UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA AGROPECUARIA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO GROPECUARIO

EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE REPRODUCCIÓN DEL PENCO AZUL (Agave americana), EN LA PARROQUIA TOCACHI, CANTÓN PEDRO MONCAYO PROVINCIA PICHINCHA.

AUTOR: JUAN CARLOS DUQUE SÁNCHEZ

> DIRECTORA: Ing. GINA TAFUR

Quito, Junio del 2013

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, los análisis realizados y las conclusiones del presente documento son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, Junio 2013

(f): Juan Carlos Duque Sánchez

C.I: 1717663460

AGRADICIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, autoridades, maestros quienes me han dado la oportunidad de formarme en mi carrera y que han sido el eje principal durante estos años de estudio, para culminar mi aspiración profesional en tan destacada Institución Educativa.

A mi directora de Tesis la Ing. Gina Tafur, por brindarme todo su apoyo con paciencia e interés en el desarrollo de mi trabajo investigativo.

Al Ing. Janns Beltrán, al Ing. Freddy Cuarán por su valiosa orientación académica brindada a lo largo de mi formación profesional y en desarrollo del presente escrito.

De manera muy especial a quienes conforman la empresa florícola Curiquingue Flower, amigos. Y un profundo agradecimiento al Gerente Propietario Nicolino Navarrete por su ayuda, asesoramiento y cooperación incondicional durante el desarrollo de la tesis.

"Vivir no es fácil existen situaciones adversas y otras que nos hacen reír."

DEDICATORIA

A Dios	y a	a la	virgen	María,	quienes	han	sabido	guiar	mis	pasos	con	luz	de
esperanz	za y	fe, 1	oara seg	uir luch	ando, ha	sta al	canzar ı	nis me	etas.				

A mi madre Angela Duque Sánchez por su infinito amor y apoyo incondicional, quien ha sido mi fortaleza, la razón de lucha y su ejemplo de superación constante, proyectos y metas, la dueña de mis alegrías, y el impulso en mis derrotas.

Dedicado también para mis hermanos Anita, Andrés, Fernanda por su apoyo y cariño que me han brindado siempre.

Este triunfo está dedicado a una persona muy especial la Srta. Victoria Andagoya gracias por ser parte de mi vida.

"Cada meta conseguida nace del compromiso y la voluntad de nunca rendirse."

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivos General	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3.	MARCO TEÓRICO	15
3.1	EL AGAVE.	15
3.1.1	Antecedentes	15
3.1.2	Agave Americana	15
3.2	TAXONOMÍA DE LA PLANTA DE AGAVE	16
3.3	CLASIFICACIÓN TAXONOMÍCA	16
3.4	CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA	17
3.5	REPRODUCCIÓN	17
3.5.1	Reproducción asexual	18
3.5.2	Reproducción por hijuelos	19
3.5.3	Reproducción por esquejes	21
3.5.4	Reproducción por semillas	21
3.5.5	Formas de propagación convencional del agave.	22
3.5.6	Micropropagación	23
3.6	VENTAJAS DE LA REPRODICCIÓN	25
3.7	CARACTERÍSTICAS.	26
3.7.1	Flores.	26
3.7.1.1	Fruto.	26
3.7.2	Hojas	26
3.7.3	Raíz.	27
3.8	CONDICIONES AMBIENTALES	27
3.8.1	Agua	27
3.8.2	Suelo	27
3.8.2.1	Tipos de suelo.	28
3.8.3	Características de un sustrato óptico.	29
3.8.3.1	Oxígeno	29

3.8.3.3 pH	29
5.0.5.5 PII	
3.8.3.4 Capacidad de intercambio catiónico	30
3.8.4 Luz	30
3.9 REGULADORES DE CRECIMIENTO VEGETAL	30
4. UBICACIÓN	32
4.1. UBICACIÓN POLÍTICA TERRITORIAL	32
4.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	32
4.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS	32
4.4 SUELO	32
4.5 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS	32
5. MATERIALES Y MÉTODOS	33
5.1 MATERIALES	33
5.2 MÉTODOS	33
5.2.1 Tratamientos	33
5.2.2 Unidad Experimental	34
5.2.3 Variables	34
6. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	37
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
7.1 PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO	45
7.2 DÍAS AL TRASPLANTE	47
7.3 PESO DEL ÁREA RADICULAR	49
7.4 NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA POR MES	51
7.5 DIÁMETRO DE LA PIÑA	53
7.6 COSTOS DE PRODUCCIÓN	54
8. CONCLUSIONES	56
9. RECOMENDACIONES	57
10. RESUMEN	58
10.1 SUMARY	60
11. BIBLIOGRAFÍA	62
12. ANEXOS	63

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍAS 1 y 2. Prendimiento de las plantas en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
FOTOGRAFÍAS 3, 4, 5 y 6. Pesaje de la raíz en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
FOTOGRAFÍAS 7 y 8. Formación de su piña y sus respetivas hojas en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha 36
FOTOGRAFÍA 9. Establecimiento del invernadero para la propagación de las plantas en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (Agave americana), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
FOTOGRAFÍAS 10 y 11. Fundas y bandejas con sustrato para la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
FOTOGRAFÍAS 12, 13, 14 y 15. Material vegetal utilizado en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
FOTOGRAFÍAS 16 y 17. Selección y siembra de los hijuelos para la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha 39
FOTOGRAFÍAS 18 y 19. Selección y siembra de esquejes para la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
FOTOGRAFÍAS 20 y 21. Selección y siembra de semilla botánica para la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
FOTOGRAFÍA 22. Plantas de Agave de la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha

FOTOGRAFÍA 23. Coloración de las hojas en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi,
Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha42
FOTOGRAFÍA 24. Semilla brotando de la tierra en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
FOTOGRAFÍA 25 y 26. Material reproductivo por planta en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
FOTOGRAFÍA 27. Diámetro de la piña en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichinca

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Porcentaje de prendimiento en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
CUADRO 2. Días al trasplante en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha.
CUADRO 3. Promedios para la variable Peso del área radicular (g) en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
CUADRO 4. Promedio de número de hojas por planta y por mes de los diferentes tratamientos en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
CUADRO 5. Diámetro de la piña (cm) en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
CUADRO 6. Costos de producción en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
CUADRO 7. Flujo de efectivo para cada tratamiento en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
CUADRO 8. Beneficio neto en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Porcentaje de prendimiento en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
GRÁFICO 2. Días al trasplante en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
GRÁFICO 3. Promedios para la variable Peso del área radicular (g) en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
GRÁFICO 4. Promedio de número de hojas por planta y por mes de los diferentes tratamientos en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
GRÁFICO 5. Diámetro de la piña (cm) en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO No 1. Datos levantados para la variable porcentaje de prendimiento en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha.
ANEXO No 2. Datos levantados para la variable días al trasplante de los diferentes métodos en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
ANEXO No 3. Tabla de datos levantados para la varible peso del área radicular fresco y seco en hijuelos en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
ANEXO No 4. Tabla de datos levantados para la variable peso del área radicular fresco y seco en esquejes en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
ANEXO No 5. Tabla de datos levantados ara la variable peso del área radicular fresco y sco en semillas en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
ANEXO No 6. Tabla de datos de la variable número de hojas por planta de hijuelos en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (Agave americana), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
ANEXO No 7. Tabla de datos de la variable número de hojas por planta de esquejes en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (Agave americana), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha
ANEXO No 8. Material reproductivo por planta en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (<i>Agave americana</i>), en la Parroquia de Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha

1. INTRODUCCIÓN

La propagación de plantas es una ocupación básica de la humanidad y está dada en gran parte sobre la habilidad del hombre para propagar y cultivar clases específicas de estas que puedan ser usadas para proporcionarle protección, alimento, vestido, recreación y satisfacciones estéticas (Hartmann y Kester, 1975). Se puede decir que se trata de un tipo de reproducción controladas por el hombre para perpetuar individuos escogidos o grupos de plantas que tienen para él un valor específico.

Una planta de gran importancia, tanto económica como ecológica es el agave, que históricamente ha tenido un papel fundamental en el desarrollo de las comunidades ubicadas en las zonas áridas y semiáridas. Desde tiempos anteriores a la conquista y hasta nuestros días, el agave ha sido considerado "el árbol de las maravillas", debido a los diferentes usos que se les puede dar. Las partes más comúnmente utilizadas del agave como fuente de alimento son los tallos y las bases de las hojas, las cuales son ricas en carbohidratos, de ellas es extraído un líquido rico en azúcares principalmente fructosa, con el cual se producen diferentes bebidas como "el aguamiel" que es consumido directamente en fresco sin llevarse a cabo proceso alguno de transformación microbiana, a diferencia del pulque, que es producto de la fermentación del aguamiel, además se producen algunos otros destilados como lo son el "bacanora", "el mezcal" y "el tequila" (Arizaga y Ezcurra, 2002).

Las hojas de algunas especies de agaves son desprovistas de sus espinas y picadas para ser suministradas como forraje al ganado. Además son utilizadas diferentes partes de estas plantas, tanto en la medicina tradicional para prevenir el escorbuto, jarabe, como en la fabricación de artículos domésticos, de ornato (adornos de navidad), jabón para ropa, sogas entre otros (Abundis-Vargas, 2007).

En nuestro país la planta es utilizada para la elaboración de bebidas como el mishky, el guarango, además del uso como medicina, el sumo (para los reumas, dolores de articulaciones) realizando vaporizaciones y baños a las partes afectadas, además contribuyendo como fuente de ingresos económicos adicionales para la economía de pequeños productores. (Venero, 2006).

En la zona de Cayambe, una microempresa familiar está reactivando la tradición del sirope de penco con aspectos interesantes desde el punto de vista económico y ecológico. "Mishky Huarmy" o dulce mujer, trabaja por el momento con mujeres de 3 comunidades de la zona: Pitaná, Pingulmí y Cuniburo la zona está muy erosionada, en parte debido al mal manejo de la ganadería, y la actividad lechera a dado paso a las enormes plantaciones de flores, sin mucha oportunidad para otras actividades económicas. Mishky Huarmy compra el Chaguarmishky por litro, a un precio que representa el doble del precio oficial de la leche, pero con una condición: las productoras deben sembrar pencos. De esta manera, se promueve la regeneración del agave en la zona.

