



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Propagación in situ y seguimiento al desarrollo inicial de la especie nativa
Aulonemia queko (Duda) en el bosque Molleturo, Provincia del Azuay**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Agrónomo

Autor:

Christian Adrián Gutama Gutama

Jonnathan Fernando Maza Huiracocha

Director:

Hugo Alberto Cedillo Tapia

ORCID: **0000-0001-5589-0926**

Cuenca, Ecuador

2023-02-03

Resumen

Aulonemia queko es una especie de bambú que tiene importancia en el ámbito social, económico y cultural, ya que se usa como materia prima para la cestería, fabricación de instrumentos musicales, alimentación de animales y construcción de casas. También, esta especie puede ser útil como un sustituto potencial para el reemplazo del plástico especialmente en el uso de las fundas, mismos que representan el 13% de desechos en el mundo. Bajo estos antecedentes la presente propuesta de investigación tiene como objetivo, propagar *in situ* y dar seguimiento al desarrollo inicial de la especie nativa “Duda” en el bosque Molleturo, provincia del Azuay. En este estudio se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 3a x 2b para rizomas y segmentos de culmos con ramas, teniendo 6 tratamientos y 3 repeticiones conformados por 18 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: altura, diámetro, número de hojas, número de entrenudos, porcentaje de sobrevivencia y en la parte subterránea se evaluó: número de raíces, longitud y diámetro de la raíz más larga. Para el análisis de los resultados se analizó la normalidad de los datos, además se aplicó el análisis de correlación Spearman y finalmente se procesaron los datos mediante la prueba de Kruskal Wallis. Como resultado, los datos en la propagación de rizomas no presentaron normalidad ($p > 0,05$) y de igual forma no se encontró diferencias en sobrevivencia ($p = 0,26$); en longitud del brote ($p = 0,08$) de igual manera en la parte subterránea. Por otra parte, para la propagación por segmento de culmos con ramas no presentó normalidad en los datos y no se encontraron diferencias en sobrevivencia ($p = 0,67$); longitud ($p = 0,36$) y finalmente la parte subterránea tampoco presentó diferencias. Se evidenció en términos generales que el método de rizomas presentó un mayor porcentaje de sobrevivencia respecto al método de propagación con segmentos de culmos con ramas.

Palabras clave:

Propágulos, auxinas, sustratos, propagación

Abstract:

Aulonemia queko is a species of bamboo that is important in the social, economic, and cultural spheres, since it's used as raw material for basketry, making musical instruments, feeding animals, and building houses. In addition, this species can be useful as a potential substitute for plastic replacement, especially in the use of covers, which represent 13% of the world's waste. Under this background, the objective of this research proposal is to propagate in situ and follow up on the initial development of the native species "Duda" in the Molleturo forest, Azuay province. In this study, a completely randomized design (DCA) were used with a 3a x 2b factorial arrangement for rhizomes and segments of culms with branches, having six treatments and three repetitions made up of 18 experimental units. The variables evaluated were: height, diameter, number of leaves, number of internodes, percentage of survival and in the underground part was evaluated: number of roots, length and diameter of the longest root. For the analysis of the results, the normality of the data was analyzed, in addition, the Spearman correlation analysis were applied and finally the data was processed using the Kruskal Wallis test. As a result, the data in the propagation of rhizomes, normality did not appear ($p>0.05$) and likewise no differences in survival were found ($p=0.26$); in shoot length ($p=0.08$) in the same way in the underground part. On the other hand, for the propagation by segment of culms with branches I do not present normality in the data and no differences in survival were found ($p=0.67$); length ($p=0.36$) and finally the underground part did not present differences either. It was evidenced in general terms that the rhizome method presented a higher percentage of survival compared to the propagation method with segments of culms with branches.

Keywords:

Propagules, auxins, substrates, propagation

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract:	3
Agradecimientos	10
Dedicatoria	11
1. Introducción	12
2. Objetivos	13
2.1. Objetivo general del proyecto	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. Pregunta de investigación	13
4. Revisión bibliográfica	13
4.1. Descripción botánica	13
4.2. Descripción taxonómica	14
4.3. Descripción morfológica de <i>Aulonemia</i>	14
4.4. Distribución y hábitat de <i>Aulonemia</i>	14
4.5. El bosque nativo en la parroquia de Molleturo	15
4.6. Influencia de <i>A. queko</i> en bosques	15
4.7. Métodos de propagación de las <i>Bambuseae</i>	15
4.7.1. Por rizomas	16
4.7.2. Por culmos	16
4.8. Desarrollo de la especie	16
4.8.1. Recolección y extracción de material vegetativo	16
4.9. Reguladores de crecimiento	17
4.9.1. Las auxinas	17
4.9.2. Ácido naftalenacético	17
4.9.3. Ácido indolbutírico	17
4.10. Sustratos	17

	5
4.10.1. Tipos de sustratos	18
5. Materiales y métodos	18
5.1. Materiales	18
5.2. Métodos	19
5.2.1. Área de estudio	19
5.2.2. Establecimiento de platabandas	20
5.2.2.1. Tipos de sustratos para desarrollar el ensayo	20
5.2.2.2. Contenedores	21
5.2.3. Cuidados culturales	21
5.2.4. Consideraciones metodológicas para la selección del material vegetal	21
5.2.5. Tipo de investigación	22
5.2.6. Metodología para el primer objetivo	23
5.2.6.1. Obtención de rizomas	23
5.2.6.2. Siembra de rizomas	23
5.2.7. Metodología para el segundo objetivo	24
5.2.7.1. Obtención de los segmentos de culmos con ramas	24
5.2.7.2. Siembra de culmos con ramas	24
5.2.8. Evaluación de las variables	24
5.2.9. Variables de estudio.	25
5.2.10. Factores y niveles de estudio.	25
5.2.11. Descripción de los tratamientos para el estudio, utilizando un diseño de bloques completos al azar	26
5.2.12. Análisis de los datos	28
6. Resultados	28
6.1. Propagación por rizomas (objetivo 1)	28
6.1.1. Análisis de correlación de Spearman	28
6.1.2. Supervivencia	29

	6
6.1.3. Longitud del brote	30
6.1.4. Parte subterránea	31
6.1.4.1. Número de raíces y longitud de la raíz más desarrollada	31
6.2. Propagación por segmentos de ramas con culmos (Objetivo 2)	34
6.2.1. Análisis de correlación de Spearman	35
6.2.2. Supervivencia de los brotes	35
6.2.3. Longitud de los brotes	37
6.2.4. Parte subterránea	38
6.2.4.1. Número de raíces, longitud y diámetro de la raíz más desarrollada	39
7. Discusión	40
8. Conclusiones y recomendaciones	42
8.1. Conclusiones	42
8.2. Recomendaciones	43
9. Referencias bibliográficas	44
10. Anexos	48

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Mapa de ubicación para la implementación del vivero – Bosque de la parroquia Molleturo – Cuenca.	20
Figura 2: Mapa de cobertura vegetal para la parroquia Molleturo.	22
Figura 3: Porcentaje de sobrevivencia de <i>A. queko</i> , evaluado durante 7 meses en 6 diferentes tratamientos con 2 inductores de crecimiento, un tratamiento control y 2 tipos de sustratos.	30
Figura 4: Longitud del brote a los 7 meses en la interacción entre 2 tipos de enraizadores evaluado sobre 2 sustratos para la propagación de <i>A. queko</i>	31
Figura 5: A). Número de raíces en <i>A. queko</i> evaluando su crecimiento en un periodo de 7 meses bajo la influencia de 2 auxinas enraizante (ANA-AIB) y 2 tipos de sustratos. B). Longitud de la raíz principal en la propagación <i>A. queko</i> , evaluado durante 7 meses bajo la influencia de 2 auxinas enraizantes (AIB-ANA) y 2 tipos de sustratos.	33
Figura 6: Diámetro de la raíz más desarrollada en <i>A. queko</i> , evaluado con 2 auxinas enraizantes (ANA-AIB) y 2 tipos de sustratos durante un periodo de 7 meses.....	34
Figura 7: Sobrevivencia, en la propagación por segmentos de culmos con ramas de <i>A. queko</i> , evaluado durante 7 meses en 6 diferentes tratamientos con 2 inductores de crecimiento, un tratamiento control y 2 tipos de sustratos.	36
Figura 8: Grafica representativa de la longitud de brotes, en la propagación por segmentos de culmos con ramas de <i>A. queko</i> , evaluado durante 7 meses en 6 diferentes tratamientos con 2 inductores de crecimiento, un tratamiento control y 2 tipos de sustratos.	38
Figura 9: A). Número de raíces por plantas evaluadas por tratamiento en la interacción de 2 factores (auxinas y sustratos). B) Longitud de la raíz más desarrollada evaluada en centímetros, por tratamientos y con la interacción de 2 factores (auxinas y sustratos). C). Diámetro de la raíz más desarrollada evaluada en milímetros, por tratamientos y en la interacción de 2 factores (auxinas y sustratos)	40
Figura 10: Preparación de platabandas.....	48
Figura 11: Adecuación del terreno.....	48
Figura 12: Recolección de tierra negra para la siembra.....	48
Figura 13: Recolección del mantillo para la siembra.....	48
Figura 14: Preparación del sustrato (tierra negra/arena/humus)	49
Figura 15: Preparación del sustrato.....	49
Figura 16: Enfundado del sustrato (tierra negra/arena/humus)	49
Figura 17: Enfundado del sustrato (mantillo).....	49
Figura 18: Recolección de la especie.....	50
Figura 19: Recolección del material para la propagación	50
Figura 20: Rizoma para la siembra.....	50
Figura 21: Segmento de culmos con ramas.....	50
Figura 22: Preparación de las auxinas enraizantes	51
Figura 23: Aplicación de la auxina enraizante (AIB).....	51
Figura 24: Aplicación del ANA en los segmentos de culmos.....	51

Figura 25: Aplicación del ANA en rizomas	51
Figura 26: Propágulos sembrados	51
Figura 27: Colocación de sustrato enfundado en las platabandas	52
Figura 28: Cercado del proyecto	52
Figura 29: Colocación de etiquetas	52
Figura 30: Propágulos en las platabandas	52
Figura 31: Riego de los propágulos	52
Figura 32: Toma de datos	53
Figura 33: Emergencia de brotes	53
Figura 34: Toma de datos de la parte aérea	53
Figura 35: Toma de datos de la parte subterránea	54

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Descripción taxonómica de <i>A. queko</i> .	14
Tabla 2: Materiales para realizar la propagación de <i>A. queko</i> .	18
Tabla 3: Factores y niveles para implementar el ensayo de propagación.	26
Tabla 4: Factores, niveles y tratamientos para la implementación del ensayo (Rizomas).	26
Tabla 5: Factores, niveles y tratamientos para la implementación del ensayo (Ramas de culmos).	27
Tabla 6: Diseño y distribución de los tratamientos en la parcela.	27
Tabla 7: Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) para determinar la normalidad en los datos de propagación por rizomas ($p>0,05$).	28
Tabla 8: Prueba de Correlación de Spearman para la propagación por rizomas.	29
Tabla 9: Análisis de la varianza ($<0,05$) para la variable sobrevivencia con el método de propagación por rizomas de <i>A. queko</i> .	29
Tabla 10: Prueba de Kruskal Wallis ($<0,05$) para la propagación por rizomas en <i>A. queko</i> .	30
Tabla 11: Análisis de la varianza para las variables: Número de raíces y longitud de raíz principal, en los factores sustratos, auxinas y en la interacción entre ellos.	32
Tabla 12: Prueba de Kruskal Wallis para la variable Diámetro de la raíz más desarrollada, en la propagación de <i>A. queko</i>	33
Tabla 13: Prueba de Shapiro-Wilks para determinar la naturaleza de los datos para la propagación por segmentos de culmos con ramas, en la propagación de <i>A. queko</i> ($p>0,05$).	34
Tabla 14: Prueba de Correlación de Spearman para la propagación por segmentos de culmos con ramas.	35
Tabla 15: Prueba de Kruskal Wallis ($<0,05$) para la sobrevivencia de brotes en propagación por segmentos de culmos con ramas en <i>A. queko</i> .	36
Tabla 16: Prueba de Kruskal Wallis para la variable longitud de brotes en propagación por segmentos de culmos con ramas en <i>A. queko</i> .	37
Tabla 17: Prueba de Kruskal Wallis para las variables número de raíces, longitud y diámetro de la raíz principal, en los factores sustratos, auxinas y en la interacción entre ellos.	38

Agradecimientos

Primeramente, agradecemos a Dios por darnos la vida, salud e iluminar nuestros conocimientos y permitirnos concluir una meta más en nuestra vida.

