

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Académico Profesional de Agronomía

EVALUACIÓN DEL ENRAIZAMIENTO DE CUATRO VARIEDADES
DE OLIVO (*Olea europaea* L.) CON EL USO DE ÁCIDO
INDOLBUTÍRICO EN INVERNADERO
INPREX - TACNA 2012

TESIS

Presentada por:

Bach. MARIELA JULISSA LEONARDO RIVERA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias


Escuela Académico Profesional de Agronomía

“EVALUACION DEL ENRAIZAMIENTO DE CUATRO VARIEDADES
DE OLIVO (*Olea europaea* L.) CON EL USO DE ÁCIDO
INDOLBUTÍRICO EN INVERNADERO
INPREX – TACNA 2012”

Tesis sustentada y aprobada el 20 de diciembre del 2013

Jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:


M.Sc. MAGNO ROBLES TELLO

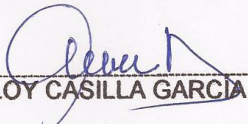
SECRETARIO:


Dr. OSCAR FERNÁNDEZ CUTIRE

VOCAL:


M.Sc. NELLY AREVALO SOLSOL

ASESOR:


Dr. ELOY CASILLA GARCÍA

INDICE

RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.1 Formulación del problema general	5
1.2.2 Sistematización del problema	5
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4 JUSTIFICACIÓN	6
1.5 LIMITACIONES	7
1.6 OBJETIVOS	8
CAPÍTULO II.....	9
2.1 CONCEPTOS GENERALES Y DEFINICIONES	9
2.1.1 Aspectos generales sobre el cultivo del olivo	9
2.2 ENFOQUES TEÓRICOS – TÉCNICOS	20
2.2.1 Reguladores de crecimiento	20
2.3 MARCO REFERENCIAL.....	52
2.3.1 Antecedentes del cultivo.....	52
2.3.2 El Instituto de Investigación, Producción y Extensión Agraria “INPREX”	53
2.3.3 Descripción del INPREX.....	55

2.3.4 Antecedentes de estudio	56
CAPITULO III.....	58
3.1 HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICAS	58
3.1.1 Hipótesis general	58
3.1.2 Hipótesis específicas	58
3.2 INDICADORES Y VARIABLES	59
3.2.1 Variable dependiente (Y): Enraizamiento	59
3.2.2 Variable independiente (X): Fitorregulador ácido indolbutírico ..	60
CAPITULO IV	61
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	61
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	61
4.3 MATERIALES Y MÉTODOS	61
4.3.1 Ubicación del campo experimental	61
4.3.2 Material experimental.....	62
4.3.3 Diseño experimental	68
4.3.4 Características del campo experimental.....	72
4.3.5 Variables de respuesta	73
4.3.6 Manejo del experimento.....	75
CAPITULO V.....	79
5.1 TÉCNICAS APLICADAS EN LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	79
5.1.1 Observación directa:.....	79
5.1.2 Instrumentos	79

5.2 RESULTADOS.....	80
5.2.1 NÚMERO DE CALLOS.....	80
5.2.2 NÚMERO DE RAÍCES.....	91
5.2.3 LONGITUD DE LA RAÍCES.....	98
5.2.4 VOLUMEN DE LA RAÍCES.....	105
5.2.5 LONGITUD DE BROTES.....	112
5.2.6 PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO.....	121
5.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	124
CONCLUSIONES.....	128
RECOMENDACIONES.....	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXOS.....	138

RESUMEN

El presente trabajo de investigación que lleva por título “Evaluación del enraizamiento de cuatro variedades de olivo (*Olea europea* L.) con el uso de ácido indolbutírico en invernadero INPREX- Tacna 2012”. El modelo utilizado fue diseño completamente al azar con arreglo factorial de 4 variedades (Sevillana, Manzanilla, Arbequina y Empeltre) x 3 dosis de AIB (1000 ppm, 1500 ppm y 2000 ppm) con 4 repeticiones, se utilizó el análisis de varianza y para realizar las pruebas de comparaciones múltiples de medias se utilizó la prueba de Tukey al 95%; y el análisis de regresión lineal y correlación. Los resultados evidenciaron que la dosis de AIB de 2000 ppm tuvo el mayor efecto en la mayoría de variables a excepción de la longitud de brotes y porcentaje de enraizamiento. El mayor número de raíces se obtuvo con la variedad Sevillana 7,95. En cuanto a la longitud de raíces, la variedad Sevillana logró el mayor promedio con 8,08 cm; el mayor volumen de raíces se logró con la variedad Sevillana con 2,28 ml; sin embargo, la mayor longitud de raíces se halló con la variedad Arbequina con 10,67 cm. El mayor porcentaje de enraizamiento se halló con la variedad Sevillana con 64,58%, seguido de la variedad Manzanilla 54,17 %, la variedad Arbequina con 36,66%, y la variedad de menor promedio fue Empeltre con 19,58%.

INTRODUCCIÓN

La Región Tacna se tiene el 90,01% de la superficie cultivada con olivo del Perú, correspondientes a 11 453 has. La mayoría de estos cultivos corresponden a las variedades: Sevillana, Ascolana, Empeltre, Liguria, Pendolino, entre otros; asimismo, gran parte del área de este cultivo se encuentra infestada de diversas plagas y enfermedades. El olivo es una especie que posee una extraordinaria capacidad de regeneración, esto permite que la mayoría de las variedades cultivadas se multipliquen muy bien por sistemas sencillos de propagación vegetativa. El contenido de este trabajo se encuentra estructurado en 05 capítulos de la siguiente manera:

El capítulo I: Está compuesto por el planteamiento y formulación del problema, objetivos (general, específicos), justificación e importancia del problema. Dentro de este capítulo se trata de plantear y formular de una manera correcta el problema existente, Identificar los objetivos, y demostrar la importancia que tiene el estudio sobre el enraizamiento de cuatro variedades de olivo con el uso de Ácido Indolbutírico y las limitaciones del mismo.

El capítulo II es la fundamentación teórica; el cual contiene los conceptos referidos a orientaciones teóricas y conceptuales del estudio, conceptos básicos, los enfoques teóricos técnicos, se presenta el marco de referencia de la investigación.

El capítulo III, se plantean las hipótesis general, específicas, las variables consideradas en el presente estudio y la operacionalización de variables

El capítulo IV : corresponde a la metodología de la investigación dentro del cual se manifiestan los métodos técnicas e instrumentos utilizados para la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de la información obtenida de la evaluaciones realizadas en el invernadero.

El capítulo V: es el tratamiento de los resultados incluyendo las técnicas aplicadas en la recolección de la información., Instrumentos de medición, los resultados de la investigación por medio del experimento realizado en el invernadero y la discusión de los resultados.

Finalmente las conclusiones de la investigación y al mismo tiempo se dan las recomendaciones respectivas, las referencias bibliográficas y finalmente incluyen los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El olivo es una especie que posee una extraordinaria capacidad de regeneración, esto permite que la mayoría de las variedades cultivadas se multipliquen muy bien por sistemas sencillos de propagación vegetativa, por plantación y enraizamiento de vástagos, óvulos o zuecas; sin embargo, estos sistemas implican el uso de mucho material vegetal, y al proceder a la regeneración de viejos olivares o nuevas plantaciones resulta difícil encontrar la cantidad necesaria a partir de plantaciones existentes. La propagación vegetativa reproduce fielmente las características de la planta madre, por lo que este método se emplea en la multiplicación de especies cuya condición heterocigótica impide el uso de la propagación sexual, por la inherente variabilidad de la descendencia.

En la Región Tacna la producción de olivo, para consumo o industrialización promueve el desarrollo sostenible junto a muchas otras

actividades, y es sabido en nuestra historia que Tacna es a nivel nacional el mayor productor de olivo en el país por ello, como agentes de extensión, estamos comprometidos con la solución de los diferentes problemas que directa o indirectamente disminuyen la productividad de esta especie. Sabemos que los bajos rendimientos, la susceptibilidad a enfermedades, el valor agregado que aún la mayoría de productores no pueden darle a su producto, así también como el poco interés por introducir nuevas variedades ocasionan una producción de mala calidad y la imposibilidad de abrir nuevos mercados mundiales. Visto de muchas maneras, el cultivo del olivo en nuestra Región enfrenta innumerables problemas que repercuten en nuestra sociedad.

Sumado a ello, la presencia de la hoja de hoz o virosis en los olivares de la Región Tacna, ha ocasionado serios problemas a los agricultores de la localidad, reduciendo la actividad fotosintética, y por ello la cantidad de clorofila por hoja, lo que ocasiona la disminución de los rendimientos y la vida productiva del árbol.

Además de las enfermedades y plagas, las condiciones climatológicas, la baja fertilidad de los suelos, así como la falta de un adecuado suministro de agua y presencia de altas cantidades de sales en los suelos, son grandes factores que limitan la producción del olivo.

1.2 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Formulación del problema general

¿Cuál será la cantidad adecuada de Ácido Indolbutírico para el enraizamiento de estaquillas herbáceas de cuatro variedades de olivo en condiciones de invernadero?

1.2.2 Sistematización del problema

¿Cuánto será el porcentaje de enraizamiento de cuatro diferentes variedades de olivo: sevillana, Manzanilla, Empeltre, Arbequina?

¿Cuál será la respuesta en el enraizamiento de las estaquillas con tres diferentes niveles de fitoregulator Ácido Indolbutírico: 1500ppm, 2000ppm y 3000ppm?

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Para precisar la delimitación estructurada de la investigación se propone:

- **Espacio geográfico:** El espacio geográfico materia de análisis es el Instituto de Investigación, Producción y Extensión Agraria (INPREX),

específicamente el área agrícola dedicada a la producción de plántones de olivo.

- **Sujetos de observación:** los sujetos o unidades de observación son las variedades de olivo: Sevillana, Manzanilla, Empeltre, Arbequina
- **Tiempo:** La información presentada se encuentra referida al lapso de tiempo de la experimentación comprendido entre el 12 de julio y el 15 de octubre del 2012.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se llevó a cabo debido a la gran importancia que tiene el cultivo del olivo en la región Tacna, y debido a su potencialidad en aspectos ambientales, culturales, sociales y económicos.

Es importante saber que en la Región Tacna se tiene el 90,01% de la superficie cultivada con olivo del Perú, correspondientes a 11 453 has. La mayoría de estos cultivos corresponden a las variedades: Sevillana, Ascolana, Empeltre, Liguria, Pendolino, entre otros; asimismo, gran parte del área de este cultivo se encuentra infestada de diversas plagas y enfermedades, por lo cual es importante la renovación de campos de

cultivo y la introducción de nuevas variedades con buenos aspectos agrícolas, como son la alta y constante producción, así como también con aspectos fitosanitarios favorables, que se adapten a las condiciones climáticas de esta Región (DRAT, 2011).

Con la presente investigación se requiere obtener gran cantidad de plantas sanas de olivo, que sean tolerantes a enfermedades, con una uniformidad aceptable entre sí, y cuyo sistema permite la multiplicación masiva del olivo con una cantidad de material vegetal, cuya recolección no representa daño a grandes áreas de cultivo. El efecto del Ácido Indolbutírico conjunto en el sistema de camas temperadas favorece el rápido enraizamiento de estaquillas herbáceas, lo cual disminuirá el costo de producción de plántones de olivo, y elimina la variabilidad genética, debido a que la propagación es asexual y se mantienen características favorables de la planta madre.

1.5 LIMITACIONES

La principal limitación es la escasa investigación en el área local referente al tema, asimismo solamente se limitó al uso de cuatro variedades de olivo.

1.6 OBJETIVOS

Objetivo General:

Determinar la dosis adecuada de Ácido Indolbutírico para el enraizamiento de estaquillas herbáceas de cuatro variedades de olivo en condiciones de invernadero.

Objetivos Específicos:

Determinar el porcentaje de enraizamiento de cuatro variedades de olivo: Sevillana, Manzanilla, Empeltre, Arbequina.

Evaluar la respuesta de enraizamiento con tres niveles de fitorregulador Ácido Indolbutírico: 1500ppm, 2000ppm y 3000ppm.

Evaluar la interacción de las variedades por las dosis de Ácido Indolbutírico.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 CONCEPTOS GENERALES Y DEFINICIONES

2.1.1 Aspectos generales sobre el cultivo del olivo

2.1.1.1 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Sub división: Magnoliophytina

Clase: Magnoliopsida

Orden : Scrophulariales

Familia: Oleaceae

Género : Olea

Especie: *Olea europaea* L.

Nombre común: Olivo

2.1.1.2 Estructuras vegetativas

a. El árbol

El olivo cultivado es un árbol de tamaño mediano, de unos 4 a 8 metros de altura, según la variedad. Puede permanecer vivo y productivo durante cientos de años. El tronco es grueso y la corteza de color gris a verde grisáceo. La copa es redondeada, aunque más o menos lobulada, a ramificación natural tiende a producir una copa bastante densa, pero las diversas prácticas de poda sirven para aclararla y permitir la penetración de luz. Caracteres del árbol como la densidad de la copa, el porte, el color de la madera y la longitud de los entrenudos varían según el cultivar. También la forma del árbol es influida en gran medida por las condiciones agronómicas y ambientales de su crecimiento y, en particular, por el tipo de poda; en este sentido, el olivo demuestra una gran plasticidad morfogenética (Barranco, 1980).

El olivo es un árbol polimórfico, con fases juvenil y adulta. Las diferencias entre estas fases se manifiestan en la capacidad reproductora, en el potencial para el enraizamiento y en diferencias morfológicas en hojas y ramos. Las hojas juveniles son más cortas y gruesas, y los ramos con entrenudos más cortos. La transición del estado juvenil al adulto no es

solamente temporal, a partir de los 5-8 años en árboles que se han originado de semillas, sino también espacial, siendo las zonas más cercanas al suelo las más juveniles. Por ejemplo las varetas que frecuentemente salen de la base del tronco tienen un estado más juvenil que los ramos que se forman en las partes superiores del árbol (Barranco, 1980).

b. La hoja

Las hojas del olivo son persistentes y normalmente sobreviven dos o tres años, aunque también permanecen en el árbol hojas de mayor edad. Son simples, de forma lanceolada y con bordes enteros. El limbo tiene una longitud entre 3 y 9 cm y una anchura entre 1-1,8 cm. La nervadura central es muy marcada y las secundarias muy poco aparentes. El peciolo es muy corto, llegando apenas a medio centímetro de longitud. En cada nudo aparecen dos hojas opuestas y los planos de las hojas de dos nudos consecutivos se disponen entre sí a 90°. Esta disposición se denomina decusada (Barranco, 1980).

La estructura anatómica de la hoja del olivo sirve en muchos aspectos para su adaptación a ambientes de alta transpiración, es decir; para protegerla de la pérdida de agua. Por el haz, la superficie superior, las

hojas son de color verde oscuro y brillan debido a la presencia de una gruesa cutícula. El envés, la superficie inferior, tiene un color blanco plateado porque está cubierto por pelos aparasolados. Estos tricomas especiales, también conocidos como escamas peltadas, tienen una forma parecida a un parasol con un soporte cubierto por una superficie en forma de disco y forman una capa protectora sobre la superficie de la hoja. Los estomas, que son estructuras localizadas entre las células epidérmicas para asegurar el intercambio de gases, se forman solamente en el envés, donde están cubiertas por la capa densa de los pelos aparasolados. Así, la pérdida de agua a través de los estomas no solamente se regula por el mecanismo de abertura y cierre de los mismos, sino también está reducida por la capa protectora de pelos aparasolados y por la localización de los estomas exclusivamente en la superficie inferior de la hoja (Barranco, 1980).

c. La raíz

La morfología del sistema radical del olivo depende por una parte del origen del árbol y por otra de las condiciones del suelo. Cuando el árbol nace de una semilla, se forma una raíz principal, que domina el sistema radical durante los primeros años y sin que ocurra la formación de raíces laterales importantes. La mayoría de los árboles comerciales están

producidos mediante el enraizamiento de estaquillas. En este caso, se forman en la zona basal de la estaquilla múltiples raíces adventicias. Todas o muchas de estas raíces adventicias se comportan como raíces principales múltiples en el árbol. La profundidad y la extensión lateral del sistema radical y el grado de ramificación dependen del tipo y profundidad del suelo y de la aireación y contenido de agua del mismo (Barranco, 1980).

La absorción de agua y nutrientes ocurre en las zonas más jóvenes de las raíces, que son las zonas situadas inmediatamente detrás de los ápices radicales. Estas zonas también son las más susceptibles a infección por hongos y nemátodos. Las raíces jóvenes tienen un estatus dinámico y se renuevan constantemente. La iniciación de nuevas raíces laterales y la velocidad de crecimiento de ellas y de las raíces ya presentes dependen de las condiciones ambientales.

Las raíces más jóvenes son de color blanco. Con el proceso de maduración cambian a color marrón debido a la suberización que ocurre primero en tejidos primarios y después en el desarrollo secundario. Las raíces blancas son más activas en la absorción de agua y nutrientes minerales. Se ha observado actividad de absorción también en las jóvenes raíces marrones, es decir con un poco de suberización, aunque

se sospecha que esta actividad es menor que las raíces blancas o de la que ocurre en caso de que estas sean escasas (Barranco, 1980).

La pauta de diferenciación de los tejidos también está influida por las condiciones ambientales. Los procesos de desarrollo de los tejidos primarios y la iniciación de crecimiento secundario ocurren más cerca del ápice en condiciones de estrés. Esto se debe, en parte, a la influencia directa del ambiente sobre el desarrollo de los tejidos y, en parte, a la reducción de la velocidad de elongación de la raíz (Barranco, 1980).

La superficie absorbente de las zonas jóvenes aumenta por la formación de pelos radicales, que son extensiones tubulares de las células epidérmicas. Estos son frecuentes y relativamente cortos en el olivo. Inmediatamente al interior de la epidermis se encuentra el cortex, el gran tejido parenquimático que llega hasta el cilindro central. En el olivo, la capa externa del cortex se diferencia para formar una hipodermis o exodermis. Las células de la hipodermis son de mayor tamaño y más uniformes que las restantes células del cortex; sus paredes experimentan un desarrollo secundario especial, con notable engrosamiento y la formación de una lámina media de sustancia hidrofóbicas. Así, la

hipodermis se transforma en una capa protectora que reduce la pérdida de agua de la raíz en condiciones de estrés (Barranco, 1980).

