



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias de la Vida

“Diseño de la metodología de injertación y el plan de fertilización para la producción de sandía, en la comuna Loma Alta, provincia de Santa Elena.”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y BIOLÓGICO

Presentado por:

Natalia Paola Rebutti Delgado

Debbie Paola Llandán Pezo

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi sustento y refugio en todo momento.

A mis amados padres, que gracias a su aliento y apoyo incondicional he logrado culminar mi etapa universitaria.

A mis queridas tutoras, la MSc. Malena Torres y la Dra. María Isabel Jimenez, quienes nos mostraron su confianza, guía y apoyo absoluto en el desarrollo de este proyecto.

A Paola, por ser una gran compañera de trabajo y mostrar su dedicación en la realización del proyecto.

A los agricultores de la Comuna Loma Alta, quienes nos recibieron amablemente para desarrollar este trabajo.

A Jaime Naranjo, por su colaboración desinteresada durante este proceso.

Natalia Paola Rebutti Delgado

A Dios, por sus bendiciones puestas en mi vida todos los días.

A mis padres, Jorge e Isabel, por su confianza, esfuerzo diario y por permitirme seguir con mis estudios universitarios.

A Danny, por ser parte de mi vida y por su apoyo incondicional.

A mis tutoras, Dra. María Isabel y la MSc. Malena Torres, que confiaron y creyeron en mí desde el inicio.

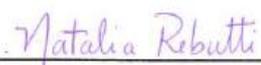
A Natalia, mi compañera de titulación, por su comprensión y enseñanza.

De manera especial a mis amigas y compañeros.

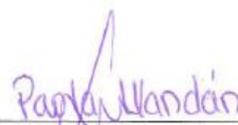
Debbie Paola Llandán Pezo

DECLARACIÓN EXPRESA

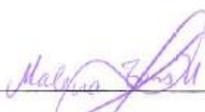
"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Natalia Paola Rebutti Delgado



Debbie Paola Llandán Pezo



Angélica Malena Torres Ulloa, MSc

TUTOR DE MATERIA
INTEGRADORA



María Isabel Jiménez Feijoo, PhD.

CO - TUTOR DE MATERIA
INTEGRADORA

RESUMEN

Santa Elena es una de las principales provincias productoras de sandía en Ecuador. No obstante, los suelos de esta zona son propensos a presentar problemas de salinidad. Estas condiciones afectan la producción del cultivo de sandía, debido a que es una planta moderadamente sensible a condiciones salinas. Por esta razón, la práctica de injertos, usando patrones tolerantes a salinidad ha surgido como una alternativa para enfrentar esta problemática. Por tal motivo, el presente estudio tuvo como objetivo diseñar el plan de fertilización y la metodología de producción de sandía injertada, utilizando calabaza (*Cucurbita moschata* Duchesne) como patrón. Para la determinación del plan de fertilización se realizaron cálculos a partir de los resultados del análisis de suelo y los requerimientos del cultivo de sandía. El tipo de fertilizante se seleccionó considerando las características físicas y químicas del suelo. Además, se definieron las características agronómicas de la calabaza para ser utilizada como patrón y se evaluó el porcentaje de germinación de semillas húmedas y secas. Por otra parte, se propuso una metodología de injerto de sandía apropiada para los agricultores de Loma Alta, para lo cual se desarrollaron talleres con 15 agricultores y se evaluaron tres métodos de injerto: aproximación, inserción y cotiledón. Las características agronómicas que deben tener los frutos de calabaza para la selección de semillas: 17 - 21 cm de altura, 2 - 4 kg de peso y tener 100 - 200 semillas llenas. Las plántulas de calabaza están aptas para ser injertadas con sandía a los 14 días después de la siembra y deben tener 2 hojas verdaderas, altura de tallo de 4 a 8 cm y un diámetro de tallo de 2 a 4 mm. El porcentaje de germinación de las semillas secas fue de 99%, mientras que el de semillas frescas fue de 62%. El método de injerto apropiado para las condiciones de los agricultores de Loma Alta es el de Aproximación.

Palabras Claves: patrón, salinidad, injerto de aproximación

ABSTRACT

*Santa Elena is one of the major watermelon producing provinces in Ecuador. Nevertheless, the soil in this area is prone to salinity. This condition affects the production of watermelon, because it is a salt moderately sensitive crop. For this reason, grafting watermelon onto salt tolerant rootstock is an alternative to deal this problem. Therefore, the aim of this study was to design the fertilization program and a grafting method for watermelon production, using squash (*Cucurbita moschata* Duchesne) as rootstock. The fertilization program was done from the results of the soil test and the nutrient requirements of watermelon. The type of fertilizer was selected according to the physical and chemical soil properties. In addition, the agronomic characteristics of squash to be used as a rootstock were defined and the germination percentage of wet and dry seeds was evaluated. On the other hand, a suitable grafting method for farmers in Loma Alta was proposed; for that, a training with 15 farmers was developed, where three grafting methods were evaluated, which are: tongue approach, hole insertion and one cotyledon. The appropriate agronomic characteristics of the squash fruits for seed selection are: 17 to 21 cm in height, 2 to 4 kg in weight and 100 to 200 of seeds. The squash seedlings are ready to be grafted with watermelon at 14 days after planting and they must have two true leaves, 4 to 8 cm in stem height and 2 to 4 mm in stem diameter. The germination percentage of the dried seeds was 99%, while for the fresh seeds was 62%. The grafting method appropriate for the farmer's conditions in Loma Alta is the Tongue Approach Grafting.*

Keywords: *Rootstock, salinity, tongue approach grafting.*

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ABREVIATURA	ix
SIMBOLOGÍA	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	2
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Marco teórico.....	3
Generalidades del cultivo de sandía	3
Generalidades del cultivo de calabaza.....	4
La práctica de Injertos en hortalizas	4
Efectos de la salinidad en la fisiología de los cultivos.....	5
Suelos característicos del cantón Santa Elena.	5
CAPÍTULO 2.....	7
2 METODOLOGÍA DE DISEÑO.....	7
2.1 Localización y entorno geográfico	7
2.2 Determinación de un plan de fertilización para la zona de Loma Alta	8
2.3 Evaluación de parámetros agronómicos del portainjerto.....	9