A nuestros queridos padres por brindarnos siempre ese apoyo incondicional, por ser los autores principales en nuestra vida, por sus consejos, su amor, gracias por desear y anhelar siempre lo mejor, gracias por cada una de sus palabras que guiaron nuestra vida estudiantil.

A la Universidad de Cuenca por darnos la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa institución, a los directivos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y en especial al Ing. Agr. Hugo Cedillo, Ing. Oswaldo Jadán, Ing. Juan Pablo Ñamagua y al Dr. Eduardo Chica por guiarnos y asesorarnos en la realización de tan importante proyecto, así como a todas las personas que influyeron y colaboraron para poder concluirlo con éxito.

Y por último a nuestros amigos con los que compartimos experiencias inolvidables y por habernos acompañado en esta larga travesía llamada Ingeniería Agronómica.

Christian Gutama, Jonnathan Maza.

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto a nuestros padres que supieron apoyarnos y alentarnos de manera incondicional en esta larga pero productiva etapa de estudios y siempre serán un pilar fundamental en toda nuestra vida, por habernos acompañado y guiado a lo largo de la Carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A nuestros hermanos que fueron nuestro soporte para continuar, a todos nuestros amigos y compañeros que formaron parte de nuestro camino y principalmente a Dios por brindarnos la salud y la fuerza de voluntad para seguir adelante.

Christian Gutama, Jonnathan Maza

1. Introducción

En la región tropical existe la mayor diversidad de plantas en el mundo, pero de muchas especies nativas se desconoce los métodos, técnicas y sistemas de propagación (Palomeque et al., 2017). Con respecto al *Aulonemia queko*, en el país no se han realizado estudios que demuestren algún método en particular que ayude a la propagación y repoblación de la especie. Se considera al *A. queko* como una especie de alta importancia en el ámbito social, económico y cultural (Londoño, 2002). *A. queko* es conocida comúnmente como “duda” y usada como materia prima para la cestería, fabricación de instrumentos musicales, alimentación de animales menores y para la construcción de casas de bareque (Japón, 2009).

A. queko puede ser usada con fines de protección para crear filtros biológicos en las riberas de los cauces hídricos naturales ya que ayudan a evitar la contaminación del agua por la barrera natural que esta especie forma, protegiendo de la erosión y de la contaminación. Además, instituciones como ETAPA-EP, FONAPA y MAE se han interesado en apoyar a la investigación sobre la propagación del *A. queko* por el uso potencial que se le podría dar en sistemas agroforestales adecuados para el manejo integrado de cuencas hidrográficas con el fin de proteger las fuentes hídricas. También, *A. queko* se torna un elemento potencial en el reemplazo del uso de plásticos, ya que estos representan entre el 10 a 13 % de los residuos en el mundo, cuya contaminación afecta a los servicios ecosistémicos que proveen los ríos, humedales, mares y océanos (Llorca et al., 2017). Ante ello la propagación de esta especie es necesaria para sustentar su uso con fines específicos (DFC, 1997).

El sustrato corresponde a todo el material de origen natural, mineral, etc., diferente del suelo que ayuda a que la planta pueda obtener un mejor desarrollo. Se ha evidenciado que el sustrato influye directamente en el desarrollo de las plantas (Sáez & Narciso, 2000) ya que aporta con soporte físico, aire, agua y nutrientes adicionales a los que se encuentran en el suelo y que conjuntamente mejoran la actividad radicular (Baracho, Pierre, & Quiroz, 2009).

Con estos antecedentes, se desarrolló la presente investigación en donde se realizó dos ensayos de propagación asexual “rizomas y ramas con culmos”, respectivamente. Además, esta investigación permita determinar la influencia de las auxinas y sustratos en la sobrevivencia y el desarrollo vegetativo inicial de *A. queko*. Esto se lo realizó considerando in situ por lo cual se implementó un experimento en el bosque nativo de Molleturo, provincia del Azuay.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general del proyecto

Propagar *in situ* y dar seguimiento al desarrollo inicial de la especie nativa “Duda” (*Aulonemia queko*) en el bosque Molleturo, provincia del Azuay.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar ensayos de propagación del *Aulonemia queko* mediante rizomas utilizando dos reguladores de crecimiento vegetal y dos tipos de sustratos.

- Realizar ensayos de propagación del *Aulonemia queko* mediante segmentos de culmos con ramas utilizando dos reguladores de crecimiento vegetal y dos tipos de sustratos.

3. Pregunta de investigación

¿La especie “duda” (*Aulonemia queko*) es un bambú que se puede propagar mediante diferentes métodos con un alto índice de sobrevivencia, dentro de su hábitat de crecimiento ecológico?

4. Revisión bibliográfica

4.1. Descripción botánica

La familia *Poaceae* está conformada por dos tribus de bambú, los herbáceos que corresponden a la tribu *Olyrodae* y los leñosos al grupo *Bambusodae* (Universidad Nacional de Colombia, 2007). Según el (MAE & FAO, 2015) en su publicación “Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador” se describe aspectos generales de *A. queko* como su nombre común, número de especies, categoría, distribución, tipo de bosque y sus usos los cuales indican a continuación.

Nombre común: Duda

Número de especies reportadas: el género registra 5 especies no endémicas.

Categoría: nativa

Distribución Geográfica: En Ecuador se registra en Azuay, Imbabura, Loja y Napo. A nivel de la provincia del Azuay la especie se encuentra distribuida en los bosques de la parroquia Molleturo.

Tipo de Bosque: se desarrolla en Bosque siempre verde montano y montano alto de la Cordillera Occidental y al norte de la cordillera Oriental de los Andes.

4.2. Descripción taxonómica

Tabla 1: Descripción taxonómica de *A. queko*.

Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	Aulonemia
Especie	<i>Aulonemia queko</i>
Autor	Goudot
Determinador	Londoño, X.
Fecha de determinación	1 de Enero de 1989

(Biovirtual, 2007).

4.3. Descripción morfológica de *Aulonemia*

Las especies del género *Aulonemia*, son consideradas arbustos tipo bambú corto a mediano de hasta 3 m estos pueden contener 1 a 20 ramas principales que nacen en la línea nodal. Las hojas se encuentran en el culmo y en las ramas, las hojas suelen ser lineales o lanceoladas, triangulares u ovadas por lo que no se puede diferenciar fácilmente en el género *Aulonemia* (Viana, 2010), sus rizomas son paquimorfos. Su tallo débilmente leñoso, cilíndricos. Su inflorescencia una panícula abierta, la espiguilla es considerada como unidad fundamental en la inflorescencia de los bambúes, la floración de *A. queko* es de forma gregaria; es decir, independientemente a su edad y el lugar que se encuentren, todos los culmos florecen al mismo tiempo (Londoño, 2002).

4.4. Distribución y hábitat de *Aulonemia*

La especie *A. queko* se puede encontrar distribuida en tres países de Sudamérica, Colombia, Ecuador y Perú (Tropicos.org, 2009) la misma que se desarrolla óptimamente en bosques naturales los cuales proporcionan condiciones adecuadas de sombra como son los bosques andinos primarios y secundarios (DFC, 1997). En el Ecuador se ha determinado que existen bambúes andinos, los mismos que pertenecen a 5 clases de géneros: *Chusquea*, *Neurolepis*, *Arthorstylidium*, *Aulonemia* y *Rhipidocladum*, que en total

comprenden alrededor de 39 especies (Cueva & Altamirano, 2011). La Duda se incluye en el grupo de bambúes leñosos de la tribu *Bambuseae*, específicamente en la sub tribu americana *Arthrostylidiinae* (Londoño, 2002).

Este bambú ha evolucionado en una zona determinada en condiciones ecológicas particulares a la hora de establecerse, se presenta en su zona natural y puede ocupar la misma zona sin la introducción directa, indirecta o la acción de los seres humanos (FAO, 2010). La planta “Duda” forma parte del género *Aulonemia*; siendo el de mayor importancia económica la especie *A. queko* (Londoño, 2002).

4.5. El bosque nativo en la parroquia de Molleturo

El boque protector Molleturo Mollepungo con una extensión de 86789,5 ha, ocupando el 65,5% de la parroquia en uno de los remanentes boscosos más grandes que se encuentra en la vertiente occidental de los Andes, tinene una temperatura anual que oscila entre 18 a 22 °C (Toalongo & Aguilar, 2019). Posee una gran diversidad biológica de flora y fauna, esta área alberga especies de plantas en extinción como las orquídeas de los géneros *Maxilaria*, *Stelis* y algunas especies de árboles y arbustos con gran potencial comercial especialmente de las familias *Poaceae*, *Lauraceae*, *Miliaceae* entre otras (Parker, 1992).

4.6. Influencia de *A. queko* en bosques

En las zonas tropicales de México, esta especie de bambú brinda hasta 35 ton/ha/año de material vegetal a los suelos debido a su gran cantidad de follaje. Esto le proporciona una buena estructura al suelo (CATIE, 2004). También brinda servicios ambientales como el control de la erosión y la restauración de zonas degradadas, lo cual ha sido poco aprovechado debido a que el enfoque principal de esta especie ha sido en lo comercial y no se ha tomado en cuenta el beneficio que ofrecen a los bosques, dejando de lado la idea que pueden convertirse en hábitats para flora y fauna (FAO, 2018). Además, aporta beneficios como: alta porosidad y materia orgánica. Los culmos de esta especie tienen la capacidad de almacenar más de 30.000 litros de agua potable (CATIE, 2004).

4.7. Métodos de propagación de las *Bambuseae*

La propagación de bambúes se realiza por métodos sexuales (en la cual se ocupa semillas) y asexuales donde se usa: rizomas, secciones de culmos o ramas, esquejes de tallos tiernos, etc., que son considerados como métodos tradicionales, además, existen

métodos no tradicionales que consisten en propagación mediante: embriogénesis somática en la que se utiliza diferentes tejidos vegetales para obtener una planta y organogénesis donde se utiliza yemas axilares (García et al., 2007).

4.7.1. Por rizomas

Es considerado método simple, en el cual los rizomas se pueden obtener con porciones de tallos o yemas debido a que es un órgano que almacena nutrientes, un ejemplo es el "chusquin" el cual es un brote el cual emerge de una yema del rizoma y estos brotan después de dos meses cuando el culmo ha sido aprovechado (Londoño, 2002).

4.7.2. Por culmos

La propagación por culmos es efectivo en bambúes de 8 – 12 cm de diámetro, para lo cual se utiliza culmos de un año edad con dos o tres entrenudos por segmento. Los nuevos brotes se observan desde la segunda a cuarta semana (García et al., 2007). Este método es costoso por la utilización de fungicidas e insecticidas y es limitante por el uso de culmos de un año (Londoño, 2002).

4.8. Desarrollo de la especie

4.8.1. Recolección y extracción de material vegetativo

Existen varios métodos de muestreo, por los cuales obtener material de calidad para el estudio. Los transectos son un método muy utilizado ya que presentan rapidez al momento de medir, además que nos muestra con heterogeneidad la vegetación (Mostacedo & Fredericksen, 2000). Para la extracción del material vegetativo se debe considerar tanto la fisiología como la sanidad de los materiales a propagar disponibles. A pesar de que *A. queko* no se cultiva, se necesita obtener el material vegetativo de calidad para su correcta propagación.