2.1.1.3 Bases celulares de la propagación asexual

La propagación asexual es posible porque cada una de las células de la planta posee los genes necesarios para el crecimiento y desarrollo de la misma, y durante la división celular que ocurre durante el crecimiento y regeneración (mitosis), los genes están replicados en las células hijas (Hartmann, 1980).

La mitosis ocurre en porciones o áreas específicas de la planta para producir el crecimiento. Estas son: el ápice de los tallos, el ápice de las raíces, el cambium y las zonas intercalares. También ocurre la mitosis cuando se forma callo en una parte herida de la planta y cuando se inician nuevos crecimientos en porciones del tallo o de la raíz, La mitosis es el proceso básico del crecimiento vegetativo normal, de la regeneración y de la cicatrización de heridas, que hace posible prácticas tales de propagación vegetativa, como la reproducción por estacas, el injerto, el acodo, la separación y la división (Hartmann, 1980).

2.1.1.4 Multiplicación por estaquillas herbáceas

a. Bases fisiológicas de la propagación por estaquillas

La capacidad para regenerar la estructura entera de las plantas es una propiedad que poseen esencialmente todas las células vegetales y vivientes, se demuestra en las diversas células y sistemas de células. Dicha capacidad depende de dos características fundamentales de las células vegetales, una es la TOTIPOTENCIA, que significa que cada célula vegetal viviente contiene la información necesaria para reconstituir todas las partes de las plantas y sus funciones; la segunda es la DESDIFERENCIACIÓN, que es la capacidad de las células maduras de volver a una condición meristemática y desarrollar un punto de crecimiento nuevo (Hartmann, 1980).

b. Formación de raíces adventicias.

Cuando se hace una estaca, las células vivientes que están en la superficie cortada son lesionadas, quedando expuestas las células muertas y conductoras del xilema. El proceso subsecuente de cicatrización y regeneración ocurre en tres pasos:

- Al morir las células externas lesionadas se forma una capa necrótica que sella la herida con un material suberoso y tapa el xilema con goma. Esta placa protege las superficies cortadas de la desecación.
- Después de unos cuantos días las células detrás de esta placa empiezan a dividirse y se puede formar una capa de células de parénquima (callo).
- En ciertas células próximas al cambium vascular y al floema se empiezan a iniciar raíces adventicias (Rojas, 1993).

2.1.1.5 Desarrollo anatómico de raíces y ramas en las estacas

a. Estacas de tallo

En plantas leñosas perennes, donde hay una o más capas de xilema y floema secundarios, las raíces adventicias en sus estacas de tallo, por lo común, se originan en el floema secundario joven, aunque también pueden originarse de otros tejidos, tales como los radios vasculares, el cambium o la médula (Hartmann, 1980).

En general, el origen y el desarrollo de las raíces adventicias se efectúan cerca y hacia afuera del cilindro central de tejido vascular. Al salir del tallo, las raíces adventicias ya han desarrollado una cofia y los tejidos

usuales de la raíz, así como una conexión vascular completa con el tallo en que se originan (Hartmann, 1980).

Las raíces adventicias en los tallos se originan endógenamente; es decir, se originan dentro del tejido del tallo y crecen hacia afuera. El tiempo en el cual se desarrollan iniciales de la raíz, después de haber colocado las estacas en la cama de propagación, varía mucho (Hartmann, 1980).

b. Callo

Una vez que se han hecho las estacas y se han colocado en condiciones favorables para el enraíce, se forma un callo en el extremo basal de la estaca. Este es una masa irregular de células parenquimatosas en diversos estados de lignificación.

Existen pruebas de que el pH del medio de enraizamiento puede influir sobre el tipo de callo que se produzca, el cual a su vez puede afectar la emergencia de las raíces adventicias de nueva formación. En estudios en que se usaron estacas de álamo de bálsamo (*Populus balsamífera*), se encontró que con un pH de 6.0 las células de callo eran grandes y algo suaves y las estacas enraizaban con facilidad. Con el aumento de la alcalinidad, la masa del callo se volvió más pequeña hasta que a pH 11, las células de callo eran pequeñas y estaban dispuestas en forma compacta en una estructura maciza calcárea. Esas estacas no mostraron

raíces, aunque al seccionarlas se encontraron debajo del callo iniciales de raíz bien formadas (Hartmann, 1980).

Una parte cualquiera de una planta colocada en condiciones favorables, tiende a regenerar los órganos que le faltan. Un corte, un traumatismo de cualquier naturaleza es seguido de un proceso regenerativo del tejido celular. A este punto afluyen ciertos elementos activantes en tanto mayor cantidad cuanto más joven sea el órgano lesionado. En el caso de las estacas, cuanto éstas han sido debidamente tratadas, lo primero que se observa es la formación de tejido cicatrizal en la parte basal, que se inicia inmediatamente debajo de la corteza y felógeno. Esta cicatrización, tiene como finalidad inmediata proteger los tejidos adyacentes (Cañizares, 1972).

2.1.1.6 Bases fisiológicas de la iniciación de la raíz en las estacas

En las plantas, ciertas concentraciones de diversas sustancias de ocurrencia natural en ellas y que tienen propiedades semejantes a las hormonas, son más favorables que otras para la iniciación de raíces adventicias. Se ha dedicado mucho estudio a determinar esas relaciones.

Para distinguir entre hormonas vegetales y reguladores de crecimiento, se puede decir que todas las hormonas regulan el crecimiento, como las auxinas, citokininas y giberelinas, inhibidores (como el ácido abscísico) y el etileno, influyen sobre la iniciación de las raíces. De ellas, la auxina es la que tiene el mayor efecto sobre la formación de raíz en las estacas. En adición a los grupos citados, es indudable que hay otros materiales de ocurrencia natural que participan en la iniciación de raíces adventicias (Hartmann, 1980).

2.2 ENFOQUES TEÓRICOS – TÉCNICOS

2.2.1 Reguladores de crecimiento

Los reguladores de las plantas se definen como compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes, que en pequeñas cantidades fomentan, inhiben o modifican de alguna otra forma cualquier proceso fisiológico vegetal.

Las hormonas de las plantas o fitohormonas, son reguladores producidos por la misma planta que en bajas concentraciones regulan los procesos

fisiológicos de aquellas. Por lo común las hormonas se desplazan en el interior de las plantas, de un lugar de producción a un sitio de acción.

El término “hormona”, empleado correctamente se aplica exclusivamente a los productos naturales de las plantas; sin embargo, el término “regulador” no se limita a los compuestos sintéticos, sino que puede incluir también hormonas. Dicho término cubre un término muy amplio, puede aplicarse a cualquier material que pueda modificar los procesos fisiológicos de cualquier planta (Rojas, 1993).

El término regulador debe usarse en lugar de “hormona”, al referirse a productos químicos agrícolas que se utilicen para controlar cultivos. El término puede definirse aún mejor agregándole el nombre del proceso en que influye: por ejemplo, los *reguladores de crecimiento* (es decir sustancias de crecimiento), que afecta al desarrollo de las plantas, incluye a las auxinas (Rojas, 1993).

Se entiende por reguladores de crecimiento a las hormonas vegetales, las mismas que son sintetizadas en un determinado lugar de la planta y se translocan a otro donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo o metabolismo del vegetal. El término

“sustancias reguladoras de crecimiento” es más general y abarca a las sustancias, tanto de origen natural como sintetizadas en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo o desarrollo en la planta.

Las fitohormonas son las moléculas responsables del desarrollo, aunque no se sabe bien cómo actúan en las células. Se sabe que su mecanismo de acción es por interacción con un receptor específico y que su modo de acción, una vez recibida la señal, es por transducción (Aguirre, 2010).

Se denomina nivel activo de una hormona a las formas que desencadenan respuestas. Es necesario un control u homeostasis hormonal, el cual es importante para el control del crecimiento y la defensa ante situaciones eventuales como cerrar constantemente los estomas en sequía. Para ello existen diversos mecanismos:

- Biosíntesis: es la fabricación de hormonas para aumentar su concentración
- Degradación catabólica: es la eliminación de las hormonas para conseguir el efecto contrario.

- **Transporte:** se trata de llevar hormonas de zonas de afloramiento a zonas de déficit o de transportarlas al lugar donde se necesita su acción.
- **Conjugación:** es la modificación de hormonas. Sirve como paso inicial en la degradación de éstas, para poder almacenarlas, buscando su mayor eficacia en el transporte o para inactivarlas.
- **Compartimentación:** sirve para aumentar o disminuir los niveles hormonales (Aguirre, 2010).

2.2.1.1 Clasificación de fitorreguladores

Existen propuestas sobre la clasificación de las hormonas vegetales ya que el desarrollo vegetal se encuentra regulado por la acción de sustancias químicas que activan o reprimen determinados procesos fisiológicos. Según esta propuesta existen hormonas vegetales (fitorreguladores) naturales del crecimiento, se agrupan de la siguiente manera:

- **Promotoras conocidas:**
 - a) Auxinas (AIA, AIB, KINETINA, ANA)

- b) Giberelinas
- c) Citoquininas

- **Promotoras probables;**

- a) Florígeno
- b) Antesisina
- c) Acido traumático

- **Inhibidores:**

- a) Acido absícico
- b) Etileno
- c) Acido fasmónico
- d) Compuesto fenólico (Weaver, 1980).

a) Auxinas.

Son las primeras hormonas que se descubrieron. Su estructura es un derivado del fenol o el indol, y tienen anillos aromáticos con dobles enlaces conjugados. Todas las auxinas son ácidos. No se sabe el modo de acción pero éste está relacionado directamente con su estructura, ya que si se modifica pierde su función. Las auxinas pueden ser naturales o sintéticas, las principales son:

- Naturales

Ácido indolacético (AIA)

Conjugados del AIA (glicoproteínas, pequeños péptidos)

- Sintéticas

Derivados Indólicos, Acido Indolbutírico (IBA)

Derivados del naftaleno: α -naftalénacético β -naftalénacético (α NAA, β nNAA)

Derivados del fenoxiacético y del ácido benzoico: 2,4 diclorofenoxiacético (2,4,D) y 2,6 diclorofenoxiacético (2,6,D). Acido 4-amino-3,5,6-tricloropicolínico (Picloram) (Aguirre, 2010).

Efectos

- Crecimiento: estimulan la elongación celular en tallo o coleoptilos, incrementan la extensibilidad de la pared celular y estimulan la diferenciación del xilema y el floema.
- Tropismos: responsables del fototropismo y gravitropismo positivo de las raíces.
- Dominancia apical: la yema apical del tallo inhibe el crecimiento de yemas axilares cercanas.
- Abscisión de órganos: posee un control genético y las auxinas retrasan la caída, aunque el etileno la induce.
- Rizogénesis: estimulan la formación de raíces laterales o adventicias. Inhiben la elongación de la raíz principal (Aguirre, 2010).

El nombre auxina significa crecer y es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación. El ácido indolacético (AIA) es la forma predominante, sin embargo, evidencia reciente sugiere que existen otras auxinas indólicas naturales en plantas. Aunque la auxina se encuentra en toda la planta, las más altas concentraciones se localizan en las regiones meristemáticas de crecimiento activo. Se le encuentra tanto como molécula libre o en formas conjugadas inactivas. Cuando se encuentran conjugadas, la auxina se encuentra metabólicamente unida a otros compuestos de bajo peso molecular. Este proceso parece ser reversible. La concentración de auxina libre en plantas varía de 1 a 100 mg/kg peso fresco. En contraste, la concentración de auxina conjugada ha sido demostrada en ocasiones que es sustancialmente más elevada (Aguirre, 2010).

Una característica sorprendente de la auxina es la fuerte polaridad exhibida en su transporte a través de la planta. La auxina es transportada por medio de un mecanismo dependiente de energía, alejándose en forma basipétala desde el punto apical de la planta hacia su base. Este flujo de auxina reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo, manteniendo de esta forma la dominancia apical. El movimiento

de la auxina fuera de la lámina foliar hacia la base del peciolo parece también prevenir la abscisión (Aguirre, 2010).

A mediados de la década de 1930 y después, los estudios sobre la fisiología de la acción de la auxina demostraron que esa sustancia intervenía en actividades tan diversas de las plantas como el crecimiento del tallo, la formación de raíces, la inhibición de yemas laterales, la abscisión de las hojas y de los frutos, la activación de las células del cambium y otras (Hartmann, 1980).

El ácido Indol-3-acético (AIA) fue identificado en 1934 como una sustancia de ocurrencia natural que tenía una considerable acción de auxina y pronto se encontró que fomentaba la formación de raíces adventicias. Esta acción del AIA se demostró primero mediante una prueba biológica en que se empleaban epicótilos ahilados de chícharo, bajo un conjunto de condiciones estándar (Hartmann, 1980).

Subsecuentemente, se probó el ácido indolacético sintético respecto a su actividad para fomentar el crecimiento de raíces en segmentos del tallo, y en 1935, varios investigadores demostraron el empleo práctico de este material para estimular la formación de raíces en estacas. Alrededor del

mismo tiempo se demostró que dos materiales similares, los ácidos indolbutírico (AIB) y naftalenacético (ANA) aunque no ocurrían de manera natural, era aún más efectivos para ese propósito que el ácido indolacético que se presentaba en forma natural. En la actualidad está bien aceptado y subsecuentemente se ha confirmado muchas veces que la auxina, natural o en forma aplicada artificialmente, es un requerimiento para la iniciación de raíces adventicias en los tallos y en efecto, se ha demostrado que la división de las primeras células iniciadoras de la raíz depende de la auxina, ya sea aplicada o endógena (Hartmann, 1980).

En los tallos, aparentemente la formación de iniciales de raíz depende de las auxinas nativas presentes en la planta, más un sinérgico. Estas sustancias juntas conducen a la síntesis de ácido ribonucleico (ARN) que interviene en la iniciación de los primordios de la raíz (Hartmann, 1980).

b) Giberelinas.

Son hormonas que proceden de una estructura química, no de una función concreta. Su estructura química deriva del ent-giberelano. Es un grupo de hormonas muy heterogéneo, son de muchas formas aunque pocas con función. Hay 130 distintas repartidas en distintos reinos y especies.

Todas son ácidos, y se denominan GAX, siendo x un número del 1 al 130 en función del orden de descubrimiento.

Efectos

- Estimulan el crecimiento de los tallos e hipocótilos. Tienen un papel mayor que las auxinas en plantas con crecimiento de entrenudos. En la reproducción estimulan la floración, sobre todo en aquellas plantas con floración por factores ambientales o floración del día largo como las coníferas. No son universales, en algunas especies puede inhibir la floración (Angiospermas leñosas y frutales). Producen partenocarpia. Tienden a producir plantas masculinas en especies dioicas. Provocan la reversión a fases juveniles de la planta. Pueden suplir los fotoperíodos y los termoperíodos necesarios para el crecimiento.
- La germinación es su principal efecto. Casi todas las semillas germinan inducidas por GA. Posibilitan la movilización de reservas en la semilla. Sustituyen requisitos ambientales, el AG3 ha demostrado ser bastante activo (Aguirre, 2010).

Las giberelinas son un grupo de sustancias de ocurrencia natural, estrechamente relacionadas entre sí, porque fueron aisladas por primera vez en Japón en 1939 y que se conocen en forma principal, por sus

efectos de promover el alargamiento de los tallos. En concentraciones relativamente elevadas, de manera consistente han inhibido la formación de raíces adventicias. Existen pruebas de que esta inhibición es un efecto local directo que impide la división temprana de células que intervienen en la transformación de tejidos de tallo maduros a una condición meristemática. Las giberelinas tienen una función en la regulación de la síntesis de ácido nucleico y proteínas y mediante la interferencia en esos procesos puede suprimir la iniciación de raíces (Hartmann, 1980).

c) Citoquininas.

Son un grupo más reducido de hormonas que deben su nombre a su función. En conjunto con las auxinas estimulan la división celular.

Derivan de adeninas y las más frecuentes son:

- Naturales

La zeatina N⁶ (N⁶-4 Hidroxi, 3 metil, 2 butiril), posee un doble enlace en el centro de la cadena y tiene isómeros cis y trans que parecen ser formas naturales.

No purínicas como el thidiazuon, (TDZ) y el CPPU N-(2-cloro-4-piridil)-N-fenil úrea. Estos compuestos tienen una actividad histoquímica muy alta y son muy eficientes.

- Sintéticas

La quinina (KIN), N6 Benzylaminopurina(BAP), N6benciladenina(BA), N6 dimetil alil aminopurina (2ip) (Aguirre, 2010).

Efectos

- Crecimiento. En conjunto con las auxinas, las citoquininas estimulan la proliferación de células meristemáticas, y también estimulan la expansión de los cotiledones tras el primer haz de luz que reciben.
- Dominancia lateral. Estimulan el crecimiento de yemas laterales inhibiendo la apical.
- Diferenciación y morfogénesis. Provocan cambios en la morfología según el tipo de crecimiento. Junto a las auxinas estimulan la formación de raíces y tallos.
- Senescencia. Son anti-senescentes (Aguirre, 2010).

Las citoquininas son hormonas de crecimiento de las plantas que intervienen en el crecimiento y la diferenciación celular. Diversos materiales naturales y sintéticos, como la zeatina, la kinetina y la 6-bencil adenina, tienen actividad de citoquinina. Por lo general, la aplicación de citoquininas sintéticas no ha estimulado o impedido la iniciación de las raíces (Hartmann, 1980).

2.2.1.2 Los efectos de hojas y yemas: cofactores de enraizamiento

La existencia de una sustancia específica formadora de raíces, producida en las hojas y que se desplaza hacia abajo a la base del tallo, donde promovía la formación de raíces.

Las yemas de brotado vigoroso promueven el desarrollo de raíces justo debajo de las yemas en estacas de plantas como el sauce, el álamo, el grosellero y la vid. Se supuso que en las yemas en desarrollo se formaban sustancias semejantes a hormonas y que eran transportadas a través del floema a la base de la estaca, donde estimulaban la formación de raíces (Hartmann, 1980).

Se ha demostrado que si se toman estacas de madera dura en la mitad del invierno cuando las yemas están en período de reposo no ejercen un efecto estimulante sobre el enraizado. Sin embargo, si las estacas se prepararon temprano en el otoño o en la primavera, cuando las yemas están activas y en condición de reposo, ejercieron un fuerte estímulo del enraizamiento. También se ha demostrado con estacas de patrones de manzano y ciruelo que la capacidad de las ramas para regenerar raíces aumentaba durante el invierno, alcanzando un punto elevado justo antes

de que abra el botón en primavera. Se piensa que esto está asociado con una disminución del nivel de latencia de la yema después del enfriamiento invernal (Hartmann, 1980).