Al respecto, cabe mencionar que el Consejo Provincial de Pichincha tiene un proyecto para la siembra de 10000 plantas de este cultivo, con una densidad de plantación a hilera sencilla de 1.1 x 2.8m = 3247 plantas / ha, en la Parroquia la Esperanza.

Con este antecedente, se propuso investigar el mejor método de propagación de agave en la zona de Tocachi, resultados que serán se utilidad para los agricultores interesados en implementar el cultivo o para aquellos que pudieran ser parte del proyecto antes mencionado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Evaluar tres métodos de reproducción (semillas, hijuelos, esquejes) de penco azul, para mejorar la eficiencia en la producción de plantas destinadas al cultivo extensivo.

2.2 Objetivos específicos:

- Contrastar las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de reproducción
- ➤ Identificar el método que presente las mejores características en calidad tiempo y volumen
- > Realizar el análisis del costo beneficio

3. MARCO TEÓRICO

3.1 EL AGAVE

Los agaves son plantas perennes, rizomatosas, frecuentemente propagadas por hijuelos, con raíces duras y fibrosas; además cuentan con un tallo grueso muy corto. Sus hojas son grandes, suculentas-fibrosas que terminan en una espina y que están dispuestas en roseta, los márgenes de las hojas presentan pequeñas espinas en forma de gancho o rectas. Las inflorescencias son bracteadas, escamosas y racemosas o paniculadas. Ocasionalmente presentan bulbillos en las inflorescencias. Las semillas son planas y negras. Los agaves son semélparos, esto es que solo tienen una floración durante su ciclo de vida, al cabo de la cual la planta muere (Guerrero et al., 2006).

3.1.1 Antecedentes

Agave Americana crece en las regiones áridas y semiáridas de América del Sur, América Central y algunas partes de Europa (Gupta, 1995) Esta planta se distribuye geográficamente en los países de región Andina como Bolivia, Colombia Chile, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela (Corea y Bernal 1989)

El género *Agave*, cuyo significado es "noble" o "admirable" fue dado a conocer a la ciencia por Carlos Linneo en 1753. Las plantas del género *Agave* son originarias del continente americano, con la mayor concentración de especies nativas de México en donde se les conoce con los nombres comunes de "magueyes" o "mezcales".

3.1.2 Agave americana. Es mejor conocida en el Ecuador como Cabuya Negra, agave y el maguey, es una planta perenne nativa de México, y que ha sido introducida en zonas geográficas del mundo. En el Ecuador se lo puede encontrar en el cabellón interandino de la Región Sierra, se hace referencia a la planta como el siglo, ya que sólo florece una vez cada 100 años.

La planta de Agave ha sido introducida al continente Americano por su alta producción de azúcares en su mayoría en forma de fructosa en el núcleo de esta

planta es la característica más importante de la planta por lo que es adecuado para

la preparación de bebidas alcohólicas, artesanales, ornamentales, también en el

mundo se lo encuentra como plantas silvestre. (Abundis, 2007)

El Agave atrovirens es una planta monocotiledónea, perenne y con flor

monocárpica. Esta especie es originaria de la Sierra Madre del Sur en Oaxaca,

México; se llegan a encontrar plantas silvestres o cultivadas en las crestas de las

montañas entre los 2150 y 2500 msnm. El Agave atrovirens se distingue por tener

una espina terminal y una ranura lisa en la punta, las rosetas llegan a medir hasta 2

m de altura y 4 m de ancho, con 80 a 100 hojas mayores a 2 metros (Good-Avila

et al., 2006). Esta planta ha recibido nombres como "maguey de la cumbre" y

"tápeme". Comúnmente se utilizan dos formas de propagación de este agave, por

medio de semilla y a través de hijuelos de dicha plantas (Ruvalcaba, 1983;

Guerrero et al., 2006).

3.2 TAXONOMÍA DE LA PLANTA DE AGAVE

Pertenece a la familia de las agaváceas, que se agrupan en el orden Asparagales.

El género Agave lo constituyen 197 taxas: 136 especies, 26 subespecies, 29

variedades y 7 formas. En 1902, Weber describió el Agave tequilana y hasta la

fecha las variedades de Agave tequilana Weber carecen de estudios taxonómicos

particulares ignorándose aún las características propias y completas de cada una.

La familia Agavaceae tiene 8 géneros y aproximadamente 273 especies de

las cuales 205 (75%) crecen en México y 151 (55%) son endémicas (García-

Mendoza y Galván, 1995).

3.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DESCRIPCIÓN DEL AGAVE

AMERICANA

Reino: Plantae

Subreino: Embryobionta

División: Manoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Liliales

16

Familia: Agavaceae

Género: Agave

Especie: atrovirens Karw. Ex Salm-Dyck

El Agave atrovirens es una planta monocotiledónea, perenne y con flor

monocárpica. Esta especie es originaria de la Sierra Madre del Sur en

Oaxaca, México; se llegan a encontrar plantas silvestres o cultivadas en las

crestas de las montañas entre los 2150 y 2500 msnm. El Agave atrovirens se

distingue por tener una espina terminal y una ranura lisa en la punta, las rosetas

llegan a medir hasta 2 m de altura y 4 m de ancho, con 80 a 100 hojas mayores a

2 metros (Good-Avila et al., 2006).

Esta planta ha recibido nombres como "maguey de la cumbre". Comúnmente

se utilizan formas de propagación de este agave, por medio de semilla, esquejes y

a través de hijuelos de dicha plantas (Ruvalcaba, 1983; Guerrero et al., 2006).

3.4 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA

El nombre científico Agave Americana Linné, fue publicado por primera vez en

'Species Plantarum' por Carl Linné (1953), y su clasificación científica es: Reino:

Plantae. Filo: Magnoliophyta. Clase: Liliopsida. Orden: Asparagales. Familia

Agavaceae. Genero Agave. Especie: Agave Americana Linne. Variedades:

americana, margarita, medio-picta, espanda, latifolia, oaxacensis. (Hristov 2004)

3.5 REPRODUCCIÓN

Los Agaves se pueden propagar mediante bulbillos que son brotes vegetativos que

se generan en los pedúnculos florales, en el tallo y entre una hoja y otra (brote

axilar), sin embargo para el Agave Americana esta práctica no es usual, ya que no

es común hallar dichos brotes vegetativos, o son muy escasos.

En el Agave Americana principalmente se utiliza los hijuelos que nacen desde los

rizomas de la planta madre, para posteriormente ser trasplantados cuando alcanzan

50cm, y cuando el corazón tiene unos 15cm. La edad óptima de un agave para

reproducirse es entre los 3 y 5 años, y puede dar anualmente entre uno y dos

hijuelos. (Flores, 2005)

17

La edad óptima de un agave para reproducirse, es entre los tres y los cinco años. Una planta madre da entre uno y dos hijuelos por año.

Una vez separados los hijuelos de la madre, se procede a la plantación precisamente antes del tiempo de lluvia, la nueva planta debe quedar asentada y enterrada en un 75% de su volumen, apisonando la tierra para asegurar la planta.

Las plantas se reproducen a continuación, mediante la plantación de estos brotes, lo que ha llevado a una considerable pérdida de diversidad genética en el cultivo de agave azul.

En cuanto a las poblaciones silvestres y cultivadas es necesario destinar mayores esfuerzos de investigación hacia la propagación por semillas en particular debido a la perdida de variabilidad genética que conlleva a la multiplicación por vástagos vegetativos (Robert.et.al.,2007)

La variación genética y la selección celular son técnicas que se pueden realizar a nivel celular en lugar de manipular plantas completas en grandes extensiones de suelo. A partir del descubrimiento de que las plantas pueden ser clonadas con mayor rapidez in vitro que en vivo, en los últimos años se ha incrementado el conocimiento concerniente a la micropropagación. Con esto, se ha abierto la posibilidad de obtener clonaciones que fueron imposibles de lograr in vivo en otros tiempos (Pierik, 1987).

3.5.1 Reproducción asexual

La reproducción asexual es aquélla que no involucra el proceso sexual, la reproducción vegetativa de varios tipos de plantas ocurre tanto a partir de hojas como de tallos y raíces, obteniéndose con mayor frecuencia resultados positivos con los tallos. Los individuos obtenidos mediante este tipo de reproducción constituyen un clon y estos clones, a excepción de mutaciones naturales, son genéticamente idénticos a la planta madre. La selección y mantenimiento de cultivares en cultivos frutales se realiza por este método, transfiriendo los tejidos por medio de injertos. Entre las diferentes formas de reproducción asexual se

encuentran: La reproducción por bulbillos, rizomas (hijuelos); el empleo de esquejes, acodos e injertos; y los métodos de propagación masiva en laboratorios de cultivo de tejidos.

3.5.2 Reproducción por Hijuelos (Rizomas)

El agave se puede propagar a partir de los retoños que crecen alrededor de la planta madre y cuando han alcanzado un largo de unos 10 cm.

Los hijuelos crecen generalmente en un plano horizontal, paralelo a la superficie del terreno; a diferencia de las raíces, los rizomas poseen yemas en la cara superior de donde se originan ramas, hojas y flores aéreas y en la cara inferior generan raíces adventicias (Oronoz et al., 1983). Al igual que por bulbillos, la propagación por rizomas también es muy común en agaves, siendo ésta la más utilizada, no sólo por que conserva sus características genéticas, sino porque el desarrollo de las plantas es más rápido y vigoroso que con bulbillos (Binh et al., 1990).

La propagación por rizomas es la más utilizada en agaves, no sólo porque conserva las características genéticas de la planta madre, sino porque el desarrollo de las plantas es más rápido y vigoroso que por bulbillos.

Sistema de propagación del Agave americana mediante hijuelos

El manejo común de la propagación del agave corresponde a un manejo tradicional basado en conocimiento empírico aplicado para optimizar la producción de hijuelos y consiste en las siguientes prácticas:

- 1. Elección de planta madre.
- Para la selección de los hijuelos, se basó en la homogeneidad, que en la actualidad se controla con la selección del tamaño de la cabeza del hijuelo.

