a otros problemas como el de plantaciones de diversas edades en una misma parcela y un inadecuado manejo de micro elementos en el suelo, aspectos que influyen tanto en el rendimiento como en la calidad de café.

Cacao

La mayor parte se vende localmente a acopiadores, otra parte se procesa como cacao y pequeñas cantidades se procesan artesanalmente para chocolate de taza.

Las fincas de Cacao son bastante diversificadas:

- Arroz, yuca, cacao, plátano, papaya, limón, crianza de res, cuy.
- Café, arroz, cacao, pastos cultivados.
- Café, naranjas, guabas, cacao, zapote, caña.

Los ingresos del cacao representan menos de 50 % de los ingresos totales. El cacao es un cultivo perenne y bajo sombra; donde se cultiva el cacao hay menor pérdida de suelo. Para las organizaciones cafetaleras, trabajar también con cacao es una buena alternativa, porque aprovechan contactos de comercialización, bajan costos de administración y comercialización. Cambiar cafetales de zonas bajas (menos de 1,000 msnm = mala calidad) por cacaotales de calidad, es una buena estrategia que algunos están incentivando.

3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

Ramas terminales de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell.

3.2.2. Materiales de campo

Escaleras, tijeras de podar, plásticos de polietileno transparente y oscuro, palana, wincha, pico, zaranda, manguera, saco de yute, hilo nylon, cuchillo, guantes, balde, paja rafia, cinta métrica, pinzas, brocha, cordel, martillo, malla metálica (de ¼”).

3.2.3. Materiales de laboratorio

Auxina AIB (ácido indol-3-butírico) a una concentración de 200, 500 y 1000 ppm, agua destilada, fungicida (Rizhalex), matraz Erlenmeyer, vaso de precipitación, pipeta, bagueta, probeta.

3.2.4. Material de escritorio

Computadora, libreta de notas, papel A4, plumón indeleble, cinta adhesiva, lapicero, lápiz, impresora.

3.2.5. Otros

Suelo forestal, espátula, GPS, cámara fotográfica, algodón, alcohol etílico, refrigeradora, balanza electrónica.

3.3. Metodología

3.3.1. Trabajo de laboratorio

La solución madre de AIB (ácido indol-3-butírico) tuvo una concentración de 11 mg/L.

Para la aplicación de los tratamientos se preparó 3 dosis de AIB y un Testigo; utilizando la siguiente fórmula:

$$V_1C_1 = V_2C_2$$

Donde:

- V_1 : Volumen 1
- V_2 : Volumen 2
- C_1 : Concentración 1
- C_2 : Concentración 2

Obteniéndose las dosis mostradas en la tabla 4.

Tabla 4. Cantidad de auxinas utilizadas en cada uno de los tratamientos

Tratamiento	Concentración de Auxina (ppm)	Auxina (ml)	Agua destilada (ml)	TOTAL (ml)
T1	200	18.18	981.82	1000
T2	500	45.45	954.55	1000
T3	1000	90.91	909.09	1000
T4	0	0.00	1000.00	1000

Según la tabla 4, se tomó una cantidad de auxinas (Fotos 1 y 2) y su complemento en agua destilada hasta completar un 1 litro (1000 ml), para cada uno de los tratamientos. Posteriormente se agitó fuertemente con el fin de lograr una homogenización en su mezcla. Seguidamente se puso en refrigeración a 0 °C, durante 24 horas para posteriormente transportarla al campo de ejecución del trabajo de acodado.



Foto 1 y 2. Dosificación de los tratamientos con auxinas y agua destilada

3.3.2. Trabajo de campo

a. Selección de la planta madre

Se seleccionaron 4 árboles plus mediante la realización de un inventario (Anexo 1), los cuales mostraron abundante ramificación, ausencia de enfermedades y/o plagas. Se descartaron aquellas ramas picadas por insectos o con presencia de pudrición parcial o total. Se procuró que éstas se encuentren cercanas entre sí, para tener un mayor control de cuidado, visualización y evaluación de las mismas.

b. Descripción del material vegetativo

La parte del árbol seleccionada para el acodado correspondió específicamente a tallos de 60 cm de longitud aproximadamente, ubicados en el extremo terminal o apical de las ramas de la planta madre.

Para cada tratamiento se realizó 15 acodos aéreos (unidades experimentales) haciendo un total de 60 acodos.

c. Desinfección de herramientas de corte

Se remojó el algodón con el alcohol y se las frotaron a las navajas a utilizar, por toda la hoja de corte, de tal forma que se desinfectaron las navajas utilizadas en la incisión, con alcohol etílico al 96%.

d. Medio de crecimiento

Sustrato (suelo forestal): Fue extraído del bosque donde se encontraban los árboles madre de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell. El sustrato fue transportado en sacos de polietileno hasta las instalaciones habilitadas para su preparación. Se zarandó para retirar piedras o cuerpos ajenos al medio que

provoquen sobrecalentamiento (y por consiguiente evaporación) o lesión de las partes vegetativas.

e. Preparación del sustrato para el enraizamiento

Para cada tratamiento y su respectiva planta, se humedeció el sustrato con la solución de las auxinas (de 200; 500 y 1000 ppm respectivamente) y con la solución testigo (sin auxinas); además se desinfectó el sustrato con una solución del fungicida Rizholex a una concentración de 0.3% ml agregado a cada solución de los tratamientos (Foto 3 y 4).



Fotos 3 y 4. Purificación y desinfección del sustrato con una solución del fungicida Rizholex y auxinas

f. Incisión para realizar el acodo

Con una navaja de injertar se realizó una incisión circular de 3.5 cm de ancho aproximadamente en las ramas seleccionadas para los acodos aéreos.

Este procedimiento se realizó en ramas con un diámetro aproximado de 1.5 cm (base de la incisión), donde primero se desprendió la corteza (epidermis) con la finalidad de dejar el xilema directamente en contacto con el medio exterior. El material de la planta madre se manejó con prontitud y cuidado para evitar

daños que puedan obstaculizar su enraizado. Se evitó la incidencia directa de la luz solar sobre la incisión generada por el corte, mediante sombra generada por el proyectista evitando causar secamiento de las partes acodadas al momento de aplicar el procedimiento de incisión.

g. Aplicación de los tratamientos

Después de retirar la epidermis (corteza) para el acodado en las ramas, se procedió a colocar las auxinas (a una concentración de 200 ppm, 500 ppm y 1000 ppm según sea el tratamiento (sin tratamiento para el testigo), tal como se muestra en la tabla 5) en estado líquido, con algodón, directamente sobre el tallo expuesto (sin epidermis), por única vez, empapándolo completamente por todo el contorno. Seguidamente, a todos los tratamientos se cubrió el acodo aéreo con el sustrato (Fotos 5 y 6). Posteriormente se cubrió con capas de polietileno transparente y oscura, de medida variable según el tamaño del acodado (Fotos 7 y 8). Se hizo un amarraje en cada extremo en cada uno de los acodos.



Fotos 5 y 6. Sustrato húmedo con la solución de las auxinas (y fungicida) logrando su deformación manual y adherencia a la rama sin disgregarse



Fotos 7 y 8. Visualización del sustrato del acodado con bolsa de polietileno transparente y oscuro

h. Evaluación de los acodos aéreos

Para su registro, se observaron a simple vista los cambios presentados en la sección de cada acodado, ya sea aparición de callo, acodos muertos, no enraizados, o acodos enraizados. Por cada raíz aparecida visualmente en el acodado, se consideró un acodo enraizado.

i. Diseño estadístico

Los tratamientos correspondieron a cuatro (4) tipos de concentración de la auxina ácido indol-3-butírico, incluyendo el testigo, y un (1) tipo de sustrato; conformando una estructura factorial de (4*1), para un total de 4 tratamientos o combinaciones.

Se aplicó un diseño completamente randomizado (DCR). Se utilizaron dos factores: un factor 'A' con un nivel de intervención y el otro factor 'B' con cuatro niveles de intervención (incluyendo el testigo).

Factor A: Sustrato (compuesto por 1 nivel: suelo forestal).

Factor B: Ácido indol-3-butírico (compuesto por 4 niveles: Tres dosis de AIB y un testigo).

Para el procesamiento de datos se realizó un diseño experimental para comprobar el efecto de las intervenciones o aplicaciones de los dos factores.

Tabla 5. Tratamiento, auxina y cantidad de acodos por planta

TRATAMIENTO	PLANTA N°	AUXINAS (ppm)	N° ACODOS
T1	1	200	15
T2	2	500	15
T3	3	1000	15
T4	4	TESTIGO	15

Las ramas acodadas fueron tomadas al azar en cada planta madre, haciendo un total de 60 acodos aéreos realizados.

3.3.3. Trabajo de gabinete

A. Procesamiento de datos

Evaluación y monitoreo del enraizamiento del acodado de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell

Las variables como acodos enraizados (AE), acodos con callo (AC), acodos muertos (AM) y acodos no enraizados (ANE), se monitorearon cada 2 semanas.

La evaluación de las variables número de raíces por tratamiento (NRT), número de raíces por acodo (NRA), longitud de raíces por acodo (LRA), ancho del acodado (AA) y diámetro a la altura de la base del acodado (DA), se realizó al final de la investigación (semana 16).

B. Procesamiento de la información

El análisis estadístico de los datos obtenidos en campo se realizó con el programa Excel 2013, aplicando análisis de varianza (ANVA), la correlación lineal (de Pearson) y polinómica (de orden 2), con el objeto de evaluar los diferentes tratamientos y su incidencia en el desarrollo de los acodos aéreos. Además, se realizó pruebas de significancia estadística de los datos obtenidos en los resultados, usando la prueba de TUKEY y STUDENT.

a. Modelo estadístico asociado al diseño:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta asociada a la ijk - ésima unidad experimental.

μ = Efecto de la media general.

A_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor "A".

B_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor "B".

AB_{ij} = Interacción del i -ésimo nivel del factor "A" con el j -ésimo nivel del factor "B".

ϵ_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

b. Análisis de varianza

Hipótesis:

$H_0: A_i = 0$ contra; $H_a: \text{No todos los } A_i = 0$

$H_0: B_j = 0$ contra; $H_a: \text{No todos los } B_j = 0$

$H_0: (AB)_{ij} = 0$ contra; $H_a: \text{No todos los } (AB)_{ij} = 0$

Tabla 6. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	CM	FC
Tratamientos	ab-1	$SC_{Tratamientos}$	SC_{Trat}/gl_{Tra}	CM_{Trat}/CM_{ee}
A	a-1	SC_A	SC_A/gl_A	CM_A/CM_{ee}
B	b-1	SC_B	SC_B/gl_B	CM_B/CM_{ee}
AB	(a-1)(b-1)	$SC_{Tratamientos}-SC_A-SC_B$	SC_{AB}/gl_{AB}	CM_{AB}/CM_{ee}
ERROR	ab(r-1)	$SC_{Total}-SC_{Tra}$	SC_{ee}/gl_{eee}	
TOTAL	rab-1	$SC_{Totales}$		

Fuente: Álvarez y González (2000).

Si: $F_{cal.} > F_{(0.05)}$: se dice que la prueba es significativa; esto se representa en el ANVA con un asterisco (*) colocado en la parte superior derecha del valor del cuadrado medio (CM) de tratamientos.

Si: $F_o < F.t$: no hay significancia estadística.

También se determinó:

- Porcentaje de acodos enraizados (AE).
- Porcentaje de acodos con callo (AC).
- Porcentaje de acodos muertos (AM).
- Porcentaje de acodos no enraizados (ANE).
- Número de raíces por tratamiento (NRT).
- Número de raíces por acodo (NRA).
- Longitud de raíces por acodo (LRA) en mm.
- Ancho del acodado (AA) en cm.
- Diámetro a la altura de la base del acodado (DA) en mm.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 7. Resultados de los tratamientos y su incidencia en las variables acodos enraizados (AE), acodos con callo (AC), acodos muertos (AM) y acodos no enraizados (ANE) de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell

VARIABLES	TRATAMIENTOS (ppm)			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
	200	500	1000	Testigo
AE	2	5	6	1
AC	0	8	11	3
AM	1	1	1	4
ANE	1	6	3	2

4.1. De acuerdo al tratamiento

4.1.1. Tratamiento N° 1 (T₁ - 200 ppm)

Tabla 8. Resultado de las variables en el acodado de *Terminalia amazonia* con 200 ppm de AIB

VARIABLES	CANTIDAD	%
AE	2	13.3
AC	0	00.0
AM	1	6.70
ANE	1	6.70

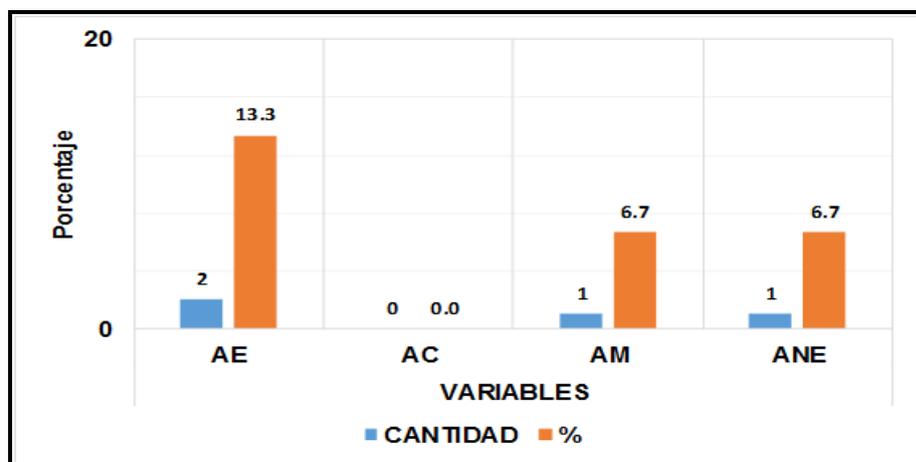


Figura 2. Cantidad y porcentaje de las variables en el acodado de *Terminalia amazonia* con 200 ppm de AIB

En la tabla 8 y la figura 2, se observa que de los 15 acodos realizados para el tratamiento de 200 ppm: los acodos enraizados (AE) son de 13.3% (2 acodos); los acodos no enraizados (ANE) y los acodos muertos (AM) alcanzan el mismo porcentaje con 6.7% (1 acodo). Sin embargo, no se obtuvieron acodos con callo (AC), siendo el único valor faltante de esta variable, a diferencia del resto de tratamientos experimentales.