Desde hace mucho tiempo que se sabe y hay una considerable cantidad de pruebas experimentales que lo apoyan, que la presencia de hojas en las estacas ejerce una fuerte acción estimulante sobre la iniciación de raíces.

Es indudable que los carbohidratos translocados de las hojas contribuyen a la formación de raíces. Se sabe que las yemas y las hojas son poderosos productores de auxina y los efectos se observan directamente debajo de ellas, demostrando que existe un transporte polar del ápice a la base (Hartmann, 1980).

2.2.1.3 Inhibidores endógenos del enraizamiento

Las estacas de ciertas plantas difíciles de hacer que enraícen pueden no producir las raíces que se desean, debido a la presencia de inhibidores de las raíces de ocurrencia natural. Hace muchos años se encontró que este

era el caso con vides, en las cuales los estudios cromatográficos sugirieron que en la respuesta de enraizamiento podía encontrarse asociada la presencia de dos inhibidores. Lixiviando las estacas con agua, se aumentó la cantidad y calidad de raíces producidas. Durante el lavado se liberó en el agua un inhibidor que tuvo un efecto perjudicial sobre el enraizamiento de estacas de *Vitis vinífera*, que produce raíces con facilidad (Hartmann, 1980).

2.2.1.4 Descripción del método de enraizamiento de estaquillas herbáceas

2.2.1.4.1 Fases

La multiplicación del olivo por estaquillado semileñoso bajo nebulización, al igual que otros métodos tradicionales, produce plantas autoenraizadas, aunque también se puede utilizar para propagación directa y simultánea de la combinación variedad-patrón que interese. Antes de proceder a la descripción detallada del método e instalaciones a utilizar parece conveniente adelantar que el proceso completo consta de tres fases:

a) Enraizamiento: Se trata de provocar la emisión de raíces adventicias en las bases de estaquillas provistas de hojas. Se realiza en un invernadero de cristal con ambiente controlado.

b) Endurecimiento: Su objetivo es hacer que el pequeño sistema radical obtenido en la fase anterior vaya siendo funcional al tiempo que brotan las yemas axilares de las hojas si no lo hicieron durante el enraizamiento. Se puede llevar a cabo en el mismo invernadero u otro más sencillo.

c) Crianza de los plantones: Comprende desde el endurecimiento hasta la obtención del plantón definitivo y se puede hacer en vivero o en macetas. Puede requerir la utilización de umbráculos (Caballero, 1981).

2.2.1.4.2 Material vegetal

En olivo se entiende por estaquillado herbáceo aquel que toma las estaquillas de ramos vigorosos del año, si es a partir del primer flujo de crecimiento, o del año anterior si es antes de esa fecha. Son estaquillas de unos 14 a 18 cm. de longitud, provistas de 4 a 6 hojas en su parte superior. Los cortes basal y apical se dan, respectivamente, por encima y por debajo de un nudo, puesto que se ha comprobado un enraizamiento mejor en este caso.

De cada ramo se pueden obtener tres tipos de estaquillas: basales, medias y apicales. Diversos trabajos han puesto de manifiesto un mejor enraizamiento de las basales más maduras, si se aplican auxinas. Ello puede ser debido a un mayor contenido en hidratos de carbono. Asimismo se ha comprobado la influencia positiva de azúcares aplicados externamente y que una variedad que enraíza bien ha mostrado mayor contenido de azúcares y algunos elementos minerales en sus estaquillas que otra que lo hace con dificultad (Caballero, 1981).

2.2.1.5 Tratamientos de las estaquillas

Diversos factores, internos y externos a las estaquillas y sus plantas madres, influyen en la rizogénesis en general y en la del olivo en particular. Aparte de los factores ambientales, que después se consideran, el tratamiento de las bases de las estaquillas con reguladores de crecimiento de naturaleza auxínica, principalmente el ácido indolbutírico (AIB), y la realización de incisiones longitudinales en las mismas bases son los de más positiva influencia en la emisión de raíces adventicias (Caballero, 1981).

Así pues, las estaquillas se hacen como queda dicho sin más precauciones que la elección de material vegetal sano y mantenimiento de los ramos en ambiente húmedo durante su manejo para evitar su desecación. Una vez preparadas, y en el caso de variedades difíciles de enraizar, se hacen incisiones longitudinales de unos 3 cm en las bases y el tratamiento con AIB se realiza por inmersión de los 2 cm inferiores de las estaquillas, durante 5 segundos, en una solución del producto en alcohol del 50% a la concentración de 3 g por litro. Las estaquillas se plantan en la bancada de propagación del invernadero una vez se han secado sus bases (Caballero, 1981).

Cabe indicar aquí que la solución alcohólica de AIB puede ser sustituida por suspensión en polvo de talco. Los resultados son prácticamente los mismos y este último método tiene la ventaja de poder almacenar la suspensión durante mucho tiempo. La solución alcohólica no es estable por más de diez días aunque se almacene en frigorífico y dentro de un frasco oscuro. Asimismo, conviene tratar las estaquillas con una solución fungicida como precaución contra posteriores infecciones fúngicas, principalmente repilo, durante el período de enraizamiento (Caballero, 1981).

2.2.1.6 Medios de enraizamiento

Las estaquillas se plantan en el medio a utilizar contenido en cajas o directamente en la bancada de propagación. El primer método tiene la ventaja de poder efectuar las operaciones de plantación y arranque en una sala de trabajo, fuera del invernadero, y la recuperación del medio de enraizamiento se hace con más facilidad. En cualquier caso se ha de proceder a un riego abundante del medio para darle la compacidad adecuada, plantándose a continuación las estaquillas a una profundidad de unos 5 cm. La capa de medio a utilizar ha de ser de unos 10 cm de espesor y la densidad de plantación de 600 a 650 estaquillas por metro cuadrado. Con ello se aprovecha el espacio sin impedir un buen desarrollo del sistema radical ni la adecuada iluminación de las hojas (Caballero, 1981).

Son varios los medios disponibles para que en ellos tenga lugar el enraizamiento: arena, turba, perlita, vermiculita. La elección del medio de enraizamiento más adecuado es algo que hay que efectuar tras experimentación cuando se pretende propagar una planta por este método. En el olivo se han probado todos por los diversos autores y la perlita sola o mezclada con vermiculita da los mejores resultados. Estos

son medios inertes que cumplen las condiciones de un buen medio de enraizamiento:

- a) Ser suficientemente denso y firme como para mantener las estaquillas en su lugar durante el enraizamiento. Su volumen debe ser bastante constante tanto húmedo como seco.
- b) Retener suficiente humedad para no tener que dar riegos demasiado frecuentes y al mismo tiempo ser muy poroso para que drene bien el agua en exceso.
- c) Estar libre de semillas de malas hierbas, nemátodos y otros organismos nocivos (Caballero, 1981).

El principal inconveniente de estos medios es su precio. No obstante, es posible su empleo varias veces si se dispone de una esterilizadora de medios de enraizamiento. La arena lavada puede usarse también pero tiene el inconveniente de producir un sistema radical largo, no ramificado y frágil. No obstante, se puede utilizar si se mezcla con otro medio más adecuado aunque los resultados pueden no ser todo lo satisfactorios que cabría esperar (Caballero, 1981).

2.2.1.7 Instalaciones necesarias

Un factor importante para obtener buenos resultados por este método es la aplicación de calor de fondo a las bases de las estaquillas por calentamiento del medio empleado. El enraizamiento de estacas se consigue de manera más rápida si la temperatura del suelo es mayor que la del medio ambiente, alrededor de 25 a 27°C, para lo cual es necesario su calentamiento artificial (Caballero, 1981).

A una cama de propagación provista de calefacción se la llama cama caliente. El aumento en la temperatura del suelo puede conseguirse rústicamente mediante la colocación en la base del medio de enraizamiento que suele tener una profundidad de 15cm. de una capa de estiércol en descomposición, que debido a las reacciones de fermentación que en él ocurren desprende calor (Caballero, 1981).

Puede también calentarse el suelo mediante el empleo de una tubería por la que se haga circular agua caliente o aire o vapor de agua a gran temperatura. El más usual, cómodo, pero algo caro es el que deriva calor de cables eléctricos cubiertos de plástico, colocados en el fondo del

medio del suelo, a cierta separación entre sí, que se calientan mediante electricidad o bajo voltaje que no ofrece ningún peligro (Caballero, 1981). Debajo de los bancales se instala un sistema de calefacción a agua caliente que debe asegurar una temperatura en la base de las estacas de 18 a 25°C. Ello es sumamente importante en climas fríos o bien cuando la multiplicación se prolonga durante períodos relativamente frescos de otoño y primavera (Caballero, 1981).

Esto se puede conseguir mediante la circulación de agua caliente o vapor de agua por el fondo de la bancada o por resistencias eléctricas recubiertas de plástico. En ambos casos se recomiendan temperaturas de 20 a 25°C y la instalación ha de llevar un termostato que mantenga estable esa temperatura (Caballero, 1981).

El adecuado drenaje del mismo se consigue con agujeros bien repartidos por toda la superficie de la bancada. Si se emplean resistencias eléctricas los cables que las contienen han de colocarse uniformemente distribuidos debajo del medio y separados del mismo por una malla de plástico que evite su movimiento al sacar las estaquillas enraizadas. En este caso el drenaje se consigue colocando una delgada capa de arena fina lavada sobre otra de grava de un espesor total de ocho a diez centímetros. Los

termostatos que controlan la temperatura del medio han de colocarse en el mismo y la profundidad que alcancen las bases de las estaquillas.

El ambiente del invernadero conviene que sea unos grados más fresco que la temperatura del medio de enraizamiento y bastante húmedo. Se consiguen así dos objetivos. Por una parte se dificulta la brotación de las yemas axilares de las estaquillas durante la rizogénesis, al menos en una primera fase de la misma, con lo que aquel proceso no compite con el de iniciación de raíces adventicias. Por otra parte, la humedad relativa alta permite disminuir la frecuencia y duración de la nebulización, lo que alargará la vida útil de esta instalación y ayudará en la obtención de un buen enraizamiento al disminuir posibles problemas de encharcamiento del medio por riegos excesivos (Caballero, 1981).

En climas cálidos y secos dicho ambiente se consigue con un sistema de refrigeración.

El más sencillo consiste en la sustitución de una pared del invernadero por un panel constituido por una manta filtrante alojada en una malla de doble pared y en la colocación en la pared opuesta de varios extractores de aire que permitan una intensa renovación del mismo dentro del invernadero (Caballero, 1981).

2.2.1.8 Nebulización

La nebulización consiste en la producción de una niebla artificial mediante la atomización del agua. Para ello se usan aspersores o boquillas atomizadoras, convenientemente colocados sobre la bancada de enraizamiento. La fina niebla obtenida debe cubrir uniformemente toda la bancada de propagación (Caballero,1981).

Dicha niebla mantiene continuamente sobre las hojas de las estaquillas una película de agua, que además de proporcionar una humedad relativa alta a su alrededor, disminuye la temperatura de las mismas y del aire. Todo ello redunda en una disminución del ritmo de transpiración de las hojas. El efecto refrescante de esta capa de agua es tan efectivo, que en determinadas condiciones climáticas y/o épocas del año, las bancadas de propagación pueden ser colocadas no sólo dentro de un invernadero con posibilidades de controlar la temperatura, sino incluso al aire libre, bajo un buen sombreado (Caballero, 1981).

La nebulización es mejor que una simple humidificación porque, además de aumentar la presión de vapor del agua, alrededor de las estaquillas, disminuye la temperatura como ya se ha visto. Ello permite, por otra

parte, aprovechar al máximo la luz disponible en cada caso para que las hojas realicen su función fotosintética y el ritmo de respiración de las mismas es asimismo disminuido. Todo ello combinado permite un saldo positivo de nutrientes que es usado en la promoción y desarrollo de raíces adventicias. Sin embargo, esta nebulización ha de ser intermitente para no disminuir demasiado la temperatura en las estaquillas y del medio de enraizamiento, lo que resultaría perjudicial, y para evitar la pérdida, por lavado de las hojas, de nutrientes o compuestos necesarios para la iniciación radical (Caballero, 1981).

Así pues, se hace necesario un mecanismo que controle los intervalos entre riegos y la duración de los mismos. Este puede ser de varios tipos pero en todos los casos actúa sobre una válvula selenoide del tipo normalmente abierta, colocada entre el mecanismo de control y las boquillas de nebulización. Un fallo en el suministro de energía eléctrica provocaría un desastre, por falta de nebulización, si las válvulas fuesen del tipo normalmente cerradas. Para controlar la frecuencia y duración de los riegos se puede utilizar un mecanismo de relojes temporizadores ayudados o no por una célula fotoeléctrica que adelanta o retrasa la velocidad de un contador. Este manda corriente a la válvula para que pase el agua a las boquillas. En este caso se necesita otro reloj

temporizador que ponga en funcionamiento todo el sistema al amanecer y lo detenga poco después del anochecer, volviendo a ponerlo en funcionamiento en un par de ocasiones durante la noche (Caballero, 1981).

2.2.1.9 Duración del proceso

El período de enraizamiento normalmente utilizado es de dos meses, sobre todo si se quiere obtener un buen sistema radical que permita afrontar con garantías de éxitos la posterior fase de endurecimiento. No obstante, debido a la carestía de las instalaciones necesarias, se han realizado trabajos tratando de averiguar el tiempo mínimo requerido para obtener una rizogénesis adecuada y se ha visto que tanto variedades fáciles como difíciles de enraizar no han producido significativamente mejor enraizamiento a los 60 que a los 49 días. En variedades con buena capacidad de enraizamiento y en el momento adecuado del año se han obtenido buenos porcentajes de estaquillas con raíces en 30 y aún menos días. No obstante, el período recomendado puede ser los 45-60 días (Caballero, 1981).

La fase de endurecimiento comienza una vez obtenida la estaquilla enraizada. Entonces se coloca en una pequeña maceta de turba o plástico de tamaño y forma de vaso. El medio ya no ha de ser inerte, sino alguna de la formulaciones empleadas en la industria viverística. Las estaquillas enraizadas se van sometiendo a períodos cada vez más largos sin nebulización con el fin de ir las aclimatando a las condiciones que encontrarán en los umbráculos o en el vivero, transplantándose a macetas de 2 a 3 litros de capacidad cuando las brotaciones de las yemas axilares tienen una longitud de 4 cm, lo que normalmente ocurre entre 10 y 20 días después del enraizamiento. Las plantas así enmacetadas se pasan al vivero a comienzo de la estación vegetativa, manteniéndose en el invernadero durante cierto tiempo cuando el momento del año no sea adecuado para su instalación en vivero. Los plantones estarán dispuestos para su plantación al cabo de una estación vegetativa (Caballero, 1981).

2.2.1.10 Factores que influyen en el enraizamiento

Diversos trabajos han puesto de manifiesto que el estaquillado semileñoso bajo nebulización ha permitido mejoras notables en la

multiplicación del olivo. Este método ha sido propuesto como procedimiento idóneo para la difusión de clones o cultivares selectos destinados a su uso como variedades o portainjerto.

A continuación, se detalla lo que actualmente se sabe sobre el proceso endógeno de iniciación radical, discutiéndose también la influencia que sobre el mismo tienen determinados factores que, aún siendo internos de la planta, se pueden considerar como externos por cuanto determinan el estado fisiológico de la estaquilla al hacerla.

2.2.1.11 Aplicación de auxina

El objeto de tratar estacas con hormonas como la auxina es aumentar el porcentaje de estacas que formen raíces, acelerar la iniciación de ellas, aumentar el número y la calidad de las raíces producidas por estacas y aumentar la uniformidad del enraizamiento.

Las sustancias químicas que se han encontrado como más efectivas para estimular la producción de raíces adventicias en estacas son el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA), aunque se pueden usar otras (Vejarano, 1980).

En el olivo las ayudas hormonales para enraizamiento tales como el ácido indolbutírico mejorará el procedimiento de enraizamiento al disminuir el tiempo requerido y aumentando ligeramente el prendimiento cuando las condiciones son las mejores. Las preparaciones líquidas deben usarse únicamente si están libres de cualquier sospecha de enfermedades bacterianas o vasculares (Vejarano, 1980).

Los reguladores de crecimiento de naturaleza auxínica, principalmente el ácido indolbutírico, aumentan la capacidad de enraizamiento de todas las variedades aunque no en el mismo grado. Asimismo se ha constatado que la respuesta de las estaquillas está en relación con la absorción de AIB determinada por la interacción duración del tratamiento-concentración utilizada y por el déficit parcial de agua que tengan las estaquillas. Finalmente en un trabajo en el que se estudió el enraizamiento de 60 variedades empleando la misma concentración de AIB, se observó una gran variación entre los resultados. La rizogénesis aumentó en todas las variedades estudiadas, lo que implica que las auxinas son un factor limitante de aquella en el olivo, pero también se puso de manifiesto que otros factores inherentes a la variedad limitaban el enraizamiento (Caballero, 1981).

2.2.1.12 Otros factores internos

Las hojas desempeñan un papel clave en este tipo de propagación. Precisamente su presencia es la característica fundamental de este tipo de estaquillado que no se pudo realizar hasta que la nebulización automática permitió mantener vivas las estaquillas durante el período de enraizamiento. Es sabido que una estaquilla es tanto más difícil de enraizar cuanto más pequeña sea. En el caso de estaquillas semileñosa, obtenidas de brotes no completamente maduros y agostados se hace necesaria la presencia de hojas durante el período de enraizamiento para producir las sustancias que permiten la división y diferenciación celulares que finalmente conducen a la formación de raíces adventicias. En el caso concreto del olivo se ha probado, mediante experimentos de defoliación y desyemado, que esas hojas son imprescindibles para llevar a cabo la iniciación radical y posterior emergencia de las raíces así formadas (Caballero, 1981).