Es necesario conocer la edad de la planta madre ya que tiene distintos niveles de madurez, de ahí se extrae los propágulos en un estado óptimo de madurez requerido. Según (Coto, n.d.) para la obtención de un rizoma con porción de tallo, la planta madre debe tener como mínimo 1 año y máximo 3, esto para bambúes de rizoma paquimorfo, otro punto a considerar es la edad de los tallos, ya que estos pueden ser: rebrotes (6 o 12 meses); tierno o verde; maduro y, por último, seco (Añazco & Rojas, 2015).

4.9. Reguladores de crecimiento

Existen compuestos sintéticos que son agregados a la planta y poder lograr resultados similares a aquellos generados por hormonas que tienen un desarrollo natural. Estos compuestos son conocidos como reguladores de crecimiento, estos pueden ser químicamente obtenidos o de forma natural en pequeñas cantidades que nos ayuda a inhibir o promover la maduración de la planta, como las fitohormonas que regulan diferentes procesos bioquímicos en los organismos vegetales (Alcantara, Godoy, Alcántara, & Sánchez, 2019).

4.9.1. Las auxinas

Las auxinas son un grupo de hormonas vegetales que actúan como reguladoras del crecimiento durante todo el ciclo de vida de las diferentes especies vegetales y participan de diferente manera en todos los tejidos de la planta lo cual nos da lugar a diferentes procesos morfogénicos como la división, elongación y diferenciación celular (Garay, et al., 2014).

4.9.2. Ácido naftalenacético

Este ácido es un compuesto orgánico, con propiedades hormonales. Pertenece a la familia de las Auxinas es un regulador de crecimiento que se utiliza en la agricultura para la producción en frutales; también se lo utiliza para el enraizamiento de esquejes de plantas (PlantMedia, 2020).

4.9.3. Ácido indolbutírico

Este ácido es una fitohormona que en función de la dosis empleada y momento de aplicación este actúa cuando entra en contacto con la raíz así estimula el sistema radical y propicia a una mayor emisión y crecimiento de las raíces laterales de las diferentes especies vegetales. Actúa como inhibidor en concentraciones muy altas (BioGics, 2020).

4.10. Sustratos

Existen características importantes que debe cumplir el sustrato y así el proceso de propagación sea exitoso: mantener la humedad, facilitar el intercambio de gases y sujetar a los esquejes. El sustrato es todo material que no sea suelo, estos pueden ser de origen natural, sintéticos o residuales, minerales u orgánicos que se coloca en un contenedor; este nos ayuda al anclaje del sistema radicular de la planta e interviene en la nutrición de la misma (InfoAgro, 2021).

4.10.1. Tipos de sustratos

Existen características importantes que debe cumplir el sustrato y así el proceso de propagación sea exitoso: mantener la humedad, facilitar el intercambio de gases y sujetar a los esquejes. El sustrato es todo material que no sea suelo, estos pueden ser de origen natural, sintéticos o residuales, minerales u orgánicos que se coloca en un contenedor; este nos ayuda al anclaje del sistema radicular de la planta e interviene en la nutrición de la misma (InfoAgro, 2021)

5. Materiales y métodos

5.1. Materiales

Los materiales utilizados fueron considerados según su naturaleza, es decir se dividieron en: equipos, los cuales se utilizaron para la elaboración de los mapas; los materiales físicos para el trabajo de campo; finalmente los materiales químicos y biológicos utilizados para la siembra de las especies (tabla 2).

Tabla 2: Materiales para realizar la propagación de *A. queko*.

Equipos	Materiales físicos	Materiales químicos	Materiales biológicos
GPS Computadora	Fundas de polietileno de 20x40 cm	Alcohol al 90%	Propágulos: rizomas, segmentos de culmos con ramas
	Tijera de podar		
	Machete		
	Pirola		
	Pico		
	Barreta		
	Pala		
	Estacas		
	Etiquetas		
	Guantes	Hormonas sintéticas reguladoras del crecimiento vegetal (ácido indolbutírico (AIB), ácido	Sustrato (tierra negra, humus, arena)
	Baldes		
	Regadera		
	Calibrador		

	Cinta métrica	naftalenacético (ANA))	descompuesta con tierra del mismo bosque)
	Sacos		
	Postes de madera		
	Alambre de púa		
	Materiales para la instalación de sistema de riego		

5.2. Métodos

La metodología fue aplicada siguiendo criterios de evaluaciones anteriores, por lo cual se evaluó únicamente mediante rizomas y segmentos de culmos con ramas ya que resultaron ser los más eficientes en dichos estudios.

5.2.1. Área de estudio

La investigación se desarrolló en la parroquia Molleturo del cantón Cuenca en la provincia del Azuay; cuya área es de 977,1 Km². En esta parroquia los bosques ocupan el 68.5%, y su altitud oscila entre los 50 y 4520 m.s.n.m. (Toalongo & Aguilar, 2019).

El vivero fue instalado en los bosques nativos de la parroquia (Figura 1), a una altura de 2600 m.s.n.m., en donde se realizó la recolección y propagación de *A. queko*.

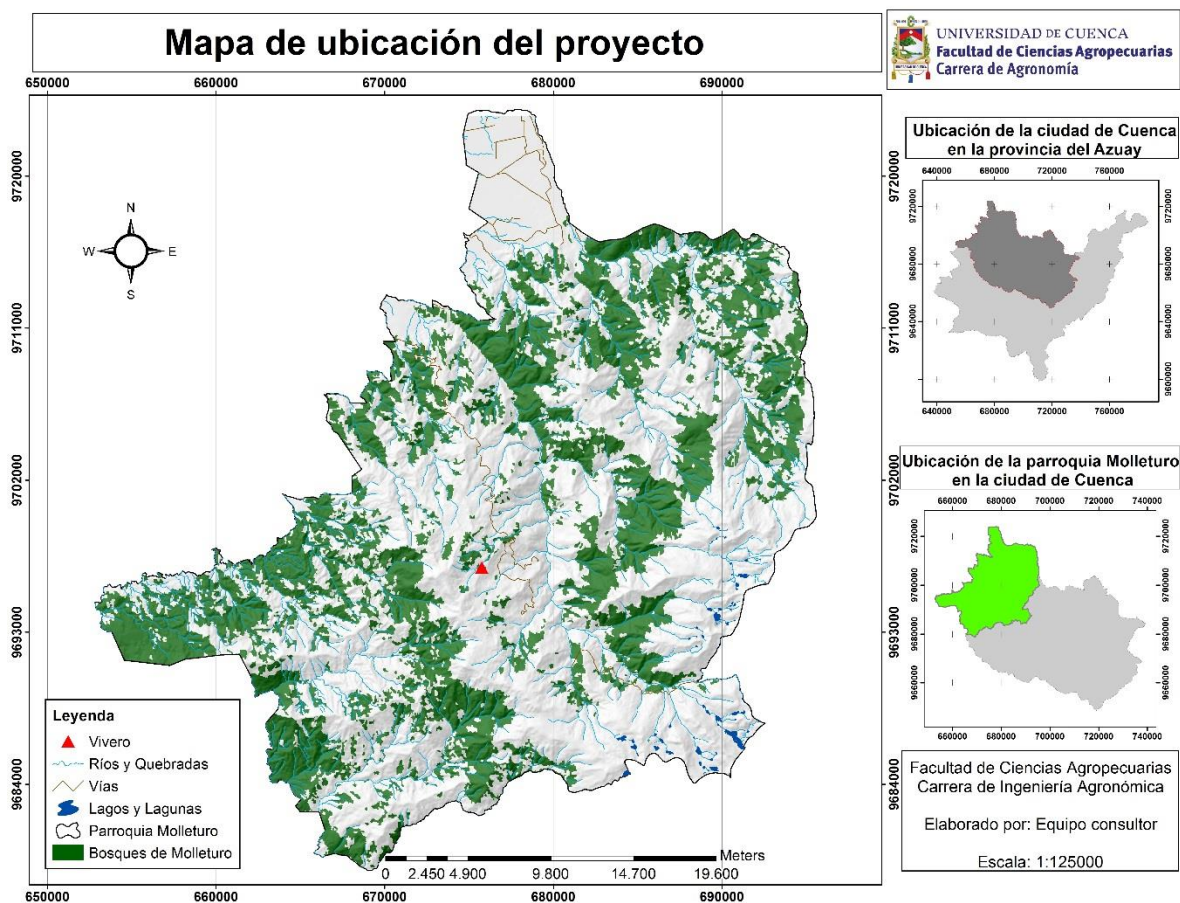


Figura 1: Mapa de ubicación para la implementación del vivero – Bosque de la parroquia Molleturo – Cuenca.

5.2.2. Establecimiento de platabandas

Las platabandas fueron implementadas priorizando brindar el suficiente espacio para poder realizar las labores de mantenimiento y saneamiento de las plantas, además, brindar el espacio suficiente para su desarrollo. La investigación contó con 3 platabandas en un área de 6 m x 15 m en una sección del bosque nativo, dando un total de 90 m². Estas contaron con 40 cm de separación y un camino de 30 cm entre tratamiento como lo recomienda (Oliva Valle et al., 2017).

5.2.2.1. Tipos de sustratos para desarrollar el ensayo

Los sustratos se prepararon de 2 tipos con la finalidad de diferenciar los mismos, se utilizó uno natural y otro preparado. El primer sustrato fue a base de mantillo con la combinación de hojarasca descompuesta y tierra del mismo bosque; el segundo sustrato se preparó

mediante una mezcla de tierra negra con arena y materia orgánica, siguiendo una proporción de 4:1:1 (Tierra Negra, Arena, Materia Orgánica).

La implementación del proyecto se realizó de la forma más natural y homogéneamente posible para lo cual no se empleó ningún tipo de desinfección química o biológica. También, los componentes del sustrato fueron zarandeados en forma separada para eliminar las piedras y otros elementos que puedan alterar la composición del sustrato (Oliva Valle et al., 2017).

5.2.2.2. Contenedores

Los contenedores fueron destinados a la libre circulación del agua ya que se preveía una época de lluvia, para ello se utilizó bolsas de polietileno de 20 x 40 cm de tamaño y los cuales contaban con agujeros para la propagación por rizomas y segmentos de culmos con ramas.

5.2.3. Cuidados culturales

Los cuidados fitosanitarios se realizaron periódicamente para evitar el daño por plagas y enfermedades por hospederos alternativos. Estos cuidados constaron de deshierbe y el control de plagas manualmente, así como la dotación de la suficiente cantidad de agua para los distintos tratamientos.

5.2.4. Consideraciones metodológicas para la selección del material vegetal

El material vegetal utilizado debía ser de calidad para la propagación, para lo cual se identificaron plantas jóvenes, libres de plagas y enfermedades, tratando de evitar el desarrollo de patógenos a lo largo de la investigación. Consideramos plantas que poseían de 2 a 4 culmos y de 1 a 2 cm de diámetro las cuales se recolectaron en los bosques cercanos a la implementación del proyecto.

5.2.4.1. Identificación del bosque

La especie vegetal *duda* es una especie que precisa de una zona determinada en condiciones ecológicas particulares. Se realizó un mapa de cobertura vegetal de la parroquia Molleturo para determinar aquellos remanentes de bosques que tienen la especie *A. queko* (Figura 2).