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de 200 ppm y el testigo para la variable AE y AC (Anexo 7). La diferencia entre los promedios de los tratamientos de 200 ppm y el testigo no supera a las Amplitudes Límites de Significación de TUKEY (ALS (τ)), según la prueba de significancia de Tukey, por lo que no es significativo un tratamiento sobre el otro (200 ppm no es superior al tratamiento de 0 ppm a un nivel de confianza del 95%), contrario aún, existe la probabilidad del 5% que ambos tratamientos sean iguales o que produzcan el mismo efecto.

Los resultados obtenidos en esta investigación con relación a los AE (13.3%), difiere a lo reportado por Hidalgo (1996) al realizar un estudio de propagación mediante acodos aéreos de *Terminalia amazonia* donde el porcentaje de sobrevivencia fue del 90% utilizando la misma concentración de AIB (200 ppm); sin embargo, el proceso de ejecución fue similar ya que la investigadora cubrió el corte con musgo donde remojó con un algodón el tejido expuesto con dicha solución, y envolvió con papel aluminio, sellando los extremos. En ese sentido, es importante destacar que quizá el 90% que obtuvo se deba a que utilizó árboles de 2 años de edad que provenían de un vivero instalado donde pudo manejar las condiciones ambientales y de crecimiento de los árboles, a diferencia del acodado realizado en el presente trabajo, donde los árboles madre tenían varios años de edad y sin ningún tipo de manejo silvicultural.

De acuerdo con Albany et al. (2004) al realizar el acodo aéreo, comúnmente se desprende un anillo de corteza que en *Psidium guajava*

tiene la desventaja que al producir una herida se promueve la multiplicación de células diferenciadas (células parinquemáticas; masa de callo) hasta llegar a cubrir la zona cortada, uniendo de nuevo el sistema conductor de fotoasimilados, lo que retrasa el procesos de enraizamiento. En ese sentido, Calderón (1992) indicó que el callo formado debe eliminarse del anillo, para que se induzca el enraizamiento; sin embargo, este procedimiento resulta laborioso (debido a la difícil accesibilidad a las ramas acodadas) y peligroso, ya que perdería el microclima generado, provocando resequedad en el sustrato, contaminación con cualquier agente patógeno, pérdida de la firmeza del sustrato o caída del sustrato. La nula formación de callo en este tratamiento probablemente tuvo un efecto antagónico para la generación de raíces en la zona acodada.

4.1.2. Tratamiento N° 2 (T2- 500 ppm)

Tabla 9. Resultado de las variables en el acodado de *Terminalia amazonia* con 500 ppm de AIB

VARIABLES	CANTIDAD	%
AE	5	33.3
AC	8	53.3
AM	1	6.7
ANE	6	40.0

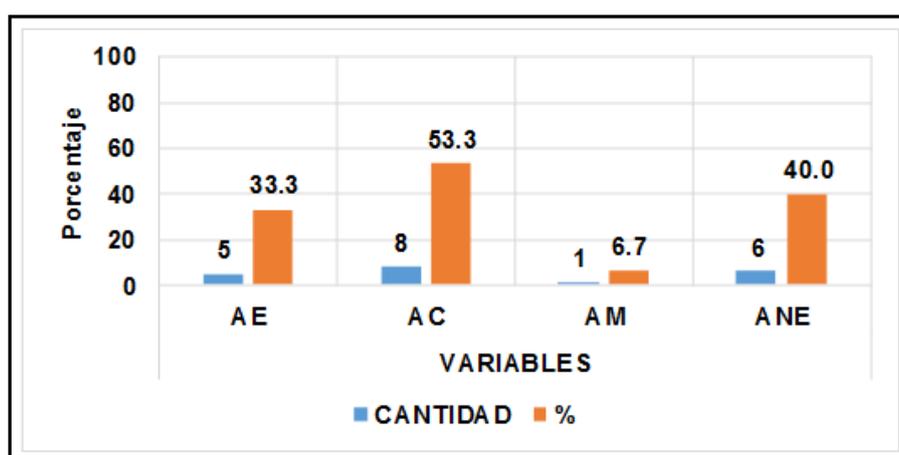


Figura 3. Cantidad y porcentaje de las variables en el acodado de *Terminalia amazonia* con 500 ppm de AIB

La tabla 9 y figura 3, muestra que los AE alcanzan un 33.3%; es decir, de los 15 acodos practicados, sólo 5 pudieron enraizar con el tratamiento de 500 ppm de AIB. Los acodos con callo (AC) alcanzaron 53.3% (8 unidades) y los AM 6.7% (1 unidad). ANE obtuvo un porcentaje de 40% correspondiendo a 6 unidades.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos para la variable AE y AC (Anexo 7). Según la prueba de Tukey (estadístico de nivel de significancia de tratamientos) hay superioridad del tratamiento 500 ppm sobre el tratamiento 200 ppm, al nivel de confianza del 95%. Es decir, el tratamiento de 500 ppm (con 5 AE y 8 AC) es superior al tratamiento de 200 ppm (2 AE).

La diferencia entre los promedios de los tratamientos 1000 y 500 ppm no supera a las Amplitudes Límites de Significación de TUKEY ($ALS_{(T)}$), según la prueba de significancia de Tukey, por lo que no es significativo un tratamiento sobre el otro (1000 ppm no es superior al tratamiento de 500 ppm a un nivel de confianza del 95%), contrario aún, existe la probabilidad del 5% que ambos tratamientos sean iguales o que produzcan el mismo efecto.

En concordancia con Ramírez et al. (2004), citado por Sánchez et al. (2009) menciona que para estimular el enraizamiento de los acodos, existen diferentes tratamientos aplicados al tallo, entre otros la realización de heridas, estrangulamiento o la eliminación de un anillo de la corteza de las ramas (anillado). Con la utilización de éstas técnicas se produce la interrupción de la traslocación acrópeta y basípeta de los compuestos orgánicos, carbohidratos, auxinas y otros factores del crecimiento, que se mueven a través del floema, lo cual favorece el enraizamiento de la rama que se encuentra unida a la planta. No obstante, de acuerdo con Hartmann y Kester (2001) la ausencia de luz en la zona donde se formarán las raíces, la aplicación de reguladores del crecimiento tipo auxinas (ácidos indolbutírico-AIB y naftalenacético-ANA) y la utilización de un sustrato que suministre humedad continua y

temperatura moderada, son otros factores que favorecen el enraizamiento. En el presente trabajo se alcanzó el 40% de ANE con el tratamiento de 500 ppm de AIB, siendo la cantidad más elevada en comparación con los otros tratamientos, quizá debido a la concentración del tratamiento, tipo de auxina, ubicación fenotípica del acodado, entre otros, lo cual pudo generar un acondicionamiento favorable para la rama acodada de tal manera que pudo mantener su permanencia y supervivencia en la planta madre.

4.1.3. Tratamiento N° 3 (T3- 1000 ppm)

Tabla 10. Resultado de las variables en el acodado de *Terminalia amazonia* con 1000 ppm de AIB

VARIABLES	CANTIDAD	%
AE	6	40.0
AC	11	73.3
AM	1	6.7
ANE	3	20.0

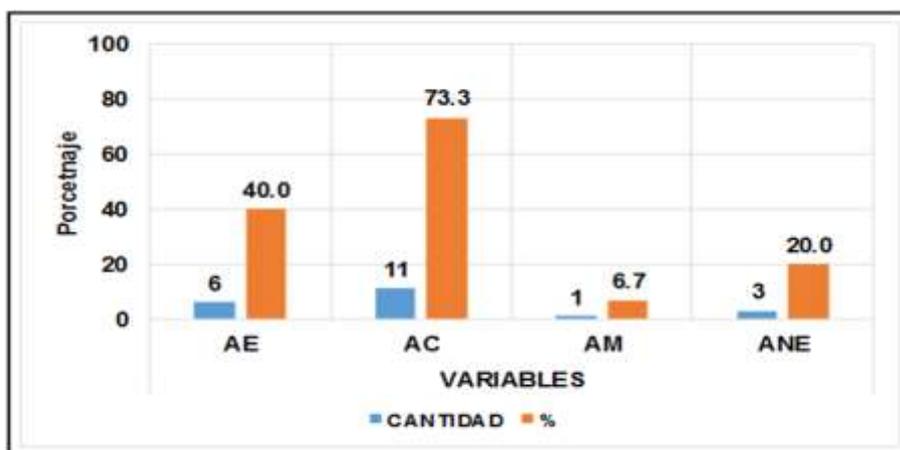


Figura 4. Cantidad y porcentaje de las variables en el acodado de *Terminalia amazonia* con 1000 ppm de AIB

Según la tabla 10 y figura 4, el porcentaje de enraizamiento máximo alcanzado para los 15 acodos (AE) en el tratamiento de 1000 ppm es de 40% equivalente a 6 acodos. Esto es superior al resto de tratamientos vistos anteriormente (T1 y T2) y al Testigo. Se aprecia también que los AC alcanzan el 73.33% equivalente a 11 acodos, tal vez debido al grado de estimulación de mayor concentración de AIB

realizado en este trabajo. Se detectó también 3 AM (20%) y 1 ANE (6.7%).

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos para la variable AE y AC (Anexo 7). Según la prueba de Tukey (estadístico de nivel de significancia de tratamientos) hay superioridad del tratamiento 1000 ppm sobre el tratamiento 200 ppm y sobre el testigo, al nivel de confianza del 95%. Es decir, el tratamiento de 1000 ppm (con 6 AE y 11 AC) es superior al tratamiento de 200 ppm (2 AE y 0 AC) y sobre el testigo (1 AE y 3 AC).

Es quizá debido a ello que el presente tratamiento de 1000 ppm de AIB, el más elevado, haya generado la estimulación y crecimiento de raíces en la parte acodada logrando alcanzar 6 AE que representan el 40% de las 15 ramas acodadas; sin embargo, está lejos de alcanzar lo reportado por Mata y Rodríguez, 1990; donde con la aplicación de 5000 mg·kg⁻¹ de AIB se lograron un 100% de enraizamiento de acodos aéreos de guayabo (*Psidium guajava*) en México. Mientras que en Venezuela, con una dosis de 5000 mg·kg⁻¹ de ANA se indujo un 96% de acodos aéreos enraizados (de *Psidium guajava*) y la utilización como sustrato de abono de río más espuma fenólica produjo un enraizamiento del 92% (Vilchez et al. 1996). A la vez, Ljung et al. (2005), manifiestan que las auxinas son un grupo de fitohormonas que funcionan como reguladoras del crecimiento, provocando el crecimiento por división o elongación de las células, participan activamente en el desarrollo de la raíz embrionaria y postembrionaria, así como también en el gravitropismo. Pueden ser sintetizadas en las partes aéreas de la planta o en los ápices de las raíces primarias y secundarias. Para Blilou et al. (2005), en todas las especies estudiadas hasta ahora, la inhibición del transporte de auxinas conduce rápidamente a una disminución en el crecimiento de la raíz primaria.

En 16 semanas que duró el presente trabajo, se alcanzó un 40% de AE utilizando 1000 ppm de AIB lo que difiere de Gonzales et al. (2001), que en seis semanas reportó un 74% de AE de *Psidium guajava* con 4000 mg.L⁻¹ de ácido naftalenoacético y se asemeja a lo reportado por Vilchez et al. (2004), que en cinco semanas logró entre el 25% y 40% de AE (*P. guajava*). Mientras que Sánchez et al. (2009), en once semanas solo alcanzaron 17 y 18% para las variantes Rojo y Blanco respectivamente (de *P. guajava*). Concordando con los mismos investigadores, los resultados evidencian que el genotipo y la condición fisiológica de los tejidos de las ramas utilizadas, tuvieron un papel determinante en la inducción del enraizamiento de los acodos aéreos de guayabo; sin descartar el manejo y la localidad de donde se realizaron los experimentos.