2.3.1	Evaluación de parámetros agronómicos del fruto de la calabaza.	9
2.3.2	Evaluación de parámetros agronómicos de las plántulas de calabaza.	9
2.4	Propuesta de una metodología de injerto.	11
CAPÍTULO 3.		13
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
3.1	Plan de Fertilización.	13
3.2	Evaluación de las características agronómicas de la calabaza como patrón. ...	14
3.3	Propuesta de la metodología de injerto.	16
3.3.1	Procedimiento del método de injerto.	18
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		22
BIBLIOGRAFÍA.		23

ABREVIATURA

MSNM	Metros sobre el nivel del mar
SPP	Varias especies dentro de un género
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GADPC	Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Colonche
M.D.PM	Matorral Desértico Pre-Montano
CINCAE	Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar del Ecuador
DDS	Días después de la siembra
RAS	Relación de adsorción de sodio
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
CE	Conductividad eléctrica

SIMBOLOGÍA

ha	Hectárea
%	Porcentaje
dS/m	DeciSiemens por metro
pH	Potencial de hidrógenos
m	Metro
Na	Sodio
Cl	Cloro
NO ₃ ⁻	Nitrato
SO ₄ ²⁻	Sulfato
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
K	Potasio
Fe	Hierro
P	Fósforo
Mn	Manganeso
B	Boro
Zn	Zinc
°C	Grado centígrados
mm	Milímetros
cm	Centímetros
Kg	Kilogramos
NH ₄ H ₂ PO ₄	Fosfato monoamónico
(NH ₄) ₂ SO ₄	Sulfato de amonio
K ₂ SO ₄	Sulfato de potasio
(NH ₄)(NO ₃)	Nitrato de amonio
H ₃ BO ₃	Ácido bórico
ZnSO ₄	Sulfato de zinc
KNO ₃	Nitrato de potasio
N	Nitrógeno
p	Valor p en estadística
°C	Grados centígrados
cmol Kg ⁻¹	Centimol por kilogramo

ton/ha Toneladas por hectárea

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Fruto de sandía (<i>Citrullus lanatus</i> Thunb.)	3
Figura 1-2: Fruto de zapallo manabita (<i>Cucurbita moschata</i> Duchesne)	4
Figura 2-1: Ubicación geográfica de la Comuna Loma Alta.	7
Figura 2-2: Diagrama ombrotérmico del cantón Santa Elena.	8
Figura 2-3: Curva de absorción de nutrientes para el cultivo de sandía.	8
Figura 2-4: Medición del diámetro y altura de la calabaza, utilizando una forcípula.	9
Figura 2-5: Secado de las semillas de los diez frutos de calabaza.	10
Figura 2-6: Ensayo de semillas secas (izq.) y húmedas (der.) de calabaza a los 10 días después de siembra.	10
Figura 2-7: Medición de la altura y diámetro de tallo de una plántula de calabaza.	11
Figura 2-8: Practica de injerto con agricultores de la Comuna Loma Alta.	12
Figura 3-1: Plántula de calabaza	15
Figura 3-2: Porcentaje de germinación en ensayos de semillas húmedas y secas.	16
Figura 3-4: Porcentaje de dificultad de cada método de injerto.	17
Figura 3-5: Selección de plántulas de calabaza (izq.) y de sandía (der.) para injertar.	18
Figura 3-6: Corte de la plántula de calabaza.	19
Figura 3-7: Corte de la plántula de sandía.	19
Figura 3-8: Unión de las plántulas de calabaza y sandía.	19
Figura 3-9: Envoltura del corte con parafilm.	20
Figura 3-10: Corte de la parte superior del patrón.	20
Figura 3-11: Corte de la parte inferior de la sandía.	20
Figura 3-12: Trasplante del injerto a campo	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Plan de fertilización para el cultivo de sandía injertada en la zona de Loma Alta.	13
Tabla 2. Características del fruto de calabaza.	14
Tabla 3. Características de la plántula de calabaza como patrón de injerto.	14
Tabla 4. Porcentaje de germinación en ensayos de semillas húmedas y secas.	15
Tabla 5. Análisis estadístico de los datos de germinación.	16
Tabla 6. Resultados de la encuesta de la dificultad de aprendizaje de tres técnicas de injerto.	17

INTRODUCCIÓN

Los injertos en hortalizas se realizaron por primera vez en Korea y Japón a finales de 1920, injertando sandía con patrones de calabaza con el fin de evitar problemas causados por *Fusarium* spp. [1]. A partir de este experimento, la práctica de injerto en hortalizas se expandió a otros países de Asia, Europa, África del Norte y Centro América; siendo España, Francia, Holanda, Italia y Japón, los países que presentan mayor desarrollo en esta temática [1]–[3]. Es así que, la producción mundial ha llegado a 651 millones de plantas de hortalizas injertadas al año, en un área aproximada de 30000 ha en campo abierto y 15000 ha bajo invernaderos [2].

La práctica de injertación hortícola se ha desarrollado en especies pertenecientes a la familia Solanacea, tales como: tomate, pimiento y berenjena; y de la familia Cucurbitacea, como: sandía, melón y pepino. De las cuales, la sandía es uno de los principales cultivos injertados a nivel mundial [4]. La sandía es usualmente injertada con los siguientes patrones: *Cucurbita máxima* x *Cucurbita moschata*, *Lagenaria siceraria* y *Cucurbita* spp. [5].

La técnica de injerto en hortalizas es usada para mejorar la absorción de nutrientes e incrementar la tolerancia en las plantas a condiciones de estrés causados por factores bióticos o abióticos. Uno de los factores abióticos que afecta a la mayoría de los cultivos es la salinidad, cuya importancia en la producción agrícola ha incrementado de manera considerable. Puesto que, el área de suelo afectada por la salinidad ha aumentado drásticamente, debido al uso inadecuado de fertilizantes químicos y la sobreexplotación de los acuíferos. Es así que, la tercera parte de las tierras bajo riego del mundo son afectadas en algún grado por la salinidad [1].