3. El estado sanitario de los hijuelos: debe mostrar apariencia visual sana, vigorosa, y sin la presencia de insectos nocivos tanto en el follaje, como en raíces y piña.

Selección de hijuelos

La selección de los hijuelos es una de las etapas más importantes para el establecimiento de la plantación ya que de esto depende en gran medida la calidad de la misma.

En la selección de los hijuelos son varias las etapas a realizar:

- Arranque de los hijuelos.
- Selección y clasificación de los hijuelos arrancados.
- Desinfección de hijuelos arrancados y herramientas

Arranque del hijuelo: debe realizarse con un implemento conocido como barretón, que es una placa metálica, que sirve para cortar el rizoma que une al hijuelo con la planta madre. Este corte se realiza de un solo golpe mediante un corte limpio y transversal al rizoma. Al hijuelo una vez arrancado de la planta madre, se le cortan las raíces, con un corte transversal a la piña llamado "tostoneo", y se eliminan las hojas y las puntas de la misma, con la finalidad de facilitar el manejo y evitar daños a los trabajadores.

Determinar el tamaño del hijuelo (que sea uniforme). Para medir este aspecto el agricultor se basa en el tamaño de las hojas, que puede ser de media vara a vara completa (de 0.40 a 0.85 m). Para estimar el tamaño de la piña se toma como referencia los tamaños de frutas.

3.5.3 Reproducción por esquejes

Con respecto a los esquejes, estos crecen subterráneamente, son cilíndricos, gruesos y sin raíces, que cuando llegan a la superficie en su extremo forman brotes similares a la planta madre (León, 1987)

Estos se encuentran a una distancia de 0.5m hasta 2-3 metros de distancia de la planta madre, el tallo subterráneo es de color blanco algunos con manchas cafés, además tiene yemas adventicias de las cuales la parte enterada emite raíces y la parte aérea emite hojas. Una planta madre puede producir de 2 hasta 15 esquejes durante su vida y de toda calidad.

Para la recolección de los esquejes se lo realizó cavando con un azadón, luego con un barretón se lo realizó un corte transversal a una distancia de 25cm desde el ápice del tallo, seleccionando que sean plantas sanas y que no presenten daños físicos o alguna enfermedad.

3.5.4 Por semilla, reproducción sexual

En el ciclo sexual se realiza la propagación por semilla, para obtener nuevas plantas individuales con las características que presentan los genes propios de los gametos masculinos y femeninos. En la reproducción por semillas puede esperarse que se presente variación genética o segregación entre las plantas hijas.

La floración de agave ocurre cuando se presenta la emisión del escapo floral o quiote, indicando el final de su ciclo de crecimiento, al ser ésta una especie con crecimiento determinado y un solo punto de emisión de hojas.

Dentro del cultivo del agave para la producción de tequila, normalmente se elimina el escapo floral cuando inicia su crecimiento, para evitar que la planta consuma los azúcares acumulados en el tallo o piña.

El empleo del método de propagación por semilla en el género Agave implicaría problemas por variación genética al estar sujeto a polinización cruzada y por dificultades para mantener un abasto ordenado, debido a lo prolongado del ciclo de crecimiento, que toma de 5 a 8 años para alcanzar la etapa de floración y

producción de semilla. Los estudios realizados con semillas muestran también una viabilidad baja de las mismas.

3.5.5 Formas de propagación convencional de agaves

La propagación de plantas se puede llevar a cabo mediante dos formas: propagación vía sexual, utilizando la semilla y vía asexual a través de tejido somático. La reproducción sexual es la vía más común de propagación, ya que se efectúa de forma natural e involucra órganos y células especializadas para la unión de dos células sexuales o gametos. En el ciclo sexual, se obtienen nuevas plantas individuales con las características que presentan los genes propios de los gametos masculino y femenino. En la producción por semillas puede que se presente cierta variación genética o segregación entre las plantas hijas (Oronoz et al., 1983)

Propagar el agave mediante semillas ha presentado problemas, principalmente por la falta de disponibilidad de semillas, debido a que el ciclo de vida del *Agave atrovirens* es de aproximadamente ocho años y es hasta entonces cuando se producen semillas maduras, al igual que el caso de *Agave sisalana* y en otros como *Agave victoriae-reginae Moore*, en donde el tiempo es de 20 a 30 años para producir semillas maduras (Das, 1992).

En la producción por semillas puede que se presente cierta variación genética o segregación entre las plantas hijas (Oronoz et al., 1983)

Uno de los métodos más prometedores es la propagación por semilla ya que la mayoría de las plántulas resultan sanas; sin embargo, existen dudas de que si estas plantas podrían acumular la misma cantidad de azúcar que las propagadas por hijuelo de rizoma o bulbillos apomícticos, que son los métodos tradicionales de propagación.

Los bulbillos son yemas adventicias a lo largo de los márgenes de las hojas, estas yemas después de un determinado tiempo caen desarrollando raíces y crecen formando una nueva planta (Conquist, 1981). Este método de propagación presenta algunas desventajas, ya que al desarrollarse estos bulbillos se pueden propagar las enfermedades que pudieran existir en la planta madre. Aunado a la

propagación de enfermedades, el tiempo y costo es mayor que cuando se propaga por hijuelos rizomatosos (Gentry, 1982; Good-Avila et al., 2006). Los rizomas crecen generalmente en un plano horizontal, paralelo a la superficie del terreno; a diferencia de las raíces, los rizomas poseen yemas en la cara superior de donde se originan ramas, hojas y flores aéreas y en la cara inferior generan raíces adventicias (Oronoz et al., 1983). Al igual que por bulbillos, la propagación por rizomas también es muy común en agaves, siendo ésta la más utilizada, no sólo por que conserva sus características genéticas, sino porque el desarrollo de las plantas es más rápido y vigoroso que con bulbillos (Binh et al., 1990).

Una planta puede producir durante su vida hasta 15 plántulas o hijuelos de diferentes calidades. Bajo un buen manejo agrícola una plantación de 4 años, puede producir en promedio 3 hijuelos de primera, (1.5 a 3 kg) y 6 de segunda (0.5 a 1.5 kg) por cada planta madre.

3.5.6 Micropropagación

La micropropagación es considerada como una extensión de la mayoría de los métodos de propagación convencional y consiste en cultivar segmentos de plantas seleccionadas que son conocidos como explantes. Dichos explantes son cultivados in vitro en un medio de cultivo conformado por macro y micronutrientes, azúcares como fuente de carbono, reguladores de crecimiento, vitaminas, un agente gelificante, así como condiciones de luz y temperatura que son especificas de acuerdo a la especie vegetal con la que se esté trabajando. Bajo estas condiciones se busca inducir la producción de brotes en los explantes para su posterior subcultivo en forma repetitiva, hasta producir plantas con las características genéticas de la planta original (Hussey, 1983). Las principales cualidades de la micropropagación son la rapidez y la multiplicación clonal de genotipos de plantas superiores libres de enfermedades y plagas (Smith y Drew, 1990).

Las técnicas de micropropagación o propagación in vitro tienen la ventaja de producir grandes cantidades de plantas en espacios relativamente reducidos y durante todo el año, a diferencia de los métodos convencionales de propagación,

ya sea por semilla, hijuelos (rizomas) o bulbillos, con los cuales sólo se realiza la actividad de propagación una vez por año. En el caso del agave, la siembra por semilla o por bulbillos se lleva a cabo antes de la época de lluvias y en caso de los hijuelos, en el momento de la cosecha del agave, se dejan para su desarrollo. En caso de presentarse varios hijuelos, se selecciona el que tenga mejor vigor y mayor crecimiento (George, 1993).

Generalmente las técnicas de propagación in vitro semejan eventos naturales, como la producción de ramas y raíces; y más espectacularmente la producción de embriones. Estas formas de propagación no siempre se utilizan con el propósito de una producción masiva de las plantas de alto valor, sino que también se utilizan para mejorar genéticamente alguna especie de interés para el hombre.

Muchos factores afectan el crecimiento de los órganos en las plantas, tejidos y células in vitro y estos son similares a aquellos que limitan el crecimiento de las plantas intactas in vivo. Las más importantes variables químicas y ambientales que deben ser probadas para la inducción y/o multiplicación de los cultivos in vitro son la naturaleza y edad del explante, los reguladores de crecimiento vegetal, la composición del medio de cultivo, los antioxidantes, el balance de nitrógeno, el tipo y concentración de azúcares, agentes gelificantes, la luz y el fotoperiodo (Robert et al., 2004).

La variación genética y la selección celular son técnicas que se pueden realizar a nivel celular en lugar de manipular plantas completas en grandes extensiones de suelo. A partir del descubrimiento de que las plantas pueden ser clonadas con mayor rapidez in vitro que in vivo, en los últimos años se ha incrementado el conocimiento concerniente a la micropropagación. Con esto, se ha abierto la posibilidad de obtener clonaciones que fueron imposibles de lograr in vivo en otros tiempos (Pierik, 1987).

Las técnicas de micropropagación o propagación in vitro tienen la ventaja de producir grandes cantidades de plantas en espacios relativamente reducidos y durante todo el año, a diferencia de los métodos convencionales de propagación, ya sea por semilla, hijuelos (rizomas) o bulbillos, con los cuales sólo se realiza la actividad de propagación una vez por año. En el caso del agave, la siembra por semilla o por bulbillos se lleva a cabo antes de la época de lluvias y en caso de los

hijuelos, en el momento de la cosecha del agave, se dejan para su desarrollo. En caso de presentarse varios hijuelos, se selecciona el que tenga mejor vigor y mayor crecimiento (George, 1993).

3.6 VENTAJAS DE LA REPRODUCCIÓN

La reproducción asexual tiene ventajas. Así, se puede propagar magueyes con formas valiosas con facilidad, en poco tiempo y en grandes cantidades. (Valenzuela-Zapata, 2003)

Se reconoce que la reproducción asexual es evolutivamente ventajosa por que involucran los principios de reproducción natural al producir variación heredable (Plasencia- López, 2003).