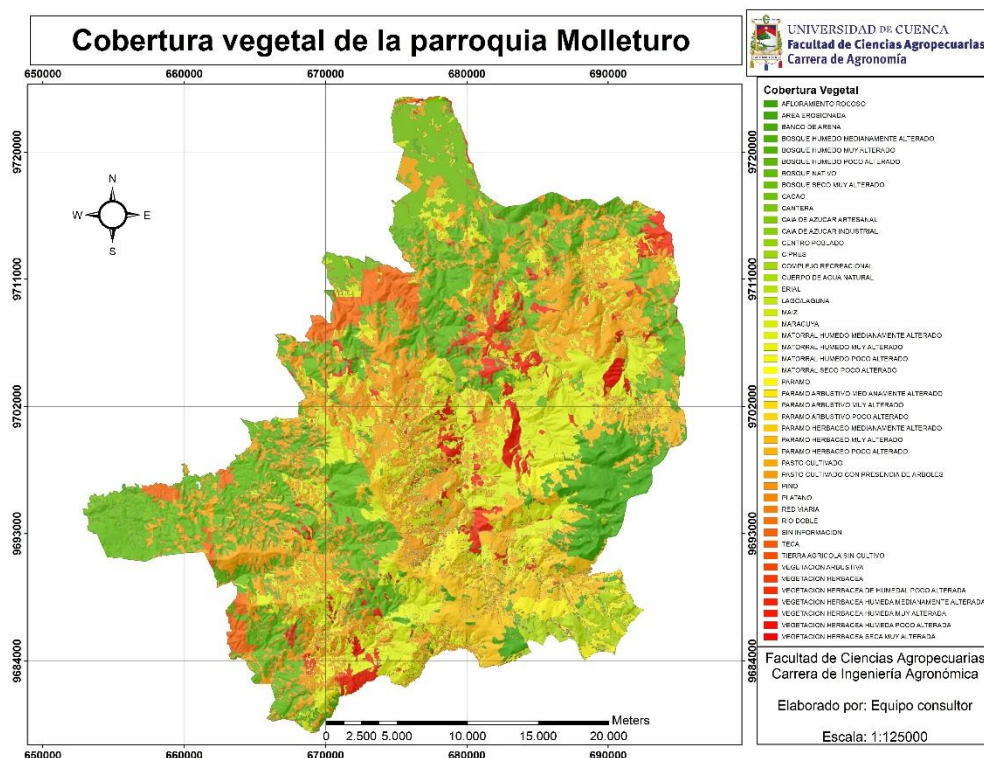


Figura 2: Mapa de cobertura vegetal para la parroquia Molleturo.

5.2.5. Tipo de investigación

La investigación fue del tipo experimental aplicado con un análisis de la información descriptivo-inferencial con el objetivo de evaluar el comportamiento de una población en condiciones naturales. Esta tiene un diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo combinatorio factorial $3a \times 2b$. Los tratamientos resultarán de la combinación entre: los inductores: ácido indolbutírico (AIB), ácido naftalenacético (ANA) y el control; con los dos tipos de sustratos.

Se logró un arreglo factorial 3×2 , con 6 tratamientos y 3 repeticiones. Cada tratamiento constó de 20 unidades experimentales sumando un total de 360 para el caso de la propagación por rizomas (Objetivo 1). Se utilizó el mismo diseño para evaluar los segmentos de culmos con ramas (Objetivo 2), es decir se utilizaron 360 propágulos para este caso.

5.2.6. Metodología para el primer objetivo

5.2.6.1. *Obtención de rizomas*

Para la obtención de rizomas se planteó utilizar únicamente rizomas jóvenes para tener plantas fuertes y con buena cantidad de nutrientes. Estos fueron rizomas enteros, sin realizar cortes para fragmentarlos o dividirlos; se buscó en los bosques aquellas plantas que presenten las características señaladas.

Para la extracción de la planta, a su alrededor se humedeció con abundante agua, luego, con el uso de una pala se extrajo la planta para no dañar el rizoma y su sanidad (Campos et al., 2010). Los rizomas se extrajeron de plantas jóvenes con un diámetro de rizomas entre 25 a 30 mm y longitud de rizoma entre 5 a 15 cm.

5.2.6.2. *Siembra de rizomas*

La siembra de rizomas se realizó de manera simultánea y homogénea para evitar cambios en las variables. Se utilizaron 120 rizomas por repetición de las cuales 60 fueron sembrados sobre el primer sustrato (mantillo) y 60 sobre el segundo sustrato preparado (tierra negra, arena, humus).

De los 60 rizomas, 20 fueron sometidas a un tratamiento con el uso de auxinas inductoras de enraizamiento en base de ácido indolbutírico (AIB Seradix indol 3, ácido butírico; concentración al 99%). Otros 20 rizomas se trataron con ácido naftalenacético (ANA Hormonagro 1: naftalenacético 0,4% y aditivos 99,6%). Y los otros 20 rizomas restantes no se les aplicó ninguna auxina enraizante (Control).

Las auxinas enraizantes se utilizaron siguiendo las recomendaciones del fabricante. El AIB se utilizó en proporción de 1 g/litro de producto comercial. Previamente se diluyó 1 g en 100 ml de alcohol puro y posteriormente se mezcló con el resto de la solución aforando con agua a 900 ml para alcanzar una concentración final de AIB de 0.0999%. Se sumergió el rizoma en la solución por 5 minutos y se procedió a la siembra en el contenedor con el respectivo sustrato. El ANA se mezcló 200 g del producto comercial en 2 kg de turba. Luego, el tratamiento fue aplicado al rizoma y posteriormente se sembró en los contenedores con el sustrato tratando de recubrir todo el rizoma tratando de dejar el brote fuera.

5.2.7. Metodología para el segundo objetivo

5.2.7.1. *Obtención de los segmentos de culmos con ramas*

Para la propagación mediante los segmentos de culmos con ramas se seleccionaron aquellas plantas jóvenes con culmos de entre 2 a 6 ramas y un diámetro ≥ 1 cm de grosor.

5.2.7.2. *Siembra de culmos con ramas*

La siembra se realizó con 120 culmos con ramas, de las cuales 60 se colocarán en el primer sustrato (mantillo) y 60 en el otro sustrato (tierra negra, arena, humus). Los 60 culmos con ramas se dividieron en 3 grupos, 20 fueron sometidos a un tratamiento con el uso de auxinas inductoras de enraizamiento AIB y ANA como se indicó en la sección 5.2.6.2. Y a los 20 restantes no se les aplicó auxinas para poder utilizarlo como control.

El AIB se utilizó en una proporción de 1 g/litro del producto comercial el cual se diluyó 1 g en 100 ml de alcohol puro y se aforó con 900ml de agua como se indicó en la sección 5.2.6.2. Los segmentos de culmos con ramas se sumergieron en la solución de AIB por 5 minutos y posteriormente se sembró en los respectivos contenedores con los diferentes sustratos.

Los tratamientos con ANA, se utilizaron con el producto puro (polvo) es decir se tomaron porciones de 200 g del producto en un recipiente y se untó la base de la rama, luego se procedió a la siembra en los contenedores con los sustratos.

5.2.8. Evaluación de las variables

Las variables evaluadas fueron altura de brotes, diámetro de brotes, número de hojas, número de entrenudos, sobrevivencia y sistema radicular. Estas evaluaciones se realizaron cada 30 días posteriores a la siembra del material vegetal, durante un periodo de siete meses y se evaluó:

- a. Longitud del brote (cm): Se procedió a medir desde la base que se encuentra en contacto con el sustrato hasta el ápice de la planta con la ayuda de una cinta métrica.
- b. Diámetro (mm). Se midió el grosor de los brotes por unidad experimental, utilizando un vernier rectilíneo o calibrador.
- c. Hojas. Se contabilizó y anotó el número de hojas de todas las plantas vivas.

d. Numero de entrenudos. Se contabilizó el número de entrenudos por cada planta viva y por cada tratamiento.

e. Supervivencia. Se determinó al final de la toma de datos, contabilizando el número de plantas que presenten signos de supervivencia.

f. Crecimiento radicular. Al final del proyecto se extrajo 3 plantas al azar por tratamiento. Se contabilizó el número de raíces por planta con la ayuda de un flexómetro para medir la longitud de la raíz más larga y un calibrador para medir el diámetro de la misma.

5.2.9. Variables de estudio.

- Variable independiente

- Inductores AIB y ANA

- Sustratos (Mantillo, Sustrato preparado)

- Variable dependiente

- Altura de brotes

- Diámetro de brotes

- Número de hojas

- Número de entrenudos

- Supervivencia

- Crecimiento radicular

5.2.10. Factores y niveles de estudio.

Factor A: Auxinas

A1 = control sin tratamiento de auxinas

A2 = 0,099 % = ácido indolbutírico (AIB)

A3 = 0,4 % = ácido naftalenacético (ANA)

Factor B: sustrato

B1= mantillo

B2= 4:1:1 (tierra negra, arena y M. O.)

5.2.11. Descripción de los tratamientos para el estudio, utilizando un diseño de bloques completos al azar

Los tratamientos para el proyecto se generaron por la combinación entre los niveles de auxina: control, ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB), (a1, a2, a3). También por el tipo de sustrato: Mantillo y combinación de tierra, arena, materia orgánica (b1, b2).

Tabla 3: Factores y niveles para implementar el ensayo de propagación.

Factores	Niveles
Factor A: Auxinas	A1 = control sin tratamiento de auxinas A2 = 0,0999% ANA A3 = 0,4% AIB
Factor B: Sustratos	B1: Mantillo B2: 4:1:1 (Tierra Negra: Arena: Materia Orgánica)

Tabla 4: Factores, niveles y tratamientos para la implementación del ensayo (Rizomas).

Factor A: control, Auxinas (ANA); (AIB)	Factor B: Sustratos	Interacción A × B	Tratamientos
Niveles	Niveles	Niveles: factor a × factor b	
A1 = Control	B1= Mantillo	a1xb1	1 (C-M)
		a1xb2	2 (C-TN)
A2 = 0,0999 % (AIB)		a2xb1	3 (ANA-M)
A3 = 0,4% (ANA)	B2= 4:1:1 (Tierra N., Arena., Materia. O.)	a2xb2	4 (ANA-TN)
		a3xb1	5 (AIB-M)
		a3xb2	6 (AIB-TN)

Tabla 5: Factores, niveles y tratamientos para la implementación del ensayo (Ramas de culmos).

Factor A: control, Auxinas (ANA); (AIB)	Factor B: Sustratos	Interacción A × B	Tratamientos
Niveles	Niveles	Niveles: factor a × factor b	
A1 = 0.0 g/L (Control)	B1= Mantillo	a1xb1	1 (C-M)
		a1xb2	2 (C-TN)
A2 = 0,0999 % (AIB)		a2xb1	3 (ANA-M)
A3 = 0,4 % (ANA)	B2= 4:1:1 (Tierra N., Arena., Materia. O.)	a2xb2	4 (ANA-TN)
		a3xb1	5 (AIB-M)
		a3xb2	6 (AIB-TN)

Tabla 6: Diseño y distribución de los tratamientos en la parcela.

Rizomas		
Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
T1	T2	T3
T3	T1	T5
T5	T5	T1
T2	T3	T2
T4	T6	T4
T6	T4	T6
Ramas de culmos		
Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
T2	T4	T1
T4	T3	T5
T3	T2	T3
T1	T1	T6
T6	T5	T4
T5	T6	T2

5.2.12. Análisis de los datos

El análisis de los datos fue realizado a los 210 días luego de la siembra. La metodología utilizada fue la misma para los 2 objetivos la cual se describe a continuación: se analizó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilks para todos los datos. Ya que los datos no presentaron normalidad se realizó un análisis de correlación de Spearman para determinar las variables que no se encuentran correlacionadas entre si y según las cuales se realizaran los resultados. Finalmente, se realizó el análisis de homogeneidad de varianza, y el test no paramétrico de Kruskal Wallis para probar diferencias significativas entre tratamientos.

6. Resultados

6.1. Propagación por rizomas (objetivo 1)

En la Tabla 7 se presentan los datos para la prueba de normalidad aplicada en las variables: sobrevivencia, longitud, hojas, diámetro, entrenudos, número de raíces, longitud de la raíz principal, diámetro de la raíz principal.

Tabla 7: Prueba de Shapiro-Wilks (modificado) para determinar la normalidad en los datos de propagación por rizomas ($p > 0,05$).

Variable	n	D.E.	W*	p (unilateral D)
Sobrevivencia (%)	18	8,78	0,91	0,1701
Longitud (cm)	18	0,38	0,85	0,0183
Hojas	18	0,10	0,82	0,0033
Diámetro (cm)	18	0,7	0,85	0,0112
Entrenudos	18	0,10	0,82	0,0033
# Raíces	18	3,17	0,94	0,545
Longitud Raíz	18	3,06	0,88	0,050
Diámetro Raíz	18	0,93	0,79	0,001

6.1.1. Análisis de correlación de Spearman

La Tabla 8 indica que las variables menos relacionadas son sobrevivencia con valores de 0,0002 a 0,0004 en la escala de Spearman y longitud con valores representativos de 3,108 E-15 a 0,7. Y las variables número de hojas, diámetro y número de entrenudos presentaron valores cercanos a 1, lo que nos indica que están estrechamente correlacionadas.