CAPÍTULO 1

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La salinidad es uno de los factores abióticos que perjudica el normal desarrollo de los cultivos, cuyos efectos se ven reflejados en la pérdida de turgencia, reducción en el crecimiento e inclusive la muerte de la planta [6]. El cultivo de sandía es considerado moderadamente sensible a la salinidad, presentando reducciones en la productividad de 10%, 25% y 50%, frente a niveles salinos de 2.5, 3.5 y 4.5 dS/m, respectivamente [7].

El problema de la salinidad en el desarrollo del cultivo de sandía se acentúa en regiones áridas y semi-áridas, donde los suelos son propensos a acumular sales debido a la falta de agua. Además, en estas regiones, el agua disponible para riego usualmente posee un alto contenido de sales, lo que incrementa el problema de la salinidad [8]. En Ecuador, una de las principales provincias productoras de sandía es Santa Elena, con un total de 335 ha de superficie cosechada [9]. Dicha provincia posee suelos propensos a problemas de salinización, puesto que es una región costera con características áridas y semi-áridas. Por otro lado, el 25% de los suelos del cantón Santa Elena pertenecen al orden Aridisol, los cuales son susceptibles a salinización, debido a que presentan acumulaciones de sodio, calcio y yeso [10].

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Diseñar el plan de fertilización y la metodología de producción de injertos de sandía utilizando un patrón tolerante a salinidad.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar un plan de fertilización para la zona de Loma Alta.
- Definir las características agronómicas de un patrón para injertos de sandía, tolerante a salinidad.
- Proponer una metodología de injerto apropiada a las condiciones técnicas y socio-económicas de los agricultores de Loma Alta.

1.2 Marco teórico

Generalidades del cultivo de sandía

La sandía es una cucurbitacea del genero *Citrullus*, originaria del sur de África de climas calientes y cálidos, las variedades cultivadas en el Ecuador son híbridos de la especie *lanatus* [11].

Es una planta anual de hábito rastrero o trepador que puede llegar hasta los 10 metros de largo. Sus hojas son grandes y lobuladas, posee flores amarillas atrayentes de insectos por su color, aroma y néctar para su polinización, su fruto es una baya globosa de colores variables, cuyo principal uso es el comestible [11].

La mayoría de los cultivares están adaptados hasta los 1785 msnm. En nuestro país su periodo de siembra va desde octubre hasta febrero y la cosecha inicia desde los 120 - 150 días después de la siembra [12].

La humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo de sandía es entre el 65-75%, en el estado de floración entre el 60-70% y en la etapa de fructificación entre el 55-65%. El cultivo de sandía no es muy exigente en cuanto a suelos, aunque su desarrollo óptimo se da en suelos con altos contenidos de materia orgánica, profundos, aireados y bien drenados. El pH óptimo para el desarrollo de la sandía está entre 6 y 7. Es un cultivo moderadamente tolerante a sales en el suelo como en el agua de riego, con valores máximos aceptables de: 2,2 Ds/m en el suelo y 1,5 Ds/m en el agua de riego [13].

En el Ecuador el cultivo de sandía tiene una extensión de 1457 ha cosechadas, siendo las principales provincias productoras Guayas, Santa Elena y Manabí. Las variedades más cultivadas en el Ecuador son la Royal Sweet, Royal Charleston, Crimson Glori, Charleston Gray, Placock-improved, Barón, Sun sugar [14].

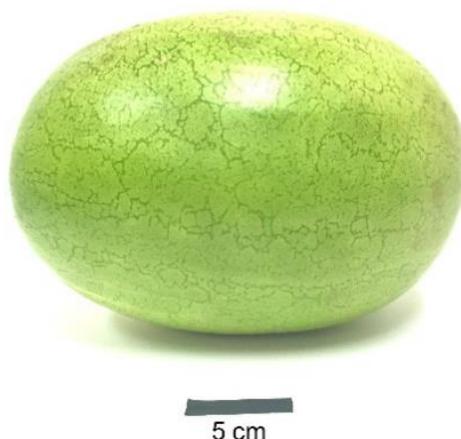


Figura 1-1: Fruto de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.)

Generalidades del cultivo de calabaza

La calabaza es una cucurbitacea, cuyo nombre científico es *Cucurbita moschata*. El centro de origen de esta planta es al sur de México, Guatemala y Panamá en América Central, y se extiende hasta Colombia y Venezuela [15].

Es una planta que se adapta a diferentes climas, temperaturas y altitudes; además es de fácil manejo y crecimiento. La altura óptima para el cultivo de calabaza esta entre los 500-2500 msnm. Sus nombres comunes son: Winter squash (en inglés), zapallo rosita y calabaza [15]

La planta de calabaza tiene un sistema radicular pivotante y grueso, el cual puede llegar en su estado de madurez a una profundidad 1.80 m. Posee un tallo trepador, hojas grandes, con lóbulos foliares poco marcados y un lóbulo apical en punta. Su fruto es una baya ínfera, uno de los más grandes del reino vegetal, es indehiscente con el pericarpio carnoso. Sus semillas son grandes, chatas, ovadas, y una de las extremidades termina en punta [15].

Se ha evidenciado que *C. moschata* es una planta tolerante a salinidad y puede ser usada como portainjerto en cultivos de sandía, melón y pepino [14].



Figura 1-2: Fruto de zapallo manabita (*Cucurbita moschata* Duchesne)

La práctica de Injertos en hortalizas

Injerto es la unión de dos especies de plantas que tienen cierta afinidad botánica de la misma familia, siendo una planta el portainjerto o patrón que es la que recibe a la otra planta llamada injerto o scion. Son técnicas comúnmente utilizadas en frutales, que con

el paso del tiempo se vienen practicando en hortalizas para el mejoramiento de la producción, incrementando la tolerancia de las plantas a condiciones de estrés causados por factores bióticos y abióticos. Las principales hortalizas injertadas son: sandías, tomates y pimientos [16].

Se cree que los injertos en sandía empezaron en Japón en el año de 1920, utilizando como patrón a *Cucurbita moschata*. Actualmente los principales países que injertan hortalizas son: España, Francia, Holanda, Italia y Japón [17], [18].

Existen varios métodos de injertos en hortalizas, no obstante, los más usados en sandía son: el de aproximación, de empalme y de inserción [19].