La organogénesis es la base fundamental de la multiplicación vegetativa o formación de nuevos meristemos y de la producción de plantas in vitro. La producción de órganos puede ser directa o indirecta (George, 1993)

Algunos de los procesos de reproducción asexual son la reproducción por bulbillos, rizomas (hijuelos), esquejes, acodos y mediante la micropropagación in vitro; siendo por bulbillos y por rizomas los más comúnmente usados. Los bulbillos son yemas adventicias a lo largo de los márgenes de las hojas, estas yemas después de un determinado tiempo caen desarrollando raíces y crecen formando una nueva planta (Conquist, 1981). Un fenómeno similar se presenta en algunas especies de agave, en las cuales se desarrollan bulbillos en meristemos axilares en la base de las flores (Binh et al., 1990; Cedeño, 1995).

Se reconoce que la reproducción sexual es evolutivamente ventajosa porque involucra los principios de selección natural al producir variación heredable (Plasencia –López, 2003)

3.7 CARACTERÍSTICAS

Agave azul es una planta de crecimiento lento. Que no tiene los tallos, pero crece en forma de roseta con hojas largas y rígidas puntas. Se puede llegar a ser bastante grande con hojas de color azul o azul-verde de hasta 10 pies de largo y son consideradas una buena fuente de fibra.

Son plantas muy resistentes que pueden sobrevivir incluso creciendo al aire libre.

En altitudes superiores a 2 200 msnm, la velocidad de desarrollo del cultivo se reduce significativamente y el riesgo de daño por bajas temperaturas y/o heladas se incrementa de manera significativa (Ruiz et al., 2003a; Vargas, 2004).

3.7.1 Flores

Desde el vértice del meristemo en el centro de gigantesca roseta, surge verticalmente hacia arriba el tallo floral que florece solo una sola vez en su vida y muere tras esa floración, fenómeno conocido como monocarpismo. (Bizer, 2008)

La gigante floración tiene un tallo floral de 10 m de altura y desde los 10 cm de diámetro desde la parte alta, hasta llegar a los 40 cm en la parte baja. De la mitad de su longitud van saliendo pequeñas ramas en forma de candelabro (20 a 30 ramas) terminando cada uno en un grupo de flores de color amarillo- verdoso. Estas flores son mixtas, tubulares de 5 cm de largo, formada por 6 pétalos, 6 estambres largos, pistilo alargado, estigma alargado y ovario trilocular. (Flores, 2005)

3.7.1.1 Fruto

Es una cápsula prismática oblonga de 4cm de largo y lleno de semillas. Al secarse los frutos quedan ligeramente abiertos. Las semillas son planas de color negro, miden aproximadamente de 6 a 8 mm. (Flores, 2005; Bautista, 2006)

3.7.2 Hojas

Las hojas del agave son de color verde grisáceo grandes, gruesas y carnosas y pueden almacenar cantidades considerables de agua. Son perennes, presentan

espinas marginales y ligeramente cóncavas hacia arriba, una planta madura mide de 1 a 2 m de altura, sin peciolo y con un ancho en la base hasta de 30cm.Posee bordes firmes con una hilera de espinas terminando en un vértice con una anchura de 3 a 5 cm. La superficie de las hojas se encuentra cubierta de una membrana resistente blanquecina Las fibras, de más de 1,5 m, obtenidas de sus hojas, se emplean en saquillos y soguería. (Bautista 2006)

3.7.3 Raíces

Las raíces de algunas especies producen una pulpa que al mojarse se transforma en una espuma que se emplea como jabón.

En México, la savia del agave americano, denominada aguamiel, se deja fermentar para obtener una bebida alcohólica llamada pulque, que, por destilación, da un licor incoloro llamado mezcal.

3.8 CONDICIONES AMBIENTALES

3.8.1 Agua

Estas plantas no necesitan ser regadas con mucha frecuencia. Un buen baño cada dos o tres semanas es suficiente cuando se cultiva como planta de interior o al aire libre de plantas en maceta. Debe ser regado con agua a temperatura ambiente. El agave azul no se debe dejar sentado en el agua.

De acuerdo con Flores et al. (2002) las características ambientales asociadas con un riesgo de presencia de marchitez en agave son: una humedad relativa promedio mensual de 60 por ciento o más alta y una temperatura promedio anual de 20 a 23.9 °C.

3.8.2 **Suelo**

Los agaves prefieren suelos de textura media, por ejemplo suelos francos, francoarenosos o franco-arcillosos. Aunque en zonas con baja precipitación, los agaves prefieren suelos con mayor retención de humedad, es decir suelos de textura pesada, como arcillosos o limo-arcillosos, pero pueden desarrollarse adecuadamente en suelos delgados o profundos. Además, el género Agave presenta tolerancia de ligera a intermedia a sales y prospera mejor en un rango de pH de 6.0 a 8.0; y no son recomendables suelos con problemas de acidez o alcalinidad para su cultivo (FAO, 1994).

El agave puede desarrollarse en terrenos con alto grado de pendiente, con drenaje superficial muy eficiente, considerados no aptos para la agricultura tradicional. Sin embargo, bajo esas condiciones, es necesario realizar prácticas de conservación de suelo y agua para asegurar un ambiente favorable para el cultivo, se establece un límite máximo de pendiente del suelo de 8 por ciento, para facilitar el manejo de este cultivo. En cuanto al límite inferior de pendiente, cabe mencionar que en terrenos planos se corre el riesgo de tener problemas de encharcamiento, lo cual es perjudicial para el cultivo. Los agaves requieren suelos con drenaje de bueno a excelente (FAO, 1994), de ahí que no es conveniente cultivar agave en terrenos con pendiente inferior a 2 por ciento. Con esto además, se evitaría que el agave desplace de manera significativa otros cultivos que actualmente ocupan las tierras de primera calidad en las diversas regiones agrícolas denominación de origen del país.

En regiones con altitud superior a 1,800-2,000 msnm, tampoco se recomienda plantar agave en las partes bajas de las laderas, donde comúnmente, se presentan asentamientos de aire muy frío (Ruiz *et al.*, 1999).

3.8.2.1 Tipos de suelo

Los suelos rojos, cafés o pardos, con textura media, es decir que tienen una mezcla de partículas de suelo que le permiten una buena aireación y drenaje, serán los adecuados para el agave. Evite los suelos claros (arenosos) o grises y negros que se agrietan cuando se secan.

Las raíces de las plantas necesitan espacios porosos con aire limpio para respirar. Usted reconocerá en su suelo si hay capas endurecidas o tepetates, también si hay nacimientos de agua; evítelos o mejore su condición con una buena preparación.

Es preferible que no se siembre en suelos muy claros y arenosos que tienden a perder el agua y nutrimentos (nutrientes), o en suelos negros de lugares bajos que tienen textura arcillosa.

3.8.3 Características de un sustrato óptico

Factores químicos

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Nivel de nutrientes

Factores físicos

Aireación

Capacidad de almacenamiento de agua

Tamaño de las partículas

Densidad

Uniformidad⁹⁵

3.8.3.1 Oxígeno

Necesario para la respiración de las raíces, El sustrato debe tener por tanto una elevada porosidad de aire, es decir de poros "grandes" y abiertos que permitan su almacenamiento y transferencia con el ambiente.

3.8.3.2 Agua

El sustrato debe poder almacenar una elevada cantidad de agua, a la vez sea fácilmente disponible para la planta, evitando en todo caso riesgos de saturación y asfixia de raíces. El agua queda retenida por los oros "pequeños" del sustrato se recomienda valores de 20-30% de agua fácilmente disponible.

3.8.3.3 pH

Regula la solubilidad de los nutrientes minerales, con sustratos orgánicos el pH debe estar comprendido preferiblemente entre 5-6, con frecuencia es preciso

neutralizar la acidez de los sustratos turbosos, lo que se hace medir la acidez de caliza o dolomita.

3.8.3.4 CIC Capacidad de intercambio catiónico

Depende del contenido y tipo de arcilla y materia orgánica que forma el complejo de cambio de sustrato. El complejo retiene los nutrientes evitando sus pérdidas por lavado y a medida que la planta absorbe los contenidos en la solución del suelo, pasan a este desde el complejo por lo que actúan a modo de "tapón".

3.8.4 Luz

Plantas de agave azul se debe mantener en un lugar con la exposición a pleno sol. Debe ser colocado donde recibirá luz directa del sol tanto como sea posible.

Los agaves requieren un clima semi seco con temperatura promedio de 20°C, generalmente a una altitud entre 1.500 y 2.000 msnm. Las condiciones del suelo: arcilloso, permeable y abundante en elementos derivados del basalto y con presencia de hierro, preferentemente volcánico. Es muy importante la exposición al sol, y no debe haber más de 100 días nublados al año y preferentemente sólo 65.

3.9 REGULADORES DE CRECIMIENTO VEGETAL

Los reguladores de crecimiento vegetal o fitohormonas son sustancias extraídas de los tejidos vegetales y sustancias sintéticas, que en pequeñas cantidades estimulan, inhiben o modifican de alguna manera cualquier proceso fisiológico en plantas (Bidwell, 1979).

El crecimiento en las plantas es un proceso dinámico, complejo y rigurosamente controlado. Los reguladores del crecimiento vegetal juegan un papel principal en el control del crecimiento, no únicamente dentro de la planta como universo, sino también a nivel de órgano, tejido y célula (Wareing y Phillips, 1973).

Son cinco tipos básicos de sistemas químicos de reguladores de crecimiento vegetal, divididos en tres grupos principales; promotores de crecimiento: auxinas, citocininas y giberelinas; inhibidores de crecimiento: ácido abscísico; además del

etileno que cuenta con características y efectos específicos (Leopold y Kriedemann, 1975; Gray, 2004). De éste grupo de promotores de crecimiento, las auxinas y las giberelinas tienen la función principal de estimular la elongación celular, por otro lado, las citocininas son las encargadas de estimular la división celular.

Las auxinas constituyen un grupo de hormonas vegetales que controlan múltiples procesos. En la planta regulan la dominancia apical, la formación de raíces laterales, el desarrollo de tejidos vasculares; así como la división, el alargamiento y la diferenciación celular. Estas hormonas, pueden estimular o inhibir el crecimiento dependiendo de su concentración y localización en la planta (respuestas tejido específicas).