Tabla 8: Prueba de Correlación de Spearman para la propagación por rizomas.

Correlación	Sobrevivencia	Longitud	Hojas	Diámetro	Entrenudos
Sobrevivencia	1	0,0004	0,0001	0,0002	0,0002
Longitud	0,7416	1	3,108E-15	0	0
Hojas	0,7742	0,9905	1	4,884E-15	0
Diámetro	0,7600	0,9946	0,9899	1	1,110E-15
Entrenudos	0,7583	0,9970	0,9970	0,9917	1

Debido a los datos presentados en la Tabla 8 se analizará los resultados únicamente en lo que respecta a sobrevivencia, longitud de los brotes y se evaluará la parte subterránea.

6.1.2. Sobrevivencia

La sobrevivencia según la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 9), no presento diferencias estadísticas en la comparación entre los sustratos y auxinas ($p = 0,2683$).

Tabla 9: Análisis de la varianza (<0.05) para la variable sobrevivencia con el método de propagación por rizomas de *A. queko*.

Variable	Sustratos	Auxinas	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Sobrevivencia	Mantillo	AIB	3	16,67	5,77	20	6,15	0,2683
Sobrevivencia	Mantillo	ANA	3	3,33	2,89	5		
Sobrevivencia	Mantillo	Control	3	11,67	16,07	5		
Sobrevivencia	T. Negra	AIB	3	3,33	5,77	0		
Sobrevivencia	T. Negra	ANA	3	13,33	7,64	15		
Sobrevivencia	T. Negra	Control	3	8,33	7,64	10		

En la sobrevivencia se obtuvo los 3 valores más altos en los siguientes tratamientos: interacción entre Ácido indolbutírico-Mantillo (AIB-M) presentando un 17% de sobrevivencia, Ácido naftalenacético-Tierra Negra (ANA-TN) con 13% y Control-Mantillo (C-M) con 12%. Los valores más bajos pertenecen a: Control-Tierra Negra (C-TN) 8% de sobrevivencia, Ácido naftalenacético-Mantillo (ANA-M) y Ácido indolbutírico-Tierra Negra (AIB-TN) con 3% de sobrevivencia respectivamente (figura 3).

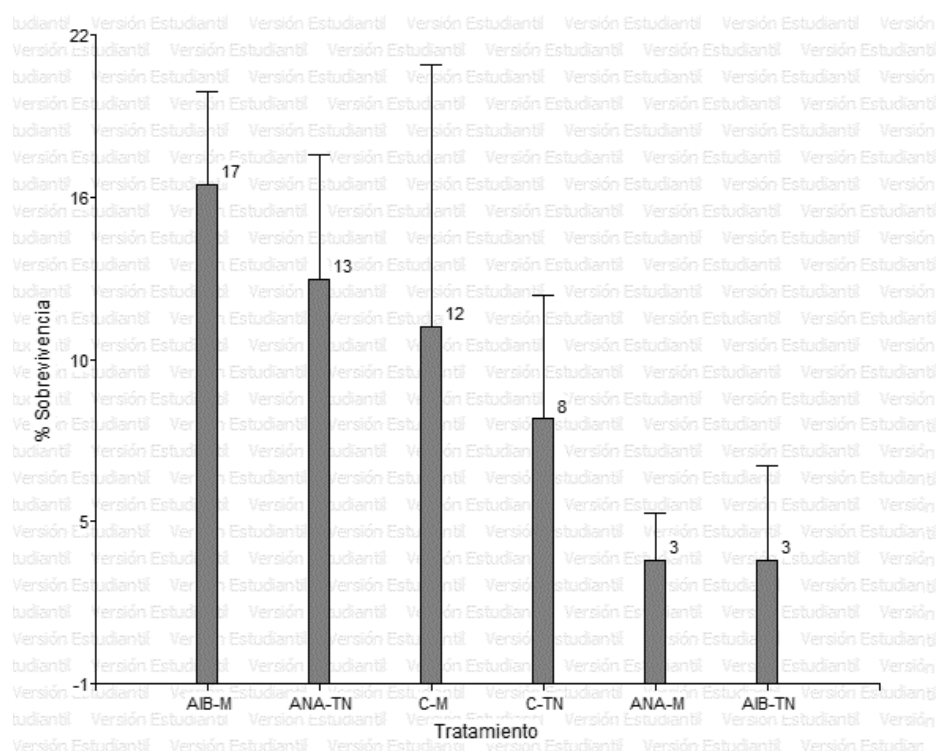


Figura 3: Porcentaje de sobrevivencia de *A. queko*, evaluado durante 7 meses en 6 diferentes tratamientos con 2 inductores de crecimiento, un tratamiento control y 2 tipos de sustratos.

6.1.3. Longitud del brote

La longitud del brote con la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 10) indico que no existen diferencias significativas ($p=0,08$) en la propagación de *A. queko*. Estos resultados fueron obtenidos mediante la comparación de sustratos y auxinas.

Tabla 10: Prueba de Kruskal Wallis ($<0,05$) para la propagación por rizomas en *A. queko*.

Variable	Sustratos	Auxinas	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Longitud	Mantillo	AIB	3	1,04	0,52	1,23	8,74	0,08
Longitud	Mantillo	ANA	3	0,00	0,00	0,00		
Longitud	Mantillo	Control	3	0,13	0,23	0,00		
Longitud	T. Negra	AIB	3	0,01	0,02	0,00		
Longitud	T. Negra	ANA	3	0,39	0,37	0,46		
Longitud	T. Negra	Control	3	0,04	0,05	0,04		

Los valores de longitud más altos pertenecen a los tratamientos: ácido indolbutírico-mantillo (AIB-M) con 1,04 cm de altura y Ácido Naftalenacético-Tierra Negra (ANA-TN) con un valor de 0,39 cm. Los 3 valores más bajos representan a la interacción entre: Control-Tierra Negra (C-TN) con 0,04 cm, Ácido indolbutírico-Tierra Negra (AIB-TN) = 0,01 cm y finalmente un valor de 0,00 cm para la interacción Ácido Naftalenacético-Mantillo (ANA-M) (figura 4).

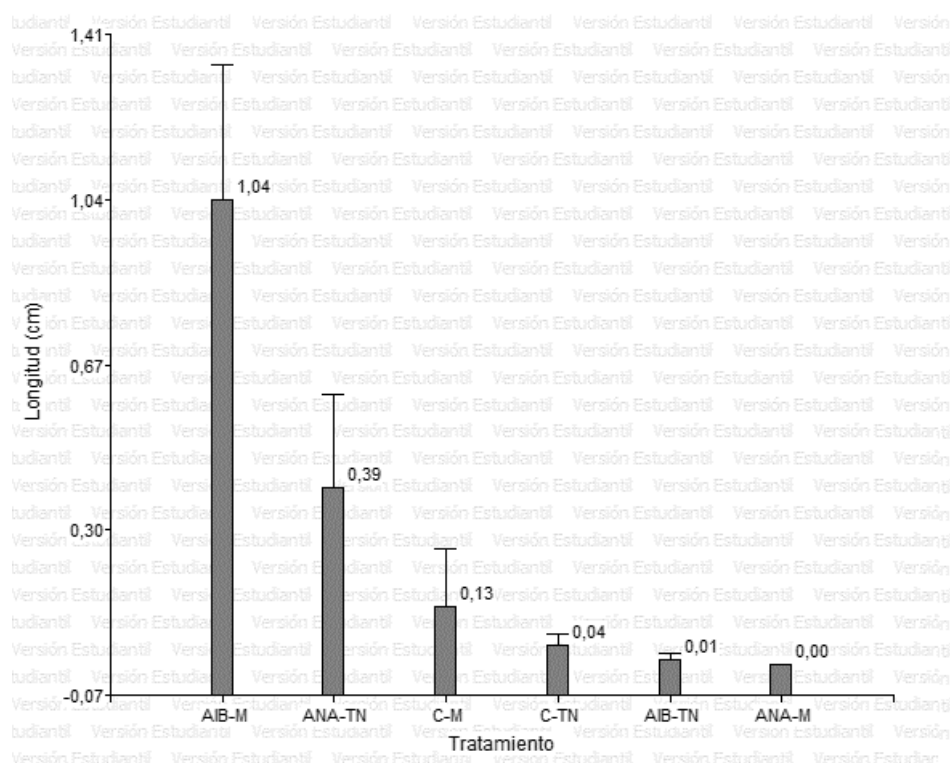


Figura 4: Longitud del brote a los 7 meses en la interacción entre 2 tipos de enraizadores evaluado sobre 2 sustratos para la propagación de *A. queko*.

6.1.4. Parte subterránea

6.1.4.1. Número de raíces y longitud de la raíz más desarrollada

En la Tabla 11 se presenta los resultados del ANDEVA para las variables número de raíces y longitud de la raíz principal, evaluados en la parte subterránea para la propagación de *A. queko* en la variable número de raíces: factor sustratos no presenta diferencias significativas ($p=0,23$); factor auxinas no presenta diferencias significativas ($p=0,47$) y en la interacción entre los factores auxinas-sustratos tampoco presentan diferencias significativas ($p=0,06$). También, en la variable longitud de la raíz principal: el factor

sustratos no presenta diferencias significativas con un $p=0,506$; el factor auxinas no presenta diferencias significativas ($p=0,157$), finalmente la interacción entre los factores sustratos-auxinas no presenta diferencias significativas con un $p=0,388$.

Tabla 11: Análisis de la varianza para las variables: Número de raíces y longitud de raíz principal, en los factores sustratos, auxinas y en la interacción entre ellos.

Variable	Interacción	F	p-valor
Número de raíces	Sustratos	1,58	0,23
	Auxinas	0,81	0,47
	Sustratos*Auxinas	3,46	0,06
Longitud raíz principal	Sustratos	0,47	0,506
	Auxinas	2,17	0,157
	Sustratos*Auxinas	1,03	0,388

En el número de raíces para evaluar la parte subterránea de *A. queko* se presentaron los 3 valores más altos: la interacción entre AIB-M con el valor más alto de 12,78 en promedio; interacción ANA-M=11,33 raíces; y C-TN=10,89 raíces promedio. Por otra parte, los valores más bajos fueron: interacción C-M=7,44 raíces: ANA-TN presento el valor más bajo (6,33) (figura 5A.). En el caso de la longitud de la raíz principal los valores más altos pertenecen a: interacción AIB-M con un valor de 12,67 cm de longitud y CN-T, un promedio de 9,86 cm.

Los valores menos representativos fueron: ANA-M=7,69 cm; y finalmente ANA-TN fue el valor más bajo (6,08) (figura 5B.)