Efectos de la salinidad en la fisiología de los cultivos.

Las altas concentraciones de sales en el suelo o en el agua de riego, causan estrés en las plantas, provocando cambios en su morfología, fisiología y metabolismo, reduciendo así su crecimiento y reproducción [17].

El estrés salino tiene dos componentes que afectan negativamente el crecimiento de las plantas: el componente osmótico y el componente iónico. Una alta concentración de sal disminuye el potencial de agua en el suelo, induciendo al estrés hídrico en las plantas, esto representa el componente osmótico de la salinidad. Por otra parte, ciertos iones son tóxicos para la mayoría de las plantas cultivadas, esto es el componente iónico [17].

Entre los más abundantes iones tóxicos están el cloro (Cl^-) y el sodio (Na^+), aunque otros iones también pueden causar problemas, como: el nitrato (NO_3^-), el sulfato (SO_4^{2-}) y el amonio (NH_4^+). Los daños causados por la salinidad se atribuyen principalmente al desequilibrio nutricional que causa la alta concentración de Cl^- y Na^+ en las hojas, puesto que estos iones reducen la concentración de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). Además, la alta concentración de (Na^+) en el follaje interfiere con la fotosíntesis y transpiración, debido principalmente a una deficiencia de K^+ por la acción antagónica del Na^+ [17].

Suelos característicos del cantón Santa Elena.

Los suelos característicos del cantón Santa Elena pertenecen al orden inceptisol y aridisol, representando el 30 y 25% del territorio, respectivamente [10].

Los suelos inceptisoles se encuentran ubicados al norte y noreste del cantón, limitando con la cordillera Chongón – Colonche y el cantón Guayaquil. Una de las principales características de estos suelos es que presentan un horizonte cálcico o petrocálcico, lo cual reduce la asimilación de ciertos nutrientes como: Fe, P, Mn, B y Zn. Además, el exceso de carbonato de calcio ejerce una acción antagónica a la actividad de K^+ [10].

Por otro lado, los suelos del orden aridisol se distribuyen desde el centro al oeste del cantón Santa Elena hacia la costa [10]. Estos suelos se encuentran en regiones áridas con un régimen de temperatura arídico, donde la evapotranspiración supera la precipitación durante la mayor parte del año [20].

Los aridisoles son caracterizados por presentar acumulaciones de sodio, calcio y yeso [10]. Además, estos suelos contienen altos niveles de sales solubles que limitan el crecimiento de las plantas [20].

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA DE DISEÑO

2.1 Localización y entorno geográfico

La Comuna Loma Alta pertenece a la parroquia Colonche, del cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena [21].



Figura 2-1: Ubicación geográfica de la Comuna Loma Alta.

De acuerdo al siguiente diagrama ombrotérmico del cantón Santa Elena (Figura 2-2), las precipitaciones se distribuyen desde el mes de Enero hasta Abril, llegando a una precipitación total anual de 165.4 mm [22]. La temperatura media anual es de 23.7 °C, siendo los meses de Marzo y Agosto los que presentan el mayor y menor valor de temperatura media mensual con 26.6 °C y 21.3 °C, respectivamente [22].

De acuerdo a las zonas de vida según Holdridge, el cantón Santa Elena pertenece a la zona de vida o formación ecológica matorral desértico, del piso altitudinal Pre-Montano, correspondiente a una provincia de humedad árida. O de manera abreviada, matorral desértico pre-montano (m.d.PM).

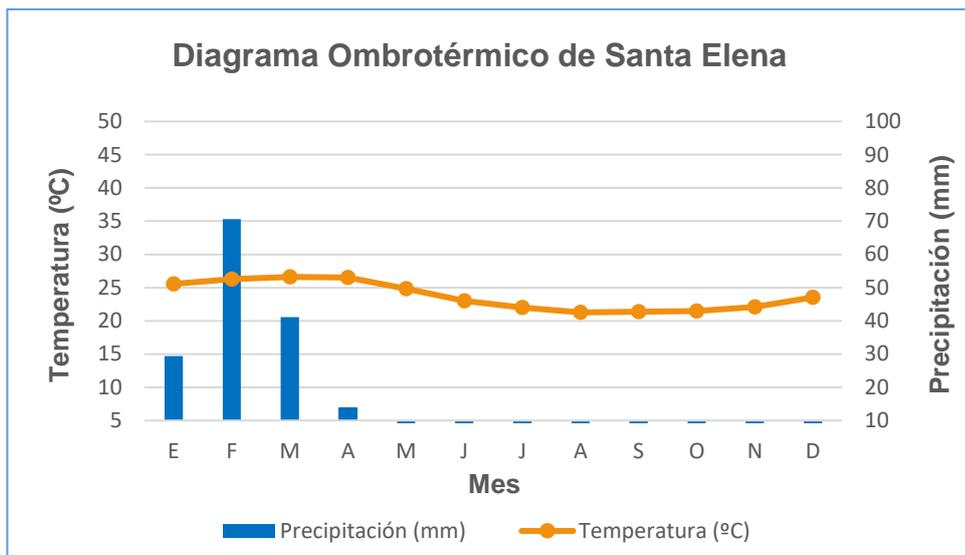


Figura 2-2: Diagrama ombrotérmico del cantón Santa Elena.

2.2 Determinación de un plan de fertilización para la zona de Loma Alta

Para realizar el plan de fertilización fue necesario hacer un análisis del suelo de la zona de estudio. Para lo cual, se tomaron 20 submuestras de suelo de manera aleatoria, utilizando un barreno. Luego, las submuestras fueron agrupadas en una sola muestra, la cual fue enviada al laboratorio del CINCAE para su análisis.

Además, fue necesario conocer los requerimientos nutricionales de la sandía dependiendo de la fenología del cultivo. Para lo cual, se utilizó la curva de retención de nutrientes de sandía publicada por la compañía Yara [23] (Figura 2-3). Los nutrientes requeridos por el cultivo corresponden a una producción de 60 ton/ha.