Otros ensayos han tratado de relacionar el nivel interno de los cofactores del enraizamiento con la facilidad o dificultad con que éste se produce en los distintos cultivares de olivo. Uno de ellos no ha encontrado correlación entre las capacidades de enraizamiento de los cultivares utilizados y sus

niveles de promotores de la iniciación radical. No obstante, se ha visto un mayor nivel de éstos en los extractos de estaquillas tomadas en verano que en invierno. Apenas se han encontrado inhibidores de la iniciación radical y el lavado de las bases de las estaquillas tomadas en verano no modifica el nivel de promotores, lo que confirma la ausencia de inhibidores hidrosolubles, al menos en esa época. Sin embargo, otro trabajo ha mostrado más actividad promotora del enraizamiento en los extractos de un cultivar fácil de otro difícil de enraizar, coincidiendo ambos ensayos en no obtener actividad inhibidora. En este último caso el lavado de las estaquillas no modifica el enraizamiento de ninguno de los dos cultivares en cuestión, a no ser que se traten con la sal potásica del AIB, en cuyo caso las lavadas enraízan mejor que las testigo. Otro trabajo indica que el lavado elimina promotores en general y puede concretamente auxinas (Caballero, 1981).

2.2.1.13 Variación estacional

Hay que considerar otro factor importante que es la época del año más adecuada para propagar el olivo por este método. Una ventaja del estaquillado semileñoso con hojas en este árbol es su posibilidad de

realización en cualquier momento del año. No obstante, como en otras plantas herbáceas y leñosas, hay épocas en que los porcentajes de enraizamiento obtenidos son mayores, habiendo sido atribuidas estas diferencias al estado fisiológico de las plantas madres (Caballero, 1981).

2.2.1.14 Fuente del material vegetal

Finalmente, un factor importante que no se puede olvidar es el estado de las plantas madres de las que se ha de obtener el material de propagación. Algunos trabajos han puesto de manifiesto el interés de utilizar plantas jóvenes o material juvenil. En general, parece más interesante que los árboles que se han de utilizar como fuente de material para estaquillado sean cuidados de forma que estén en producción equilibrada y con buen crecimiento vegetativo.

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Antecedentes del cultivo

El olivo es un cultivo originario de la región geográfica que va desde el sur del Cáucaso hasta las altiplanicies de Irán, Palestina y la zona costera de Siria, se extendió por Chipre hacia Anatolia y, a través de Creta, hacia Egipto hasta poblar todos los países de la cuenca del mediterráneo. Con el descubrimiento de América paso y se extendió por el nuevo mundo, y en la actualidad se cultiva también en Sudáfrica, China, Japón y Australia (Barranco, 1980).

El cultivo del olivo es propio del clima templado-cálido característico de la cuenca del Mediterráneo y en la que está delimitada entre las latitudes 30° y 45° en el hemisferio Norte y en latitud Sur entre 15° y 40°(Barranco, 1980).

El Olivo fue introducido al Perú por Don Antonio de Rivera en el año 1560. Se extendió a diversos valles del Perú, iniciándose a propagar en los alrededores de Lima, plantando Olivos en los valles de: Mala, San

Antonio, Chilca; extendiéndose después a Huarney, Casma, Camaná, Moquegua y Azapa en Arica (Casilla, 2004).

En el departamento de Tacna se tiene referencia sobre el cultivo del olivo por el año 1753 en el huerto de Santa Rosa de Para, la propagación fue en los Pagos o cercados de la ciudad de Tacna, valle Sama (Coylona) e Ite. En los años de 1954, en la Irrigación de San Isidro de Magollo, se lleva a cabo la plantación de olivo en la mayor parte de sus áreas. A partir de 1960 en las pampas de La Yarada y los Palos se instalan huertos de olivo de diferentes variedades tanto de mesa como aceitera. En 1968 se incrementa considerablemente el cultivo en los nuevos asentamientos rurales como cooperativas tanto en La Yarada, Magollo, Los Palos, Para Grande. En la actualidad se tiene plantaciones de olivares del departamento de La Libertad hasta Tacna (Casilla, 2004).

2.3.2 El Instituto de Investigación, Producción y Extensión Agraria “INPREX”

El Instituto de Investigación, Producción y Extensión Agraria “INPREX” se encuentra ubicado geográficamente a una Latitud sur de 17°59’38”; a una

longitud Oeste de 70°14'22"; a una altitud de 532 m.s.n.m. ubicado en el distrito Gregorio Albarracín avenida cusco s/n y con una extensión de 18,90 Has. Políticamente se encuentra en la región Tacna, en la Provincia de Tacna, y en el Distrito de Gregorio Albarracín.

El Instituto de Investigación, Producción y Extensión Agraria (INPREX); es un órgano creado por la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, que se le otorga autonomía operativa necesaria para asegurar el mejor cumplimiento de ellas, con permanencia jurídica de derecho público interno.

El INPREX tiene por finalidad fundamental la investigación científica y tecnológica para contribuir con la extensión, transferencia de tecnología, producción, prestación de servicios y de apoyo a la formación académica, que son necesarias y requeridas para el desarrollo agropecuario de la región.

El INPREX también comercializa plántones de olivo, vid, ciruela, damasco, durazno y palta. Los agricultores interesados pueden acudir a su fundo ubicado en la avenida Municipal, en el distrito de Gregorio Albarracín.

2.3.3 Descripción del INPREX

El instituto de Investigación, Producción y Extensión Agraria (INPREX) de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna está dedicado a la investigación y producción de:

- Controladores biológicos (insectos benéficos y hongos entomopatógenos).
- Plantones de los principales cultivos de nuestra Región como son: olivo (5 variedades), vid (28 variedades), palta, manzana, naranja, mandarina, etc.
- Plantas ornamentales para parques y jardines.
- Vino, pisco y macerados de damasco, mora y otros.

El área de control biológico del INPREX - UNJBG - Tacna se aboca a la producción de Controladores Biológicos (Producción de hongos entomopatógenos y antagonistas, *Trichogramma* spp., *Crysopas* spp. *Podisus* spp. , etc), desarrollo de metodologías para cultivos ecológicos con asesoría en manejo integrado de plagas en frutales, hortalizas, ornamentales identificación de especies plaga y sus controladores

asesoría técnica a Agricultores, capacitación y promoción del control biológico.

El área de vivero del INPREX se dedica a la producción e Investigación en plantones de frutales y plantas ornamentales, poseyendo módulos semilleros de buena calidad.

El área de agroindustria del INPREX se encarga de procesar y producir vino, pisco, variedad de licores y macerados de diversas frutas.

2.3.4 Antecedentes de estudio

En los ensayos realizados por Ruiz (1994) se determinó que la época de propagación influye directamente en el porcentaje de enraizamiento. En el cv. Sevillano las estacas recolectadas en octubre presentaron un 24%, por el contrario, las recolectadas en enero presentaron un 55%.

La principal diferencia que se manifiesta entre dos épocas, es el tiempo requerido para el enraizamiento y no necesariamente en el número de estacas enraizadas (Strauch *et al.*, 1985). Por lo tanto, es la estación de primavera donde el árbol se desgasta, pero al ser árboles que se ocupan sólo para propagar no debería haber presentado una disminución

importante en el enraizamiento. Por consecuencia se asocian las temperaturas altas de primavera y las variaciones de humedad a los bajos resultados obtenidos en esta última época.

Según De Oliveira *et al.* (2003) los resultados obtenidos en las estacas de olivos recolectados en agosto, demostraron un 48% de enraizamiento, en comparación con las recolectadas en octubre, con un 29%, con una concentración de (AIB) de 3000 ppm. Esto concuerda con el presente ensayo, puesto que el mayor porcentaje de enraizamiento para las cuatro variedades se logró en invierno. Entonces, la época de propagación es fundamental para propagar olivos, y depende, entre otros factores, del estado fisiológico en que se encuentre la planta madre.

CAPITULO III

HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICAS

3.1.1 Hipótesis general

Existe un nivel de ácido indolbutírico que estimula el mayor porcentaje de enraizamiento de las variedades a prueba.

3.1.2 Hipótesis específicas

Al menos una de las variedades de olivo (*Olea europea L.*) tendrá un mayor porcentaje de enraizamiento.

Uno de los niveles de fitorregulador del ácido indolbutírico: 1500ppm, 2000ppm y 3000ppm aplicadas incidirá significativamente en mayor porcentaje en el enraizamiento.

3.2 INDICADORES Y VARIABLES

Para cuantificar las variables descritas se recurrió al uso de los indicadores siguientes:

3.2.1 Variable dependiente (Y): Enraizamiento

Dimensión

Numero de callos

Longitud de raíces

Volumen de raíces

Porcentaje de enraizamiento

Longitud de brotes

Indicadores

Cuantificación del número de callos

Centímetros

Mililitros

Porcentaje

Centímetros

3.2.2 Variable independiente (X): Fitorregulador ácido indolbutírico

Dimensión

Niveles de fitorregulador

Indicadores

1000 ppm

1500 ppm

2000 ppm

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Dimensión	Indicador
Enraizamiento Y	Número de callos Longitud de raíces Volumen de raíces Porcentaje de enraizamiento Longitud de brotes	Nº cm ml % cm
Fitorregulador AIB X	Niveles de fitorregulador	1000 ppm 1500 ppm 2000 ppm

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es de tipo experimental.

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población y muestra ($N=n$) está constituida por plantas de olivo de las variedades: Sevillana, Manzanilla, Empeltre, Arbequina

4.3 MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en el Instituto de Investigación, Producción y Extensión Agraria “INPREX” – Tacna, de la Facultad

Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

El Instituto de Investigación, Producción y Extensión Agraria “INPREX” se encuentra ubicado geográficamente a una Latitud sur de 17°59'38”; a una longitud Oeste de 70°14'22”; a una altitud de 532 m.s.n.m. ubicado en el distrito Gregorio Albarracín avenida cusco s/n y con una extensión de de 18.90 Has. Políticamente se encuentra en la región Tacna, en la Provincia de Tacna, y en el Distrito de Gregorio Albarracín.

4.3.2 Material experimental

El material utilizado fueron las variedades de olivo: Sevillana, Manzanilla, Empeltre y Arbequina.

4.3.2.1 Características de las Variedades utilizadas

a. Sevillana

Árbol de muy buen desarrollo de ramas caídas a los lados, formando de esta manera un árbol arbustivo. Las ramas fructíferas al igual que las

otras variedades están bien cargadas de frutos, la mayor parte de estos se encuentran en la parte terminal de la rama (Tous, 1993).

Hojas grandes, a nivel de la rama las hojas son abundantes, de color verde botella en el haz y blanco verdoso en el envés, presenta un peciolo regular y muy notorio, fruto alargado. Presenta lenticelas en toda la superficie de la aceituna. Es la variedad más difundida en el departamento de Tacna (Casilla, 2004).

Es un cultivar vigoroso apreciado fundamentalmente por el tamaño de sus frutos que alcanzan un peso medio de 12,5 gramos. Su capacidad de enraizamiento es muy baja por lo que comercialmente se propaga por injerto. Se considera tolerante al frío invernal. Su productividad es variable, pues presenta problemas de cuajado que, a veces, mejoran con una buena polinización. El contenido de aceite de sus frutos es muy bajo. Es resistente al repilo y susceptible a tuberculosis (Barranco, 1980).

b. Manzanilla

Se describe a la aceituna Manzanilla como una de las que mejor se ajusta a las características exigibles a una variedad de mesa. Esto ha dado lugar a su expansión por todo el mundo y a una forma de elaboración,

denominada estilo sevillano, que también es la más preparada a nivel mundial.

Las ventajas económicas que tiene esta variedad y su gran calidad, han hecho que se haya extendido a otras regiones, e incluso a otros países, fuera de su origen autóctono de Sevilla (Tous, 1993).

Es la variedad más apreciada y extendida en el mundo como aceituna de mesa, por su productividad y excelente calidad para el aderezo en verde estilo español o sevillano. Se encuentra en EE. UU., América del Sur y países mediterráneos, entre otros. Sus características agronómicas son también muy adecuadas pues el vigor del árbol es reducido, lo que permite un aumento de la densidad de plantación, presenta una precoz entrada en producción, se adapta a diversos medios y la calidad del fruto es óptima (Rejano, 1997).

c. Empeltre.

Variedad productiva y con entrada en producción más lenta que la Arbequina. Considerada rústica por su adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas, aunque se resiente con las heladas tardías y de sequías. En general exigente en terreno y cultivo (Casilla, 2004).

Su época de floración es temprana. La maduración es muy temprana y uniforme. El fruto tiene una baja resistencia al desprendimiento, y se adapta muy bien a la recolección mecanizada con vibrador, siendo el porcentaje de aceituna caída, del 85-90% (Casilla, 2004).

Requiere podas ligeras, ya que suele producir en abundancia cuando la copa es densa. La capacidad de enraizamiento por estaquillado semileñoso es baja (Tous, 1993).

Es una variedad que produce aceites de gran estima y calidad. Tiene un buen rendimiento graso, del orden del 21-23%. El fruto presenta doble aptitud, pues se utiliza también para el aderezo en negro (Casilla, 2004).

Es apreciada por su productividad y excelente calidad de aceite. Presenta una capacidad de enraizamiento baja, por lo que habitualmente se propaga por injerto. La maduración temprana de sus frutos, la baja resistencia al desprendimiento y el porte erguido de sus ramas la hacen ideal para la recolección mecanizada. Tiene problemas de cuajado de frutos y de daños por heladas invernales. Puede ser muy interesante por su tolerancia a verticilosis (Barranco, 1980).

d. Arbequina.

Variedad muy productiva y de precoz entrada en producción. Se la considera rústica, resistente a heladas, y adaptable a distintas condiciones de clima y suelos.

Considerada resistente al frío y susceptible a clorosis férrica en terrenos muy calizos. Es muy apreciada por su precoz entrada en producción, elevada productividad, buen rendimiento graso y excelente calidad de aceite, aunque éste presenta baja estabilidad. Su vigor reducido permite su utilización en plantaciones intensivas. El pequeño tamaño de sus frutos dificulta su recolección mecanizada. Se le atribuye tolerancia a repilo y verticilosis (Barranco, 1980).

La recolección es costosa, debido al pequeño tamaño del fruto, aunque el rendimiento en recogida manual, es mucho más elevado que en otras variedades, debido al reducido vigor del árbol y a su forma de fructificación en racimos. No se adapta muy bien a la recolección mecanizada con vibrador, como consecuencia del poco peso de la aceituna y de la abundancia de ramas péndulas que posee esta variedad, en plantaciones tradicionales es frecuente que se registren unos porcentajes de aceituna caída del orden del 60 al 75%, aunque podría

mejorarse si se adaptara la poda a las exigencias de la recolección mecánica (Casilla, 2004; Tous, 1993).

Se multiplica fácilmente mediante el enraizamiento de estaquillas semileñosas.

El fruto se utiliza principalmente para la producción de aceite, teniendo un rendimiento graso, sobre materia total, del 20-22%. Su calidad es excelente: el aceite virgen de Arbequina es muy estimado por sus buenas características organolépticas y se destina principalmente a la exportación (Casilla, 2004).

4.3.2.2 Factores a estudiar

Los factores a estudiar en la siguiente investigación serán los siguientes:

a)	Factor A:	Variedades
•	V ₁	Sevillana
•	V ₂	Manzanilla
•	V ₃	Empeltre
•	V ₄	Arbequina

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, \dots, a \quad j = 1, \dots, b \quad k = 1, \dots, n$$

Donde:

Y_{ijk} = es el valor de la variable respuesta observada con el *i*-ésimo nivel del factor A, *j*-ésimo del factor B, *K*-ésima repetición.

μ = es el efecto de la media general

α_i = es el efecto del *i*-ésimo nivel del factor A

β_j = es el efecto del *j*-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = es el efecto de la interacción en el *i*-ésimo nivel del factor A, *j*-ésimo nivel del factor B

ε_{ijk} = Es el efecto del error experimental en el *i*-ésimo nivel del factor A, *J*-ésimo nivel del factor B, *k*-ésima repetición.

a = es el número de los niveles del factor a

b = es el número de los niveles del factor b

k = es el número de repeticiones en el *i*-ésimo nivel del factor A, *j*-ésimo nivel del factor B

4.3.3.1 Análisis estadístico

Para el análisis de los factores en estudio se utilizó la técnica del análisis de varianza, usando la prueba F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01 para la comparación de medias del factor A (Variedad) entre tratamientos se utilizó la prueba de significación de Tukey a una probabilidad $\alpha = 0,05$. Se empleó el análisis de regresión y correlación lineal para establecer la relación entre las variables de estudio, asimismo los polinomios ortogonales para hallar la dosis óptima del factor B (Dosis de AIB).

4.3.3.2 Aleatorización del Campo Experimental.

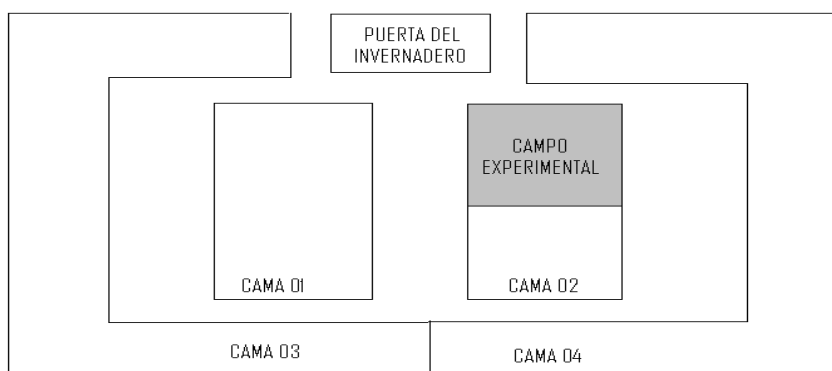


FIGURA 1. Croquis del Invernadero ubicado en el INPREX.