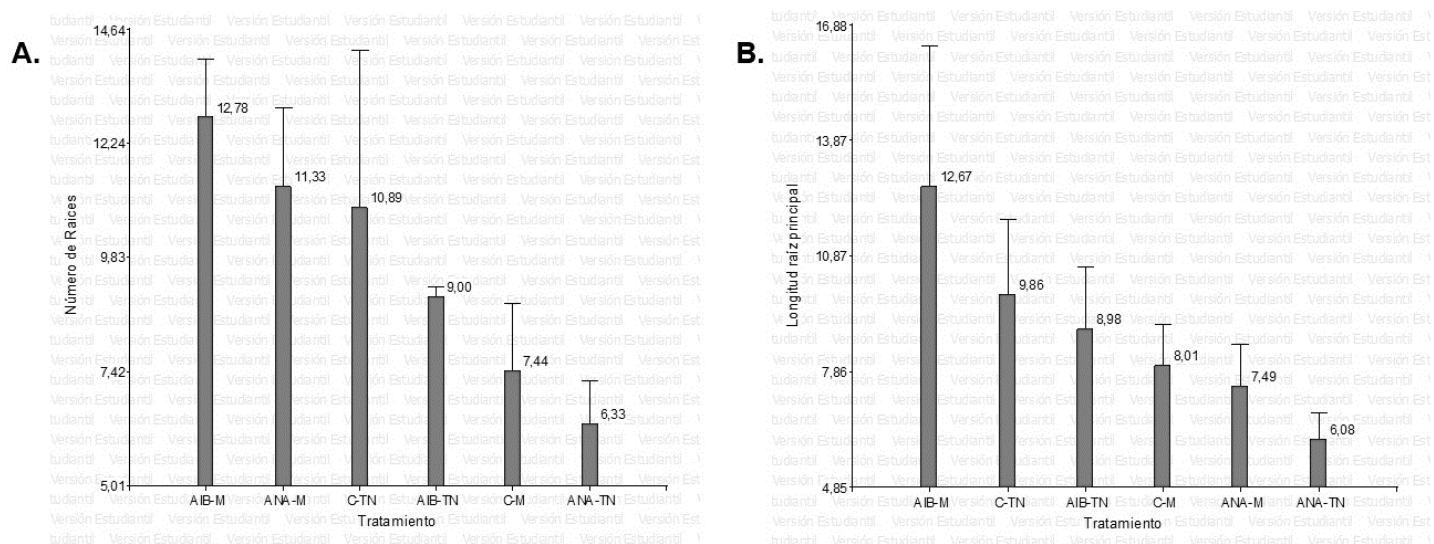


Figura 5: A). Número de raíces en *A. queko* evaluando su crecimiento en un periodo de 7 meses bajo la influencia de 2 auxinas enraizante (ANA-AIB) y 2 tipos de sustratos. B). Longitud de la raíz principal en la propagación *A. queko*, evaluado durante 7 meses bajo la influencia de 2 auxinas enraizantes (AIB-ANA) y 2 tipos de sustratos.

6.1.4.2. Diámetro de la raíz más desarrollada

La Tabla 12 muestra los resultados de la prueba Kruskal Wallis, en la variable Diámetro de la raíz principal, la cual no presenta diferencias significativas con un $p=0,825$.

Tabla 12: Prueba de Kruskal Wallis para la variable Diámetro de la raíz más desarrollada, en la propagación de *A. queko*

Sustratos	Auxinas	N	Medias	D.E.	H	p
Mantillo	AIB	3	1,83	0,17	2,12	0,825
Mantillo	ANA	3	1,85	0,04		
Mantillo	Control	3	1,41	0,52		
T. Negra	AIB	3	1,94	0,19		
T. Negra	ANA	3	2,84	2,56		
T. Negra	Control	3	1,78	0,48		

El diámetro de las raíces obtuvo valores altos para: la interacción ANA-TN presentando un valor de 2,84 mm en promedio; y el tratamiento aplicado AIB en interacción con TN cuyo valor fue de 1,94. Por otra parte los valores más bajos fueron para C-TN=1,78 mm en promedio, el ultimo valor es representado por C-M=1,41 mm siendo este el más bajo (Figura 6).

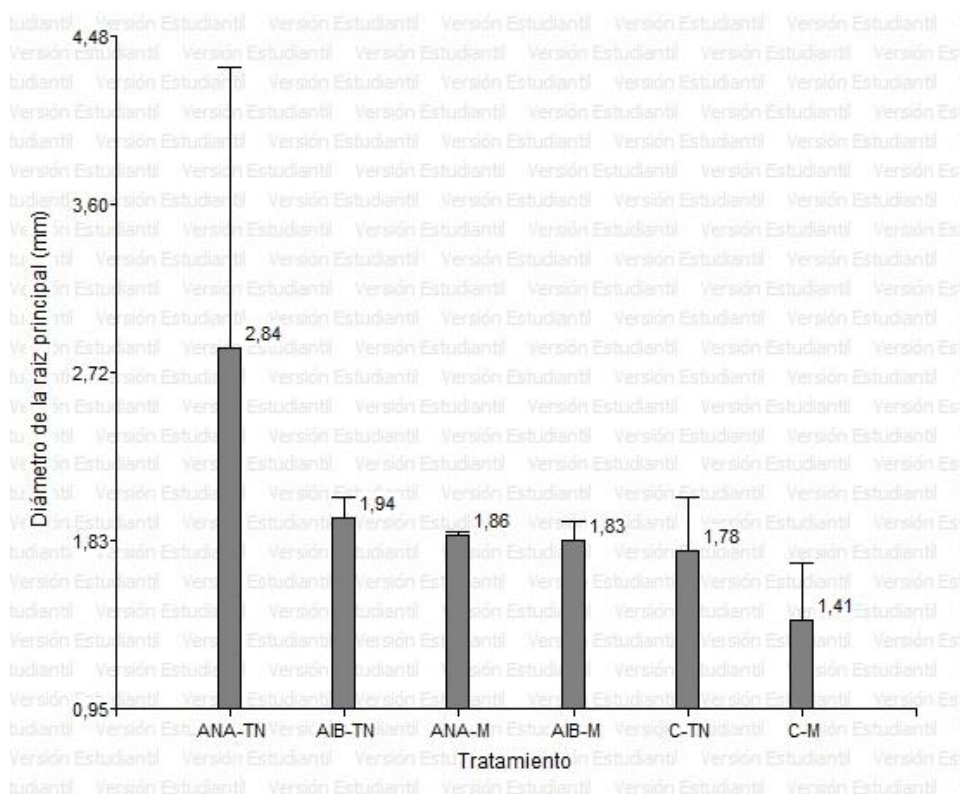


Figura 6: Diámetro de la raíz más desarrollada en *A. queko*, evaluado con 2 auxinas enraizantes (ANA-AIB) y 2 tipos de sustratos durante un periodo de 7 meses.

6.2. Propagación por segmentos de ramas con culmos (Objetivo 2)

En la Tabla 13 se muestran los datos de normalidad de Shapiro-Wilks ($p > 0,05$), para la propagación de *A. queko*, mediante segmentos de culmos con ramas, en donde ninguna de las variables presentó normalidad.

Tabla 13: Prueba de Shapiro-Wilks para determinar la naturaleza de los datos para la propagación por segmentos de culmos con ramas, en la propagación de *A. queko* ($p > 0,05$).

Variable	n	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Sobrevivencia (%)	18	5,79	0,76	<0,0001

Longitud (cm)	18	0,15	0,76	<0,0001
Hojas	18	0,02	0,68	<0,0001
Diámetro (mm)	18	0,02	0,81	0,003
Entrenudos	18	0,03	0,71	<0,0001
Numero de Raíces	18	2,97	0,8	0,0012
Longitud raíz principal (cm)	18	8,97	0,76	<0,0001
Diámetro raíz principal (mm)	18	0,4	0,78	<0,0001

6.2.1. Análisis de correlación de Spearman

Para la propagación por segmentos de culmos con ramas (Tabla 14); no existe alta correlación en las variables sobrevivencia con valores de 3,616E-05 hasta 0,0001 y longitud con valores de 5,773E-15 a 0,77. Por otra parte las variables más relacionadas entre sí son el número de hojas, diámetro y número de entrenudos.

Tabla 14: Prueba de Correlación de Spearman para la propagación por segmentos de culmos con ramas.

Correlación	Sobrevivencia	Longitud	Hojas	Diámetro	Entrenudos
Sobrevivencia	1	0,0001	3,61E-05	0,0001	0,0001
Longitud	0,771	1	1,32E-13	5,77E-15	0
Hojas	0,802	0,981	1	0	1,55E-15
Diámetro	0,773	0,987	0,992	1	0
Entrenudos	0,770	0,994	0,989	0,997	1

Debido a lo presentado en la Tabla 14, únicamente se trabajó con las variables sobrevivencia y longitud para presentar los resultados obtenidos en el proyecto de investigación.

6.2.2. Sobrevivencia de los brotes

La prueba Kruskal Wallis aplicado para la variable sobrevivencia de brotes en la propagación por segmentos de culmos con ramas en *A. queko*, no presenta diferencias significativas ($p=0,675$) para la interacción entre los factores (Tabla 15).

Tabla 15: Prueba de Kruskal Wallis ($<0,05$) para la sobrevivencia de brotes en propagación por segmentos de culmos con ramas en *A. queko*.

Variable	Sustratos	Auxinas	N	D.E.	H	p
Sobrevivencia	Mantillo	AIB	3,00	2,89	2,41	0,675
Sobrevivencia	Mantillo	ANA	3,00	11,55		
Sobrevivencia	Mantillo	Control	3,00	2,89		
Sobrevivencia	T. Negra	AIB	3,00	5,77		
Sobrevivencia	T. Negra	ANA	3,00	0,00		
Sobrevivencia	T. Negra	Control	3,00	7,64		

Los 2 valores más altos para el porcentaje sobrevivencia son: la interacción entre C-TN y ANA-M con un valor promedio de 7%; seguido de la interacción AIB-TN y C-M presentando un 3% en promedio. Los valores más bajos pertenecen a: la interacción AIB-M = 2% y ANA-TN siendo este el más bajo con una media de 0% de sobrevivencia (figura 7).

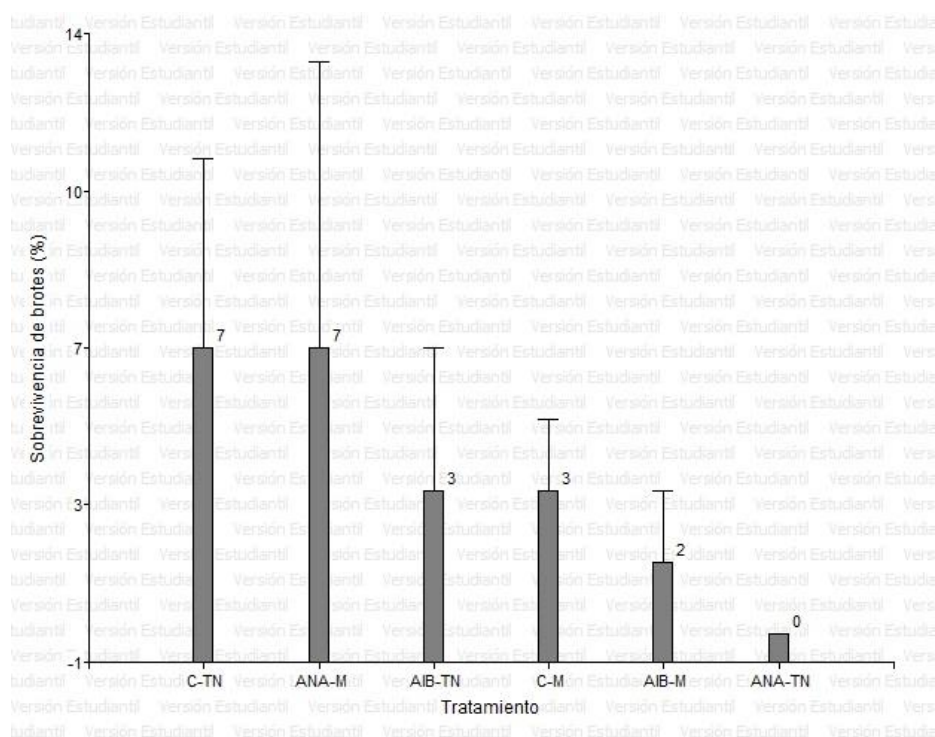


Figura 7: Sobrevivencia, en la propagación por segmentos de culmos con ramas de *A. queko*, evaluado durante 7 meses en 6 diferentes tratamientos con 2 inductores de crecimiento, un tratamiento control y 2 tipos de sustratos.

6.2.3. Longitud de los brotes

La prueba de Kruskal Wallis aplicado para la variable longitud de brotes en la propagación por segmentos de culmos con ramas en *A. queko*, no presenta diferencias significativas en la interacción de los factores ($p=0,367$) (Tabla 16).

Tabla 16: Prueba de Kruskal Wallis para la variable longitud de brotes en propagación por segmentos de culmos con ramas en *A. queko*.