4.1.4. Tratamiento N° 4 (T4 - Testigo)

Tabla 11. Resultado de las variables en el acodado de *Terminalia amazonia* con 0 ppm de AIB

VARIABLES	CANTIDAD	%
AE	1	6.7
AC	3	20
AM	4	26.7
ANE	2	13.3

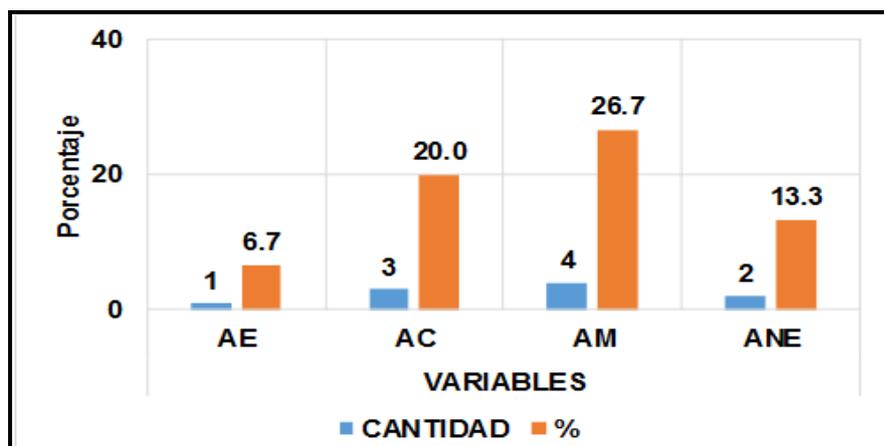


Figura 5. Cantidad y porcentaje de las variables en el acodado de *Terminalia amazonia* con 0.00 ppm de AIB

Con respecto al testigo, la figura 5 muestra la existencia de 1 AE (6.7%) siendo el menor valor del total de tratamientos realizados. También identifica que los AM duplicaron a los ANE siendo 26.67 y 13.33 % respectivamente (equivalente a la cantidad de 4 y 2 acodos) tal como se muestra en la tabla 11. Esto muestra la más alta incidencia de mortalidad de acodos (4 en total) para el testigo sin tratamiento alguno; sin embargo, los AC alcanzaron el 20% (3 acodos).

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos para la variable AE y AC (Anexo 7). La diferencia entre los promedios de los tratamientos del testigo y 500 ppm no supera a las Amplitudes Límites de Significación de TUKEY (ALS (τ)), según la prueba de significancia de Tukey, por lo que no es significativo un tratamiento sobre el otro (0 ppm no es superior al tratamiento de 500 ppm a un nivel de confianza del 95%), contrario aún, existe la probabilidad del 5% que ambos tratamientos sean iguales o que produzcan el mismo efecto.

Al respecto, Sánchez et al. (2009), utilizó variantes de guayabo (*Psidium guajava* L.) de meso y endocarpio Blanco y Rojo, de siete años de edad y como sustrato para el enraizamiento utilizó una mezcla de viruta de coco y espuma fenólica rayada en proporción 1:1; en la cual obtuvo 20.8% de AE para el testigo y no encontró diferencias estadísticas con el tratamiento de 6000 mg·Kg⁻¹ de AIB que logró solo el 25% de AE, manifestando que probablemente el nivel endógeno de auxinas no fue suficiente para promover el desarrollo de raíces, además del factor genético presente en las variantes utilizadas ya que preliminarmente en otras variantes de guayabo de la misma zona y con concentraciones superiores, hubo una mayor respuesta del enraizamiento de los acodos, sin restarle importancia a otros factores como por ejemplo el tipo de regulador, la concentración, el sustrato, la forma de aplicación y el tipo de rama (de acuerdo a su ubicación y lignificación).

El testigo con 0 ppm de AIB en esta investigación alcanzó solo el 6.7% de AE en dieciséis semanas difiriendo a los reportado por Vilchez et al. (2004), que logró en cinco semanas entre el 25% y 40% de AE (de *Psidium guajava*) sin la aplicación de reguladores de crecimiento.

4.2. De acuerdo a la variable

4.2.1. Acodos enraizados (AE)

Tabla 12. Resultado de los acodos enraizados de *Terminalia amazonia* para cada tratamiento

TRATAMIENTO	AUXINAS (ppm)	CANTIDAD	%
T1	200	2	13.3
T2	500	5	33.3
T3	1000	6	40.0
T4	0	1	6.7

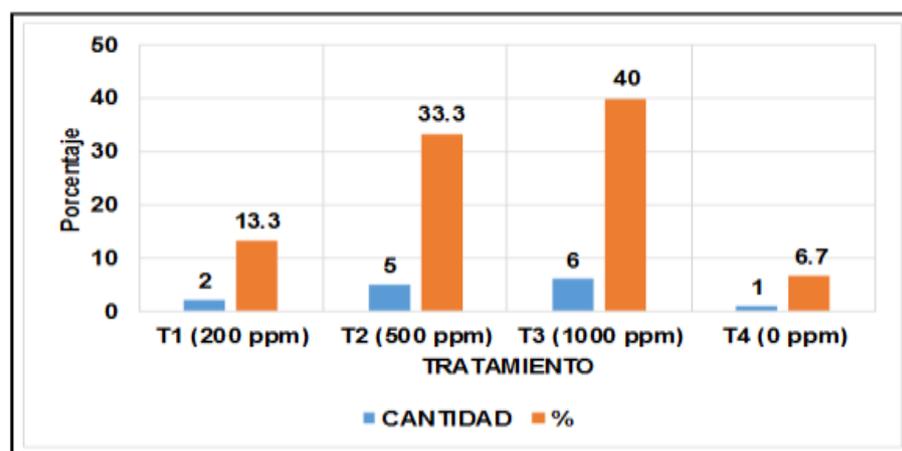


Figura 6. Cantidad y porcentaje de los acodos enraizados de *Terminalia amazonia* para cada tratamiento

Según la tabla 12 y figura 6, el 40% de acodos enraizados (AE) corresponden al tratamiento de 1000 ppm, mientras que los tratamientos de 500 y 200 ppm, lograron un 33.3 y 13.3% respectivamente de AE (Foto 9 y 10), siendo el testigo (0 ppm) el que alcanzó el menor porcentaje de enraizamiento con 6.7%. La cantidad de AE en los 4 tratamientos fue de 14 acodos, de los cuales, 6 AE son del tratamiento de 1000 ppm (T3) que representa el

42.9%. A la vez, de los 60 acodos realizados en total (para los 4 tratamientos), estos 6 AE representa el 10% del total.

Foto 9. Acodo enraizado N°11 para el tratamiento de 200 ppm de AIB



Foto 10. Acodo enraizado

El resultado promedio obtenido en esta investigación es de 23,3% de AE, los cuales se asemejan al 22,5% de AE promedio obtenidos por Sánchez et al. (2009) al utilizar variantes de guayabo (*Psidium guajava* L.) de meso y endocarpio Blanco y Rojo, de siete años de edad y como sustrato para el enraizamiento utilizaron una mezcla de viruta de coco y espuma fenólica rayada en proporción 1:1. Sin embargo, difirió a lo reportado por Gómez et al. (1997) que utilizó plantas de 4 años de edad y como sustrato humus, obtuvieron 40% de AE. Siendo similar a lo encontrado por Vilchez et al. (2004) en el

genotipo AgroLUZ-21 en el cual hubo 37,5% de AE. A su vez, los resultados de estos dos últimos investigadores difirieron de los encontrados por Albany et al. (1995), los cuales reportaron en plantas de guayabo de 5 años de edad un 100% de AE en ramas lignificadas, utilizando como sustrato una mezcla 3:1 de abono de río y espuma fenólica. En este sentido, es importante destacar que el hecho de utilizar en esta investigación ramas semileñosas en activo crecimiento, pudo haber influenciado el enraizamiento de los acodos obtenidos.

Jovanovic et al. (2008), manifiesta que el crecimiento de la raíz es regulado por señales endógenas que mantienen la actividad del meristemo apical de la raíz y contribuyen con el patrón de generación de nuevas raíces laterales. Entre ellos, las auxinas juegan un papel crucial, aunque otras hormonas contribuyen a la conformación de la arquitectura total de la raíz.

Las diferencias presentadas en este trabajo para la principal variable evaluada (acodos enrizados: AE) comparadas con otros trabajos realizados (de *Psidium guajava*) con relación al tiempo en el cual se generó la respuesta es un factor también a considerar. Sharma et al. (1991) utilizó AIB a 10000 mg. Kg⁻¹ en plantas de 8 años de edad lograron 75,75% de acodos enraizados en 2 meses. Dutta y Mitra (1991) alcanzaron 100% de acodos enraizados cuando las ramas fueron previamente etioladas en la bases o totalmente y luego tratadas con 3000 ó 5000 mg.Kg⁻¹ de AIB, durante 3 meses. Igualmente, Albany et al. (2004) alcanzaron 96.43% de AE con 5000 mg.Kg⁻¹ de ANA en 3 meses; estos resultados fueron superiores a los obtenidos por Buitrago y Ramírez (2001) y Gonzales et al. (2001), al utilizar 4000 mg.Kg⁻¹ de ANA y obtuvieron 74 y 70% de AE, respectivamente. En esta investigación fue necesario dejar el acodado por 4 meses (dieciséis semanas) para la obtención de los resultados presentados: 23.3% de AE como promedio.

La función polinómica (Figura 1 del Anexo 6) muestra que la línea de tendencia desde los Tratamientos bajos (0; 200 y 500 ppm) es de forma casi lineal en relación con los AE; y para la concentración más alta (tratamiento de 1000 ppm) la pendiente de la tendencia disminuye, lo que demuestra que probablemente a más concentración de auxina el resultado en AE pudiera tender a disminuir. Esta relación de valores presenta una estrecha correlación de 96.7% (R^2) entre la cantidad de cada concentración del tratamiento y sus resultados en AE.

Al obtener la ecuación de la función ($y = -5E-06x^2 + 0.0103x + 0.7215$), la derivamos para precisar cuál es su máximo valor de AE alcanzado por los tratamientos. Se demuestran que la concentración óptima sería desde 1000 a 1030 ppm para alcanzar 6 AE (Tabla 1 del Anexo 6).

De acuerdo al coeficiente de correlación de Pearson y la distribución t de STUDENT (Anexo 4) los AE y sus respectivos concentraciones de auxinas están relacionadas ($\alpha=0.05$); es decir, la correlación obtenida procede de una población caracterizada por una correlación diferente de cero. Significa que 0.902 (R^2) es la proporción de la varianza compartida entre ambos datos. Puede interpretarse como que un 90.2% de AE es debido a la presencia de auxinas; o que los AE y los tratamientos comparten un 90% de elementos; o que tanto los tratamientos (con su concentración de auxinas) y los AE ponen en juego un 90% de elementos comunes. Las variables de los AE otorgan un 90% de variabilidad en los tratamientos. Queda por ello, $1 - 0.902 = 0.098$; un 9.8% de los tratamientos que quedan sin explicar. A este valor (0.098) se denomina coeficiente de no determinación o coeficiente de alienación; y se define como $1 - R^2$.

4.2.2. Acodos con callo (AC)

Tabla 13. Resultado de los acodos con callo de *Terminalia amazonia* para cada tratamiento

TRATAMIENTO	AUXINAS (ppm)	CANTIDAD	%
T1	200	0	0.0
T2	500	8	53.3
T3	1000	11	73.3
T4	0	3	20.0

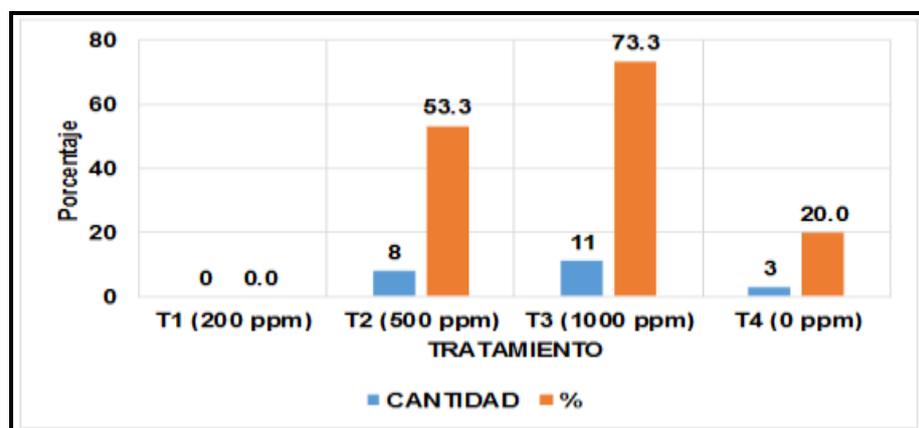


Figura 7. Cantidad y porcentaje de los acodos con callo de *Terminalia amazonia* para cada tratamiento

De acuerdo a la figura 7 se obtuvo un alto porcentaje de acodos con formación de callo (AC) de 73.3% correspondiente al tratamiento de 1000 ppm de AIB; seguido por 53.33% y 20% de los tratamientos de 500 ppm y el testigo respectivamente (Fotos 11 y 12). El tratamiento de 200 ppm no produjo ninguna formación de callo.