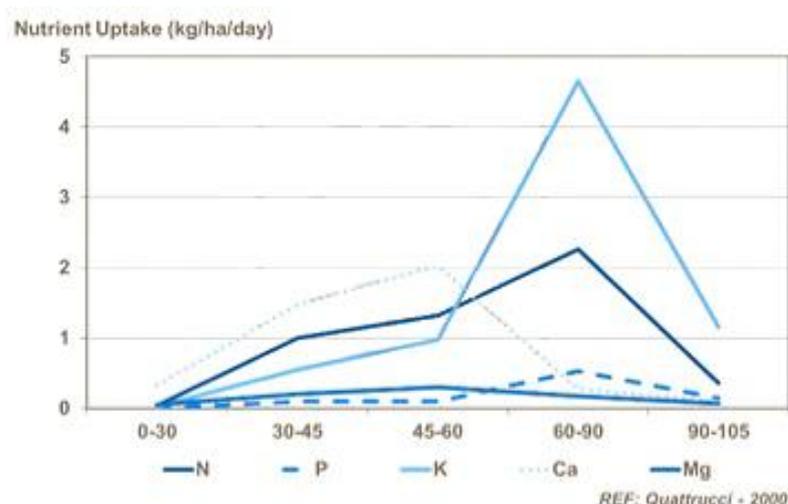


Figura 2-3: Curva de absorción de nutrientes para el cultivo de sandía.

A partir de los resultados del análisis de suelo (APÉNDICE 1) y los requerimientos nutricionales del cultivo de sandía se realizaron cálculos para determinar la cantidad de nutrientes en kilogramos a ser aplicados en una hectárea.

2.3 Evaluación de parámetros agronómicos del portainjerto.

2.3.1 Evaluación de parámetros agronómicos del fruto de la calabaza.

Para realizar la evaluación de los parámetros agronómicos, se recolectaron diez frutos de calabaza.

De cada fruto se tomaron datos de las siguientes variables:

- Diámetro (cm).
- Altura (cm).
- Peso (kg).
- Número de semillas llenas.

Para realizar la medición del diámetro y altura de cada fruto, se utilizó una forcípula (Figura 2-4).



Figura 2-4: Medición del diámetro y altura de la calabaza, utilizando una forcípula.

2.3.2 Evaluación de parámetros agronómicos de las plántulas de calabaza.

Para realizar la evaluación de los parámetros agronómicos de las plántulas, se realizaron dos ensayos:

- Ensayo de semillas húmedas.
- Ensayo de semillas secas.

Para la realización de los ensayos se utilizaron 10 frutos de calabaza.

Para el ensayo de semillas húmedas, se seleccionó de manera aleatoria 10 semillas de cada fruto (100 semillas en total) y se sembró (sin proceso de secado) en bandejas de germinación de 128 cavidades, utilizando turba como sustrato.

De igual manera, para el ensayo de semillas secas se tomó aleatoriamente 10 semillas de cada fruto (100 semillas en total) y se las secó durante 3 días a temperatura ambiente (Figura 2-5). Luego se sembró en bandejas de germinación de 128 cavidades, con turba como sustrato.



Figura 2-5: Secado de las semillas de los diez frutos de calabaza.



Figura 2-6: Ensayo de semillas secas (izq.) y húmedas (der.) de calabaza a los 10 días después de siembra.

Las variables de evaluación en cada uno de los ensayos fueron las siguientes:

- Día de germinación.
- Altura del tallo (cm).
- Diámetro del tallo (mm).
- Número de hojas verdaderas.

El día de germinación se evaluó desde el día 1 hasta el día 14 después de la siembra (cuando las plántulas tenían dos hojas verdaderas).

El número de hojas verdaderas, la altura y el diámetro del tallo se evaluó cuando las plántulas tenían 14 días.



Figura 2-7: Medición de la altura y diámetro de tallo de una plántula de calabaza.

2.4 Propuesta de una metodología de injerto.

Para proponer una metodología de injerto adecuada a las condiciones de Loma Alta, se realizaron talleres de capacitación con 15 agricultores. Los talleres se llevaron a cabo los días 29, 30 y 31 de julio, donde se practicaron tres técnicas de injerto: aproximación, cotiledón e inserción, cada día respectivamente. Cada persona injertó 20 plantas por día. Al final de la capacitación, se realizó una encuesta, la cual medía la dificultad de aprendizaje de cada método de injerto (APÉNDICE 2).



Figura 2-8. Practica de injerto con agricultores de la Comuna Loma Alta.

Además, se realizó una revisión bibliográfica en investigaciones que evalúan las tres técnicas de injerto, para conocer el método que ha presentado mejores resultados en cuanto a sobrevivencia, crecimiento vegetativo y rendimiento de fruta.

Tanto, los resultados de la encuesta como de la revisión bibliográfica, se utilizaron para definir el método de injerto adecuado para los agricultores en la Comuna Loma Alta.

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Plan de Fertilización.

El plan de fertilización determinado para el cultivo de sandía injertada en la zona de Loma Alta, es el siguiente:

Tabla 1: Plan de fertilización para el cultivo de sandía injertada en la zona de Loma Alta.

Fuente	Formula	Cantidad (Kg/ha)	Días después de la siembra
MAP	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	100	
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	50	6
Sulfato de potasio	K_2SO_4	50	
Sulfato de potasio	K_2SO_4	40	16
Nitrato de amonio	$(\text{NH}_4)(\text{NO}_3)$	50	
Ácido bórico	H_3BO_3	1	18
Sulfato de zinc	Z_nSO_4	1	
Ácido bórico	H_3BO_3	1	28
Sulfato de zinc	Z_nSO_4	1	
Sulfato de potasio	K_2SO_4	40	40
Nitrato de amonio	$(\text{NH}_4)(\text{NO}_3)$	50	
Ácido bórico	H_3BO_3	1	43
Sulfato de Zinc	Z_nSO_4	1	
Ácido bórico	H_3BO_3	1	
Nitrato de potasio foliar	KNO_3	2	55
Nitrato de amonio	$(\text{NH}_4)(\text{NO}_3)$	50	
Sulfato de potasio	K_2SO_4	100	

Los resultados del análisis de suelo reportaron un PH de 8.1, lo que significa que es un suelo moderadamente alcalino y se trata de suelos minerales de regiones áridas [24]. Además, los elementos encontrados en mayor cantidad en el suelo son el calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na). Por esta razón, los fertilizantes escogidos como fuente de

los elementos fueron los de menor índice salino, para no incrementar el potencial osmótico del suelo; y también aquellos de reacción acidificante en el suelo.