Variable	Sustratos	Auxinas	N	D.E.	H	p
Longitud	Mantillo	AIB	3,00	0,28	3,82	0,367
Longitud	Mantillo	ANA	3,00	0,11		
Longitud	Mantillo	Control	3,00	0		
Longitud	T. Negra	AIB	3,00	0,1		
Longitud	T. Negra	ANA	3,00	0		
Longitud	T. Negra	Control	3,00	0,22		

La figura 8 presenta los datos para la longitud de los brotes en la propagación por segmentos de culmos con ramas, donde los 2 valores más representativos pertenecen: la interacción AIB-M, presentando valores medios de 0,22 cm y C-TN=0,13 cm siendo estos los más representativos. Los valores más bajos pertenecen a: ANA-M y AIB-TN con 0,06 cm en promedio, finalmente los datos de ANA-TN y C-M no presentaron datos para longitud de brotes.

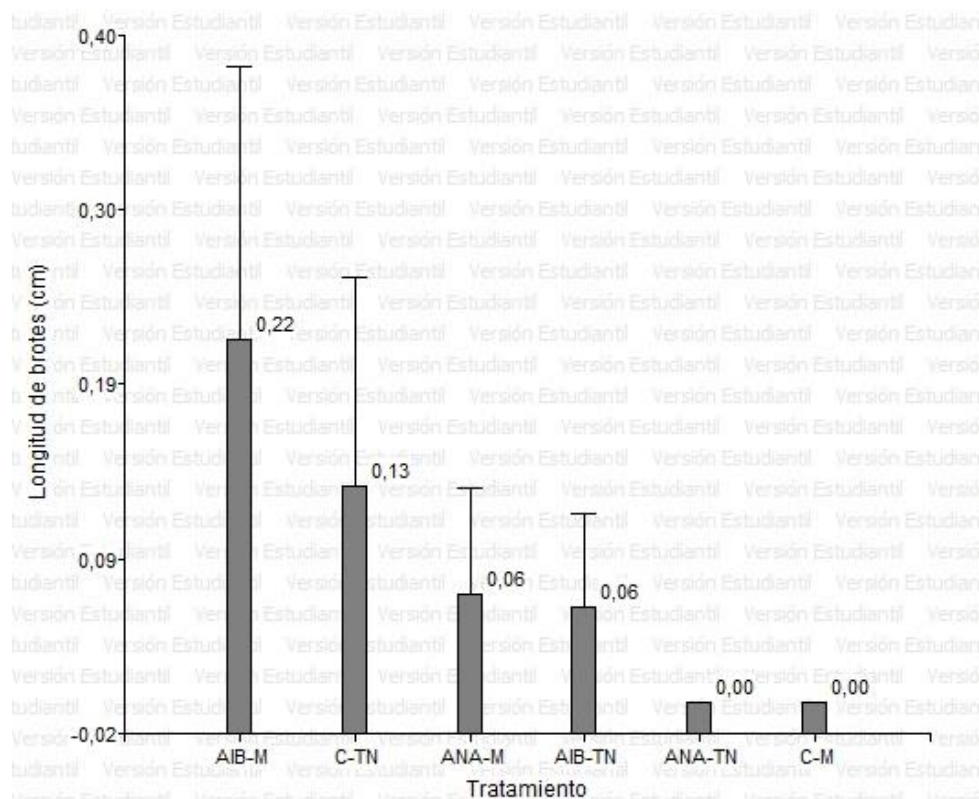


Figura 8: Grafica representativa de la longitud de brotes, en la propagación por segmentos de culmos con ramas de *A. queko*, evaluado durante 7 meses en 6 diferentes tratamientos con 2 inductores de crecimiento, un tratamiento control y 2 tipos de sustratos.

6.2.4. Parte subterránea

La prueba de Kruskal Wallis presentado en la Tabla 17, muestra los datos para las variables número de raíces, longitud y diámetro de la raíz más desarrollada, en la interacción entre los factores sustratos y auxinas. Los datos no presentaron diferencias significativas: Número de raíces ($p=0,602$); longitud de la raíz más desarrollada ($0,646$); Diámetro de raíz más desarrollada ($p=0,633$).

Tabla 17: Prueba de Kruskal Wallis para las variables número de raíces, longitud y diámetro de la raíz principal, en los factores sustratos, auxinas y en la interacción entre ellos.

Variable	Interacción factores	N	p
Numero de Raíces	Sustratos x Auxinas	3	0,602
Longitud raíz principal	Sustratos x Auxinas	3	0,646
Diámetro raíz principal	Sustratos x Auxinas	3	0,633

6.2.4.1. Número de raíces, longitud y diámetro de la raíz más desarrollada

El número de raíces presentado en la figura 9A., tiene los valores más altos en: el tratamiento C-TN, el cual presenta datos de 4,11 raíces en promedio; ANA-M y C-M con 2,78 cada uno, los valores más bajos pertenecen a: AIB-M=0,56 y finalmente el tratamiento ANA-TN que no presentó datos en número de raíces.

Los datos para longitud de la raíz principal presentan 2 valores altos: en la interacción C-TN con un largo de 13,74 cm; seguido de ANA-M=7,41. Los tratamientos más bajos son AIB-M=2,67; finalmente ANA-TN presentó el resultado más bajo con 0 cm de longitud (figura 9B.).

Finalmente, con respecto al diámetro del rizoma principal, los 2 valores sobresalientes pertenecen a: la interacción C-TN con el valor más alto (0,57 mm); y ANA-M=0,39 mm. Para los datos más bajos resaltan AIB-TN presentando un diámetro de 0,13mm y ANA-TN no presentó datos para esta variable (0mm) (figura 9C)

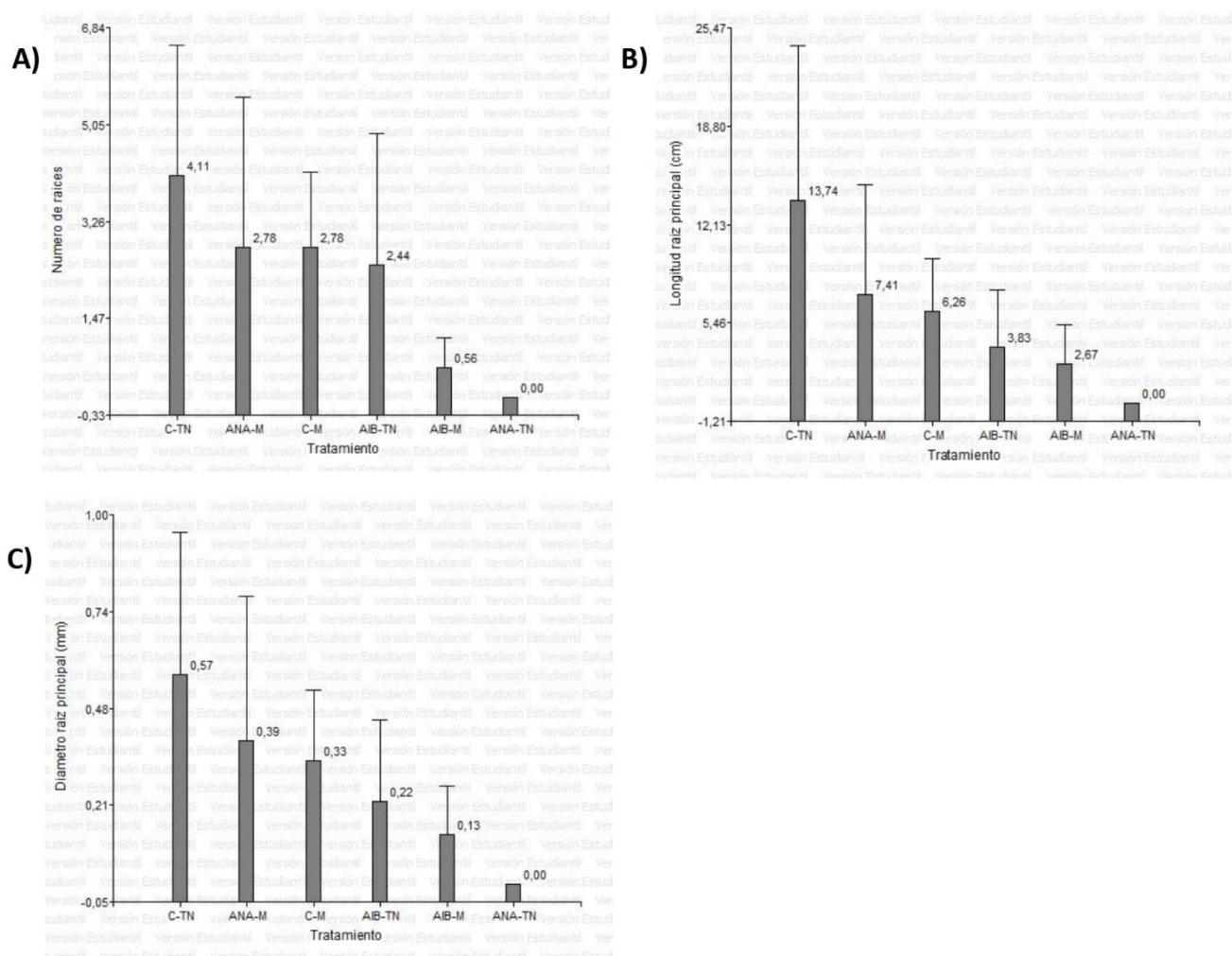


Figura 9: A). Número de raíces por plantas evaluadas por tratamiento en la interacción de 2 factores (auxinas y sustratos). B) Longitud de la raíz más desarrollada evaluada en centímetros, por tratamientos y con la interacción de 2 factores (auxinas y sustratos). C). Diámetro de la raíz más desarrollada evaluada en milímetros, por tratamientos y en la interacción de 2 factores (auxinas y sustratos)

7. Discusión

Se evidencia qué el método de rizomas presenta un mayor porcentaje de sobrevivencia con respecto al método de propagación con segmentos de ramas o culmos. Por lo tanto, se considera como la mejor vía de propagación, en comparación con el otro método, que alcanzó el 6,67% y en algunos tratamientos 0% de sobrevivencia. Trillo (2014) obtuvo valores superiores al 85% de supervivencia al propagar la especie de bambú *Guadua angustifolia* a partir de rizomas. (Amalia Forero et al., 2005) confirman que la propagación por rizoma es el método más eficiente para esta especie

Los valores de sobrevivencia obtenidos en la presente investigación son menores a los señalados por los autores citados anteriormente. Esto se debe a que la presente investigación se realizó en un periodo de 7 meses, y la actividad de brotes se da generalmente después del año de sembrado (Londoño, 2002). De acuerdo a esta recomendación se puede inferir que el factor tiempo pudo condicionar el rebrote tanto de la propagación por rizomas como por segmentos de culmos con ramas y que la sobrevivencia de los brotes está estrechamente relacionada con el tiempo que se toman las plantas de *A. queko* para rebrotar.

Otro factor a considerar son las condiciones climáticas en las cuales se encontraba el escenario de investigación. Bajo estas condiciones existieron variaciones en la precipitación que afectaron a la propagación *in situ*. El porcentaje de sobrevivencia pudo ser afectado por el exceso de lluvia y esto provocó que los contenedores se llenen de agua a pesar de haber utilizado fundas de polietileno perforadas y haberlas perforado manualmente. Ante esto, inferimos que se provocó la pudrición de los rizomas.

En invierno la caña guadua, por su sistema de vasos absorbentes, se llena de agua tanto en los segmentos de culmos como en el tejido, muy al contrario, en el verano las cañas sueltan el agua poco a poco y se quedan con una pequeña reserva para ellas mismas (Zea Dávila, 2013). En el caso de la propagación por rizomas, los datos de longitud son directamente proporcionales al porcentaje de sobrevivencia de los brotes, es decir, a mayor porcentaje de sobrevivencia mayor longitud de acuerdo con nuestros resultados. Probablemente los propágulos que presentaron una longitud mayor tienen mayores posibilidades de sobrevivir por las reservas naturales de agua que almacenan en su interior, en comparación a los que presentan longitudes menores las cuales presentaron porcentaje de sobrevivencia inferiores.