Albany et al. (1995), manifiesta que la multiplicación de la masa de callo (a las que denomina células diferenciadas) en *Psidium guajava* se promueve al realizar una herida, llegando a cubrir la zona cortada, generando de nuevo la unión del sistema conductor de foto asimilados, retrasando de esta manera el proceso de enraizamiento; sin embargo, esto diverge a lo encontrado en el presente trabajo donde el más alto índice de generación de callo en los acodos, fue dado por los tratamiento de 1000 y 500 ppm el cual logró un 73.3% y 53.3% que simultáneamente provocaron la más alta generación de

acodos enraizados del presente trabajo (6 y 5 respectivamente). No obstante, el tratamiento de 200 ppm (más baja concentración de AIB) no indujo al proceso de formación de callo; en este sentido, Segura (1996), indica que la organogénesis es un proceso regulado por cambios en los niveles de los reguladores de crecimiento endógenos (auxinas y citocianinas), aun cuando los balances auxinas/citocianinas permitan la regeneración de órganos en una gran cantidad de plantas, existen casos en donde los niveles endógenos de uno u otro regulador de crecimiento son sub o supra óptimos.



Fotos 11 y 12. Formación de callo en la zona acodada

De acuerdo al coeficiente de correlación de Pearson y la distribución *t* de STUDENT (Anexo 5) los acodos con callo AC y sus respectivos concentraciones de auxinas no están relacionadas ($\alpha=0.05$); aún con 76.06% (R^2) de varianza compartida entre ambos datos, el 23.94% queda sin explicar denominándose coeficiente de no determinación.

4.2.3. Acodos muertos (AM)

Tabla 14. Resultado de los acodos muertos de *Terminalia amazonia* para cada tratamiento

TRATAMIENTO	AUXINAS (ppm)	CANTIDAD	%
T1	200	1	6.7
T2	500	1	6.7
T3	1000	1	6.7
T4	0	4	26.7

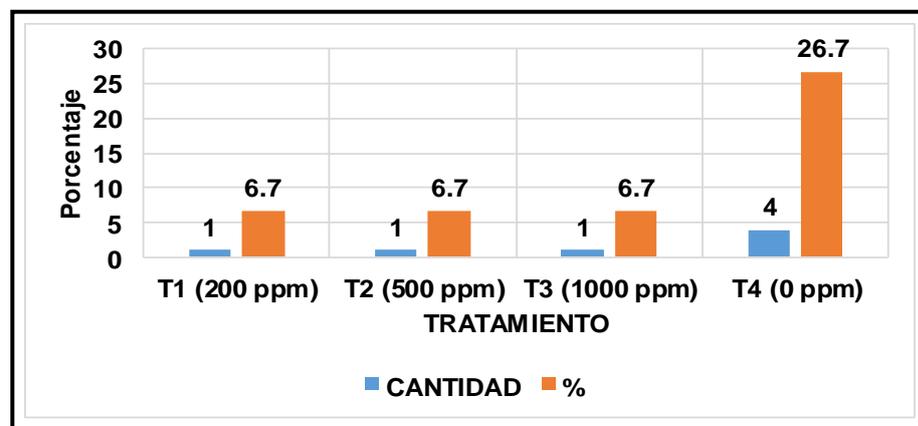


Figura 8. Cantidad y porcentaje de los acodos muertos (AM) de *Terminalia amazonia* para cada tratamiento

Se detectó que la más alta incidencia de acodos muertos (AM) le corresponde al testigo (0 ppm) con 26.67%; el resto de tratamientos de 200; 500 y 1000 ppm se igualaron al 6.67%.

Quizá ésta incidencia elevada de AM para el testigo se debió a un corte mal ejecutado en la base del acodado (en su ancho o profundidad, desconectando la conexión capilar existente en el largo longitudinal de la rama), selección de la rama a acodar no lignificada suficientemente, a la débil fisiología genética de la rama seleccionada, a su condición fenotípica perjudicial, a la tardía respuesta fisiológica contra agentes externos de la planta o a los factores ambientales desfavorables que se generaron en su momento.

La función polinómica (Figura 3 del Anexo 6) muestra una elevada pendiente en la línea de tendencia inicial para el testigo (con el tratamiento de 0 ppm) al alcanzar el máximo número de AM (4) de este trabajo de investigación, representando una superior mortalidad en los acodos donde no se utilizaron auxinas. Dicha pendiente se reestablece al ir elevando las concentraciones de auxinas del tratamiento (a 200 y 500 ppm) e inclusive pareciera que tendiera a incrementarse los AM si la cantidad de auxina del tratamiento sobrepasara los 1000 ppm. La correlación entre ambas variables analizadas alcanza el 81.43%.

Al derivar la ecuación de la función ($y = 8E-06x^2 - 0.0101x + 3.5822$), precisamos el punto más álgido de la curva alcanzado por los tratamientos y sus AM (Tabla 3 del Anexo 6). Se demuestra que para alcanzar el menor número de AM (0.4) la concentración sería de 631 ppm; y que aún sin aplicar auxina (0 ppm), éstas producirían 3.6 AM; al incrementar las concentraciones de ppm de la auxina, éstas a su vez pueden incrementar AM (tal como se aprecia 1500 ppm para 6.4 AM).

4.2.4. Acodos no enraizados (ANE)

Tabla 15. Resultado de los acodos no enraizados de *Terminalia amazonia* para cada tratamiento

TRATAMIENTO	AUXINAS (ppm)	CANTIDAD	%
T1	200	1	6.7
T2	500	6	40.0
T3	1000	3	20.0
T4	0	2	13.3

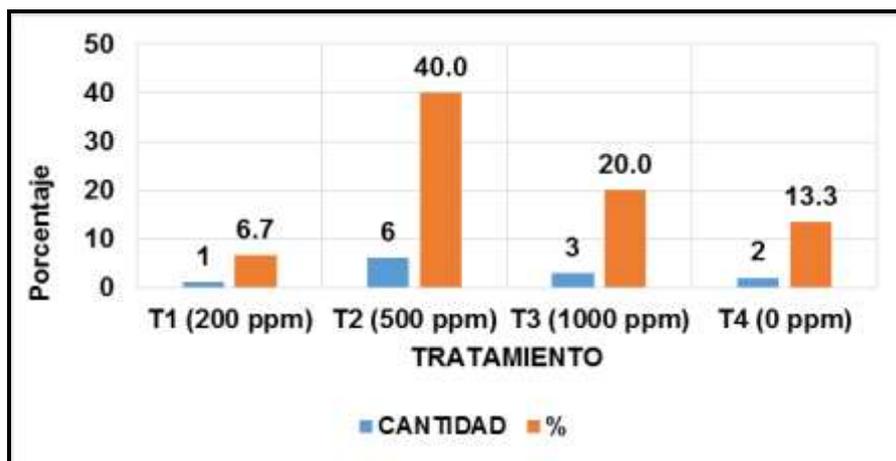


Figura 9. Cantidad y porcentaje de los acodos no enraizados de *Terminalia amazonia* para cada tratamiento

En cuanto a los acodos no enraizados (ANE) el porcentaje más elevado fue obtenido por el tratamiento de 500 ppm siendo el 40%; mientras que el porcentaje más bajo de ANE lo obtuvo el tratamiento de 200 ppm de AIB correspondiéndole 6.67%.

El presente trabajo de investigación alcanzó en todos sus tratamientos acodos no enraizados manteniendo las muestras acodadas en las planta madre vivas probablemente porque se dejó un canal de conectividad entre la planta madre y la muestra, que permitió succionar los nutrientes a la parte apical de la planta, evitando su marchitamiento, tal como lo ilustran Aldaz y Ochoa (2011) al intentar propagar *Cinchona officinalis* y otras nueve especies forestales. Dichos autores manifiestan que en su trabajo, todas las ramas empleadas en los acodos aéreos para el ensayo se mantuvieron verdes, logrando el 50% de acodos al avanzar al estado de callo, los mismos que presentaron una brotación de raíces menor al 5%, incumpliendo las condiciones requeridas para ser trasplantados al vivero, donde consideran que éstas deberían tener una cobertura igual o mayor al 30% de raíces.

La función polinómica muestra la baja correlación existente entre la cantidad de cada concentración del tratamiento (en ppm) y sus ANE,

siendo solo de 48.91% (Figura 4 del Anexo 6). Esto probablemente se deba al alto grado de dispersión de sus datos en las más bajas concentraciones del tratamiento (0; 200; 500 ppm) tendiendo a reducirse en la concentración más elevada de 1000 ppm; lo que manifiesta que dicha tendencia a la reducción de ANE pudiera darse si la concentración de auxina del tratamiento continuara incrementándose.

Al obtener la ecuación de la función ($y = -1E-05x^2 + 0.0124x + 1.0019$), la derivamos para precisar cuál es su máximo valor de ANE alcanzado por los tratamientos. Se demuestra que para alcanzar el mayor número de ANE (4.8) la concentración sería de 620 ppm. La tendencia muestra que aun no teniendo concentración de auxinas (0 ppm), ésta produciría 1 ANE; y al incrementar las concentraciones de ppm de la auxina, éstas a su vez decrementan los ANE, donde a concentraciones de 1000; 1200 y 1300 ppm produciría 3.4; 1.5 y 0.2 ANE (Tabla 4 del Anexo 6).

4.2.5. Número de raíces (NRT)

Tabla 16. Número de raíces por tratamiento de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell

TRATAMIENTO	AUXINAS (ppm)	Nº ACODOS	Nº RAÍCES / TRATAMIENTO
T1	200	15	6
T2	500	15	12
T3	1000	15	10
T4	TESTIGO	15	2

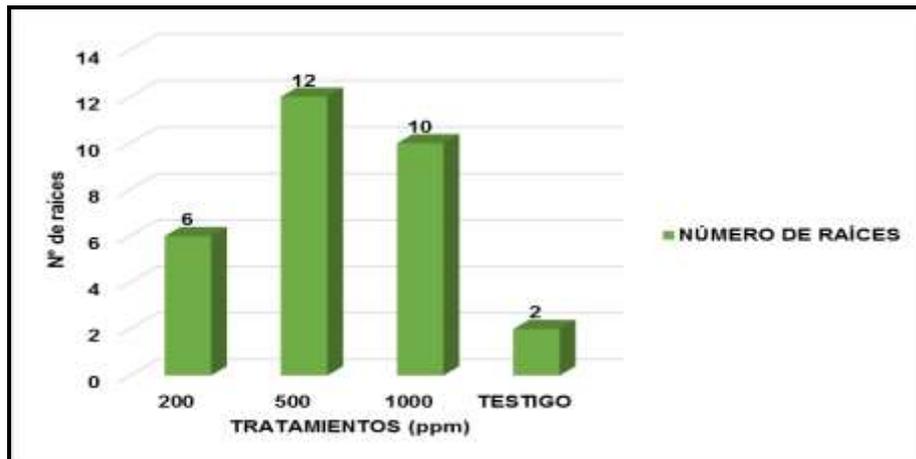


Figura 10. Número de raíces generadas por cada tratamiento de *Terminalia amazonia*

La figura 10 muestra el número de raíces alcanzadas en este trabajo (Foto 13), siendo el tratamiento 2 con 500 ppm de AIB el que alcanza un máximo de 12 raíces; seguida por los tratamientos de 200 y 1000 ppm de AIB y el testigo, los que alcanzan 10; 6 y 2 raíces respectivamente.



Foto 13. Primera distinción de enraizamiento en el acodado de *Terminalia amazonia* (J. F.Gmel.) Exell

Los resultados de este trabajo muestran que la realización de cortes en ramas lignificadas o semilignificadas provoca la generación de raíces que no necesariamente se desarrollan por la estimulación de reguladores de crecimiento sintéticos (como las auxinas utilizadas),

sino que también pueden desarrollarse de forma natural como sucedió con el testigo (que generó 2 raíces); concordando con Hocker (1984), Hartmann y Kester (1987), Weaver (1990) y Baldini (1992), quienes manifiestan que el acodado es un método de multiplicación vegetativa que estimula la formación de raíces adventicias en tallos adheridos a la planta madre.

Alcántara (2001), propone que la formación de raíces es inducida por la ausencia de luz y los cortes, tanto de la corteza como de los haces vasculares, especialmente el floema, ya que se interrumpe la translocación de nutrimentos y otros compuestos orgánicos (carbohidratos y hormonas reguladoras del crecimiento) que se acumulan cerca del punto de tratamiento y estimulan el enraizamiento por arriba del corte.