Fuente: Elaboración propia

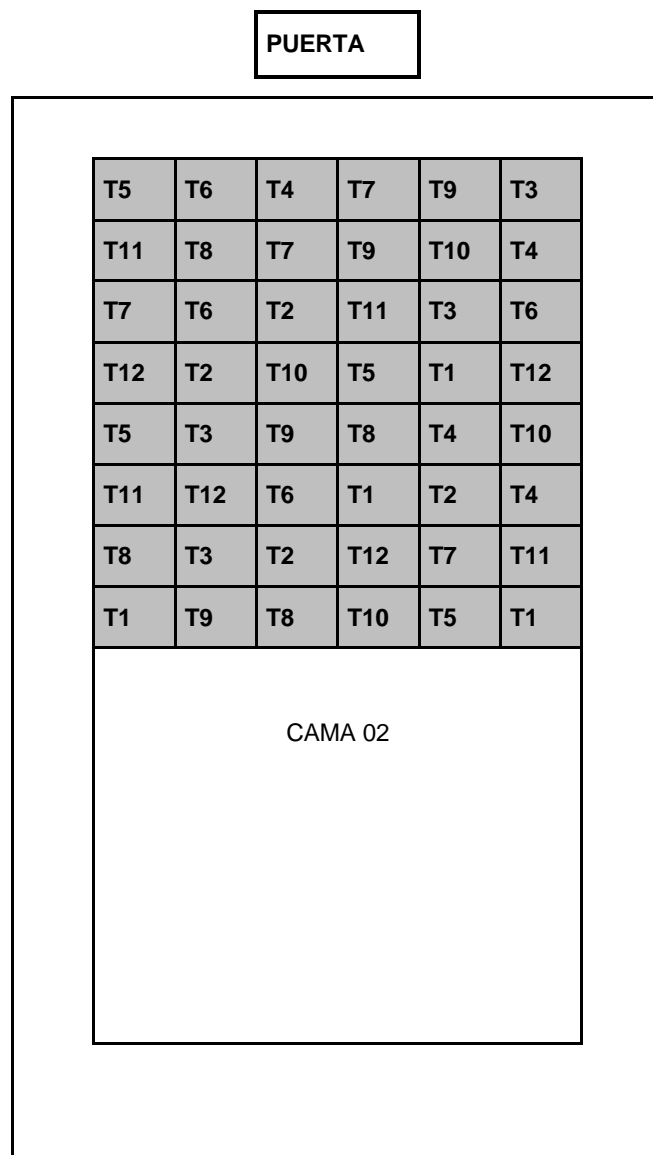


FIGURA 2. Aleatorización de los tratamientos en el campo.

Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Características del campo experimental

El experimento se llevó a cabo en una cama temperada (24 a 26°C), con un sustrato superficial de perlita, y un sistema de túneles cubiertos de plástico para mantener una alta humedad dentro del campo experimental.

Las dimensiones de la cama son: 1,24 x 5,6 m.

- Largo del campo experimental: 2,8 m
- Ancho del campo experimental: 1,24 m
- Profundidad del sustrato: 25 cm
- N° de tratamientos: 12
- N° de repeticiones: 4
- N° de unidades experimentales; 48
- N° de estaquillas/ Unid. Exp.: 50
- N° total de estaquillas: 2400
- Distancia entre Líneas: 0,03 m
- Distancia entre Plantas: 0,03 m

4.3.5 Variables de respuesta

a. Número de callos

Esta variable, es la primera en considerarse pues es la primera en manifestarse y es un claro indicador del resultado del siguiente experimento. Se evaluaron diez estaquillas herbáceas por cada unidad experimental, las cuales serán tomadas de manera aleatoria. De ellas se obtuvo información de manera visual. Las estaquillas mencionadas se fueron obtenidas a partir del 30º día de instalación, cada 15 días, con un total de tres evaluaciones.

b. Longitud de raíces

Variable de respuesta que indica la longitud de las raíces emergentes de las estaquillas herbáceas. Se evaluó seleccionando diez estaquillas herbáceas por unidad experimental, las cuales fueron tomadas de manera aleatoria. La observación y obtención de datos se realizó con una regla milimetrada, midiendo la longitud de la raíz más larga desde el punto de inserción al tallo hasta el ápice de la misma. Las estaquillas mencionadas fueron obtenidas a partir del 30º día de instalación, cada 15 días, con un total de tres evaluaciones.

c. Volumen de raíces

Variable de respuesta que indica el volumen de las raíces emergentes de las estaquillas herbáceas. Se evaluó seleccionando diez estaquillas herbáceas por unidad experimental, las cuales fueron tomadas de manera aleatoria. La observación y obtención de datos se realizó con una probeta de 10 ml, sumergiendo las raíces de la estaquillas en la probeta con un volumen de 5 ml de agua. Las estaquillas mencionadas fueron obtenidas a partir del 30º día de instalación, cada 15 días, con un total de tres evaluaciones.

d. Porcentaje de enraizamiento

Esta variable de respuesta será obtenida el día 60 de instalación, se contaron todas las estaquillas que hayan logrado emitir raíces, el conteo se realizó por cada unidad experimental. Las estaquillas que lograron enraizar fueron trasplantadas a bolsas de polietileno para su posterior desarrollo.

e. Longitud de brotes

Variable de respuesta que indica la longitud de los brotes emitidos por las estaquillas luego de ser realizado el trasplante de las mismas desde la cama de enraizamiento a bolsas de polietileno (12 cm de diámetro). Se

evaluó seleccionando 10 estaquillas enraizadas y que emitieron brotes, las cuales fueron marcadas para posteriores evaluaciones. Se evaluó a partir del primer día de trasplante a bolsa y cada 15 días en tres oportunidades.

4.3.6 Manejo del experimento

a. Preparación del sustrato

El sustrato comprende una serie de capas incorporadas a la cama de enraizamiento, estas capas descritas en orden, permiten un medio uniforme y de soporte para la instalación de las estaquillas y de la misma manera comprenden un sistema de drenaje adecuado para el proceso de enraizamiento.

En la parte inferior de la cama está colocada una capa de guijarros, seguido de una capa de gravas y gravillas. Sobre estas capas van incorporadas también una capa de arena fina y posteriormente perlita, que es el medio de enraizamiento.

Estas capas fueron dispuestas en la cama de enraizamiento de manera uniforme, consiguiendo así un mismo nivel en toda la cama.

b. Colección de estaquillas herbáceas

Se obtuvo estaquillas herbáceas a partir de plantas madres de altos rendimientos, libres de plagas y enfermedades. Se cortaron estaquillas de 15 cm. con dos o tres pares de hojas. Las estaquillas fueron cortadas justo debajo de la yema, y contenían al menos tres yemas en su longitud. Se tuvo cuidado de no deteriorar las estaquillas por una transpiración excesiva, manteniéndolas en un lugar fresco.

c. Preparación y aplicación del medio hormonal

Se prepararon soluciones de 1000, 1500 y 2000 ppm con 1; 1.5 y 2 g. de Ácido Indolbutírico disueltos en un litro de agua respectivamente, en un recipiente se sumergirán los 3 cm basales de las estaquillas herbáceas por un lapso de 2 minutos. Las estaquillas fueron agrupadas cada 50 unidades. Se realizó este procedimiento para cada una de las unidades experimentales en las concentraciones que les correspondiera.

d. Plantación de las estaquillas herbáceas

Se marcaron las unidades experimentales y se procedió a hacer agujeros en el sustrato, se introdujeron las estaquillas a una profundidad de 5 cm, presionándolas para fijar las estacas. El distanciamiento de plantación fue de 0,03 x 0,03 m, teniendo una densidad de 1 111 estaquillas por m².

e. Riegos

Se realizaron riegos intermitentes de una duración de 10 segundos cada 30 minutos durante 10 horas diarias, con el fin de mantener una humedad relativa máxima en el ambiente del invernadero.

f. Control de temperatura

Se controló la temperatura del sustrato entre 24 y 26 °C mediante el uso de un termostato, el cual cuenta con un sensor de temperatura que se encontró en contacto con el sustrato de la cama de enraizamiento.

g. Control preventivo de enfermedades

Se aplicaron fungicidas preventivos periódicamente para prevenir el ataque de enfermedades fúngicas. Las aplicaciones se realizaron en el follaje y al sustrato, durante la permanencia de las estaquillas en el sustrato y también después del trasplante a bolsas de polietileno.

h. Trasplante a bolsas de polietileno

Se trasplantaron las estaquillas que logren enraizar a bolsas de polietileno de 12 cm de diámetro. Se realizó a los 60 días de iniciado el experimento, para iniciar la fase de endurecimiento y emisión de brotes.

i. Evaluaciones

Se realizaron las evaluaciones correspondientes para obtener los datos de variables de respuesta, se efectuaron principalmente para recabar datos para el análisis estadístico. Las evaluaciones se realizaron a partir del día 30 de instalación, cada 15 días y en tres oportunidades en la cama de enraizamiento; mientras que luego del trasplante se realizaron también en tres oportunidades.

CAPITULO V

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1 TÉCNICAS APLICADAS EN LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En esta investigación, se procedió a obtener toda la información necesaria de cómo se llevan a cabo todos los procesos en la investigación experimental, recolectando la información durante el desarrollo y crecimiento del material experimental

5.1.1 Observación directa:

Esta técnica se utilizó para las observaciones desarrolladas en el invernadero

5.1.2 Instrumentos

- Fichas de observación.
- Cámara fotográfica.

- Material de escritorio.
- Plantas de olivo
- Regla milimétrica o vernier.

5.2 RESULTADOS

5.2.1 NÚMERO DE CALLOS

Cuadro 2. Análisis de varianza de número de callos de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Primera evaluación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	9,639	0,876	26,545	2,07 2,80**
A. variedades	3	3,734	1,244	37,591	2,86 4,38**
B. AIB	2	5,272	2,636	79,600	3,26 5,25**
Lineal	1	5,261	5,261	159,254	4,12 7,41 **
Cuadrático	1	0,011	0,011	0,333	4,12 7,42 ns
Interacción	6	0,632	0,105	3,181	2,36 3,35*
AXB	36	1,192	0,033		
Error					
Total	47	10,831			

CV: 10,831 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 2, del Análisis de varianza señala que se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos indicando que existen diferencias reales en sus promedios. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, lo que nos indican que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio de callos. Para el factor AIB se encontró alta significación estadística, por lo que se deduce que una de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente lineal resultó altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB se incrementa el número de callos. En cuanto al factor interacción variedades por medios de cultivo se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron dependientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 10,831 % señala que es aceptable para las condiciones del experimento.

CUADRO 3. Prueba de significación de Tukey de número de callos para el factor variedad. Primera evaluación

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₂ : Manzanilla	3,37	a
2	V ₁ : Sevillana	1,75	b
3	V ₄ :Arbequina	1,64	b
4	V ₃ :Empeltre	1,09	c

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el cuadro 3, de la prueba de significación de Tukey, que el mayor número de callos encuentra con la variedad Manzanilla con 3,37 superando estadísticamente al resto de tratamientos, en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Sevillana y Arbequina con 1,75 y 1,64 callos, la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 1,09 callos respectivamente.

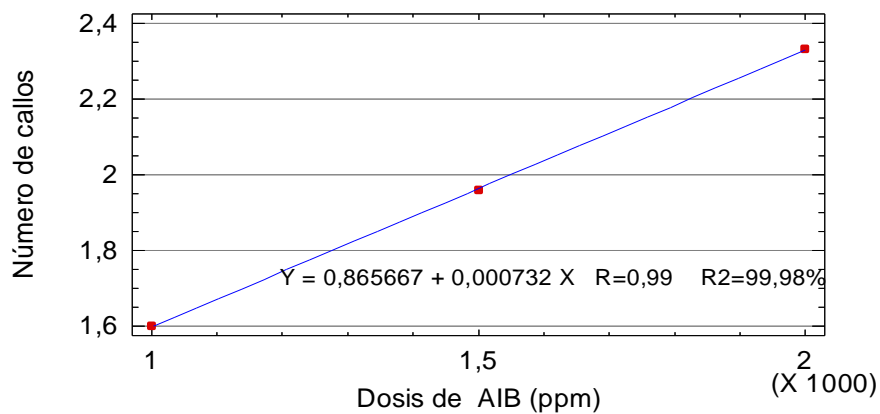


FIGURA 3. Regresión lineal: Número de callos en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 3, muestra que a mayor dosis de AIB el número de callos se incrementa; la ecuación lineal fue de $Y = 0,865667 + 0,000732 X$, el coeficiente de correlación de Pearsón $R= 0,99$ señala que existe una fuerte correlación positiva perfecta entre las variables en estudio, el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 99,98% del número de callos es atribuible a la dosis de AIB.

Cuadro 4. Análisis de varianza de número de callos de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Segunda evaluación

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	1,730	0,157	0,758	2,07 2,80 ns
A. variedades	3	0,329	0,109	5,305	2,86 4,38**
B. AIB	2	1,217	0,608	29,401	3,26 5,25**
Lineal	1	1,206	1,206	5,826	4,12 7,41 *
Cuadrático	1	0,011	0,011	0,053	4,12 7,42 ns
Interacción	6	1,834	0,030	1,477	2,36 3,35 ns
AXB	36	1,745	0,207		
Error					
Total	47	2,475			

CV: 8,806 %

transformación $\sqrt{X+0,5}$

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 4, del Análisis de varianza de número de callos en la segunda evaluación, señala que no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, lo que nos indica que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio de callos. Para el factor AIB se evidenció significación estadística significativa, por lo que se deduce que uno de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente lineal resultó significativa, por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB se incrementa el número de callos. En cuanto al factor interacción variedades por dosis de AIB no se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron independientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB no es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 8,806 % señala que es aceptable para las condiciones del experimento.

Cuadro 5. Prueba de significación de Tukey de número de callos para el factor variedad. Segunda evaluación

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₂ : Manzanilla	2,025	a
2	V ₃ :Empeltre	1,627	a b
3	V ₄ :Arbequina	1,566	a b
4	V ₁ : Sevillana	1,317	b

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 5, de la prueba de significación de Tukey se observa que el mayor número de callos encuentra con la variedad Manzanilla con 2,025 en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Empeltre y Arbequina con 1,627 y 1,566 callos, la variedad de menor promedio fue la Sevillana con 1,317 callos respectivamente.

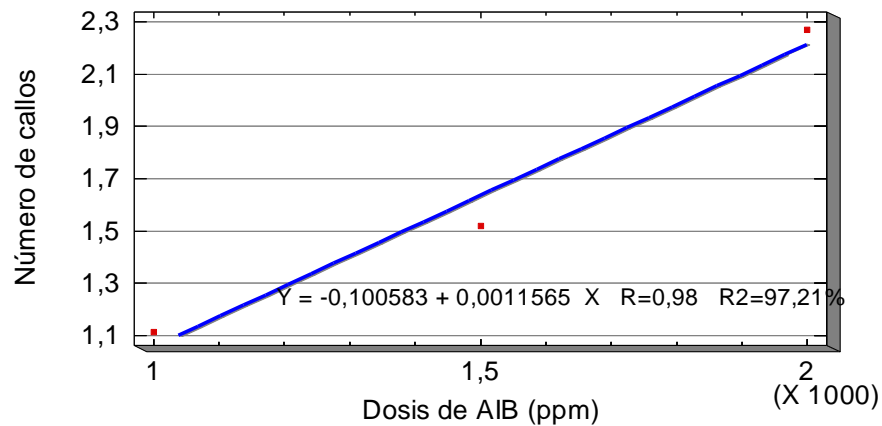


FIGURA 4. Regresión lineal: Número de callos en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 4, de número de callos muestra que a mayor dosis de AIB el número de callos se incrementa; la ecuación lineal fue de $Y = 0,100583 + 0,0011565 X$, el coeficiente de correlación de Pearsón $R = 0,98$ señala que existe una fuerte correlación positiva perfecta entre las variables en estudio, el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 97,21 % del número de callos es atribuible a la dosis de AIB.

Cuadro 6. Análisis de varianza de número de callos de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Tercera evaluación

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	10,093	0,917	33,962	2,07 2,80 **
A. variedades	3	3,990	1,330	47,762	2,86 4,38 **
B. AIB	2	5,445	2,722	97,763	3,26 5,25 **
Lineal	1	5,261	5,261	194,851	4,12 7,41 **
Cuadrático	1	0,184	0,184	6,841	4,12 7,42 *
Interacción	6	0,656	0,109	3,930	2,36 3,35 ns
AXB	36	1,002	0,027		
Error					
Total	47	11,095			

CV: 12,017 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 6, del Análisis de varianza de número de callos en la tercera evaluación señala que se encontraron diferencias estadísticas altas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, lo que nos indica que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio de callos. Para el factor AIB se evidenció significación estadística significativa, por lo que se deduce que una de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente lineal resultó

altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB se incrementa el número de callos. En cuanto al factor interacción variedades por dosis de AIB no se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron independientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB no es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 12,017 % señala que es aceptable para las condiciones del experimento.

Cuadro 7. Prueba de significación de Tukey de número de callos para el factor variedad. Tercera evaluación

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₃ :Empeltre	1,699	a
2	V ₄ :Arbequina	1,539	a b
3	V ₂ : Manzanilla	1,404	b
4	V ₁ : Sevillana	0,926	c

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 7, de la prueba de significación de Tukey se observa que el mayor número de callos encuentra con la variedad empeltre con 1,699

en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Arbequina y manzanilla con 1,539 y 1,404 callos, la variedad de menor promedio fue la Sevillana con 0,926 callos respectivamente.

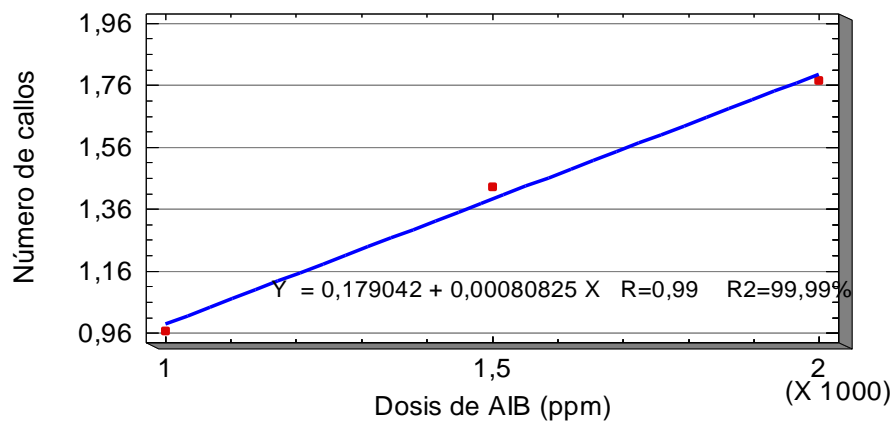


FIGURA 5. Regresión lineal: Número de callos en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 5, de número de callos en la tercera evaluación muestra que a mayor dosis de AIB el número de callos se incrementa; la ecuación lineal fue de $Y = 0,1179042 + 0,00080825 X$, el coeficiente de correlación de Pearsón $R = 0,99$ señala que existe una fuerte correlación positiva perfecta entre las variables en estudio, el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 99,99 % del número de callos es atribuible a la dosis de AIB.