Se escogió el sulfato de amonio, como fuente de nitrógeno, para ser aplicado al inicio del cultivo porque es un fertilizante con un bajo índice salino y además contiene azufre en su composición. El azufre es importante en las primeras etapas de crecimiento de una planta, porque interviene en la síntesis de aminoácidos, proteínas y enzimas [25]. Para aplicaciones posteriores, se escogió el Nitrato de Amonio como fuente de N, debido a su bajo grado de volatilización en suelos salinos.

El ácido bórico, como fuente de boro (B), debe ser aplicado en las etapas previas a la floración de la planta, ya que interviene directamente en la formación de flores [26]. Otro elemento que desempeña un papel importante en la floración es zinc (Zn) [23], por ello es aplicado al mismo tiempo que el B. Debido a que el B y Zn se requieren en pequeñas cantidades, su aplicación debe ser foliar.

3.2 Evaluación de las características agronómicas de la calabaza como patrón.

Las características agronómicas del fruto de la calabaza, son las siguientes:

Tabla 2: Características del fruto de calabaza.

Parámetros	Rangos
Diámetro (cm)	18-23
Altura (cm)	17-21
Peso (kg)	2-4
Nº semillas llenas	100-200

Las características agronómicas de las plántulas de calabaza para ser injertadas con sandía, son las siguientes:

Tabla 3: Características de la plántula de calabaza como patrón de injerto.

Parámetros	Rangos
Altura tallo (cm)	4-8
Diámetro tallo (mm)	2-4
Día germinación	4-5



Figura 3-1: Plántula de calabaza a los 14 dds.

La plántula de calabaza debe tener dos hojas verdaderas al momento de la injertación, la primera hoja bien expandida y la segunda hoja abriéndose, ver Figura 3-1. Tanto las plántulas de calabaza, como las de sandía están listas para ser injertadas a los 14 días después de la siembra.

Porcentaje de germinación en ensayos de semillas húmedas y secas.

Los resultados del porcentaje de germinación de los ensayos de semillas húmedas y secas, son de 62% y 99% respectivamente. Dichos valores son significativamente diferentes, ya que el valor p es menor a 0.05 (Tabla 5).

Tabla 4: Porcentaje de germinación en ensayos de semillas húmedas y secas.

Patrón	Estado de semilla	% de Germinación	Error Estándar
Calabaza	Húmedo	62	0.04
	Seco	99	0.04

Tabla 5: Análisis estadístico de los datos de germinación.

Test: Tukey Alfa=0.05

<u>Estado Semilla</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
Húmeda	0.62	100	0.04	A
Seca	0.99	100	0.04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

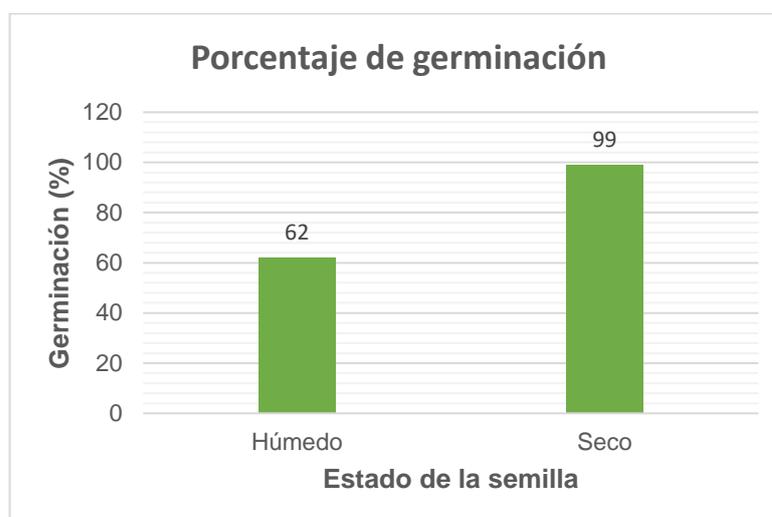


Figura 3-2. Porcentaje de germinación en ensayos de semillas húmedas y secas.

De acuerdo a los resultados presentados en este ensayo, se observó que es necesario secar por tres días las semillas y luego sembrarlas para así obtener mejores resultados en cuanto a germinación.

3.3 Propuesta de la metodología de injerto.

Como resultado de la encuesta realizada a los agricultores de Loma Alta tenemos lo siguiente:

Tabla 6. Resultados de la encuesta de la dificultad de aprendizaje de tres técnicas de injerto.

Técnica de injerto	N° encuestados	Grado de aprendizaje			
		1	2	3	4
a. Cotiledón	15	-	2	5	8
b. Inserción	15	-	1	7	7
c. Aproximación	15	4	9	2	-

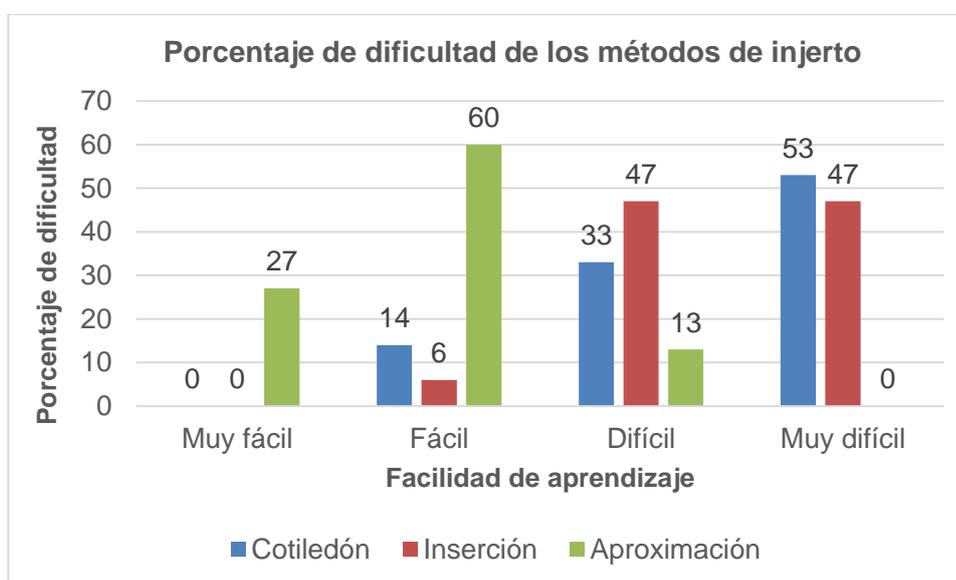


Figura 3-4: Porcentaje de dificultad de cada método de injerto.