La función polinómica (Figura 5 del Anexo 6) muestra que la línea de tendencia desde los tratamientos bajos (0; 200 y 500 ppm) posee una pendiente elevada en relación a los NRT; y para la concentración más alta (tratamiento de 1000 ppm) la pendiente de la tendencia disminuye, lo que demuestra que probablemente a más concentración de auxina el resultado en NRT pudiera tender a disminuir. Esta relación de valores presenta una estrecha correlación de 97.9% (R^2) entre la cantidad de cada concentración del tratamiento y sus resultados en NRT.

Al obtener la ecuación de la función ($y = -2E-05x^2 + 0.0309x + 1.5822$), la derivamos para precisar cuál es su máximo valor de NRT alcanzado por los tratamientos. Se demuestran que para alcanzar el mayor número de NRT (13.5) la concentración óptima es de 773 ppm (Tabla 5 del Anexo 6).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De los 3 tratamientos usados ($T_1=200$ ppm; $T_2=500$ ppm; $T_3=1000$ ppm) el que mostró mayor eficiencia en el enraizado fue el T_3 alcanzando el 40% de acodos enraizados (AE). Los tratamientos T_2 y T_1 , alcanzaron el 33.33 y 13.33% respectivamente de AE.

Se obtuvo un porcentaje de acodos con formación de callo (AC) de 73.33% correspondiente al tratamiento de 1000 ppm, seguido por 53.33 y 20% de los tratamientos de 500 ppm y el testigo respectivamente.

Se determinó que existe una correlación de 96.7% (R^2) entre la cantidad de cada concentración del tratamiento de AIB (ácido indol-3-butírico) y sus resultados en acodos enraizados (AE).

5.2. Recomendaciones

Evaluar la técnica del acodado de *Terminalia amazonia* (J. F.Gmel.) Exell teniendo en cuenta el regulador de crecimiento, su concentración y forma de aplicación; el sustrato a utilizar y la condición fisiológica de las ramas.

Durante las actividades de evaluación de control y monitoreo del acodado es recomendable no abrir el embolsado que permite controlar el micro clima existente en el acodado aislando a la humedad, hongos o plagas que se puedan presentar.

Al momento del acodado de deberá tener especial cuidado en la incisión del tallo ya que un corte profundo puede interrumpir los canales de conducción de los nutrientes a la parte apical de la rama produciendo marchitamiento parcial o total de la rama.

La selección de los mejores árboles para la toma de muestras (de acodos, estacas, esquejes) no siempre se debe hacer por su altura y diámetro a la altura del pecho (DAP), ya que no necesariamente los árboles grandes y con buen DAP son los mejores productores de semilla, además que imposibilitan la recolección de la muestra así como la toma de datos.

Realizar las investigaciones a alturas y distancias al alcance manual del investigador de tal manera que se pueda controlar algún remanente de plagas, controlar el correcto amarrado de los extremos del acodado, monitorear y evaluar integralmente al acodado.

Utilizar más muestras de acodos aéreos y en diferentes cantidades de sustrato (como materia orgánica), de tal manera que nos permitan arrojar estadísticos más amplios. Y a la vez conceder más tiempo al acodado para la posible generación de raíces que es el fin de la propagación.

Para la evaluación periódica de las variables de los acodos, se recomienda hacerlas en las primeras horas de la mañana o en las últimas horas de la tarde, para que no exista la influencia directa del sol que pudieran distorsionar los resultados.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albany, N; Vilchez, J; Gadea, J; Vilorio, Z; Castro C. 1995. Propagación asexual de *Psidium guajava* L., mediante la técnica de acodo aéreo con diferentes reguladores de crecimiento, anillado y sustrato. VI Jornadas Científico Técnicas. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. 8 p.

Alcántara M. E. M. 2001. Propagación de higo (*Ficus carica* L.) mediante acodo aéreo. Tesis Ing. Agr. Esp. en Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 50 p.

Aldaz, L. J; Ochoa, I. L. 2011. Propagación asexual de diez especies forestales y arbustivas en el jardín botánico "Reinaldo Espinoza". Tesis de Grado de Ingeniero Forestal. UNL. Loja-Ecuador. 113 p.

Baldini, E. 1992. Arboricultura general. Trad. J. de la Iglesia G. Primera Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 379 p.

Blanco C. R. C. 1999. Propagación vegetativa de *Atriplex nummularia* por acodo aéreo. Tesis Ing. Agr. Esp. En Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango. 71 p.

Blilou, I; Wildwater, M; Willemsen, V; Paponov, I; Friml, J; Heidstra, R; Aida, M; Palme, K; Scheres, B. 2005. The PIN auxin efflux facilitator network controls growth and patterning in *Arabidopsis* roots. Nature 433: 39-44.

Bravo, E. 2014. Germinación de semilla botánica de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell; utilizando cinco tratamientos pregerminativos. Tesis de grado de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Cajamarca. Provincia de Jaén, Perú. 73 p.

Calderón, G. 1992. El cultivo de la guayaba. Fruticultura tropical. Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. 3ra. Ed. Bogotá, Colombia. 303 p.

Díaz, E.R.A. 1991. Técnicas de enraizado de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arborea* Linn. Tesis para optar el grado de Magister.

CATIE. Turrialba, Costa Rica. (En línea). Consultado el 13 de abril de 2015.
Disponible en:

<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1444E/A1444E.pdf>

Dutta, P; Mitra, S. 1991. Effect of etiolation on stooling of guava. *Indian Agriculturist* 35 (2): 101- 105.

Flores, E; Sandi, C. 1997. Problemas de germinación en *Terminalia amazonia*. Costa Rica. (En línea). Consultado el 20 de abril de 2015.
Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0018S/A0018S33.pdf>

Garner J. R. 1969. Conferencia sobre propagación de especies frutícolas tropicales y subtropicales; formas de propagación vegetativa. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Londres. 2 p.

Gobierno regional de Cajamarca. 2011. Zonificación ecológica y económica base para el ordenamiento territorial del departamento de Cajamarca. (En línea). Consultado el 15 de julio de 2016. Disponible en: http://www.cajamarca.go/zee_ot_x/a50-2388-l_5243.pdf

Gómez, E; Hernández, Y; Rivero, G; Vilorio, Z. 1997. Evaluación del acodado en *Psidium friedrichstm* con diferentes reguladores de crecimiento. VII Jornadas Científico Técnicas. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. 83 p.

Gonzales, Y; Buitrago, N; Torres, P; Ramírez, M; Villlar, A. 2001. Enraizamiento de acodos aéreos de plantas adultas del guayabo (*Psidium guajava* L.). Comp. Fac. Agron. (LUZ). 42 p.

Hartmann, H. T; Kester, D.E. 1987. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. Primera edición. Editorial Continental S.A. México. 814 p.

Hidalgo, N. 1996. Propagación vegetativa de Roble coral (*Terminalia amazonia*). Costa rica. (En línea). Consultado el 23 de abril de 2015.
Disponible en:

http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-l_296.pdf

Hocker, H. W. 1984. Introducción a la Biología Forestal. 1ra impresión. México, D. F. A. G. T. Editor. pp. 39-57.

Holdridge, L; Tosi, J. 1972. *The World Life Zone Classification System and Forestry Research*. San José: Tropical Science Center. 155 p.

Ireta, O. A. 1970. Efecto de cuatro factores en la propagación de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) por el método de acodo aéreo, en el Valle de Culiacán, Sin. Tesis Ing. Agr. Esp. En Fitotecnia. Escuela Nacional de Agricultura. México. 76 p.

Jovanovic, M; Lefebvre, V; Laporte, P; González, S; Lelandais, C; Frugier, F; Hartmann, C; Crespi, M. 2008. How the environment regulates root architecture in dicots. *Advances in Botanical Research*. pp. 35-74.

Ljung, K; Hull, A; Celenza, J; Yamada, M; Estelle, M; Normanly, J; Sandberg, G. 2005. Sites and regulation of auxin biosynthesis in *Arabidopsis* roots. *Plant Cell* 17: 1090-1104.

Llerena, C; Cruz, Z; Durt, E; Marcelo, J; Martínez, K; Ocaña, J. 2010. Gestión ambiental de un ecosistema frágil. Los bosques nublados de San Ignacio, Cajamarca, cuenca del río Chinchipe. Lima: Soluciones Prácticas. 135 p.

Margara, J. 1988. Multiplicación vegetativa y cultivo *in Vitro*; los meristemas y la organogénesis. Primera Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 192-195.

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - Mincetur. 2009. Capacitación en temas de organización, producción y comercialización del sector agro en Cajamarca y ciudades. Cajamarca, Perú. (En línea). Consultado el 23 de abril de 2015. Disponible en:

http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-l_296.pdf

Montero, M. M; Kanninen, M. 2005. *Terminalia amazonia*; Ecología y Silvicultura. Turrialba, Costa Rica. (En línea). Consultado el 23 de abril de 2015. Disponible en:

<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/a0472e/a0472e.pdf>

Primo, Y; Cuñat, B. 1968. *Herbicidas y Fitorreguladores*. Aguilar. Madrid, España. 302 p.

Rojas, S; García, J; Alarcón, M. 2004. Propagación asexual de plantas. Bogotá, Colombia. (En línea). Consultado el 17 de abril de 2015. Disponible en:

<http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Propagacinasexualdeplantas.pdf>

Ramírez V. C. 2001. Enraizamiento de ramas de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) a través de acodo aéreo. Tesis Ing. Agr. Esp. En Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango. 62 p.

Sánchez, A; Suárez, E; González, M; Amaya, Y; Colmenares, C; Ortega, J. 2009. Efecto del ácido indolbutírico sobre el enraizamiento de acodos aéreos de guayabo (*Psidium guajava* L.). Municipio Baralt, Venezuela. 68 p.

Segura, J. 1996. Morfogénesis *in vitro*. Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda Edición. McGraw-Hill. Interamericana de España, S.A. Barcelona, España. pp. 381-392.

Sharma, R; Sharma, T; Sharma, P. 1991. Influence of regulators and time of operations rootage of air layering in guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad safeda. Orissa Journal of Horticultural 19 (1-2): 41-45.

Solís, M; Moya, R. 2004. *Terminalia amazonia* en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. (En línea). Consultado el 29 de abril de 2015. Disponible en: http://www.sirefor.go.cr/Documentos/Especies_plantaciones/Amarillon/Manual%20Terminalia%20amazonia%20en%20Costa%20Rica.pdf

Vásquez, C; Orozco, A; Rojas, M; Sánchez, E; Cervantes, V. 1997. La reproducción de plantas: semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica, México. 250 p.

Vilchez, J; Albany, N; Gadea J; Viloría, Z; Castro, C. 1996. Propagación asexual de *Psidium guajava* L. mediante la técnica de acodo aéreo. Aplicación de algunas técnicas de multiplicación en *Psidium guajava* L. Viloría Z. (Ed.). Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. pp. 4-24.

Vilchez, J; Bracho, I; Arenas, N; Marín, M; Martínez, L. 2004. Respuesta a la técnica de acodo aéreo en plantas de guayabo (*Psidium guajava* L.) tolerantes al nematodo *Meloidogyne incognita*. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 21 (Supl. 1): 22-27.

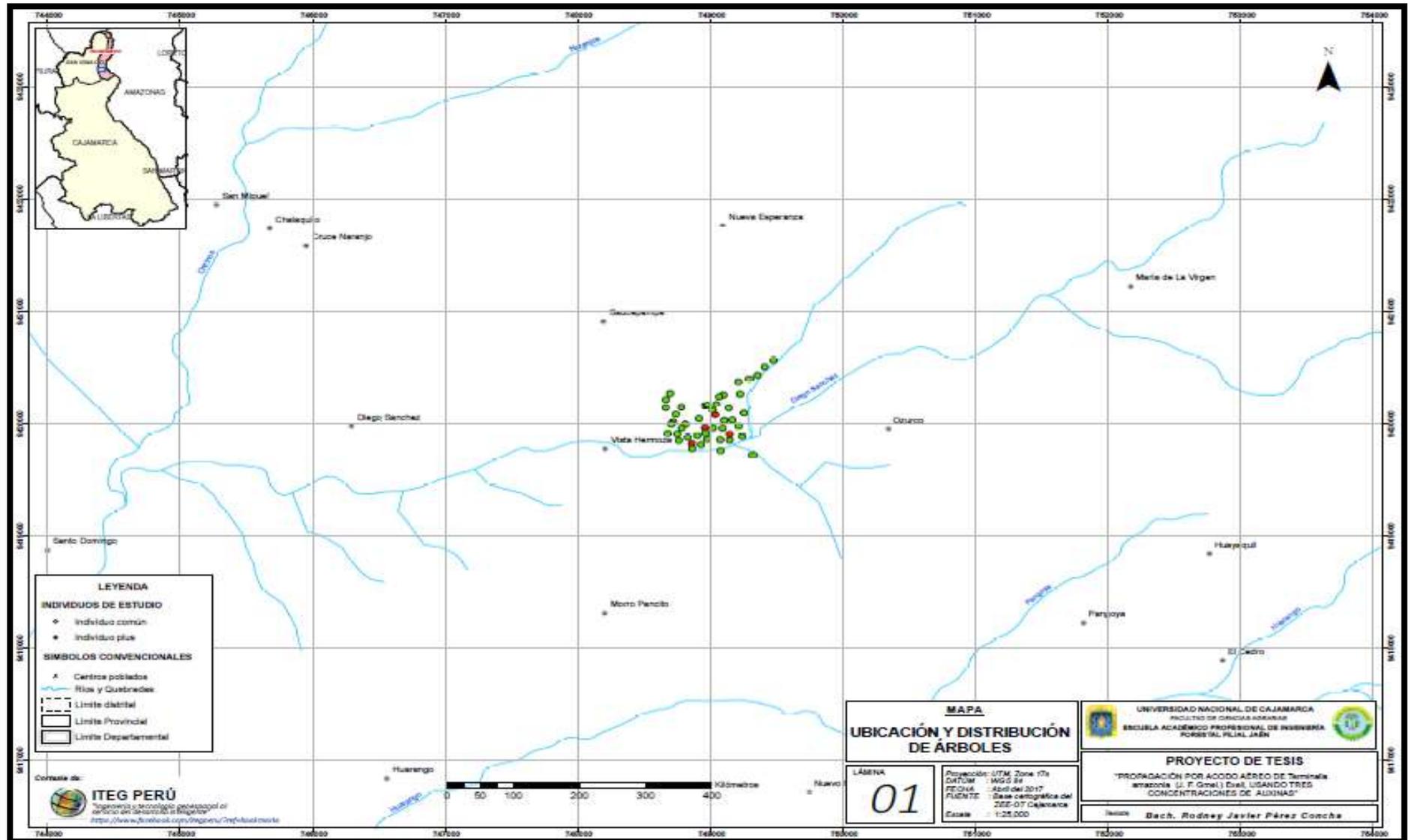
Weaver, R. 1990. Reguladores de Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Séptima Reimpresión. Editorial Trillas. México. 622 p.