Según Añazco, (2015) señala que en suelos con poca humedad si crecen, pero no se desarrollan bien y se quedan con tallos delgados. Para el caso de la propagación por segmentos de culmos con ramas, la longitud presenta datos demasiado bajos y con sobrevivencias menores a 6,67%. Podemos inferir que el cambio en la precipitación a lo largo de la toma de datos afectó tanto a la longitud y vigorosidad de los tallos, y por ende a su sobrevivencia.

En la evaluación de la parte subterránea para las variables longitud y diámetro, los ensayos con rizomas presentaron altos valores en número de raíces, longitud y diámetro. Estos resultados se corroboran con lo señalado por Trillo en 2014, quien manifiesta que una de las vías más apropiadas para la propagación del bambú (*Guadua angustifolia*) es a partir del chusquín o rizoma con un segmento de culmo. También son similares con lo obtenido por Londoño (2002) quien señala que la propagación por rizomas es un método efectivo con 100% de supervivencia, debido a que es un órgano de almacenamiento de nutrientes.

Los segmentos de culmos con ramas, aunque estén vivos y visibles no quiere decir que produzcan hijuelos entre los primeros días y con gran número de raíces, porque requiere de más tiempo (Lárraga et al., 2011). En la presente investigación la propagación por segmentos de culmos con ramas presentó bajos valores en número de raíces y diámetro. Se puede suponer que la propagación por culmos necesita más tiempo para producir mayor cantidad y grosor de raíces y esto provocó un bajo porcentaje de sobrevivencia. Al respecto, Añazco & Rojas (2015) mencionan que “la emergencia de rizomas ocurre en épocas húmedas y con temperaturas elevadas, lo cual, de haber cambios en el patrón de temperatura, podría estar afectando la reproducción”.

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1. Conclusiones

La propagación por rizomas, tanto en la sobrevivencia, longitud y parte subterránea; presentaron resultados positivos comparado con el método de propagación por segmentos de ramas con culmos. Esto se da ya que el rizoma es el método para propagar por excelencia varias especies de bambúes en el Ecuador.

Por otra parte, la propagación por segmentos de culmos con ramas no presentó resultados favorables. Esto se debe ya que en algunos casos se evidenció la pérdida de tratamientos completos.

Para los dos métodos de propagación, tanto para rizomas como para segmentos de culmos con ramas, se puede inferir que la precipitación fue uno de los factores que más influyó. Esto se dio en las condiciones *in situ*, en donde no se puede controlar las condiciones climáticas, lo cual se evidenció con la variación en las precipitaciones que afectan negativamente si existen en exceso o a falta de las mismas. Así mismo el tiempo necesario para propagar *A. queko* es un factor influyente, especialmente si se quiere propagar por

segmentos de culmos con ramas, las cuales necesitan más de un año para lograr enraizar correctamente.

8.2. Recomendaciones

Los resultados obtenidos en la presente investigación ratifican que la preparación de un sustrato adecuado permite disponer de las mejores condiciones para la efectiva propagación vegetativa de la *A. queko* en condiciones de vivero.

Se recomienda realizar el sistema de propagación no en contenedores si no en camas en el mismo sitio de estudio, así mismo se recomienda estudiar los factores: temperatura y precipitación, como posibles influyentes en el estudio.

También se sugiere realizar la evaluación del crecimiento de la planta por más de un año, ya que *A. queko* es una especie que se toma mucho tiempo en su desarrollo. Es así que se pudo evidenciar segmentos de culmos aparentemente secos en los primeros meses que volvieron a emerger en las últimas tomas de datos.

Se recomienda usar el sistema de propagación solo por rizomas de plantas jóvenes para aumentar la probabilidad de sobrevivencia. También se aconseja, no segmentar los rizomas al momento de la siembra ya que de esta manera se reduce el estrés y tiempo de cicatrización. Por otro lado, no se recomienda la siembra de segmentos de culmos con ramas ya que no se evidenciaron buenos resultados en su propagación.

9. Referencias bibliográficas

- Alcantara, J., Godoy, A., Alcántara, J., & Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca*, 111.
- Añazco, M. (2015). *Estudio de vulnerabilidad del bambú (guadua angustifolia) al cambio climático*.
https://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/Estudio_de_vulnerabilidad_del_bambu.pdf
- Añazco, M., & Rojas, S. (2015). *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie Guadua angustifolia. Imbar, 2(Consumo de Bambú), 193*. <https://www.industrias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/GABAR-Cadena-Bambu-Ecuador.pdf>
- Baracho, J., Pierre, F., & Quiroz, A. (2009). Caracterización de componentes de sustratos locales para la producción de plántulas de hortalizas en el estado Lara, Venezuela. *Red de Revistas Científicas de América Latina*, 3
- BioGics. (31 de 01 de 2020). *Quimicompany*. Obtenido de
[https://quimicompany.com.co/Fichastecnicas/%C3%81cidoindolbut%C3%ADrico\(IBA\).pdf](https://quimicompany.com.co/Fichastecnicas/%C3%81cidoindolbut%C3%ADrico(IBA).pdf)
- Biovirtual. (2007). *Aulonemia queko Goudot – Poaceae*. .
<http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/detail/251666/>
- CATIE. (19 de Octubre de 2004). *Investigación para el manejo y el mercadeo sostenible del Bamboo en Costa Rica y Colombia*. Obtenido de Catie:
<http://web.catie.ac.cr/guadua/default.asp>
- Campos Roasio, J., Aguirre, A., J. J., Cabrera Perramón, J., González, M. v., & Pinilla Suárez, J. C. (2010). *Guía técnica 2: Propagación de especies de bambú en Chile*.
- Coto, J. (n.d.). *Características generales del bambú y sistemas de cultivo*. 57–71.
[http://documentacion.cidap.gob.ec:8080/bitstream/cidap/1296/1/Características generales del bambú y sistemas de cultivo_José M. Coto.pdf](http://documentacion.cidap.gob.ec:8080/bitstream/cidap/1296/1/Características%20generales%20del%20bambú%20y%20sistemas%20de%20cultivo_José%20M.%20Coto.pdf)

- Cubillos, A. (1998). *Principios para la conservación in situ de parientes silvestres de plantas cultivadas: el caso de las especies de Lycopersicon en Chile. Serie la Platina*.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/39439/NR23951.pdf?sequence=1>
- Cueva, E., & Altamirano, M. (2011). *Estudio y experimentación de Paneles Estructurales y de revestimiento en Base de la Caña de la Sierra. Universidad de Cuenca*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/587>
- DFC. (1997). *Manejo de bosques nativos andinos. Quito*. .
http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/004583/info/pdf/Bosques_nat.pdf
- FAO. (2010). *Glosario de términos*. <http://www.fao.org/3/i2080s/i2080s08.pdf>
- Garay, A., Sánchez, M. d., García, P., Álvarez, E., Gutiérrez, C., & Garay, A. (2014). La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de Arabidopsis thaliana. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 14.
- García Ramírez, Y., Freire, M., Fajardo, L., Tejeda, M., & Reyes, M. (2007). *Establecimiento in vitro de yemas axilares de Bambusa vulgaris var. vittata. Biotecnología vegetal*.
- InfoAgro. (12 de 10 de 2021). *InfoAgro*. Obtenido de
https://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm
- Japón, P. (2009). *Etnobotánica de cuatro comunidades indígenas de Saraguro. Universidad Nacional de Loja*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093756>
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Concepto de hormona. En M. Jordán, & J. Casaretto, *Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas* (págs. 2-3). Santiago: Universidad de La Serena.
- Lárraga, N., Gutiérrez, N., López, H., Pedraza, M., Vargas, J., Santos, G., & Santos, U. I. (2011). *Propagación vegetativa de tres especies de bambú. Ra Ximhai*, 7(2). 205–218.
- Llorca, F., Gutiérrez, E., & Shackelford, A. (2017). *Estrategia nacional para la sustitución de plásticos de un solo uso por alternativas renovables y compostables. San José*.
https://www.hacienda.go.cr/docs/5a0e066d79dae_Estrategia-nacional-sustitucion-plasticos-un-solo_uso-.pdf

- Londoño, X. (2002). *Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y uso de los bambúes del nuevo mundo*, 25. <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.htm>
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador), & FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, I. (2015). *Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. Quito.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, TS. (2000). *Manual De Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. (Vol. 92).
- Obando Tandalla, F. C., & C. F. (2013). *Evaluación de tres tipos de auxinas; ácido indolacético, ácido naftalenacético y ácido indol butírico para el enraizamiento de esquejes en dos variedades de clavel (dianthus caryophyllus l.)*. En agrorab cia. Ltda Pujili - Ecuador. LATACUNGA / UTC / 2010. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/772>
- Oliva Valle, M., Vacalla Ochoa, F., Pérez Chuquimez, D., & Tucto Chávez, A. (2017). *Vivero forestal para producción de plántulas de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú*.
- Palomeque, X., Maza, A., Iñamagua, J. P., Günterd, S., Hildebrandte, P., Weberf, M., & Stimm, B. (2017). Variabilidad intraespecífica en la calidad de semillas de especies forestales nativas en bosques montanos en el sur del Ecuador: Implicaciones para la restauración de bosques. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52-72.
- Parker, III., T.A., & J.L. Carr. (1992). *Status of Forest Remnants in the Cordillera de la Costa and Adjacent Areas of Southwestern Ecuador*. *Conservation International*. Washington, DC. USA. 1–172.
- Pezoa A. (1998). *Estado de conservación de las especies silvestres de Lycopersicon en Chile*. Serie La Platina. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56512.pdf>
- PlantMedia. (30 de 01 de 2020). *Quimicompany*. Obtenido de [https://quimicompany.com.co/Fichastecnicas/%C3%81cidonaftalenoac%C3%A9tico\(ANA\).pdf](https://quimicompany.com.co/Fichastecnicas/%C3%81cidonaftalenoac%C3%A9tico(ANA).pdf)
- Sáez, P., & Narciso, J. (2000). Utilización de sustratos en viveros. *Red de Revistas Científicas de América Latina*, 231.

Toalongo, L., & Aguilar, D. (2019). Plan de desarrollo turístico para la parroquia Molleturo del cantón Cuenca, provincia del Azuay 2019-2023. *Repositorio Institucional Universidad de Cuenca*, 18-30.

Zea Dávila, P. R. (2013). *Percepciones locales versus evidencia científica sobre la relación entre el bambú y el agua en el Cantón Bucay, Provincia del Guayas, Ecuador*.

10. Anexos

Preparación del lugar del experimento



Figura 10: Preparación de platabandas



Figura 11: Adecuación del terreno

Recolección de tierra



Figura 12: Recolección de tierra negra para la siembra



Figura 13: Recolección del mantillo para la siembra

Preparación del sustrato



Figura 14: Preparación del sustrato (tierra negra/arena/humus)



Figura 15: Preparación del sustrato

Enfundado de sustrato



Figura 16: Enfundado del sustrato (tierra negra/arena/humus)



Figura 17: Enfundado del sustrato (mantillo)

Recolección del material vegetal



Figura 18: Recolección de la especie



Figura 19: Recolección del material para la propagación



Figura 20: Rizoma para la siembra



Figura 21: Segmento de culmos con ramas

Aplicación de las auxinas y siembra



Figura 22: Preparación de las auxinas enraizantes



Figura 23: Aplicación de la auxina enraizante (AIB)



Figura 24: Aplicación del ANA en los segmentos de culmos



Figura 25: Aplicación del ANA en rizomas



Figura 26: Propágulos sembrados

Colocación en las camas y cercado



Figura 27: Colocación de sustrato enfundado en las platabandas



Figura 28: Cercado del proyecto



Figura 29: Colocación de etiquetas



Figura 30: Propágulos en las platabandas

Riego



Figura 31: Riego de los propágulos

Toma de datos



Figura 32: Toma de datos



Figura 33: Emergencia de brotes



Figura 34: Toma de datos de la parte aérea



Figura 35: Toma de datos de la parte subterránea