Existen varias auxinas como el ácido indol-3-acético (AIA), presente en la mayoría de las plantas de forma natural, así como auxinas producidas de forma sintética, tales como el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), ácido naftalenacético (ANA) y acido indol butírico (AIB) (Guilfoyle *et al.*, 1998)

Las citocininas por otro lado pueden estimular la división celular o la citocinesis. La mayoría de las citocininas naturales y sintéticas son compuestos derivados de la adenina. Como ocurre con el resto de los reguladores de crecimiento vegetal, las citocininas tienen amplios efectos regulatorios, ya que pueden promover la división celular, promover el crecimiento de raíces laterales, la inhibición de la elongación del tallo, el alargamiento de hojas y pueden actuar en el retraso de la senescencia, la dominancia apical, además de tener un papel fundamental en el proceso de organogénesis (Mock *et al.*, 2000).

4. UBICACIÓN

4.1 UBICACIÓN POLÍTICA TERRITORIAL

País: Ecuador

Provincia: Pichincha

Cantón: Pedro Moncayo

Parroquia: Tocachi

Barrio: Asociación Agrícola Pambahuasi-Rumitola

4.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Altitud: 2850 msnm

Latitud: 0006195

Longitud: 0800982

4.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Clima: Templado

Temperatura promedio anual: 18°C (Max. 24 – Min. 14)

Precipitación: 550 mm promedio anual

Vientos: 15-50km/h

4.4 SUELO

Textura: Franco arenoso

pH: pH: 6.5

Topografía zonas con pendientes que oscilan entre el 1% y 15 %.

4.5 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS

El experimento fue realizado bajo invernadero por lo que condiciones agroecológicas de clima, precipitación, vientos, y heladas no interfirieron de forma directa el desarrollo de la investigación.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES

Campo

Semilla botánica, Esquejes e Hijuelos de Agave

Bioestimulante Raizal 400

Plástico

Fundas Plásticas

Fundas de Papel

Bandejas de germinación

Manguera

Bomba de fumigación

Oficina y Equipos

Balanza

Estufa

Computador

Regla

Cámara fotográfica

5.2 MÉTODOS

Para el análisis de los resultados, se realizó mediante una estadística descriptiva con los promedios obtenidos en cada tratamiento

5.2.1. Tratamientos

- T1 Reproducción por hijuelos
- T2 Reproducción por esquejes
- T3 Reproducción por semillas

5.2.2 Unidad Experimental

De acuerdo al tratamiento, la unidad experimental estuvo constituida por 60 esquejes, 60 hijuelos y 60 semillas botánicas seleccionadas, donde la parcela neta estuvo constituida por las mismas 60 unidades, considerando que el trabajo se realizó bajo condiciones controladas (invernadero).

5.2.3. VARIABLES

Porcentaje de prendimiento y germinación

Esta variable se evaluó a los 30 días, a partir de la plantación para el caso de hijuelos y esquejes y a partir de la siembra en el caso de las semillas botánicas. Para ello se contó el número de plantas vivas en relación al material plantadas y sembrado y se expresó en porcentaje.



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍAS 1 y 2. Prendimiento de las plantas en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha

Peso de raíz

Primeramente se cortó la raíz desde la base de la piña, se eliminó la tierra, se pesó en fresco, luego se colocó en fundas de papel y se etiquetó cada tratamiento, seguidamente se puso a secar en la estufa a una temperatura de 95 °C a 110 °C, esto se dejó unos tres días, luego en una balanza se pesó la raíz seca igualmente en gramos.

Esto se lo realizó a todos los tratamientos a los cuatro meses (al final del ensayo), tiempo en el cual las plantas ya estuvieron listas para el trasplante



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍAS 3, 4, 5 Y 6. Pesaje de raíz en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Días al trasplante

Se contó el número de días transcurridos desde la siembra y plantación hasta cuando el 80% de plantas estuvieron listas para el trasplante, esto es cuando la piña tiene un diámetro dentro del rango de 10 cm a 15cm.

Número de hojas por planta

Esta variable se evaluó a partir de los 30 días a partir de la siembra y plantación para semilla e hijuelos y a partir de los 2 meses para esquejes, una vez cada mes durante 4 meses, contando el número de hojas por planta.

Conforme las plantas iban formando su piña iban aumentando el número de hojas cada mes.

Por el método de reproducción por hijuelos, se empezó a evaluar el número de hojas a partir de tres hojas verdaderas y un ápice, a diferencia de los esquejes y semillas que partieron sin hojas.



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍAS 7 Y 8. Formación de su piña y sus respectivas hojas en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

6. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

El proceso experimental comenzó con la construcción del invernadero la cual tiene una dimensión de $6 \times 6 = 36\text{m}^2$.



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍA 9. Establecimiento del invernadero para la propagación de las plantas en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Se utilizó el invernadero para la propagación de las plantas ya que se necesitaba humedad relativa de 60 por ciento y temperatura de 10⁰C hasta 40 ⁰C, para que las semillas puedan germinar, los esquejes se desarrollen más rápido y los hijuelos puedan emitir raíces.

Se procedió a la preparación del sustrato que fue preparado con tierra negra y cascajo blanco en una proporción de 2:1, es decir dos carretillas de tierra negra y una de cascajo, con esta mezcla obtuvimos el sustrato adecuado para el semillero.

Seguidamente a las fundas de color negro de 25cm de ancho y 29cm de largo se procedió a llenarlas con el sustrato, para el caso de esquejes e hijuelos; mientras que para las semillas se utilizó bandejas de 27cm de ancho y 53cm de largo, como podemos visualizar a continuación.



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍAS 10 y 11. Fundas y bandejas con sustrato para la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Luego se procedió a la recolección del material vegetal y al establecimiento de los tratamientos.

Recolección de hijuelos



FOTOGRAFÍAS 12, 13, 14 y 15. Material vegetal utilizado en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍAS 16 y 17 Selección y siembra de hijuelos para la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

La selección de los hijuelos es una de las etapas más importantes para el establecimiento de la plantación ya que de esto depende en gran medida la calidad de la misma.

Se seleccionó los hijuelos que nos mostró apariencia visual sana, vigorosa, y sin la presencia de insectos nocivos tanto en el follaje, como en raíces y piña.

Arranque de los hijuelos se realizó con un implemento conocido como barretón, que es una placa metálica, que sirve para cortar el rizoma que une al hijuelo con la planta madre. Este corte se realizó de un solo golpe mediante un corte limpio y transversal al rizoma.

Los Hijuelos se procedieron a sembrar a una profundidad de 5cm desde la base superior de la funda, las plantas tenían un promedio de 4 hojas por planta, al momento de la siembra se ajustó bien la planta con el sustrato, evitando que se quede aire en la base de la planta.



Fuente: La investigación. Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍAS 18 y 19. Selección y siembra de esquejes para la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Para la siembra primero se seleccionó esquejes que estén rectos, que sean homogéneos, que tengan los mismos tamaños y que tengan apariencia visual sana.

Los Esquejes se sembraron a una profundidad de 15cm quedando sobre la superficie de la tierra una dimensión de 5cm de altura de las cuales siguió criando la punta del ápice, formándose una mazorca dando un color verde, las cuales comenzaron a emitir las hojas.



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍAS 20 y 21. Selección y siembra de semillas botánicas para la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Primeramente se recolectaron cápsulas de semillas, esto se recogió de algunas plantas, luego se abrió las cápsulas para sacar las semillas en un recipiente, se seleccionó las semillas negras y blancas, una vez separadas se procedió a seleccionar semillas negras que contengan buenas características como: tamaño, que estén sanas, que contengan membrilla.

Las Semillas se sembraron en bandejas, se utilizaron cuatro bandejas de germinación de las cuales se procedieron a la siembra con la semilla seleccionada, una vez que las bandejas estuvieron listas se procedió al azar a seleccionar 60 cajones de cada bandeja para que una vez que germinen con las condiciones adecuadas se pueda obtener resultados de germinación.

Las semillas blancas no se utilizaron para la siembra ya que estas no tienen membrillas, se hizo un ensayo de germinación y se pudo comprobar que esas semillas no son viables.

Se realiza la propagación por semilla, para obtener nuevas plantas individuales con las características que presentan los genes propios de los gametos masculinos y femeninos. En la reproducción por semillas puede esperarse que se presente variación genética o segregación entre las plantas hijas.



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍA 22. Plantas de agave de la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

A los 25 días de lo que se instaló los tratamientos se puede observar que las plantas están prendidas.



FOTOGRAFÍA 23. Coloración de las hojas en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Los esquejes de color blanco a los 25 días de la siembra se puede observar que ya fueron formando su piña, comenzó a emitir hojas de color verde.



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍA 24. Semilla brotando de la tierra en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

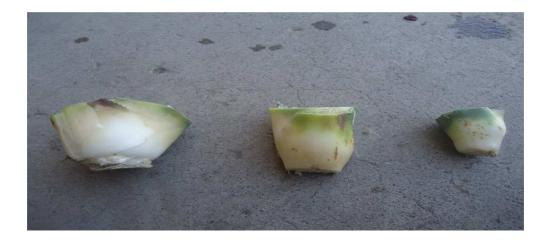
Como se puede observar en la fotografía las semillas a los 25 días de que se realizó la siembra comenzaron a germinar y a salir a la superficie de la tierra.





Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍA 25. Material reproductivo por planta en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

FOTOGRAFÍA 26. Tamaño de la piña en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

7. RESULTADOS Y DISCUCIÓN

7.1. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO

CUADRO 1. Porcentaje de prendimiento en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

		Prendimiento	Plántulas
TRATAMIENTOS	TOTAL	(%)	vivas
HIJUELOS	60	100%	60
ESQUEJES	60	100%	60
SEMILLAS	60	70%	42

Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

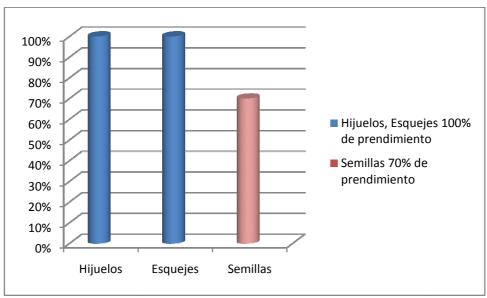


Gráfico1. Porcentaje de prendimiento en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Como se puede observar en el cuadro 1 gráfico 1, tanto los Hijuelos y los Esquejes tienen un porcentaje de prendimiento del 100%, mientras que las semillas obtuvieron un porcentaje de prendimiento del 70%.