Wright, J. W. 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. FAO. Estudios de Silvicultura y Productos Forestales N° 16. 436 p.

Zobel, B; Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México, D. F. Limusa. 545 p.

ANEXO

Anexo 1. Mapa de ubicación de los de árboles estudiados de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell



Anexo 2. Resultados de las diferentes concentraciones de auxinas obtenidas en la evaluación de número de acodos enraizados, longitud y número de raíces presentes en los acodos de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell

Cuadro 01. Resultado del tratamiento de 200 ppm de AIB (T₁)

Tratamiento AIB (ppm)	Nº de acodos	<i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmel.) Exell			
		Acodo enraizado N°	Raíz N°	Longitud de la raíz (mm)	Promedio raíz (mm)
200	15	1	1	65	52.5
			2	40	
		2	1	20	15
			2	16	
			3	14	
			4	10	
		SUMA		2	6

Cuadro 02. Resultado del tratamiento de 500 ppm de AIB (T₂)

Tratamiento AIB (ppm)	Nº de acodos	<i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmel.) Exell			
		Acodo enraizado N°	Raíz N°	Longitud de la raíz (mm)	Promedio raíz (mm)
500	15	1	1	105	90
			2	75	
		2	1	51	36
			2	42	
			3	19	
			4	32	
		3	1	80	65
			2	50	
		4	1	36	46.5
			2	57	
		5	1	42	51.5
			2	61	
		SUMA		5	12

Cuadro 03. Resultado del tratamiento de 1000 ppm de AIB (T₃)

Tratamiento AIB (ppm)	Nº de acodos	<i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmel.) Exell					
		Acodo enraizado N°	Raíz N°	Longitud de la raíz (mm)	Promedio raíz (mm)		
1000	15	1	1	33	33		
		2	1	60	65		
			2	70			
		3	1	124	92.5		
			2	61			
		4	1	60	40.5		
			2	21			
		5	1	27	28.5		
			2	30			
		6	1	56	56		
		SUMA		6	10		

Cuadro 04. Resultado del Testigo (0 ppm de AIB) (T₄)

Tratamiento AIB (ppm)	Nº de acodos	<i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmel.) Exell			
		Acodo enraizado N°	Raíz N°	Longitud de la raíz (mm)	Promedio raíz (mm)
Testigo	15	1	1	51	60.5
			2	70	
SUMA		1	2		
SUMA TOTAL		14	30		

Anexo 3. Medición del diámetro y ancho del acodado de *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, por tratamiento

Cuadro 05. Resultado del tratamiento de 200 ppm de AIB (T₁)

Tratamiento ppm AIB	Acodo N°	Diámetro (cm)	Ancho del acodado (cm)
200	1	1.8	3.5
	2	1.2	3.5
	3	1.2	3.5
	4	1.4	4.0
	5	1.0	4.0
	6	1.1	4.0
	7	1.2	3.3
	8	1.3	3.5
	9	1.2	3.5
	10	1.1	3.1
	11	1.4	3.1
	12	1.0	3.1
	13	1.2	3.1
	14	1.4	3.0
	15	1.0	3.1
PROMEDIO		1.2	3.4

Cuadro 06. Resultado del tratamiento de 500 ppm de AIB (T₂)

Tratamiento ppm AIB	Acodo N°	Diámetro (cm)	Ancho del acodado (cm)
500	1	1.0	3
	2	1.0	3.4
	3	1.1	3.4
	4	1.4	3.8
	5	1.1	3.9
	6	1.2	3.4
	7	1.2	3.6
	8	1.5	3.6
	9	1.0	3.2
	10	1.2	3.2
	11	1.1	3
	12	1.4	3.9
	13	1.5	4
	14	1.4	3.8
	15	1.2	3.2
PROMEDIO		1.2	3.5

Cuadro 07. Resultado del tratamiento de 1000 ppm de AIB (T₃)

Tratamiento ppm AIB	Acodo N°	Diámetro (cm)	Ancho del acodado (cm)
1000	1	1.2	3.0
	2	1.2	3.0
	3	1.0	4.0
	4	1.4	3.3
	5	1.3	3.3
	6	1.5	3.7
	7	1.4	3.7
	8	1.5	3.7
	9	1.4	3.4
	10	1.3	3.3
	11	1.3	3.0
	12	1.4	3.3
	13	1.5	3.5
	14	1.8	3.3
	15	1.2	3.0
PROMEDIO		1.4	3.4

Cuadro 08. Resultado del tratamiento del Testigo (0 ppm de AIB) (T₄)

Tratamiento ppm AIB	Acodo N°	Diámetro (cm)	Ancho del acodado (cm)
TESTIGO	1	1.2	3.7
	2	1.5	3.7
	3	1.2	4.0
	4	1.2	4.0
	5	1.2	4.0
	6	1.2	3.3
	7	1.4	3.3
	8	1.4	3.7
	9	1.5	3.3
	10	1.2	4.0
	11	1.0	3.0
	12	1.8	3.3
	13	1.8	4.0
	14	1.2	3.5
	15	1.8	3.7
PROMEDIO		1.4	3.6

Anexo 4. Coeficiente de correlación de Pearson entre los acodos enraizados y tratamientos de *Terminalia amazonia* (J. F.Gmel.) Exell

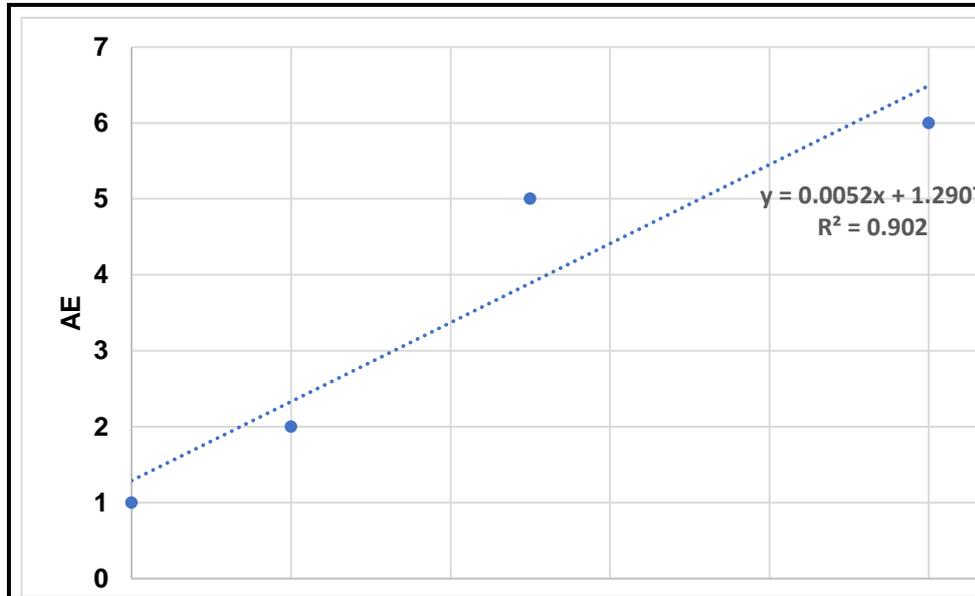


Figura 1. Tendencia lineal de la correlación entre tratamientos y sus respectivos acodos enraizados (AE)

Tomamos el R^2 del gráfico:

$R^2 =$ 0.902
 $R =$ 0.94973681
 $r(xy) = R =$ 0.94973681

Si:

N° datos= N= 4

Entonces hallamos t con:

$$t = \frac{r_{xy} - 0}{\sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{N - 2}}}$$

t= 4.290

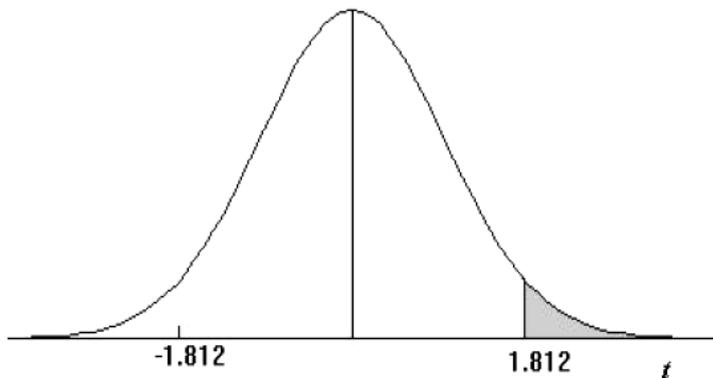
Para:

$$\alpha = 0.05 ; N=4$$

Buscamos en la tabla de t de Student para $\alpha = 0.05$ y $4-2 = 2$ grados de libertad, tal como se observa a continuación donde se muestra un fragmento de dicha tabla:

TABLA 2: DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT

Puntos de porcentaje de la distribución t



Ejemplo

Para $\phi = 10$ grados de libertad:

$$P[t > 1.812] = 0.05$$

$$P[t < -1.812] = 0.05$$

α Γ	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869

$$t(0.05;2) = 2.92$$

Comparamos el valor t obtenido con el de las tablas:

$$4.29 > 2.92$$

Por lo tanto, se demuestra la correlación entre la variable acodos enraizados y sus respectivos tratamientos.

Anexo 5. Coeficiente de correlación de Pearson entre los acodos con callo y tratamientos de *Terminalia amazonia* (J. F.Gmel.) Exell

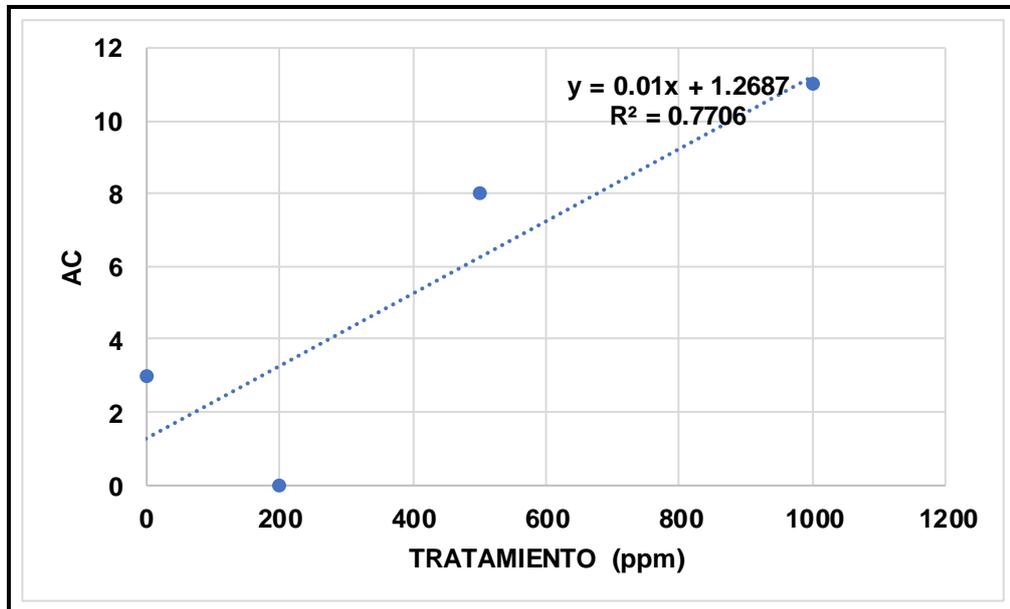


Figura 1. Tendencia lineal de la correlación entre tratamientos y sus respectivos acodos con callo (AC)