De acuerdo a los resultados de la encuesta se puede observar que el 87% de los agricultores afirman que el método de injerto de aproximación es entre fácil y muy fácil, mientras que sólo el 13% dice que es difícil. Por otra parte, el 94 % de las personas encuestadas opinan que la técnica de inserción es difícil y muy difícil, y sólo el 6% afirma que es fácil. Así mismo, el método de cotiledón resultó ser entre difícil y muy difícil para el 86% de los agricultores, mientras que para el 14% fue fácil.

Los resultados de la encuesta revelan que el método de aproximación resultó ser el más fácil para aprender, frente a los otros dos métodos evaluados. Estos resultados se complementan con investigaciones realizadas donde evalúan los tres métodos de injertos para variables de crecimiento y productividad. Así, según Richard Hassell, la técnica de aproximación es la más adecuada para agricultores que no tienen experiencia

en injertos. Puesto que, las técnicas de inserción y de cotiledón requieren herramientas especializadas y una cámara de curación, lo que implica mayor tiempo de aprendizaje [27]. Por otro lado, un estudio llevado a cabo en México obtuvo que el método de aproximación tiene mejores resultados en cuanto a número de hojas y altura de la planta, frente a los métodos de inserción y cotiledón [28]. Además, según F. Mohamed la técnica de aproximación presentó mayor altura de tallo, número de tallos laterales, número de flores masculinas por planta, rendimiento de fruta por planta y peso de fruto, comparado con los otros dos métodos (inserción y cotiledón) [29].

3.3.1 Procedimiento del método de injerto.

De acuerdo a revisión bibliográfica consultada, las plántulas tanto del patrón como del injerto deben tener al menos dos hojas verdaderas al momento del injerto [19], esto es a los 14 días después de sembradas.

1. Selección del material a utilizar para el injerto, plántulas de calabaza y sandía.



Figura 3-5: Selección de plántulas de calabaza (izq.) y de sandía (der.) para injertar.

2. Corte de la plántula de calabaza o portainjerto con un ángulo de 45° hacia abajo, cortando hasta la mitad del tallo debajo de los cotiledones.



Figura 3-6: Corte de la plántula de calabaza.

3. Corte de la plántula de sandía o scion con un ángulo de 45° hacia arriba. El ángulo y los cortes deben ser relativamente exactos para la correcta unión de los dos tallos.



Figura 3-7: Corte de la plántula de sandía.

4. Unión de las dos plántulas: calabaza (patrón) y sandía (injerto).



Figura 3-8: Unión de las plántulas de calabaza y sandía.

5. Envolver firmemente la unión de los dos tallos con parafilm (cinta de parafina) o pinzas de silicona.



Figura 3-9: Envoltura del corte con parafilm.

6. Corte de la parte superior del patrón a los 5 días después del injerto.



Figura 3-10: Corte de la parte superior del patrón.

7. Corte de la parte inferior de la sandía a los siete días después del primer corte.



Figura 3-11: Corte de la parte inferior de la sandía.

8. Trasplante del injerto al terreno, de 2-3 días después del segundo corte.



Figura 3-12: Trasplante del injerto a campo

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Como resultado del trabajo realizado, se concluye que se logró determinar un plan de fertilización de acuerdo a las características físicas y químicas del suelo de la zona de Loma Alta. Por ello, se seleccionaron fertilizantes con un bajo índice salino y de reacción ácida en el suelo.
2. Además, se definieron las características agronómicas del fruto y plántulas de calabaza para ser utilizada como patrón en injertos de sandía. Donde las plántulas deben ser injertadas cuando tengan dos hojas verdaderas, esto es a los 14 días después de la siembra.
3. Así mismo, se propuso la técnica de injerto de Aproximación como la más adecuada para ser implementada por los agricultores de la Comuna de Loma Alta.

Recomendaciones

1. Se recomienda realizar investigaciones futuras sobre otros patrones tolerantes a salinidad para ser usados en injertos en sandía.
2. También, es necesario estudios posteriores que evalúen productividad y calidad de la fruta en sandía injertada.
3. Además, es recomendable que la técnica de injertos se aplique a otras cucurbitáceas como: pepino y melón; y solanáceas como: tomate, pimiento y berenjena.
4. Así mismo, es importante que el objetivo del uso de injertos en hortalizas se expanda a otros temas importantes como: evitar problemas causados por patógenos del suelo, reducir pérdidas por déficit hídrico, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rosa Rivero, Juan Ruiz, y Luis Romero, «Food, Agriculture & Environment», *Role Grafting Hortic. Plants Stress Cond.*, vol. 1, n.º 1, pp. 70-74, 2003.
- [2] Y. Ruisánchez, «Agrotecnia de Cuba», *El Uso Injerto Herbáceo En Las Cucurbitáceas*, vol. 34, n.º 2, pp. 94-107, 2010.
- [3] Chieri Kubota y Michael McClure, «HortScience», *Veg. Grafting Hist. Use Curr. Technol. Status N. Am.*, vol. 43, n.º 6, pp. 1664-1669, 2006.
- [4] Jesús López, Agustín Romo, y Joaquín Domínguez, «IDESIA», *Eval. Metod. Injerto En Sandía Citrullus Lanatus Thunb Matsum Nakai Sobre Difer. Patrones Calabaza*, vol. 26, n.º 2, pp. 13-18, 2008.
- [5] Angela Davis, Penelope Perkins-Veazie, Yoshiteru Sakata, Salvador López-Galarza, Jose Maroto, Sang-Gyu Lee, Yun-Chan Huh, Zhanyong Sun, Alfredo Miguel, Stephen R. King, Roni Cohen, y Jung-Myung Lee, «Plant Sciences», *Cucurbit Grafting*, vol. 27, n.º 1, pp. 50-74, 2008.
- [6] A. El-Shrai, M. Mostafa, S. Zaghlool, y S. Shehata, «Australian Journal of Basic and Applied Sciences», *Alleviation Salt Inj. Cucumber Plant Grafting Salt Toler. Rootstock*, vol. 5, n.º 10, pp. 1414-1423, 2011.
- [7] FAO, *Water quality for agriculture*. 1985.
- [8] V. Böhmer, L. Gáspár, G. Balázs, D. Fekete, y N. Kappel, *48th Croatian & 8th International Symposium on Agriculture*. 2013.
- [9] MIPRO, «Agendas para la transformación productiva territorial: provincia de Santa Elena», Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad, 2011.
- [10] GAD-Santa Elena, «Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2014-2019», Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena, Santa Elena, 2014.
- [11] FAO, «Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. & Nakai». .
- [12] FAO, «Calendario de cultivos: America Latina y el Caribe», FAO, Roma, 2006.