Al respecto, Das, 1992, señala que propagar el agave mediante semillas ha presentado problemas, principalmente por la falta de disponibilidad de éstas, debido a que el ciclo de vida del penco azul (*Agave americana*) es de aproximadamente ocho años y es hasta entonces cuando se producen semillas maduras, al igual que el caso de *Agave sisalana* y en otros casos como *Agave victoriae-reginae Moore*, puede pasar de 20 a 30 años para producir semillas maduras.

Aguirre R. et al., 2001, en cambio menciona que cada maguey produce miles de semillas, sin embargo ha observado que son escasas las que germinan y establecen un individuo nuevo en el ambiente silvestre; además las plántulas que logran establecerse, pocas veces prosperan por falta de condiciones adecuadas para su crecimiento, principalmente la escasa humedad en el suelo, por ataque de plagas y enfermedades, también por estar sujeto a polinización cruzada y por tener dificultades para mantener un abasto ordenado como lo indica Tello-Balderas, 1988; Dodd and Donovan, 1999, Eguiarte et al, 2000.

Por otro lado, Binh et al., 1990, indica que la propagación por hijuelos es muy común en agaves, siendo ésta la más utilizada, no sólo por que conserva sus características genéticas, sino porque el desarrollo de las plantas es más rápido y vigoroso que con bulbillos. Además Tello-Balderas, 1988, señala que los magueyes se reproducen con facilidad de manera asexual por vástagos vegetativos, mejor conocidos como hijuelos.

Todo esto concuerda con los resultados obtenidos.

7.2 DÍAS AL TRASPLANTE

CUADRO 2. Días al trasplante, en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

TRATAMIENTOS	DÍAS AL TRASPLANTE
HIJUELOS	62
ESQUEJES	92
SEMILLAS	123

Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

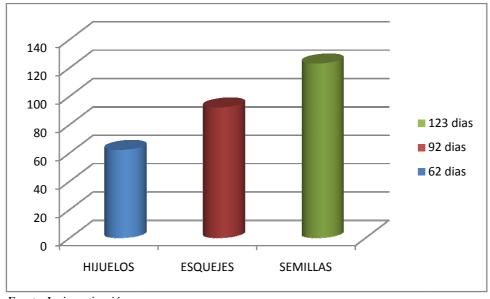


Gráfico 2. Días al trasplante, en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Según el cuadro 2 y gráfico 2 el mejor tratamiento para propagar el penco azul (*Agave americana*) es por hijuelos, ya que el 80% de las plántulas estuvieron listas a los 62 días, lo que concuerda con lo mencionado por (Das, 1992;) que señala que los hijuelos pueden estar listos para el trasplante a partir de los 50 días, dependiendo del tamaño de la piña o cabeza, que puede tener un diámetro estimado de 0.12m a 0.15m, con un peso aproximado que varía de 1.5 a 3 kg., (Uvalle-Bueno, J.X. 1996) tamaño y peso similar al material utilizado en nuestro caso.

A continuación se encuentra la propagación por esquejes con 92 días, al respecto se conoce que este método de reproducción no es muy común por que las condiciones ambientales como humedad, temperatura, viento y precipitaciones son favorables a que se pueda propagar ciertas enfermedades al momento del enraizamiento por lo que es importante darle las condiciones necesarias para su crecimiento.

Finalmente se encuentra la propagación por semillas con 123 días al trasplante, esto concuerda con lo mencionado por (Núñez, 2001) que indica que la germinación es epígea entre épocas de siembra, las hojas cotiledonares comienzan a emerger en promedio de 25 días después que fueron sembradas y están listas para el trasplante a los 120 a 180 días.

7.3 PESO DEL ÁREA RADICULAR

CUADRO 3. Promedios para la variable Peso del Área Radicular (g) en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

	PESO DEL ÁREA		
TRATAMIENTOS	RADICULAR(g)		
	FRESCO	SECO	
HIJUELOS	64.95	39.53	
ESQUEJES	13.81	11.39	
SEMILLAS	0.17	0.09	

Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

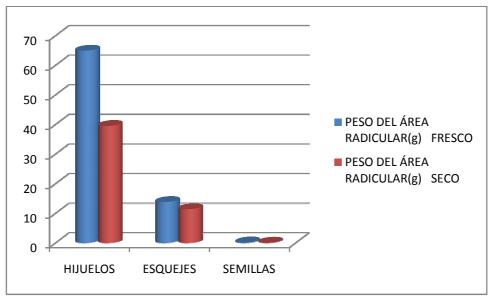


Gráfico 3. Promedios para la variable Peso del Área Radicular (g) en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

De acuerdo al cuadro 3, gráfico 3, se puede observar que el tratamiento por hijuelos contiene mayor cantidad de masa radicular con 39.53 (g), por lo que se puede decir que es el mejor método de propagación pues presentó mejor masa radicular, seguido por el tratamiento por Esquejes con promedio de 11.39 g, finalmente las semillas obtuvieron menor cantidad de masa radicular, un (0.09 g).

Al respecto (Santacruz et, al 1999) señala que la producción endógena de auxinas por parte de las plantas pueden ser suficientes para la iniciación y crecimiento de las raíces adventicias en cabuya azul, de ahí la mejor respuesta con los hijuelos y los esquejes.

El alto porcentaje de enraizamiento conseguido al final de la etapa, al estar en un 80% al 90% no presenta dificultades en cuanto a enraizamiento, corroborado por Roca y Rroginski (1991) para el género agave.

7.4 NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA POR MES.

CUADRO 4. Promedio para número de hojas por planta, por mes en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

PROMEDIO NÚMERO DE HOJAS POR PLANTAS				
TRATAMIENTOS	30 días	60 días	90días	120días
HIJUELOS	5	6	7	10
ESQUEJES	4	4	5	8
SEMILLAS	1	2	3	4

Fuente: La investigación Elaborado: El autor

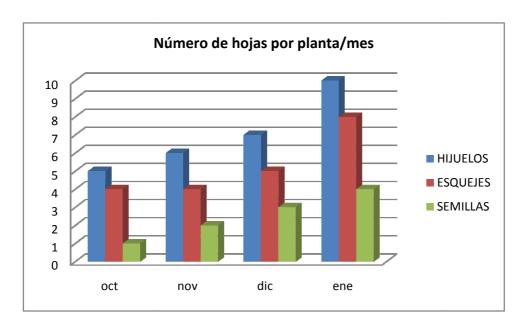


Gráfico 4. Promedio del número de hojas por planta y por mes de los diferentes tratamientos en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Estos datos y gráficos concuerdan con lo mencionado por (Binh et al., 1990; Cedeño, 1995). Menciona que una planta de agave mientras se va formando la piña o cabeza, ésta va emitiendo hojas, mientras más grande sea la piña más número de hojas va a emitir la planta.

Los Hijuelos fueron emitiendo una hoja cada mes, cuando la planta obtuvo los tres meses se ve un número mayor de hojas.

En Esquejes los dos primeros meses se mantuvieron el mismo número de hojas, esto sucedió porque estos no tenían bien formada su cabeza (piña), a partir de los tres meses en adelante se fueron formando las hojas las cuales presentaron un promedio de tres hojas por planta.

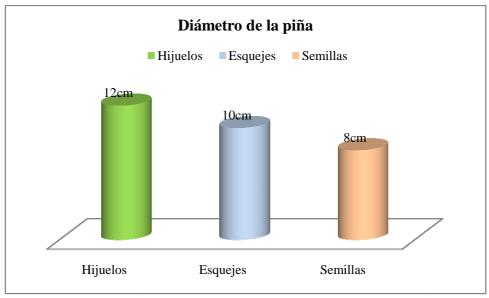
Las Semillas, a partir de los 25 días que germinaron y salieron a la superficie de la tierra fueron incrementando una hoja cada mes, de las cuales se iba formando la piña de las plantas.

7.5 DIÁMETRO DE LA PIÑA

Cuadro 5. Diámetro de la piña (cm) en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha

Diámetro de la piña		
(cm)		
Hijuelos	12 cm	
Esquejes	10 cm	
Semillas	8 cm	

Fuente: La investigación Elaborado por: El autor



Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

Gráfico 5. Diámetro de la piña en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Los datos concuerda con lo mencionado por (DAS, 1992); los parámetros del diámetro estimado de la piña es, tamaño de una toronja 0.15m, naranja regular, 0.12m, lima –limón pequeña 0.08m.