Tomamos el R^2 del gráfico:

$$\begin{aligned} R^2 &= 0.7706 \\ R &= 0.87784 \\ r(xy) = R &= 0.87784 \end{aligned}$$

Si:

$$N^{\circ} \text{ datos} = N = 4$$

Entonces hallamos t con:

$$t = \frac{r_{xy} - 0}{\sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{N - 2}}}$$

$$t = 2.59$$

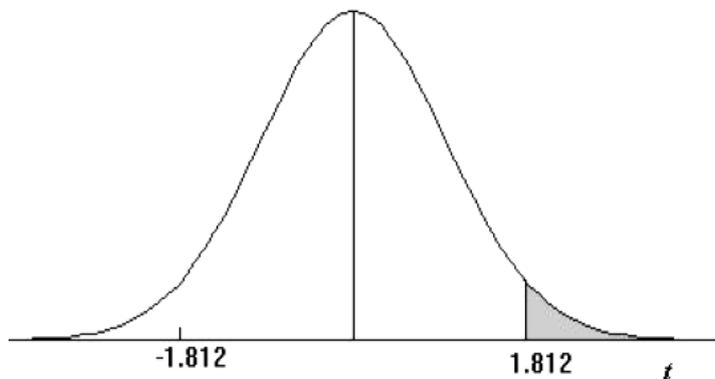
Para:

$$\alpha=0.05 ; N=4$$

Buscamos en la tabla de t de Student para $\alpha = 0.05$ y $4-2 = 2$ grados de libertad, tal como se observa a continuación donde se muestra un fragmento de dicha tabla:

TABLA 2: DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT

Puntos de porcentaje de la distribución t



Ejemplo

Para $\phi = 10$ grados de libertad:

$$P[t > 1.812] = 0.05$$

$$P[t < -1.812] = 0.05$$

α r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869

$$t(0.05;2) = 2.92$$

Comparamos el valor t obtenido con el de las tablas:

$$2.59 < 2.92$$

Por lo tanto, se demuestra que no existe correlación entre la variable acodos con callo y sus respectivos tratamientos.

Anexo 6. Función polinómica (de orden 2) entre los tratamientos y las variables acodos enraizados (AE), acodos con callo (AC), acodos muertos (AM), acodos no enraizados (ANE) y número de raíces por tratamiento (NRT) de *Terminalia amazonia* (J. F.Gmel.) Exell

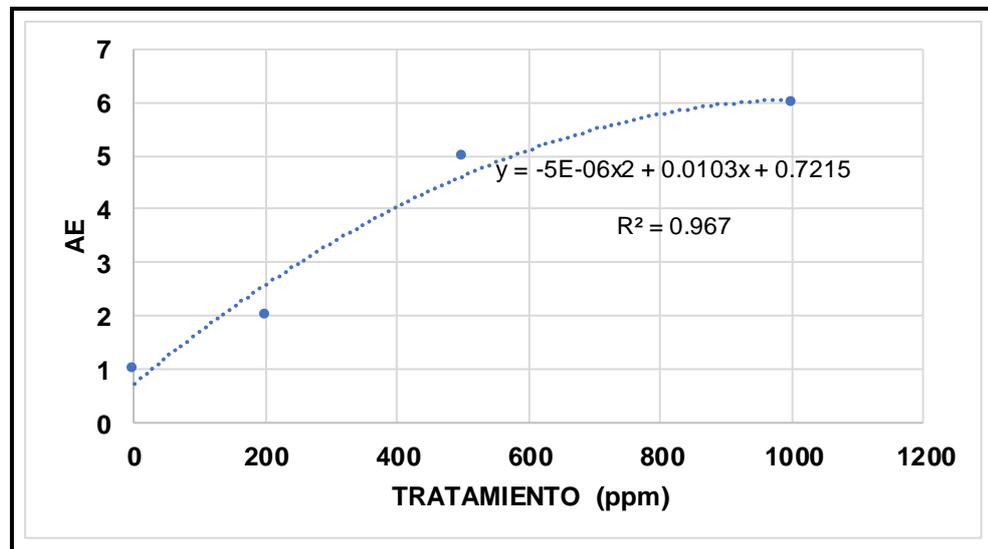


Figura 1. Línea de tendencia de la correlación entre tratamientos y sus respectivos acodos enraizados (AE)

Tabla 1. Concentraciones de auxinas (ppm) y su cantidad de acodos enraizados (AE) de acuerdo a la línea de tendencia correlacional presentada en la figura 1

	AUXINAS (ppm)	AE
DEL PROYECTO	0	0.7
	200	2.6
	500	4.6
	1000	6.0
OTROS	1030	6.0
	1200	5.9
	1500	4.9

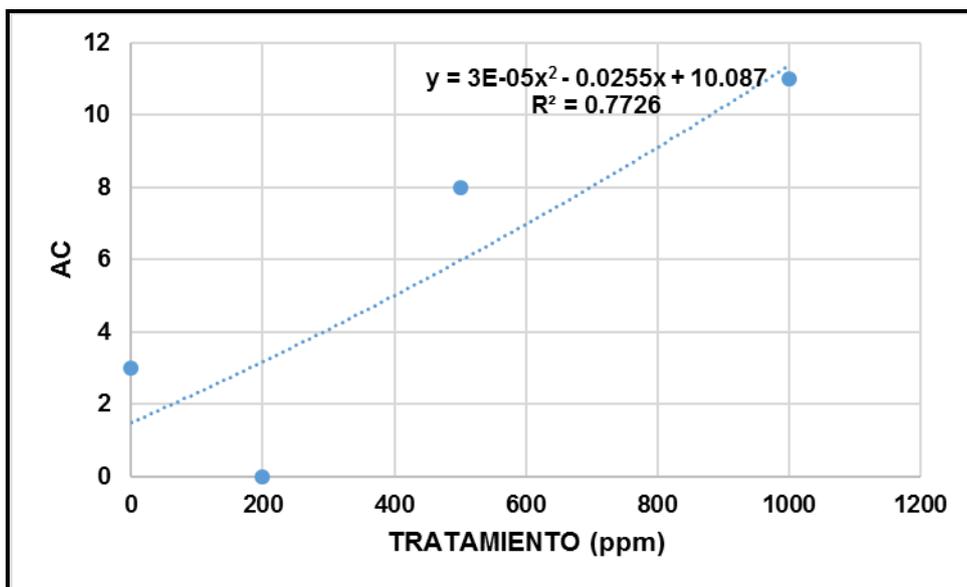


Figura 2. Línea de tendencia de la correlación entre tratamientos y sus respectivos acodos con callo (AC)

Tabla 2. Concentraciones de auxinas (ppm) y su cantidad de acodos con callo (AC) de acuerdo a la línea de tendencia correlacional presentada en el figura 2

	AUXINAS (ppm)	AC
DEL PROYECTO	0	10.1
	200	6.2
	500	4.8
	1000	14.6
OTROS	425	4.7
	1200	22.7
	1500	39.3

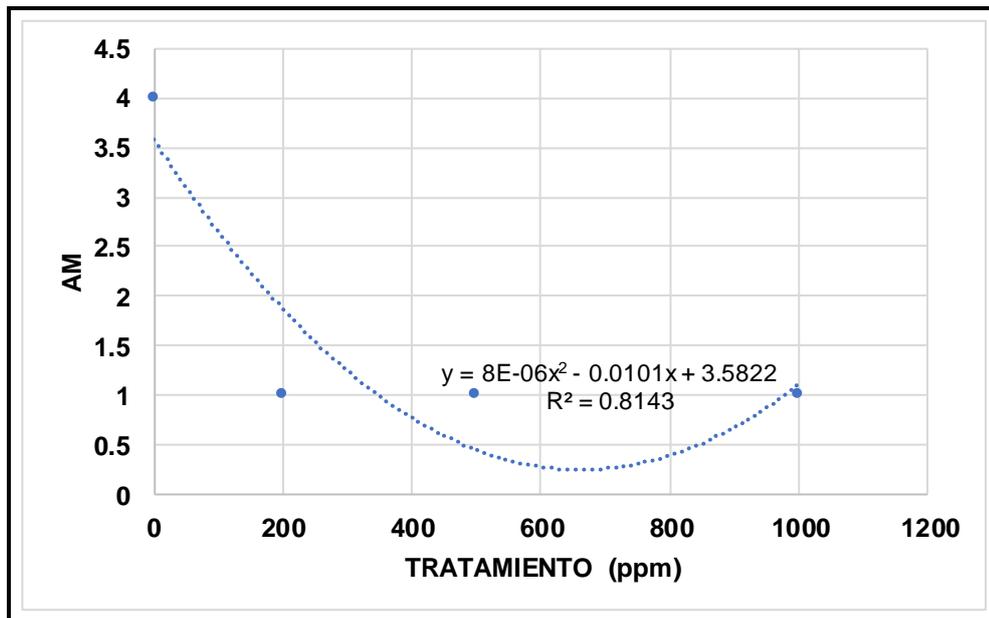


Figura 3. Línea de tendencia de la correlación entre tratamientos y sus respectivos acodos muertos

Tabla 3. Concentraciones de auxinas (ppm) y su cantidad de acodos muertos (AM) de acuerdo a la línea de tendencia correlacional presentada en el figura 3

	AUXINAS (ppm)	AM
DEL PROYECTO	0	3.6
	200	1.9
	500	0.5
	1000	1.5
OTROS	631	0.4
	1200	3.0
	1500	6.4

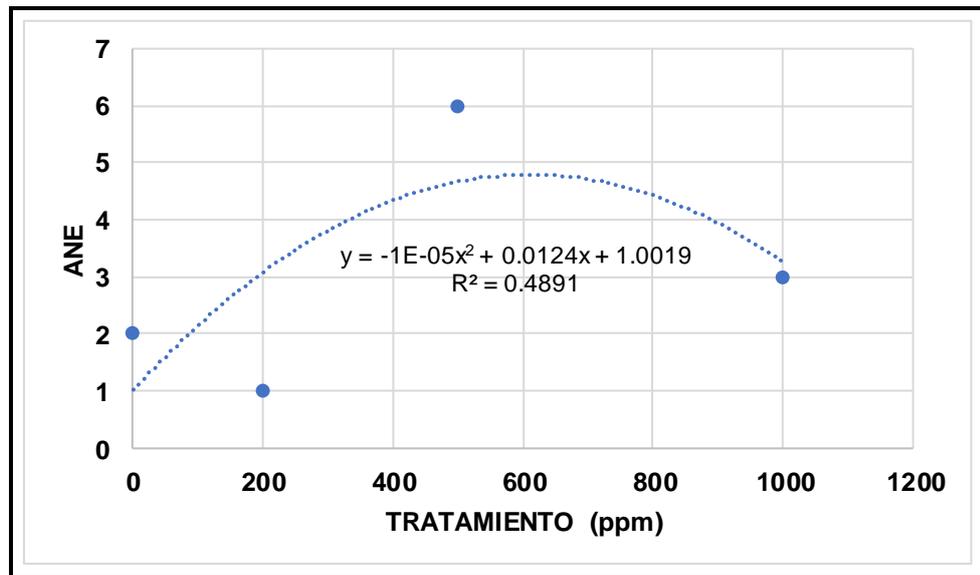


Figura 4. Línea de tendencia de la correlación entre tratamientos y sus respectivos acodos no enraizados

Tabla 4. Concentraciones de auxinas (ppm) y su cantidad de acodos no enraizados (ANE) de acuerdo a la línea de tendencia correlacional presentada en el figura 4

	AUXINAS (ppm)	ANE
DEL PROYECTO	0	1.0
	200	3.1
	500	4.7
	1000	3.4
OTROS	620	4.8
	1200	1.5
	1300	0.2

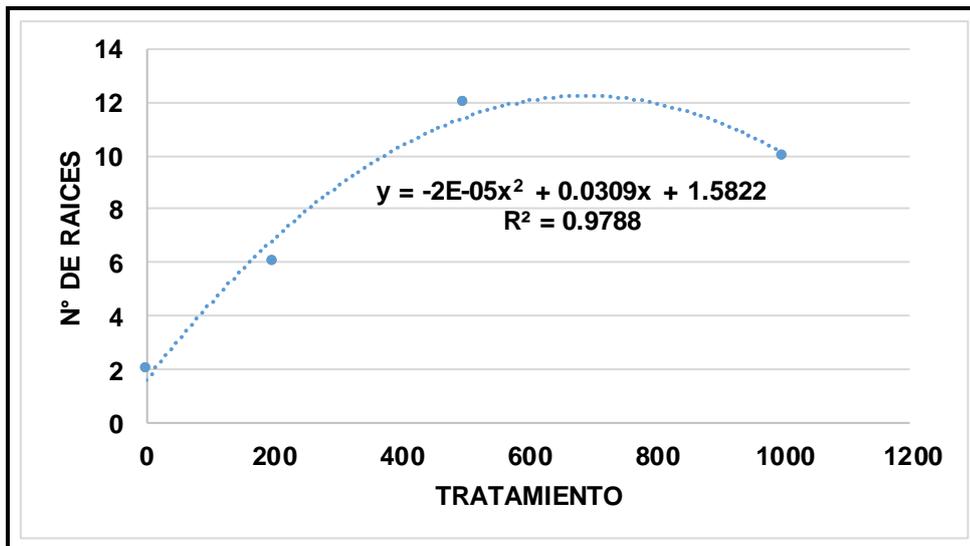


Figura 5. Línea de tendencia de la correlación entre tratamientos y sus números de raíces (NRT)