5.2.2 NÚMERO DE RAÍCES

Cuadro 8. Análisis de varianza de número de raíces de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Segunda evaluación

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	2,952	0,268	6,232	2,07 2,80 **
A. variedades	3	0,965	0,322	7,470	2,86 4,38 **
B. AIB	2	1,812	0,906	21,040	3,26 5,25 **
Lineal	1	1,739	1,739	40,441	4,12 7,41 **
Cuadrático	1	0,073	0,073	1,697	4,12 7,42 ns
Interacción	6	0,174	0,0291	0,677	2,36 3,35 ns
AXB	36	1,550	0,043		
Error					
Total	47	4,502			

CV: 21,914 % $\sqrt{X+0,5}$

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 8, del análisis de varianza de número de raíces en la segunda evaluación señala que se encontraron diferencias estadísticas altas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, lo que nos indica que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio de número de raíces. Para el factor AIB se

evidenció significación estadística significativa, por lo que se deduce que uno de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente lineal resultó altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB se incrementa el número de callos. En cuanto al factor interacción variedades por dosis de AIB no se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron independientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB no es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 21,914 % señala que es aceptable para las condiciones del experimento.

Cuadro 9. Prueba de significación de Tukey de número de raíces para el factor variedad. Segunda evaluación

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₂ : Manzanilla	1,24	a
2	V ₄ :Arbequina	1,07	a
3	V ₁ : Sevillana	1,05	a
4	V ₃ :Empeltre	0,42	b

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 9, de la prueba de significación de Tukey se observa que el mayor número de raíces se encuentra con la variedad Manzanilla con 1,24 en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Arbequina y Sevillana con 1,07 y 1,05 raíces, la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 0.42 raíces respectivamente.

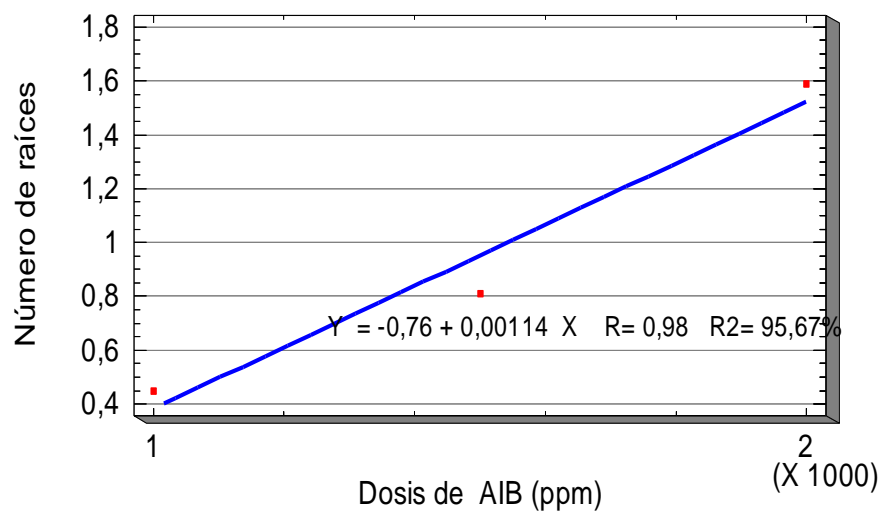


FIGURA 6. Regresión lineal: Número de raíces en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 6, de número de raíces en la segunda evaluación muestra que a mayor dosis de AIB el número de raíces se incrementa; la ecuación lineal fue de $Y = -0,76 + 0,00114 X$, el coeficiente de correlación de

Pearsón R= 0,98 señala que existe una fuerte correlación positiva perfecta entre las variables en estudio, el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 95,67 % del número de raíces es atribuible a la dosis de AIB.

Cuadro 10. Análisis de varianza de número de raíces de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Tercera evaluación

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	209,436	19,039	3,585	2,07 2,80 **
A. variedades	3	160,163	53,387	100,544	2,86 4,38 **
B. AIB	2	47,162	23,581	44,409	3,26 5,25 **
Lineal	1	46,658	46,658	8,786	4,12 7,41 **
Cuadrático	1	0,504	0,504	0,094	4,12 7,42 ns
Interacción	6	2,111	0,351	0,662	2,36 3,35 ns
AXB	36	19,115	5,31		
Error					
Total	47	228,552			

CV: 12,446 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 10, del análisis de varianza de número de raíces en la Tercera evaluación señala que se encontraron diferencias estadísticas altas entre

los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, lo que nos indica que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio de raíces. Para el factor AIB se evidenció significación estadística significativa, por lo que se deduce que uno de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente lineal resultó altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB se incrementa el número de raíces. En cuanto al factor interacción variedades por dosis de AIB no se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron independientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB no es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 12,446 % señala que es aceptable para las condiciones del experimento.

Cuadro 11. Prueba de significación de Tukey de número de raíces para el factor variedad. Tercera evaluación

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₁ : Sevillana	7,95	a
2	V ₂ : Manzanilla	7,10	b
3	V ₄ :Arbequina	5,13	c
4	V ₃ :Empeltre	3,23	d

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el cuadro 11, de la prueba de significación de Tukey, que el mayor número de raíces encuentra con la variedad Sevillana con 7,95 en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Manzanilla y Arbequina con 7,10 y 5,13 raíces, la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 3,23 raíces respectivamente.

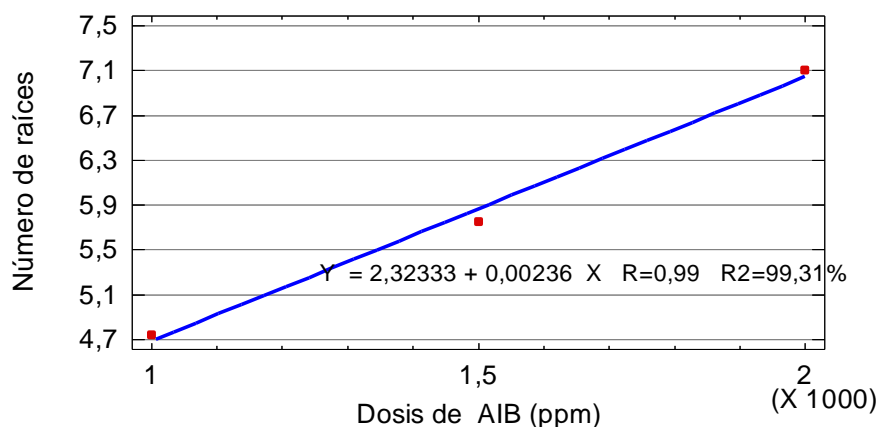


FIGURA 7. Regresión lineal: Número de raíces en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 7, de número de raíces en la Tercera evaluación muestra que a mayor dosis de AIB el número de raíces se incrementa; la ecuación lineal fue de $Y = 2,32333 + 0,00236 X$, el coeficiente de correlación de Pearsón $R = 0,99$ señala que existe una fuerte correlación positiva perfecta entre las variables en estudio, el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 99,31 % del número de raíces es atribuible a la dosis de AIB.

5.2.3 LONGITUD DE LA RAÍCES

Cuadro 12. Análisis de varianza de longitud de raíces de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Segunda evaluación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	5,854	0,532	4,935	2,07 2,80 **
A. variedades	3	2,010	0,670	6,214	2,86 4,38 **
B. AIB	2	3,290	1,645	15,258	3,26 5,25 **
Lineal	1	3,094	3,094	28,701	4,12 7,41 **
Cuadrático	1	0,196	0,196	1,818	4,12 7,42 ns
Interacción	6	0,553	0,092	0,855	2,36 3,35 ns
AXB	36	3,882	0,1078		
Error					
Total	47	9,737			

CV: 51,261 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 12, del análisis de varianza de longitud de raíces en la segunda evaluación señala que se encontraron diferencias estadísticas altas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, los que nos indican que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio de raíces. Para el factor AIB se

evidenció significación estadística significativa, por lo que se deduce que uno de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente lineal resultó altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB se incrementa la longitud de las raíces. En cuanto al factor interacción variedades por dosis de AIB no se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron independientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB no es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 51,261 % señala que es alta la variabilidad de la muestras.

Cuadro 13. Prueba de significación de Tukey longitud de las raíces para el factor variedad.

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₂ : Manzanilla	0,827	a
2	V ₄ :Arbequina	0,769	a
3	V ₁ : Sevillana	0,587	a b
4	V ₃ :Empeltre	0,333	b

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el cuadro 13, de la prueba de significación de Tukey, que la mayor longitud de raíces encuentra con la variedad Manzanilla con 0,827 en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Arbequina y Sevillana con 0,769 y 0,587 raíces la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 0,333 de longitud.

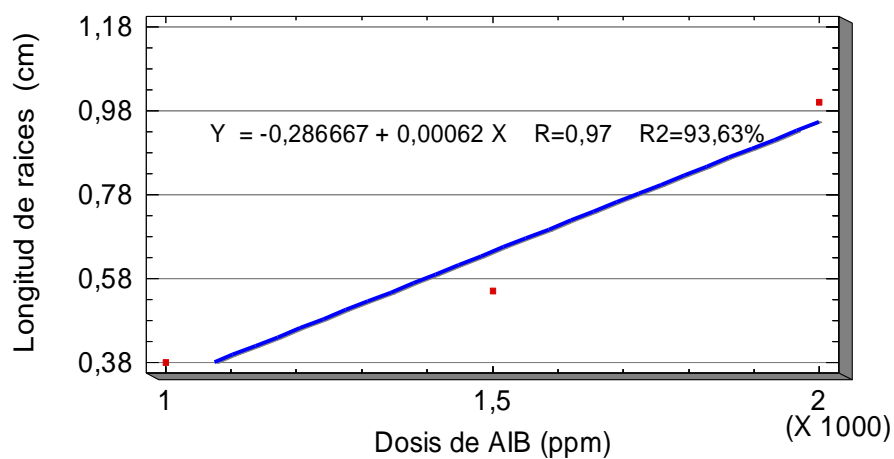


FIGURA 8. Regresión lineal: Longitud de raíces en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 8, de longitud de raíces en la segunda evaluación muestra En el gráfico 6, de longitud de raíces en la segunda evaluación muestra que a mayor dosis de AIB la longitud se incrementa; la ecuación lineal fue de $Y = 0,286667 + 0,00062 X$, el coeficiente de correlación de

Pearsón $R= 0,97$ señala que existe una fuerte correlación positiva perfecta entre las variables en estudio, el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 93,63 % de la longitud de las raíces es atribuible a la dosis de AIB.

Cuadro 14. Análisis de varianza de longitud de raíces de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Tercera evaluación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0,05	0,01
Tratamientos	11	303,906	27,628	44,496	2,07	2,80 **
A. variedades	3	242,863	80,954	131,747	2,86	4,38 **
B. AIB	2	60,323	30,162	49,085	3,26	5,25 **
Lineal	1	60,088	60,088	97,863	4,12	7,41 **
Cuadrático	1	0,235	0,235	0,382	4,12	7,42 ns
Interacción	6	0,720	0,120	0,195	2,36	3,35 ns
AXB	36	22,121	0,614			
Error						
Total	47	326,027				

CV: 13,177 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 14, del análisis de varianza de longitud de raíces en la tercera evaluación señala que se encontraron diferencias estadísticas altas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, lo que nos indica que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio. Para el factor AIB se evidenció significación estadística significativa, por lo que se deduce que una de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente lineal resultó altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB se incrementa la longitud de las raíces. En cuanto al factor interacción variedades por dosis de AIB no se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron independientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB no es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 13,177 % señala que es aceptable para el experimento.

Cuadro 15. Prueba de significación de Tukey longitud de las raíces para el factor variedad.

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₁ : Sevillana	8,08	a
2	V ₂ : Manzanilla	8,01	a
3	V ₄ :Arbequina	5,01	b
4	V ₃ :Empeltre	2,69	c

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el cuadro 15, de la prueba de significación de Tukey, que la mayor longitud de raíces encuentra con la variedad Sevillana con 8,08 cm en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Manzanilla y Arbequina con 8,01 y 5,01 cm la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 2,69 cm de longitud.

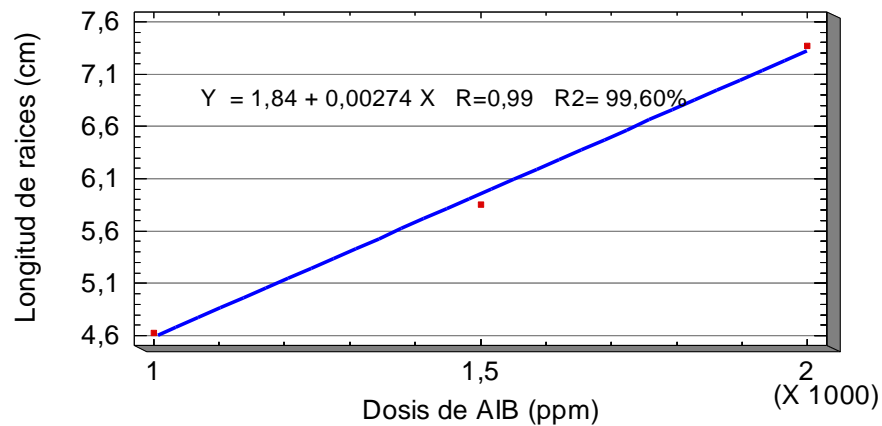


FIGURA 9. Regresión lineal: Longitud de raíces en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 9, de longitud de raíces en la tercera evaluación muestra que a mayor dosis de AIB la longitud se incrementa; la ecuación lineal fue de $Y = 1,84 + 0,00274 X$, el coeficiente de correlación de Pearsón $R = 0,99$ señala que existe una fuerte correlación positiva perfecta entre las variables en estudio, el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 99,60 % de la longitud de las raíces es atribuible a la dosis de AIB.

5.2.4 VOLUMEN DE LA RAÍCES

Cuadro 16. Análisis de varianza de volumen de raíces de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Segunda evaluación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	0,781	0,0710	1,694	2,07 2,80 ns
A. variedades	3	0,390	0,130	8,726	2,86 4,38 **
B. AIB	2	0,350	0,175	11,747	3,26 5,25 **
Lineal	1	0,340	0,340	22,818	4,12 7,41 **
Cuadrático	1	0,01	0,01	0,671	4,12 7,42 ns
Interacción	6	0,039	0,006	0,438	2,36 3,35 ns
AXB	36	0,537	0,0149		
Error					
Total	47	1,318			

CV: 54,688 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 16, del análisis de varianza de volumen de raíces en la segunda evaluación señala que no encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, los que nos indican que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio. Para el factor AIB se evidenció

significación estadística significativa, por lo que se deduce que uno de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente lineal resultó altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB se incrementa el volumen las raíces. En cuanto al factor interacción variedades por dosis de AIB no se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron independientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB no es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 54,688 % señala que es muy variable.

Cuadro 17. Prueba de significación de Tukey del volumen las raíces para el factor variedad.

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₂ : Manzanilla	0,34	a
2	V ₄ :Arbequina	0,27	a b
3	V ₁ : Sevillana	0,18	b c
4	V ₃ :Empeltre	0,10	c

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el cuadro 17, de la prueba de significación de Tukey, que el mayor volumen de raíces encuentra con la variedad Manzanilla con 0,34 ml en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Arbequina y Sevillana con 0,27 y 0,18 ml la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 0,10 ml.

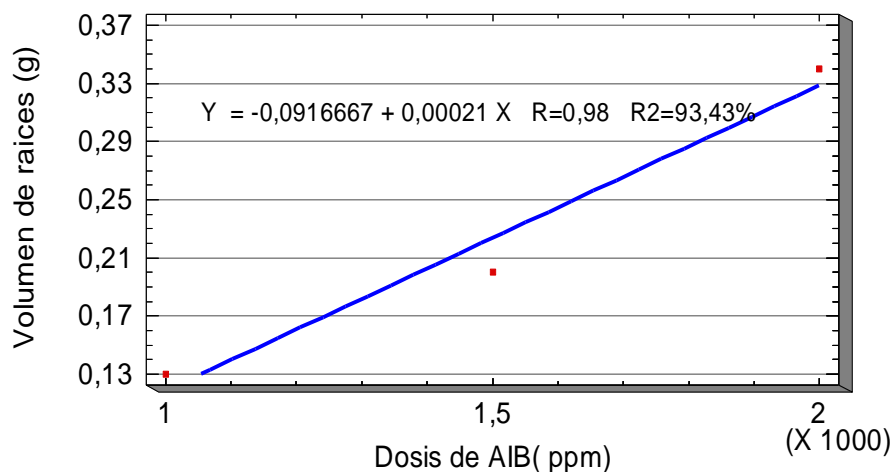


FIGURA 10. Regresión lineal: Volumen de raíz en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 10, del volumen de las raíces en la segunda evaluación muestra que a mayor dosis de AIB el volumen se incrementa; la ecuación lineal fue de $Y = 0,0916667 + 0,00021 X$, el coeficiente de

correlación de Pearsón $R= 0,98$ señala que existe una fuerte correlación positiva perfecta entre las variables en estudio, el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 93,43 % del volumen de las raíces es atribuible a la dosis de AIB.

Cuadro 18. Análisis de varianza de volumen de raíces de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Tercera evaluación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	26,757	2,432	32,864	2,07 2,80 **
A. variedades	3	20,296	6,765	91,152	2,86 4,38 **
B. AIB	2	6,026	3,013	40,596	3,26 5,25 **
Lineal	1	5,917	5,917	79,959	4,12 7,41 **
Cuadrático	1	0,102	0,102	1,378	4,12 7,42 ns
Interacción	6	0,435	0,072	0,977	2,36 3,35 ns
AXB	36	2,671	0,074		
Error					
Total	47	29,429			

CV: 15,579 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 18, del análisis de varianza de volumen de raíces en la tercera evaluación señala que encontraron diferencias estadísticas altas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, lo que nos indica que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio. Para el factor AIB se evidenció significación estadística significativa, por lo que se deduce que uno de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente lineal resultó altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB se incrementa el volumen las raíces. En cuanto al factor interacción variedades por medios de cultivo no se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron independientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB no es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 15,579 % señala que es aceptable para el ensayo.

Cuadro 19. Prueba de significación de Tukey volumen las raíces para el factor variedad.

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₁ : Sevillana	2,38	a
2	V ₂ : Manzanilla	2,24	a
3	V ₄ :Arbequina	1,65	b
4	V ₃ :Empeltre	0,73	c

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el cuadro 19, de la prueba de significación de Tukey, que el mayor volumen de raíces encuentra con la variedad sevillana con 2,28 ml, en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos manzanilla y con 2,24 y 1,65 ml la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 0,73 ml respectivamente.