7.6 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Cuadro 6. Costos de producción en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

	Costos do producció	_	
Concepto	Hijuelos	Esquejes	Semillas
Tierra negra	\$3	\$3	\$3
Cascajo	\$2	\$2	\$1
Material vegetal	\$3	\$3	\$ 2
Fundas plásticas	\$2	\$2	\$2
Bandejas de germinación			\$3
Agua	\$ 2	\$ 2	\$ 2
Transporte	\$3	\$5	\$3
Mano de obra	\$ 10	\$ 13	\$ 13
Sarán			\$ 1
Total Costos directos	\$ 25	\$ 30	\$ 30

Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

Cuadro 7. Flujo de efectivo para cada tratamiento en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Flujo de efectivo / tratamiento			
Tratamientos Hijuelos Esquejes Semillas			Semillas
Costo de venta /planta	0.50	0.50	0.50
Costo de producción / planta	0.42	0.50	0.71
Flujo de efectivo	0.08	0.00	- 0.21

Cuadro 8. Beneficio neto en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Beneficio neto			
Tratamientos	Hijuelos	Esquejes	Semillas
Producción /planta	60	60	60
Producción planta investigar	60	60	42
Beneficio campo (50 ctv/planta)	30.00	30.00	21.00
Total costo	25.00	30.00	30.00
Beneficio neto	1.20	1.00	0.70

8. CONCLUSIONES

- El método de reproducción por hijuelos (T1) es el que presentó las mejores características en cuanto a calidad (peso de masa radicular 39.53g, mayor tamaño de piña con promedio de 12cm y mayor número de hojas por planta 10), tiempo (número de días al trasplante 62) y volumen (100% de prendimiento), seguido por el tratamiento T2 (reproducción por esquejes) con un peso de masa radicular (11.39g), tamaño de la piña (10cm), número de hojas por planta (8), número de días al trasplante (92) y también tuvo 100% de prendimiento, mientras que el tratamiento T3 por semillas fue el método menos eficiente ya que tuvo un promedio de peso de raíz de 0.09g, tamaño de la piña (8cm), número de hojas por planta (4), mayor número de días al trasplante (123) y 70% de prendimiento.
- Al realizar el análisis de costo / beneficio el tratamiento por hijuelos es el método económicamente más rentable ya que presenta un beneficio neto de 1.20 dólares, en cambio el método por semillas resultó más costoso con un beneficio neto de 0.70 dólares.
- Para la especie de penco azul (*Agave americana*), la reproducción asexual y
 más específicamente la reproducción por hijuelos, es más eficiente que la
 reproducción sexual, además de que se tiene la seguridad de que se obtendrá
 plantas genéticamente iguales a la planta madre.
- Si bien la reproducción sexual no presentó los mejores resultados en las variables evaluadas, este método tiene la ventaja que permite disponer de mayor cantidad de material reproductivo, así: una planta produce un promedio de 20hijuelos/planta, 8 esquejes/planta y 7000 semillas botánicas viables/planta, dato indispensable a la hora de instalar un vivero o cultivo comercial.

9. RECOMENDACIONES

- Para la reproducción de agave (Agave americana) bajo condiciones controladas (invernadero), se recomienda utilizar el método de reproducción por hijuelos ya que presentó los mejores resultados en cuanto a prendimiento, mejor masa radicular, tamaño de piña, número de hojas y mejor beneficio neto, a más de que se garantiza las características genéticas de la planta madre.
- Si el objetivo de la reproducción es a nivel comercial, se recomienda utilizar el método de propagación por semilla (previa selección por el alto porcentaje de semilla no viable) ya que la disponibilidad de material vegetal es mayor.
- Realizar investigaciones para probar más métodos de propagación asexual, como puede ser la micropropagación para obtener mayor cantidad de plantas en menor tiempo

10. RESUMEN.

La investigación intitulada "Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), se llevó a cabo en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha", cuyo objetivo general fue "Evaluar tres métodos de reproducción (semillas, hijuelos, esquejes) de penco azul, para mejorar la eficiencia en la producción de plantas destinadas al cultivo extensivo" y los objetivos específicos fueron:

Contrastar las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de reproducción, identificar el método que presente las mejores características en calidad tiempo y volumen, realizar el análisis del costo beneficio.

Para ello se propusieron 3 tratamientos:

- T1 Reproducción por hijuelos
- T2 Reproducción por esquejes
- T3 Reproducción por semillas

Las variables evaluadas fueron:

Porcentaje de prendimiento Días al trasplante Peso de raíz Número de hojas por planta Tamaño de piña

Para el análisis de los resultados se contrastó los datos de cada tratamiento

Al finalizar la investigación se concluye que:

El método de reproducción por hijuelos (T1) es el que presentó las mejores características en cuanto a calidad (peso de masa radicular 39.53g, mayor tamaño de piña con promedio de 12cm y mayor número de hojas por planta 10), tiempo (número de días al trasplante 62) y volumen (100% de prendimiento), seguido por el tratamiento T2 (reproducción por esquejes) con un peso de masa radicular (11.39g),

tamaño de la piña (10cm), número de hojas por planta (8), número de días al trasplante (92) y también tuvo 100% de prendimiento, mientras que el tratamiento T3 por semillas fue el método menos eficiente ya que tuvo un promedio de peso de raíz de 0.09g, tamaño de la piña (8cm), número de hojas por planta (4), mayor número de días al trasplante (123) y 70% de prendimiento.

Al realizar el análisis de costo / beneficio el tratamiento por hijuelos es el método económicamente más rentable ya que presenta un beneficio neto de 1.20 dólares, en cambio el método por semillas resultó más costoso con un beneficio neto de 0.70 dólares.

Para la especie de penco azul (*Agave americana*), la reproducción asexual y más específicamente la reproducción por hijuelos, es más eficiente que la reproducción sexual, además de que se tiene la seguridad de que se obtendrá plantas genéticamente iguales a la planta madre.

Si bien la reproducción sexual no presentó los mejores resultados en las variables evaluadas, este método tiene la ventaja que permite disponer de mayor cantidad de material reproductivo, así: una planta produce un promedio de 20hijuelos/planta, 8 esquejes/planta y 7000 semillas botánicas viables/planta, dato indispensable a la hora de instalar un vivero o cultivo comercial.

Por lo que se recomienda lo siguiente:

Para la reproducción de agave (*Agave americana*) bajo condiciones controladas (invernadero), se recomienda utilizar el método de reproducción por hijuelos ya que presentó los mejores resultados en cuanto a prendimiento, mejor masa radicular, tamaño de piña, número de hojas y mejor beneficio neto, a más de que se garantiza las características genéticas de la planta madre.

Si el objetivo de la reproducción es a nivel comercial, se recomienda utilizar el método de propagación por semilla (previa selección puesto que existe un alto porcentaje de semilla no viable) ya que la disponibilidad de material vegetal es mayor.

Realizar investigaciones para probar más métodos de propagación asexual, como puede ser la micropropagación para obtener más plantas en menor tiempo.

SUMMARY

nursery

The research entitled "Evaluation of three methods reproduction of the blue nag (*Agave americana*), it was held in the Tocachi Parish, Pedro Moncayo Canton Pichincha Province," The general objective was "to evaluate three methods of reproduction (seeds, suckers, cuttings) of the blue nag, to improve the efficiency in the production of plants to the extensive cultivation "and the specific objectives were:

Contrasting the advantages and disadvantages of the different methods of reproduction, identifying the method that provides the best features as time and volume, performing the cost-benefit analysis.

For T1 T2 T3	this	we reproduction reproduction Reproduction	propos	ed by by by	3	treatments: suckers cuttings seeds
The		variables		evaluated		were:
Percentage Days Root Number Size		to of	of leaves	the	per	surviving transplant weight plant cone

For the analysis of the results we compared the datas for each treatment After the investigation concluded we that: The method of reproduction by runners (T1) is the one that presented the best characteristics in terms of quality (weight of root mass 39.53g, larger cone with an average of 12cm and a greater number of leaves per plant 10), time (number of Days to transplant 62) and volume (100% of engraftment), followed by treatment T2 (reproduction by cuttings) with a weight of root mass (11.39g), size of the cone (10cm), number of leaves per plant (8), number of days to the transplant (92) and also it had 100% of seizure, while the treatment T3 by seeds was the least efficient method because it had an average root weight of 0.09g, size cone (8cm), number of leaves per plant (4), more days to the transplant (123) and 70% of engraftment.

When we analyze the cost / benefit treatment by runners is the most economically and efficient method because it has a profit of \$ 1.20, however the method by seeds was more expensive with profit 0.70. For the kind of blue nag (Agave americana), asexual reproduction and more specifically the reproduction by runners, is more efficient than sexual reproduction, plus you have the assurance that they will get plants genetically identical main the While the sexual reproduction did not show the best results in the evaluated variables, this method has the advantage that allows greater availability of reproductive material, a plant produces an average of 20suckers/plant, 8 cuttings / plant and 7000 seeds botanical viables / plant, essential data when we install a

For this reason we recommended that:

or

crop.

For the reproduction of agave (*Agave americana*) under controlled conditions (greenhouse), we recommend using the method of reproduction by runners because it presented the best results in terms of engraftment, better root mass, size cone, leaf number and best benefit over ensuring the genetic characteristics of the parent plant.

If the aim of reproduction is a commercial level, we recomend the method of propagation by seed (selection since there is a high percentage of seed is not feasible) due to the availability of plant material is greater. Conducting research is to try more methods of asexual propagation, such as micropropagation to get more plants in less time.

11. BIBLIOGRAFÍA

BAUTISTA, N. (2006). Estudio "Químico Bromatológico del Aguamiel" México.

BIZER, C. (2008). ales, H., Gomez, 2005, 'Biología Floral del Agave.

DAS, T. (1992). Micropropagación of agave sisalana. Plant cell.Tiss Organ Culture31: 253-255.

FLORES, L. C. (2002). Diagnóstico del sistema de producción del agave con enfasis en problemas fitosanitarios pp 63-95.

FLORES, L., H. E., J. A. Ruiz C., R. A. Martínez P., D. R. González E. y L. Nava V. 2003. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el estado de Jalisco: Distrito de Desarrollo Rural 066 Lagos de Moreno. Folleto Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRPAC-C.E. Altos de Jalisco. Tepatitlán, Jal. México. 54 p.

HRISTOV, A. (2004). "Agave americana" México.

MORA C. (1910). Monografía "De algunas Plantas Textiles y Tintóreas de la Provincia de Loja",La organización Escolar, publicación mensual. Loja, Enero y Febrero. Nos 19 y 20.

ORONOZ, M. (1983). Tratado elemental de Botánica. Científico Latino Americana. Larios, 663-664. México.

PARDO, O. .. (2005). El agave americano (Agave americano L.) uso alimentario en el Perú.Chloris Chilensis Año 8 N.2.URL:http://www.chlorischile.cl.

ROST Tomas L, a. T. (1979). Botánica: breve introducción a la biología vegetal. New York: Wiley. Pages 55-170.

SANTACRUZ, R. (1999). Efficient in vitro propagation of agave parrosana.Berger.Plant cell,Tissue and Organ Culture, 56: 163-167.

SMITH, M. (1990). Growth and yield characteristics of dwarf off-types recovered from tissuc-cultured bananas, Aupt, J, Exp. Agric 30: 575-578.