Tabla 5. Concentraciones de auxinas (ppm) y la cantidad de número de raíces por tratamiento (NRT) de acuerdo a la línea de tendencia correlacional presentada en el figura 5

	AUXINAS (ppm)	NRT
DEL PROYECTO	0	1.6
	200	7.0
	500	12.0
	1000	12.5
OTROS	773	13.5
	1200	9.9
	1500	2.9

Anexo 7. Análisis de varianza (ANVA) sobre el efecto de los tratamientos y su incidencia en las variables acodos enraizados y acodos con callo de *Terminalia amazonia* (J. F.Gmel.) Exell

	TRATAMIENTOS (ppm)				TOTAL (Σxi)
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
REPETICIONES	200	500	1000	Testigo	
R1	2	5	6	1	
R2	0	8	11	3	
ΣXi	2	13	17	4	36
\bar{x}	1	6.5	8.5	2	

1) **Cálculo del factor de corrección (Fc):**

$$Fc = (\Sigma xi)^2 / (r.t) \rightarrow (36)^2 / (2 \times 4) = 162$$

2) **Suma de cuadrados entre tratamientos (SCt):**

$$SCt = (\Sigma xi^2 / r) - Fc \rightarrow ((2^2 + 13^2 + 17^2 + 4^2) / 2) - 162$$

$$SCt = 77$$

3) **Suma de cuadrados totales (SCtot):**

$$SCtot = \Sigma x_{ij}^2 - Fc \rightarrow (2^2 + 5^2 + 6^2 + \dots + 3^2) - 162$$

$$SCtot = 98$$

4) **Suma de cuadrados de la muestra (SCe):**

$$SCe = SCtot - SCt$$

$$SCe = 21$$

$$t = 4$$

$$r = 2$$

5) **Cuadrado medio entre tratamientos (CMt):**

$$CMt = SCt / GLt$$

$$CMt = 25.7$$

$$GLt = t - 1$$

$$GLt = 3$$

6) **Cuadrado medio dentro de las muestras (CMe):**

$$CMe = SCe / Gle$$

$$CMe = 5.3 \approx 5.0$$

$$Gle = t(r - 1)$$

$$Gle = 4(2 - 1) = 4$$

CUADRO: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA)

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F cal.
Entre tratamiento	3	77	25.7	5.13
Dentro de la muestra (error)	4	21	5	
Total	7	98		

a) Prueba F:

$$F \text{ calculado} = CMt/CMe = 5.13$$

b) Cálculo de F tabular ($F\alpha$):

Tenemos:

$$GLt = t - 1 = 3$$

$$Gle = t(r-1) = 4$$

$$\text{Significancia} = 5\% = 0.05$$

$$F\alpha = 4.50$$

c) Interpretación: $F \text{ cal.} > F\alpha$

Por lo tanto, la prueba es significativa.

PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE TUKEY

1) Cálculo del nivel de significancia ($S\dot{x}$):

$$S\dot{x} = \sqrt{(CMe/r)}$$

$$S\dot{x} = \sqrt{5/2}$$

$$S\dot{x} = 1.58$$

2) Dedución de los Valores de la Amplitudes Estudiantizada Significativas de TUKEY, AES (T) para los tratamientos:

2.1) Dedución de los valores de P (número de medidas para la amplitud a probar).

Se sabe:

*Nivel de significancia = 5%

*Números de tratamiento = t = 4

*r=2

*Gle = t(r-1)=4

2.2). Los valores de P en la tabla de TUKEY son:

$$P_2=5.76; P_3=5.04; P_4=3.93$$

TABLA 8: Cuantiles de la distribución de Tukey $q(n, m)$

$\alpha = 0.05$	n												
m	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39

3) Cálculo de los valores de las Amplitudes Límites de Significación de TUKEY - ALS (T):

Se sabe que:

$$ALS(T) = S_{\bar{x}} * AES$$

	Tratamientos		
Valores de P	T2	T3	T4
$AES_{(T)}$	5.76	5.04	3.93
$S_{\bar{x}} = 1.58$			
$ALS_{(T)}$	9.10	7.96	6.21

4) Cuadro comparativo entre los promedios de los tratamientos:

4.1) Se ordenó de menor a mayor:

	Tratamientos			
	T1	T4	T2	T3
\bar{x}_i	2	4	13	17
Clave \bar{x}_i	I	II	III	IV

4.2) Comparaciones posibles entre los promedios de los tratamientos:

Tener en cuenta si:

$$\bar{x}_i > ALS_{(T)}; \text{ Existe significancia estadística.}$$

Clave \bar{x}_i	Diferencia entre \bar{x}_i	Comparación $\bar{x}_i > ALS_{(T)}$	Existe significancia
IV - I	15	15 > 6.21	SI
IV-II	13	13 > 7.96	SI
IV-III	4	4 > 9.10	NO
Interpretación: Hay superioridad del tratamiento de clave IV (1000 ppm) sobre el tratamiento de clave I (200 ppm) y sobre el tratamiento de clave II (Testigo), al nivel de 95%; sin embargo, no es superior al tratamiento de clave III (500ppm).			
III-I	11	11 > 7.96	Si
III-II	9	9 > 9.10	NO
Interpretación: Hay superioridad del tratamiento de clave III (500 ppm) sobre el tratamiento de clave I (200 ppm), al nivel de 95%; sin embargo, no es superior al tratamiento de clave II (Testigo).			
II-I	2	2 > 9.10	NO
Interpretación: No hay superioridad del tratamiento de clave II (Testigo) sobre el tratamiento de clave I (200 ppm), al nivel de 95%.			

5) Cuadro resumen de la diferencia y significaciones entre tratamientos:

	Tratamiento	T1	T4	T2	T3
	Promedio \bar{x}_i	2	4	13	17
	Clave	I	II	III	IV
	$ALS_{(T)}$		9.10	7.96	6.21
T1 = 2 (I)			2	11*	15*
T4 = 4 (II)				9*	13*
T2 = 13 (III)					4

Nota: La significancia se representa con una aspa (*) en la parte superior derecha de la diferencia entre los promedios, si este es mayor al ALS (T).

Por lo tanto:

- Hay superioridad del tratamiento de 1000 ppm (clave IV) sobre el tratamiento de 200 ppm (clave I), al nivel de confianza del 95%.
- Hay superioridad del tratamiento de 1000 ppm (clave IV) sobre el tratamiento Testigo (clave II), al nivel de confianza del 95%.
- Hay superioridad del tratamiento de 500 ppm (clave III) sobre el tratamiento de 200 ppm (clave I), al nivel de confianza del 95%.
- La diferencia entre los promedios de los tratamientos de 1000 ppm (clave IV) y 500ppm (clave III) no supera a la ALS (T) del mismo, por lo que NO ES SIGNIFICATIVA un tratamiento sobre el otro (no es superior uno sobre otro a un nivel de confianza del 95%); contrario aún, existe la probabilidad del 5% que ambos tratamientos sean iguales o que produzcan el mismo efecto.
- La diferencia entre los promedios de los tratamientos de 500 ppm (clave III) y el Testigo (clave II) no supera a la ALS (T) del mismo, por lo que NO ES SIGNIFICATIVA un tratamiento sobre el otro (no es superior uno sobre otro a un nivel de confianza del 95%); contrario aún, existe la probabilidad del 5% que ambos tratamientos sean iguales o que produzcan el mismo efecto.
- La diferencia entre los promedios de los tratamientos Testigo (clave II) y 200 ppm (clave I) no supera a la ALS (T) del mismo, por lo que NO ES SIGNIFICATIVA un tratamiento sobre el otro (no es superior uno sobre otro a un nivel de confianza del 95%); contrario aún, existe la probabilidad del 5% que ambos tratamientos sean iguales o que produzcan el mismo efecto.

Anexo 8. Panel fotográfico



Fotos 1; 2; 3 y 4 (De izquierda a derecha). Medición y recojo de variables de los acodados de *T. amazonia*



Fotos 5; 6; 7 y 8 (De izquierda a derecha). Dificultad y peligro para el acodado de *Terminalia amazonia*



Fotos 9 y 10. Tala y quema de árboles en la zona, para el uso del pastoreo y ganadería



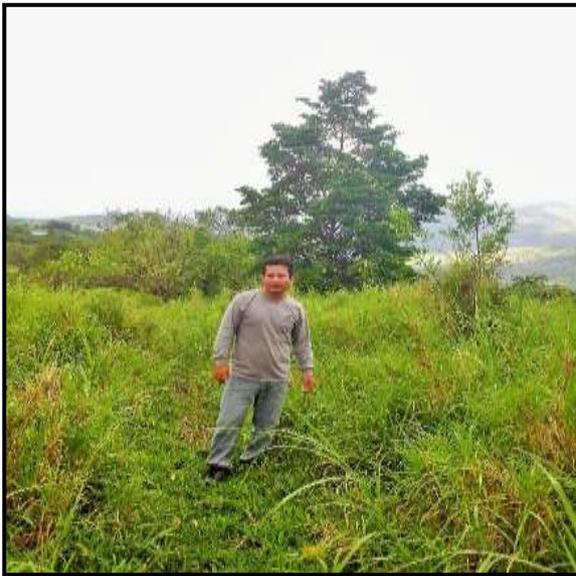
Fotos 11 y 12. Uso de *Terminalia amazonia* como cerco muerto y vivo respectivamente



Fotos 13 y 14. Identificación y reconocimiento de las características morfológicas de Terminalia amazonia



Fotos 15 y 16. Reconocimiento de las características topográficas de la zona de crecimiento de T. amazonia



Fotos 17 y 18. Tierras con vegetación arbustiva y cultivos agrícolas en el caserío La Unión, Huarango



Fotos 19 y 20. Cultivos agrícolas (cacao, plátano, mango) y actividad ganadera de la zona

Anexo 9. Constancia de identificación de la especie *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo , 203 /244, APDO. 12 - 056 LA MOLINA LIMA PERU



CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA

A solicitud del señor **Rodney Javier Pérez Concha** Bachiller en Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Cajamarca; Sede Jaén, se proporciona la identidad del espécimen indicado, el cual se halla depositado en el Herbario Forestal (MOL).

Zona de colección : Caserío Huarandoza, Distrito: Huarango
Provincia : San Ignacio
Región : Cajamarca
Colector : Rodney Javier Pérez Concha

Nº COL	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
01-RPC	<i>Terminalia amazonia</i> (J. F. Gmelin) Exell	Circuna, Amarillón	COMBRETACEAE



Determinador :

Carlos Reynel Rodríguez Ph. D.
Profesor Principal Dpto. Manejo Forestal
Director del Laboratorio de Dendrología
y Herbario Forestal UNALM (MOL)

La Molina, 13 de abril 2015

* ROGAMOS A LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS DEL HERBARIO FORESTAL (MOL) TENER ESPECIAL CUIDADO EN TRANSCRIBIR CORRECTAMENTE LOS NOMBRES PROPORCIONADOS

Anexo 10. Características generales de la zona de estudio

A. Población y economía

Para el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur, 2009), de sus 20 692 habitantes existentes en el distrito de Huarango, alrededor de 5 800 son mayores de 15 años y pertenecen a la población económicamente activa (PEA), estando ocupados alrededor del 90% en labores agrícolas.

B. Capacidades y potencialidades del distrito de Huarango

Para Mincetur (2009), son las siguientes:

- Tierras Fértiles para producir arroz, café, maíz y frutas.
- Potencial de pastos naturales y manejados.
- Recursos madereros como el cedro, el romeral, la siricuna, el latero y el michino.
- Cuenta con 26 canales de regadío.
- Adecuada dotación de insumos para la producción de abonos orgánicos.
- Atractiva población de peces en el río Chinchipe: chusca, boquichico, dorado, anguila.
- Recursos turísticos como la laguna Azul y el río Chinchipe, donde se desarrolla el turismo vivencial, de aventura y ecoturismo.
- El distrito cuenta con organizaciones ganaderas y agrícolas.

B.1. Riqueza Intercultural

Según Mincetur (2009), el distrito de Huarango cuenta con seis centros poblados donde los más sobresalientes son La Lima, El Porvenir, Huarandoza, Sapotal y El Triunfo. Cuenta con una amplia extensión territorial con ocho comunidades indígenas de la cultura Awajún-Wampis, estas comunidades son Yamakey, Supayaku, Valencia, Suwa, Nuevo Kuchin, Sawi-Entsa, Chingozales y Najem.