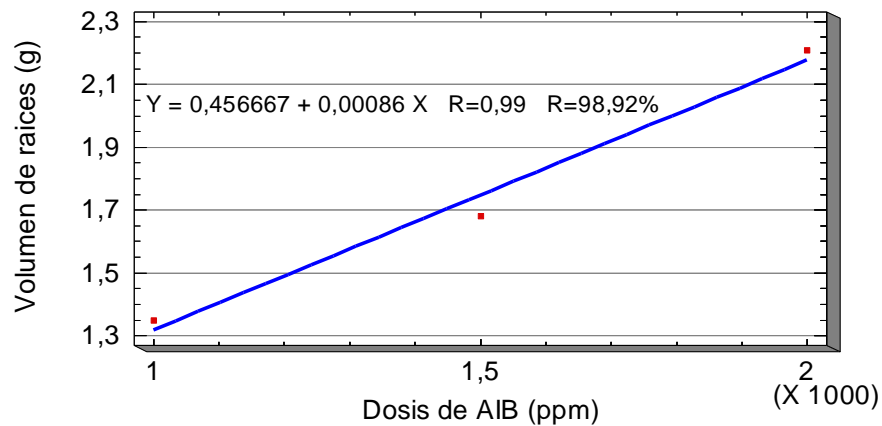


FIGURA 11. Regresión lineal: Volumen de raíces en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 11, del volumen de las raíces en la tercera evaluación muestra que a mayor dosis de AIB el volumen se incrementa; la ecuación lineal fue de $Y = 0,456667 + 0,00086 X$, el coeficiente de correlación de Pearsón $R= 0,99$ señala que existe una fuerte correlación positiva perfecta entre las variables en estudio, el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 98,920 % del volumen de las raíces es atribuible a la dosis de AIB.

5.2.5 LONGITUD DE BROTES

Cuadro 20. Análisis de varianza de longitud de brotes (cm) de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Primera evaluación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	36,937	3,357	24,503	2,07 2,80 **
A. Variedades	3	29,934	9,978	72,788	2,86 4,38 **
B. AIB	2	1,838	9,949	6,925	3,26 5,25 **
Lineal	1	0,165	0,165	1,204	4,12 7,41 ns
Cuadrático	1	1,733	1,733	12,211	4,12 7,42 **
Interacción	6	5,104	0,851	6,206	2,36 3,35 **
AXB	36	4,934	0,137		
Error					
Total	47	41,872			

CV: 18,629 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 20, del análisis de varianza de longitud de brotes en la primera evaluación señala que encontraron diferencias estadísticas altas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, los que nos indican que una de las variedades

utilizadas alcanzó mayor promedio. Para el factor AIB se evidenció significación estadística significativa, por lo que se deduce que uno de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente cuadrática resulto altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB la longitud de brotes disminuye. En cuanto al factor interacción variedades por dosis de AIB se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron dependientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 18,629 % señala que es aceptable para el ensayo.

Cuadro 21. Prueba de significación de Tukey longitud de brotes para el factor variedad.

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₄ :Arbequina	2,53	a
2	V ₁ : Sevillana	2,47	a
3	V ₂ : Manzanilla	2,33	a
4	V ₃ :Empeltre	0,62	b

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el cuadro 21, de la prueba de significación de Tukey, que la mayor longitud de brotes encuentra con la variedad Arbequina con 2,53 cm en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Sevillana y Manzanilla con 2,47 y 2,33 cm la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 0,62 cm.

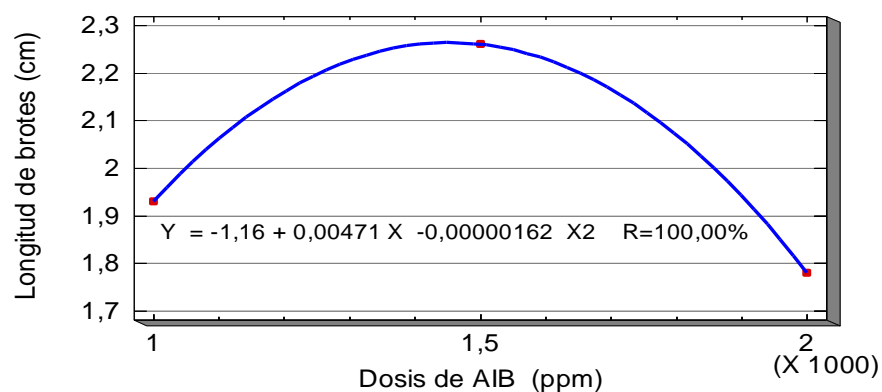


FIGURA 12. Regresión polinomial: Longitud de brotes en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 12, de longitud de brotes en la primera evaluación muestra que a mayor dosis de AIB la longitud de brotes disminuye; la ecuación cuadrática fue de $Y = 1,16 + 0,00471x - 0,00000162 X^2$, que al derivarla se obtiene un óptimo de dosis de AIB de 1453 ppm con la que resulta un óptimo de longitud de brotes de . 2,26 cm el coeficiente de determinación

(R²) nos da a conocer que el 100,00 % de la longitud de raíces es atribuible a la dosis de AIB.

Cuadro 22. Análisis de varianza de longitud de brotes (cm) de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Segunda evaluación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular	
					0,05	0,01
Tratamientos	11	162,857	14,805	14,154	2,07	2,80
A. variedades	3	141,652	47,217	45,109	**	
B. AIB	2	1,942	0,971	0,928	2,86	4,38
Interacción	6	19,262	3,210	3,067	**	
AXB	36	37,682	1,046		3,26	5,25
Error					ns	
					2,36	3,35 *
Total	47	200,539				

CV: 21,104 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 22, del análisis de varianza de longitud de brotes en la segunda evaluación señala que encontraron diferencias estadísticas altas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta

significación estadística, los que nos indican que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio. Para el factor AIB no se halló significación estadística significativa, por lo que se deduce que las dosis de AIB causaron el mismo efecto. En cuanto al factor interacción variedades por dosis de AIB se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron dependientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 21,104 % señala que es aceptable para el ensayo.

Cuadro 23. Prueba de significación de Tukey de la longitud de las raíces (cm) para el factor variedad.

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₄ :Arbequina	6,40	a
2	V ₁ : Sevillana	5,79	a b
3	V ₂ : Manzanilla	5,24	b
4	V ₃ :Empeltre	1,95	c

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el cuadro 23, de la prueba de significación de Tukey, que la mayor longitud de brotes se encuentra con la variedad Arbequina con 6,40 cm en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Sevillana y Manzanilla con 5,79 y 5,24 cm la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 1,95 cm.

Cuadro 24: Análisis de varianza de longitud de brotes (cm) de cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico. Tercera evaluación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	486,595	44,236	19,258	2,07 2,80 **
A. variedades	3	412,612	137,537	59,853	2,86 4,38 **
B. AIB	2	15,316	7,658	3,332	3,26 5,25 *
Lineal	1	0,195	0,195	0,084	4,12 7,41 ns
Cuadrático	1	15,121	15,121	6,582	4,12 7,42 *
Interacción	6	58,666	9,777	4,255	2,36 3,35 **
AXB	36	82,725	2,297		
Error					
Total	47	569,320			

CV: 15,791 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 24, del análisis de varianza de longitud de brotes en la tercera evaluación señala que encontraron diferencias estadísticas altas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, lo que nos indica que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio. Para el factor AIB se evidenció significación estadística significativa, por lo que se deduce que uno de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente cuadrática resultó altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB la longitud de brotes disminuye. En cuanto al factor interacción variedades por medios de cultivo se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron dependientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 15,721 % señala que es aceptable para el ensayo.

Cuadro 25: Prueba de significación de Tukey longitud de brotes (cm) para el factor variedad.

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₄ .Arbequina	10,673	a
2	V ₁ : Sevillana	10,583	b
3	V ₂ : Manzanilla	10,375	b
4	V ₃ .Empeltre	4,766	c

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el cuadro 25, de la prueba de significación de Tukey, que la mayor longitud de brotes se encuentra con la variedad Arbequina con 10,673 cm superando estadísticamente al resto en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Sevillana y Manzanilla con 10,583 y 10,375 cm la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 4,766 cm.

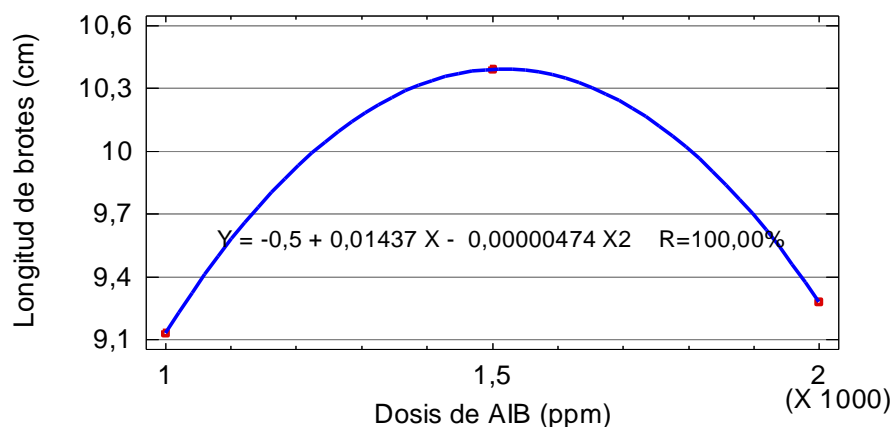


FIGURA 13. Regresión polinomial: Longitud de brotes en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 13, de longitud de brotes en la tercera evaluación muestra que a mayor dosis de AIB la longitud de brotes disminuye; la ecuación cuadrática fue de $Y = 0,5 + 0,01437 x - 0,00000472 X^2$, que al derivarla se obtiene un óptimo de dosis de AIB de 1515 ppm con la que resulta un óptimo de longitud de brotes de 11,391 cm el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 100,00 % de la longitud de brotes es atribuible a la dosis de AIB.

5.2.6 PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO

Cuadro 26: Análisis de varianza de porcentaje de enraizamiento cuatro variedades de olivo en ácido indolbutírico.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabular 0,05 0,01
Tratamientos	11	18325,00	1665,909	30,554	2,07 2,80 **
A. variedades	3	14120,83	4706,994	86,343	2,86 4,38 **
B. AIB	2	1387,50	693,750	12,726	3,26 5,25 **
Lineal	1	253,125	253,125	4,643	4,12 7,41 *
Cuadrático	1	1134,375	1134,375	20,808	4,12 7,42 **
Interacción	6	2816,667	469,444	8,611	2,36 3,35 **
AXB	36	1962,50	54,514		
Error					
Total	47	20287,50			

CV: 16,876 %

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 26, del análisis de varianza de porcentaje de enraizamiento señala que se encontraron diferencias estadísticas altas entre los tratamientos. Para el factor A variedades se halló alta significación estadística, lo que nos indica que una de las variedades utilizadas alcanzó mayor promedio. Para el factor AIB se evidenció significación

estadística significativa, por lo que se deduce que una de las dosis de AIB causó mayor efecto, la componente cuadrática resultó altamente significativa por lo tanto se deduce que a mayor dosis de AIB el porcentaje de enraizamiento disminuye. En cuanto al factor interacción variedades por dosis de AIB se encontró significación estadística, por lo tanto ambos factores actuaron dependientemente, es decir, que las diferencias entre los efectos simples del factor variedad para las tres dosis del factor AIB es significativa y viceversa. El coeficiente de variación de 16,876 % señala que es aceptable para el ensayo.

Cuadro 27. Prueba de significación de Tukey porcentajes de enraizamiento para el factor variedad.

O.M.	Variedades	Promedio	Significación 0,05
1	V ₁ : Sevillana	64,58	a
2	V ₂ : Manzanilla	54,17	b
3	V ₄ :Arbequina	36,66	d
4	V ₃ :Empeltre	19,58	e

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el cuadro 27, de la prueba de significación de Tukey, que el mayor porcentaje de enraizamiento de raíces encuentra con la variedad Sevillana con 64,58 % superando estadísticamente al resto en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Manzanilla y Arbequina con 54,17 % y 36,66% la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 19,58%.

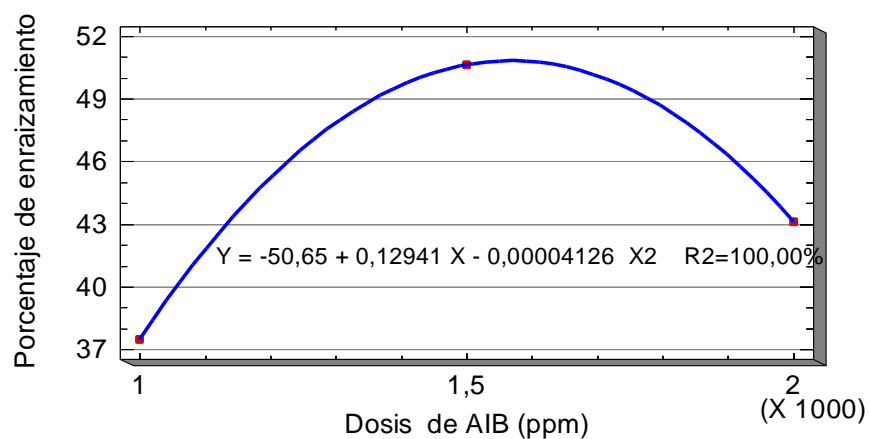


FIGURA 14. Regresión polinomial: porcentaje de enraizamiento en función a la dosis de AIB (ppm)

Fuente: Elaboración propia

La figura 14, de porcentaje de enraizamiento muestra que a mayor dosis de AIB el porcentaje de enraizamiento disminuye; la ecuación cuadrática fue de $Y = -50,65 + 0,12941X - 0,00004126 X^2$, que al derivarla se obtiene un óptimo de dosis de AIB de 1,568 ppm con la que resulta

un óptimo de porcentaje de enraizamiento de 50,822 % el coeficiente de determinación (R^2) nos da a conocer que el 100,00 % de la longitud de brotes es atribuible a la dosis de AIB.

5.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados evidenciaron el efecto positivo del AIB corroborando lo mencionado por Hartmann y Kester (1995) quienes indican que para la propagación de estacas se utilizan sustancias reguladoras del crecimiento de tipo auxinas. El objetivo de esta sustancia es maximizar el enraizamiento, apresurando la iniciación de raíces, aumentando la uniformidad del enraizamiento y el número de raíces. El ácido indolbutírico es el más efectivo para la formación de raíces, debido a que no es tóxico para las plantas y se usa en una amplia gama de concentraciones, siendo eficaz para estimular el enraizamiento en un gran número de especies. Al respecto en varios trabajos de investigación Puri y Nagpal (1988) las auxinas fueron recomendadas como excelentes reguladores de crecimiento, sobre la estimulación productora de raíces y brotes foliares. Los resultados del presente trabajo permiten inferir que los estimuladores de crecimiento tienen un marcado efecto en las estaquillas herbáceas.

Las auxinas son importantes reguladores en la formación de raíces laterales (Öpik y Rolfe, 2005). Así, en la propagación por estaquillas herbáceas, las auxinas son esenciales para la formación de raíces adventicias, por lo que los tratamientos con auxinas pueden aumentar la tasa de iniciación radical y el número y la masa de raíces formadas (Hackett, 1988). El AIB es la auxina más utilizada para promover el enraizamiento, principalmente porque no es tóxico, en un amplio rango de concentraciones, para un gran número de especies, y es más estable químicamente que el ácido indol acético (AIA), al contacto con el sustrato de propagación (Hartmann *et al.*, 2002). Además, es una sustancia fotoestable, de acción localizada y menos sensible a la degradación biológica en comparación a las demás auxinas sintéticas (Fachinello *et al.*, 1995).

El olivo es una especie que posee una extraordinaria capacidad de regeneración, producida por la abundancia de yemas latentes e hiperplasias. Esto permite que la mayoría de las variedades cultivadas, se multipliquen muy bien por sistemas sencillos de propagación vegetativa, concretamente por plantación y enraizamiento de vástagos, Óvulos o zuecas, (Jacoboni *et al.*, 1976), lo que sin duda motivó que el olivo estuviera entre los primeros frutales en ser cultivados (Hartmann y Kester, 1983).

La concentración de ácido indolbutírico, para propagar olivos por el método de inmersión en una solución alcohólica es entre 2000 y 5000 ppm (López 1996). En el cv. Liguria se concluyó, que el mayor porcentaje de enraizamiento (70%) se obtuvo con la concentración de 4000 ppm de AIB (Cornejo, 1997). Los mejores resultados en porcentajes de las estacas enraizadas del cv. Ascolano 315, se obtuvieron con concentraciones entre 3000 y 5000 ppm de AIB (De Oliveira et al., 2003) sin embargo en la presente investigación la dosis que alcanzó mejor efecto fue la de 1500 ppm.

La respuesta al enraizamiento de diferentes especies leñosas, y en particular del olivo, varía con la época en que se propagan las estaquillas, esta variación es generalmente atribuida al estado fenológico de la planta madre, al momento de hacer la recolección de las estaquillas, y agrega que los estados fenológicos de primavera y otoño son los que dan mayor porcentaje de enraizamiento de estaquillas, de árboles en producción, en diferentes cultivares (Del Río, 1984).

En los ensayos realizados por Ruiz (1994) se determinó que la época de propagación influye directamente en el porcentaje de enraizamiento. En el cv. Sevillano las estacas recolectadas en octubre presentaron un 24%, por el contrario, las recolectadas en enero presentaron un 55%. La principal diferencia que se manifiesta entre dos épocas, es el tiempo

requerido para el enraizamiento y no necesariamente en el número de estacas enraizadas (Strauch et al., 1985).

Los resultados obtenidos en las estacas de olivos recolectados en agosto del cv. Ascolano 315, demostraron un 48% de enraizamiento, en comparación con las recolectadas en octubre, con un 29%, con una concentración de (AIB) de 3000 ppm (De Oliveira et al., 2003).

Es por ello que la recolección de estaquillas para el presente ensayo se efectuó en el mes de julio, debido al adecuado estado fenológico de las plantas madres y a las condiciones climáticas favorables presentes en la estación.