SRIVASTAVA, L. (2002). Crecimiento y desarrollode las plantas: hormonas y ambiente natural. Amsterdam: Academic Press. Page 140.

TELLOS-BALDERAS, J. (1988). Análisis gráfico-tabular de los problemas silvestres de maguey mezcalero. Tesis de maestrias en Ciencias colegio de Posgrados. Chapingo-México.

12. ANEXOS

ANEXO No 1. Tablas de datos levantados para variables a lo largo del experimento.

Datos levantados en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave Americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha"

ANEXO No 1. Datos levantados para el variable porcentaje de prendimiento en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave Americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO		
PLANTAS ENRAIZADAS MUERTA		
HIJUELOS	100%	
ESQUEJES	100%	
SEMILLAS	70%	30%

ANEXO No 2 Datos levantados para la variable días al trasplante de los diferentes métodos en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave Americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

DIAS AL TRANSPL	ANTE
HIJUELOS	62
ESQUEJES	92
SEMILLAS	123

ANEXO No 3. Tabla de datos levantados para la variable peso del área radicular fresco y seco en hijuelos en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave Americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

	PESO RAIZ	PESO RAIZ
	FRESCA	SECA
N	HIJUELOS	HIJUELOS
1	49.7	32
2	60.6	36.8
3	66.3	41.5
4	64.9	39.5
5	146.6	88.4
6	41.2	28.1
7	80.7	48.1
8	79.1	45.6
9	68.4	39.5
10	39.6	32.3
11	115.5	74.4
12	122.8	69.7
13	77.8	45.9
14	87.2	49.9
15	71.2	41.4
16	60.3	37.7
17	69.9	43
18	85.4	51.9
19	60.7	41.7
20	77.6	47.7
21	76.3	48.8
22	65.1	38.9
23	82.6	53.7
24	60.1	40.1
25	48.2	30.1
26	44.3	52.3
27	123.7	78.1
28	80.3	48.6
29	111.5	66.3
30	94.2	42.5
31	39.5	28.8
32	90.2	24.9
33	44.6	27
34	72.9	42.9
35	60.8	38.2
36	52.8	33.2
37	58.8	35.5
38	103.1	58.5
39	95.3	56.5

40	61.5	56.1
41	64.7	36.1
42	84.3	51.8
43	69.2	42.2
44	56.2	27.9
45	44.9	26.4
46	47.3	27.7
47	98.8	30.3
48	52.5	32.8
49	47.2	28.9
50	47.8	21.4
51	26.4	20.3
52	29.7	24.1
53	39.9	24.7
54	27.9	19.7
55	33.6	23
56	18	16
57	33.1	23.4
58	35.4	22.7
59	33	22.8
60	15.8	13.5
Total	3897	2371.8
М	64.95	39.53

ANEXO No 4. Tabla de datos levantados para la variable peso del área radicular fresco y seco en esquejes en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (Agave Americana), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

	PESO RAIZ	PESO RAIZ
	FRESCA	SECA
N	ESQUEJES	ESQUEJES
1	18.4	13.8
2	15.7	14.7
3	20.1	15.8
4	13.5	13
5	10.8	10
6	9.5	8.9
7	37.5	28.9
8	18.1	15.2
9	22.4	17.3

10	28.7	20.5
11	19.3	14.5
12	17.1	15
13	22.1	16.2
14	6.7	5.9
15	11.7	10.3
16	8.4	7.2
17	18.6	15.2
18	14.6	13.4
19	19	16
20	5.3	5
21	16.2	13
22	12.5	11.6
23	14.9	12.1
24	9.6	9
25	10.3	9.6
26	11.8	10.1
27	18	15
28	19	15.7
29	22.8	16.2
30	22.8	17.2
31	13.5	10.9
32	36.6	20.6
33	9.1	8
34	15.9	12.4
35	12.8	11.7
36	8.2	7
37	18.2	15.1
38	12	10.9
39	15.4	12.4
40	11.7	10.7
41	18.7	14.4
42	4.2	3.6
43	16.8	15.2
44	7.3	6.5
45	5	4.3
46	15.1	13.4
47	14.8	12.5
48	8.1	7.8
49	3.8	2.5
50	11.1	10.8
51	9.1	8.7
52	8.6	7.3
53	5.4	4.2
54	3.7	3

		<u>.</u>
55	7.6	7
56	9.5	8.5
57	15.9	14.8
58	6.6	5.9
59	4.9	4
60	3.6	3
Т	828.6	683.4
М	13.81	11.39

ANEXO No 5. Tabla de datos levantados para la variable peso del área radicular fresco y seco en semillas en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave Americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

	PESO RAIZ	
	FRESCA	SECA
N	SEMILLAS	
1	0.3	0.2
2	0.1	0.05
3	0.2	0.1
4	0.1	0.05
5	0.1	0.05
6	0.3	0.2
7	0.1	0.05
8	0.2	0.1
9	0.2	0.1
10	0.3	0.2
11	0.1	0.05
12	0.2	0.1
13	0.3	0.2
14	0.1	0.05
15	0.2	0.1
16	0.3	0.2
17	0.1	0.05
18	0.1	0.05
19	0.1	0.05
20	0.2	0.05
21	0.1	0.05
22	0.1	0.05
23	0.1	0.05

24	0.1	0.05
25	0.1	0.05
26	0.3	0.2
27	0.3	0.2
28	0.2	0.1
29	0.1	0.05
30	0.1	0.05
31	0.3	0.2
32	0.2	0.1
33	0.2	0.1
34	0.1	0.05
35	0.1	0.05
36	0.3	0.2
37	0.1	0.05
38	0.1	0.05
39	0.1	0.05
40	0.1	0.05
41	0.1	0.05
42	0.2	0.1
43	0.2	0.1
44	0.2	0.1
45	0.2	0.1
46	0.2	0.1
47	0.1	0.05
48	0.1	0.05
49	0.1	0.05
50	0.1	0.05
51	0.2	0.1
52	0.2	0.1
53	0.2	0.1
54	0.2	0.1
55	0.3	0.2
56	0.1	0.05
57	0.2	0.1
58	0.2	0.1
59	0.1	0.05
60	0.3	0.2
Т	10.2	5.6
М	0.17	0.09

ANEXO No 6. Tabla de datos de la variable numero de hojas por planta de hijuelos en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave Americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

	NUMEROS DE HOJAS POR PLANTA DE HIJUELOS			
N	25-oct	25-nov	25-dic	25-ene
1	3	6	7	9
2	4	6	7	10
3	6	7	8	11
4	4	6	7	11
5	6	7	8	9
6	3	4	6	9
7	6	8	9	12
8	6	7	8	10
9	6	7	8	10
10	5	6	7	10
11	6	7	8	11
12	5	6	7	9
13	6	7	8	10
14	5	6	7	10
15	6	7	7	11
16	5	6	7	11
17	4	5	6	9
18	5	6	7	10
19	5	6	8	10
20	5	6	7	9
21	6	7	9	11
22	6	7	8	10
23	7	8	9	10
24	5	6	9	9
25	5	6	9	9
26	6	7	8	12
27	6	8	9	9
28	3	4	9	10
29	5	6	6	11
30	6	7	8	11
31	5	6	8	10
32	6	7	8	11
33	5	6	8	9
34	6	7	8	10
35	4	5	7	9

36	4	5	6	9
37	5	6	7	11
38	6	7	8	12
39	6	8	10	14
40	5	6	7	10
41	5	6	7	10
42	7	8	10	12
43	5	6	7	11
44	5	6	7	10
45	5	6	8	12
46	5	6	8	10
47	5	6	7	10
48	6	7	8	12
49	4	5	7	10
50	6	7	8	12
51	5	6	7	10
52	4	5	6	9
53	5	6	7	9
54	4	5	6	9
55	5	6	7	10
56	5	6	6	8
57	5	6	7	12
58	4	5	6	9
59	5	7	7	9
60	5	6	7	10
Т	308	376	451	612
М	5.1	6.3	7.5	10.2

ANEXO No 7. Tabla de datos de la variable numero de hojas por planta de esquejes en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave Americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

NUMERO DE HOJAS ESQUEJES			
N	25-nov	25-dic	25-ene
1	3	4	9
2	4	6	9
3	4	5	8
4	4	6	9
5	4	5	8
6	4	5	10

7	5	7	9
8	4	6	9
9	4	6	9
10	4	6	10
11	4	6	10
12	5	6	10
13	5	7	8
14	4	6	9
15	4	7	10
16	5	6	8
17	5	6	8
18	5	6	7
19	5	6	9
20	4	6	9
21	4	6	9
22	1	2	6
23	3	4	8
24	6	8	10
25	4	6	8
26	3	4	7
27	5	7	8
28	5	7	11
29	5	7	10
30	5	7	9
31	4	6	8
32	5	6	9
33	5	6	8
34	4	5	8
35	6	8	9
36	6	7	9
37	5	7	9
38	3	5	8
39	5	6	7
40	4	5	8
41	5	7	9
42	5	6	7
43	6	7	8
44	4	5	8
45	5	6	9
46	5	6	9
47	5	6	8
48	4	5	9
49	5	6	7
50	4	6	8
51	3	4	7

52	5	6	7
53	4	5	7
54	3	5	7
55	4	6	7
56	4	5	8
57	5	6	7
58	3	5	7
59	3	4	7
60	2	3	7
Т	258	346	500
М	4.3	5.8	8.3

ANEXO No 8. Material reproductivo por planta en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Material reproductivo /planta			
	Planta	# Plantas	
Tratamientos	investigar	reproducidas	
Hijuelos	1	14	
Esquejes	1	20	
Semillas	1	70	

Fuente: La investigación Elaborado por: El autor

ANEXO No 8.1 Material reproductivo por planta en la Evaluación de tres métodos de reproducción del penco azul (*Agave americana*), en la Parroquia Tocachi, Cantón Pedro Moncayo Provincia Pichincha.

Material reproductivo semilla/ planta		
Material investigar	Cantidad	Porcentaje
Número de cápsulas /planta	538	100%
Número de semillas/cápsula	400	100%
Número de semillas no viables	300	75%
Número de semillas viables	100	25%
% de germinación	70	70%