- [13] H. Monardes, «Manual de cultivo del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo* L.)», Universidad de Chile, Chile, 2009.
- [14] J. Naranjo, «Evaluación de la tolerancia a la salinidad de cucurbitáceas silvestres del Ecuador y sus potenciales usos como patrones en injertos de cucurbitáceas comerciales.», ESPOL, Ecuador, 2014.
- [15] P. D. Gaspera y R. A. Rodríguez, *Manual del cultivo del Zapallo Anquito (*Cucurbita moschata* Duch.)*, Prime edición. Argentina, 2013.
- [16] A. De Miguel, «Evolución del injerto de hortalizas en España», *Hortic. Int.*, pp. 10-16, 2009.
- [17] R. Rivero, J. Ruiz, y L. Romero, «Food, Agriculture & Environment», *Role Grafting Hortic. Plants Stress Cond.*, vol. 1, n.º 1, pp. 70-74, 2003.
- [18] Y. Ruisánchez, «Agrotecnia de Cuba», *El Uso Injerto Herbáceo En Las Cucurbitáceas*, vol. 34, n.º 2, pp. 94-107, 2010.
- [19] C. Miles, M. Flores, y E. Estrada, «Injertos Hortícolas: Sandía», Washington State University, EE.UU, Extensión, 2014.
- [20] H. Moreno, «Aridisoles». 2011.
- [21] Gobierno Parroquial Colonche, «Comuna Loma Alta».
- [22] INAMHI, «Anuarios meteorológicos», Instituto Nacional de meteorología e hidrología, Quito, 30-52, 2016 2005.
- [23] YARA, «Melon Nutritional Summary».
- [24] R. Callizaya, «Propiedades químicas del suelo.», *Todo sobre suelos agrícolas*, 2015. .
- [25] H. Sabino, J. Lavres, y M. Ferreira, «Azufre como nutriente y agente de defensa contra plagas y enfermedades.», IPNI - International plant nutrition Institute, Ecuador, *Informaciones agronomicas* 65, 2007.
- [26] D. Blevins y K. Lukaszewski, «Plant Physiol. Plant Mol. Biol», *Boron Plant Struct. Fuction*, pp. 481-500, 1998.
- [27] R. Hassell y F. Memmott, «HortScience», *Grafting Methods Watermelon Prod.*, vol. 43, n.º 6, pp. 1677-1679, 2008.

- [28] J. López, A. Romo, y J. Domínguez, «IDESIA», *Eval. Méto. Injerto En Sandía Citrullus Lanatus Thunb Matsum Nakai Sobre Difer. Patrones Calabaza*, vol. 26, n.º 2, pp. 13-18, 2008.
- [29] F. Mohamed, K. Abd El-Hamed, M. Elwan, y M. Hussien, «Scientia Horticulturae», *Eval. Differ. Grafting Methods Rootstocks Watermelon Grown Egypt*, vol. 168, pp. 145-150, 2014.

APÉNDICE

APÉNDICE 1

		CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DEL ECUADOR LABORATORIO DE QUÍMICA Reporte de análisis de suelos ACETATO DE AMONIO										REPORTE N°: 16-20		
		<p>Fecha recepción muestra: 06 de junio de 2016 Fecha entrega resultados: 14 de junio de 2016 Lugar de la muestra: Loma Alta</p>												
N ^o	IDENTIFICACIÓN LOTE/PROF	pH		%			%	cmol Kg-1				CIC	CE	
		H ₂ O	KCl	N	MO	C	R.A.S	Na	K	Ca	Mg		uS/cm	mmho/cm
S-117	M-1	8.11	-	-	-	-	1.07	2.61	11.39	25.98	5.94	45.9	350	
<p>Metodologías para el análisis de suelo</p> <p>pH: Determinación por método potenciométrico, suelo-agua relación 1:2,5.</p> <p>Materia Orgánica (MO): Digestión húmeda (Walkley-Black). Determinación en espectroscopía Uv/Vis por colorimetría.</p> <p>Cationes Intercambiables (Na, K, Ca Mg): Extracción con acetato de amonio, 1N, pH 7. Determinación por espectroscopía ICP.</p> <p>Conductividad Eléctrica (CE): Determinación por Conductivimetría, suelo-agua relación 1:2,5.</p>														

Reporte del análisis de suelo.

APÉNDICE 2

ENCUESTA DE APRENDIZAJE

Nombre: _____ Fecha: _____

1.- Indique la dificultad de aprendizaje de cada técnica de injerto.

Marcar con una **X** de 1 a 4, siendo 1 muy fácil y 4 muy difícil.

a) Técnica de cotiledón.

1. Muy Fácil	2. Fácil	3. Difícil	4. Muy Difícil

b) Técnica de inserción.

1. Muy Fácil	2. Fácil	3. Difícil	4. Muy Difícil

c) Técnica de aproximación.

1. Muy Fácil	2. Fácil	3. Difícil	4. Muy Difícil