Otro factor importante de considerar es la humedad ambiental, al propagar olivos con dos pares de hojas, las cuales ejercen un efecto importante para la formación de raíces, pueden reducir el contenido de agua de las estacas a un nivel tan bajo que ocasione su muerte antes de que pueda tener lugar la formación del sistema radical (Del Río et al., 1986)

Se infiere, que en los tratamientos evaluados, los resultados obtenidos son satisfactorios, es decir, sobre un 50% en las variedades Sevillana y Manzanilla, sin embargo en las variedades Arbequina y Empeltre el porcentaje de enraizamiento fue bajo esto puede estar influenciado a factores genéticos o fitopatógenos.

CONCLUSIONES

1. El mayor número de callos se evidenció con la concentración de AIB de 2000 ppm en la variedad Empeltre con 1,699 en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Arbequina y Manzanilla con 1,539 y 1,404 callos. La variedad de menor promedio fue Sevillana con 0,926 callos a la tercera evaluación.
2. Con respecto al número de raíces, la dosis de AIB de mayor efecto fue la de 2000 ppm. La variedad Sevillana obtuvo el mayor promedio con 7,95; en el segundo lugar se ubica la variedad Manzanilla con 7,10; en tercer lugar se encuentra la variedad Arbequina con 5,13; la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 3,23 raíces respectivamente.
3. En lo relacionado a la longitud de raíces la variedad Sevillana logró el mayor promedio con 8,08 cm, en el segundo lugar la variedad Manzanilla con 8,01 cm, en tercer lugar está la variedad Arbequina con 5,01 cm, la variedad de menor promedio fue la Empeltre con

2,69 cm de longitud. La dosis de AIB de mayor efecto fue la de 2000 ppm.

4. Con respecto al volumen de raíces se encuentra en primer lugar la variedad Sevillana con 2,28 ml en el segundo y tercer lugar se ubican las variedades manzanilla y arbequina con 2,24 y 1,65 ml, la variedad de menor promedio fue la Empeltre con 0,73 ml. La dosis de AIB de mayor efecto fue la de 2000 ppm.
5. La mayor longitud de brotes se obtuvo con la variedad Arbequina con 10,673 cm superando a las variedades Sevillana y Manzanilla que obtuvieron 10,583 y 10,375 cm respectivamente, la variedad de menor promedio fue Empeltre que obtuvo 4,766 cm.
6. El mayor porcentaje de enraizamiento de raíces se encontró con la variedad Sevillana con 25,83% superando estadísticamente al resto en el segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos Manzanilla y Arbequina con 21,66% y 14,66% .

7. La dosis optima de AIB para la longitud de brotes fue de 1515 ppm con la que resulta un óptimo 11,391 cm; sin embargo, para el porcentaje de enraizamiento la dosis optima fue de 1,568 ppm con la que resulta un óptimo de 50,822 %

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar investigaciones en otros medios de cultivo, que podrían ser combinaciones de arena, perlita, piedra pómez, vermiculita, con el fin de reducir los costos de instalación utilizados en el presente experimento.
2. Debido a la importancia de encontrar la dosis óptima para la diversidad de variedades que se manejan en los viveros, es necesario incrementar los trabajos de investigación en las zonas productoras de aceituna por ser productoras de especies frutales.
3. Se recomienda, realizar investigaciones variando la estacionalidad del experimento, con el fin de determinar la estación óptima para la ejecución del mismo, en el cual se obtengan los mejores resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, G. (2010). Aplicación del Cultivo de Tejidos en la Multiplicación y Conservación de los Recursos Fitogenéticos. Comisión Universitaria para el Desarrollo. UMSS Bolivia. 200 p.
- BARRANCO, D. – FERNANDEZ, E – RALLO,L. El Cultivo del Olivo. COEDICION. Consejería de Agricultura. España. 682 p.
- BOTTIU, D. 1999. Multiplicación de Plantas Ornamentales. 225 p. Editorial Acribia. Zaragoza, Esp
- CABALLERO, J. (1981). Multiplicación del olivo por estaquillado semileñoso bajo nebulización. Departamento Nacional de Olivicultura y Elaiotecnia, CRIDA 10, Madrid. INIA. 39 p.
- CASILLA, M. (2004) . Cultivo del olivo en el Perú. Facultad de Ciencias Agrícolas UNJBG. Tacna. 215 p.

- CAÑIZARES, Z. (1972). Elementos de Producción y Multiplicación de las plantas superiores. Editorial Puebla y Educación, La Habana-Cuba.
- CORNEJO, P. 1997. Propagación vegetativa en olivo (*Olea europea* L.) cv. Liguria. 25 p. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Concepción, Chile.
- DEL RIO, C. (1984). Influencia de los distintos estados fenológicos de la planta madre sobre la respuesta al enraizamiento por estaquillado semileñoso de los cultivares de olivo "Picual" y "GordalSevillana". Tesis doctoral. Universidad de Córdoba (España) pp 100
- DE OLIVERA, A., C. Del Río, P. Moacir, N. Chalfun y R. Murillo. 2003. Enraizamiento de estacas semilenhosas de liveira sob efeito de diferentes épocas, sustratos e concentrações de ácido indolbutírico. *Ciencia Agrotecnológica* (27):117-125.

- DIRECCIÓN REGIONAL SUB SECTORIAL AGRARIA TACNA. (2011) Cadena productiva del Olivo en Tacna. Gobierno regional Tacna.
- FACHINELLO, J. C., A. HOFFMANN, J. C. NACHTIGAL, E. KERSTEN, G.R. L, Fontes.1994. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. Pelotas: Editra e gráfica. UFPEL. Brazil, 179pp.
- HACKETT, W.P. 1988. Donor plant maturation and adventitious root formation. pp. 11-28. En: Davis, T.D., B.E. Hassing y N. Sankhla (Eds.). Adventitious root formation in cuttings. Advances in Plant Sciences Series. Dioscorides Press, Portland, OR.
- HARTMANN, H.– Kester, D. (1980). Propagación de Plantas, Principios y prácticas. Segunda Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México. 815p.
- HARTMANN, H. T. Y KESTER, D. 1983. Plant propagation. Principles and practice. 814 p. Campaña Editorial Continental,

México, DF, Mexico.

- HARTMANN, H.T., D.E. KESTER, F.T. DAVIES, JR. Y R.L. GENEVE. 2002. Plant propagation: principles and practices. 7a ed. Prentice Hall,
- LÓPEZ, C. 1996. El cultivo del olivo. El campesino. 127 (4): 50-59
- JACOBONI, N. Y FONTANAZZA G. (1976). Un nuevo tipo de propagazione dell'olivo:l'innesto-talea in cassone riscaldato alla base. L'Italia Agícola, 113
- OLIVEIRA A.F de.; PASQUAL, M.; CHALFUN, N.N.J.; REGINA, M.de A.; RINCÓN, C. Del R. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira sob efeito de diferentes épocas, substratos e concentrações de ácido indolbutírico. Ciência e Agrotecnologia, Lavras. V.27, n.1, p.117- 125, jan./fev., 2003b.
- ÖPIK, H. Y S. ROLFE. 2005. The physiology of flowering plants. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- PURI, S.; NAGPAL, R. 1988. Effect of auxins on air-layers of some agro-forestry species. Indian Journal of Forestry 11: 28-32.
- RUIZ, S. 1994. Efecto de fecha de recolección y tratamientos auxínicos sobre la propagación por estacas semileñosas de olivo (*Olea europea* L.) cultivar Sevillano. 70 p. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile.
- SADDLE RIVER, NJ. ÖPIK, H. y S. Rolfe. 2005. The physiology of flowering plants. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- SALISBURY, F. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana. México. 759 pág
- STRAUCH, H., M. ROTH AND W. GRUPPE. 1985. Rooting softwood cuttings of interspecific cherry hybrids and prunus species by mist propagation. Acta Horticulturae 169:371-379
- REJANO, L. (1997). Información Tecnológica. Instituto de la Grasa. Sevilla.

- TOUS, J. (1993). Variedades del Olivo. Editorial Fundación la Caixa. Barcelona- España. 172 p.
- ROJAS, M. (1993). Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. Segunda Edición, Editorial LIMUSA, México. 263 p.
- VEJARANO, A. (1980). Reguladores Vegetales de Crecimiento y Desarrollo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. 82p.
- WEAVER, R. (1980). Reguladores de Crecimiento en la Planta, en la Agricultura. Primera reimpresión, Editorial Trillas. México. 662p.

ANEXOS

Anexo 1: Número de callos. Primera evaluación

Nº	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	1,4	1,7	1,4	1,4	1,475
2	V1A2	1,5	1,9	2,1	1,9	1,85
3	V1A3	2,2	1,6	1,9	2	1,925
4	V2A1	3	2,5	3,2	3,6	3,075
5	V2A2	3,4	3,7	3,25	3,3	3,4125
6	V2A3	4	3,2	3,6	3,7	3,625
7	V3A1	0,8	1,1	0,7	0,8	0,85
8	V3A2	1,1	1,1	0,8	1,2	1,05
9	V3A3	1,4	1,6	1,32	1,2	1,38
10	V4A1	0,8	1,3	0,9	1	1
11	V4A2	1,4	1,7	1,2	1,8	1,525
12	V4A3	2	3,3	2,9	1,4	2,4

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Número de callos. Segunda evaluación

Nº	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	0,8	0,6	0,9	0,8	0,775
2	V1A2	2	1	1,5	1,5	1,5
3	V1A3	1,8	1,3	2	1,6	1,675
4	V2A1	1,4	1,9	1,5	1,1	1,475
5	V2A2	1,1	1,3	2	1,7	1,525
6	V2A3	3,3	2,1	3,5	3,4	3,075
7	V3A1	1,19	0,89	1,15	1,07	1,075
8	V3A2	1,28	1,9	2,2	1,15	1,6325
9	V3A3	2	2,1	2,7	1,9	2,175
10	V4A1	0,7	1,1	1,5	1,2	1,125
11	V4A2	1,6	1,9	1,1	1,1	1,425
12	V4A3	2	3,4	1,4	1,8	2,15

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Número de callos. Tercera evaluación

CLAVE	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	0,56	0,29	0,38	0,62	0,4625
2	V1A2	1,34	1,08	0,91	1,12	1,1125
3	V1A3	1,2	1,28	1,15	1,19	1,205
4	V2A1	0,8	0,96	1,3	1	1,015
5	V2A2	1,4	1,06	1,09	1,24	1,1975
6	V2A3	2,2	1,73	2,1	1,97	2
7	V3A1	1,25	1,178	1,4	1	1,207
8	V3A2	1,84	1,76	1,52	2,1	1,805
9	V3A3	2,45	1,89	2,063	1,94	2,08575
10	V4A1	1,12	0,98	1,23	1,4	1,1825
11	V4A2	1,67	1,49	1,6	1,7	1,615
12	V4A3	1,9	1,8	1,78	1,8	1,82

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Número de raíces. Segunda evaluación

Nº	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	0,26	0,495	0,9	0,9	0,63875
2	V1A2	0,9	0,2	1	1,1	0,8
3	V1A3	0,5	2	1,3	3,1	1,725
4	V2A1	0,3	0,9	0,6	0,2	0,5
5	V2A2	0,8	0,8	2,2	0,5	1,075
6	V2A3	1,7	1,3	3,1	2,5	2,15
7	V3A1	0	0	0	0	0
8	V3A2	0	0,8	0	0	0,2
9	V3A3	0,9	1,2	1,4	0,7	1,05
10	V4A1	0,6	0,5	0,5	1	0,65
11	V4A2	1,8	1,4	0,4	1	1,15
12	V4A3	1,5	1,3	1,1	1,8	1,425

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Número de raíces. Tercera evaluación

Nº	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	6	6,8	6,4	7,2	6,6
2	V1A2	8	9,6	8	7,6	8,3
3	V1A3	8,8	9,04	8,4	9,6	8,96
4	V2A1	6,8	4,8	6	6,4	6
5	V2A2	7,2	7,6	5,6	6,8	6,8
6	V2A3	8,8	8,8	8,8	7,6	8,5
7	V3A1	2,4	1,2	1,6	1,6	1,7
8	V3A2	3,6	4	2,8	4	3,6
9	V3A3	5,2	3,6	4	4,8	4,4
10	V4A1	3,6	4	4	4,4	4
11	V4A2	5,2	6	6,4	3,6	5,3
12	V4A3	6,4	6	5,2	6,8	6,1

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Longitud de raíces. Segunda evaluación

Nº	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	0,1	0,3	0,5	0,5	0,35
2	V1A2	0,6	0,2	0,7	0,8	0,575
3	V1A3	0,25	1	0,7	1,4	0,8375
4	V2A1	0,3	0,9	0,6	0,15	0,4875
5	V2A2	0,5	0,7	1,32	0,5	0,755
6	V2A3	1,1	0,9	2	1,5	1,375
7	V3A1	0	0	0	0	0
8	V3A2	0	0,7	0	0	0,175
9	V3A3	0,6	1	1,1	0,6	0,825
10	V4A1	0,75	0,4	0,4	1,1	0,6625
11	V4A2	1,08	0,8	0,3	0,6	0,695
12	V4A3	1	0,9	0,7	1,2	0,95

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Longitud de raíces. Tercera evaluación

Nº	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	6	7	6,25	7	6,5625
2	V1A2	8	9,3	7,5	7,5	8,075
3	V1A3	9,5	10	8,9	10	9,6
4	V2A1	7,65	5,5	7,25	7,2	6,9
5	V2A2	8,65	8,5	6	7,75	7,725
6	V2A3	9,8	9,9	9,3	8,6	9,4
7	V3A1	1,75	0,85	1,35	1,25	1,3
8	V3A2	2,5	3,5	2	3	2,75
9	V3A3	4,5	3	4	4,65	4,0375
10	V4A1	3,5	3,5	4	4	3,75
11	V4A2	4,85	5,55	6	3	4,85
12	V4A3	7	6	5,75	7	6,4375

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Volumen de las raíces. Segunda evaluación

Nº	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	0,02	0,06	0,12	0,11	0,0775
2	V1A2	0,14	0,035	0,3	0,25	0,18125
3	V1A3	0,08	0,35	0,3	0,42	0,2875
4	V2A1	0,1	0,4	0,26	0,07	0,2075
5	V2A2	0,2	0,3	0,6	0,2	0,325
6	V2A3	0,45	0,3	0,6	0,6	0,4875
7	V3A1	0	0	0	0	0
8	V3A2	0	0,26	0	0	0,065
9	V3A3	0,2	0,25	0,28	0,22	0,2375
10	V4A1	0,25	0,14	0,14	0,4	0,2325
11	V4A2	0,4	0,27	0,1	0,22	0,2475
12	V4A3	0,3	0,28	0,25	0,5	0,3325

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Volumen de las raíces. Tercera evaluación

Nº	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	1,9	2,5	1,9	2,05	2,0875
2	V1A2	2	2,75	2,1	2,15	2,25
3	V1A3	2,65	2,9	2,65	3	2,8
4	V2A1	2,14	1,6	1,95	1,9	1,8975
5	V2A2	2,5	2,5	1,7	2,25	2,2375
6	V2A3	2,75	2,65	2,7	2,25	2,5875
7	V3A1	0,5	0,25	0,3	0,3	0,3375
8	V3A2	0,65	0,7	0,5	0,9	0,6875
9	V3A3	1,35	0,9	1,1	1,25	1,15
10	V4A1	1	1	1,15	1,2	1,0875
11	V4A2	1,5	1,75	1,9	1,1	1,5625
12	V4A3	3	2	2	2,25	2,3125

Fuente: Elaboración propia

Anexo10: Longitud de brotes. Primera evaluación

Nº	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	8,5	11	13	7,5	10
2	V1A2	8	11,5	8	11	9,625
3	V1A3	13	11	12	12,5	12,125
4	V2A1	8,7	8	8,5	12	9,3
5	V2A2	12,5	10,5	11	13	11,75
6	V2A3	9	9,5	13	8,8	10,075
7	V3A1	7	3	2,5	4,5	4,25
8	V3A2	6	6,5	8	9	7,375
9	V3A3	3,2	3,5	1,5	2,5	2,675
10	V4A1	14	13	12,3	12,5	12,95
11	V4A2	13	12,5	12,8	13	12,825
12	V4A3	12	12,5	13,5	11	12,25

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Longitud de brotes. Segunda evaluación

Nº	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	4,4	6	8	4	5,6
2	V1A2	4	6,3	4,2	6	5,125
3	V1A3	7,4	5,7	6,3	7,2	6,65
4	V2A1	4,5	3,9	4,4	6,5	4,825
5	V2A2	6,5	5,2	5,1	6,8	5,9
6	V2A3	4,5	4,8	6,4	4,3	5
7	V3A1	4	0,8	0,5	1,9	1,8
8	V3A2	2,5	2,7	3,5	4,2	3,225
9	V3A3	1	1	0,5	0,9	0,85
10	V4A1	7,8	6,9	6,6	6,7	7
11	V4A2	6,5	6	6,3	6	6,2
12	V4A3	6	6	7	5	6

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: Longitud de brotes. Tercera evaluación

CLAVE	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	2	2,5	3,2	1,9	2,4
2	V1A2	1,8	2,6	2	2,4	2,2
3	V1A3	3	2,5	2,8	2,9	2,8
4	V2A1	2	1,7	2	2,5	2,05
5	V2A2	3	2,7	2,6	3,3	2,9
6	V2A3	1,9	2,1	2,4	1,8	2,05
7	V3A1	1,5	0	0	0,5	0,5
8	V3A2	1	1	1,5	2	1,375
9	V3A3	0	0	0	0	0
10	V4A1	3	2,7	2,6	2,7	2,75
11	V4A2	2,6	2,6	2,6	2,4	2,55
12	V4A3	2,2	2,3	2,6	2	2,275

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Porcentaje de enraizamiento

CLAVE	TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
1	V1A1	37,5	50	40	57,5	46,25
2	V1A2	70	87,5	75	67,5	75
3	V1A3	72,5	70	62,5	85	72,5
4	V2A1	47,5	40	37,5	40	41,25
5	V2A2	82,5	72,5	70	55	70
6	V2A3	45	50	57,5	52,5	51,25
7	V3A1	30	15	20	15	20
8	V3A2	25	22,5	20	32,5	25
9	V3A3	20	10	7,5	17,5	13,75
10	V4A1	35	42,5	45	47,5	42,5
11	V4A2	42,5	27,5	35	25	32,5
12	V4A3	37,5	32,5	30	40	35

Fuente: Elaboración propia