



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“EFECTO DEL YESO EN LAS PROPIEDADES  
FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO Y SU  
INFLUENCIA EN EL CRECIMIENTO DE ESPECIES  
FORESTALES EN EL CASERIO DE ARRABALES  
DEL DISTRITO DE SUBTANJALLA - PROVINCIA  
DE ICA, 2015”**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER**  
**FLORES ESPINOZA SAMANTHA ASHLEY**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

ICA – PERÚ  
2017

## **DEDICATORIA**

*A mi abuela Aurora quién me guía desde el cielo, a mis padres Rosa y Orlando, a quienes amo profundamente, dedico esta tesis por haberme brindado su apoyo incondicional durante mi carrera*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi alma máter, Universidad Alas Peruanas - Filial Ica, por mi formación profesional.

A mis asesores, José Quije y Guido Tenorio, por ser mi gran guía y respaldo durante todo este proceso.

A mis padres, Rosa Espinoza y Orlando Flores, a mis abuelas Harcelly Etchebarne, María Luisa Burgos y Aurora Ferreyra, por el apoyo brindado y la confianza en mí.

A mis compañeros de estudio con quienes compartimos momentos gratos de juventud y conocimientos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	11
RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	14
INTRODUCCIÓN .....	16
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
1. Descripción del Problema de la Investigación .....	18
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	18
1.2. Delimitaciones y Definición del Problema .....	20
Delimitaciones .....	20
Delimitación Espacial .....	20
Delimitación Temporal .....	20
Delimitación Social .....	20
Definición del Problema .....	20
1.3. Formulación del Problema .....	21
Problema Principal .....	21
Problemas Específicos .....	21
A. Problema Específico Uno .....	21
B. Problema Específico Dos .....	21
C. Problema Específico Tres .....	21
1.4. Objetivo de la Investigación .....	21
Objetivo General .....	21
Objetivos Específicos .....	22
A. Objetivo Específico Uno .....	22
B. Objetivo Específico Dos .....	22

C. Objetivo Específico Tres.....	22
1.5. Justificación de la investigación.....	22
1.6. Importancia de la investigación.....	23
1.7. Limitaciones de la investigación.....	24
Limitación Temporal.....	24
Limitación Económica .....	24
Limitación de Información .....	24
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>25</b>
2. Marco Referencial.....	26
2.1. Antecedentes de la Investigación .....	26
2.2. Marco Teórico.....	29
Definición de yeso agrícola.....	29
Suelos con tratamientos de yeso.....	35
Por estructura .....	36
Por características físicas.....	36
Clasificación de los suelos.....	37
Definición de especies forestales.....	61
Especies forestales con raíces profundas y poco profundas.....	61
Bienes y servicios ofrecidos por los tipos de bosques.....	62
Clasificación de especies forestales en el mundo y en el Perú.....	65
Clasificación de especies forestales en la provincia de Ica .....	66
Limitación de especies forestales .....	67
Adaptación de especies forestales.....	67
2.3.Marco Histórico.....	72
2.4.Marco Legal.....	73
2.5.Marco Conceptual.....	74
<b>CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>78</b>
3. Metodología de la investigación.....	78
3.1. Hipótesis de la Investigación.....	78
Hipótesis General.....	78
Hipótesis Específicas.....	78

A. Hipótesis Específica Uno.....	78
B. Hipótesis Específica Dos.....	78
C. Hipótesis Específica Tres.....	78
3.2. Variables.....	78
A. Variable Independiente.....	78
Dimensión.....	78
Indicadores.....	78
Indices.....	79
B. Variable Dependiente.....	79
Dimensión.....	79
Indicadores.....	79
Indices.....	79
3.3. Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación.....	79
A. Tipo de la Investigación.....	79
B. Nivel de la Investigación.....	80
C. Diseño de la Investigación.....	80
3.4. Método.....	81
3.4.1. Método de la investigación.....	81
3.5. Cobertura del Estudio de la Investigación.....	81
A. Población de la Investigación.....	81
B. Muestra de la Investigación.....	81
3.6. Técnicas, Instrumentos y Fuentes de Recolección de datos.....	81
A. Técnicas de la Investigación.....	81
B. Instrumentos de la Investigación.....	81
C. Fuentes de Recolección de datos.....	82
CAPÍTULO IV: ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	83
4. Organización, Presentación y Análisis de resultados.....	83
4.1. Contrastación de las hipótesis.....	83
CONCLUSIONES.....	118

RECOMENDACIONES.....	119
BIBLIOGRAFÍA.....	120
LINCOGRAFÍA.....	121
ANEXOS.....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 LOCALIDADES DESFAVORECIDAS EN JALISCO.....	19
TABLA 2 MACRONUTRIENTES DISPONIBLES PARA LAS PLANTAS.....	42
TABLA 3 MICRONUTRIENTES DISPONIBLES PARA LAS PLANTAS.....	46
TABLA 4 RELACIÓN DE CAPACIDAD DE CAMPO CON LA CLASE TEXTURAL DEL SUELO.....	49
TABLA 5 CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO SEGÚN EL TAMAÑO.....	55
TABLA 6 COLOR DEL SUELO PARA IDENTIFICAR LOS TIPOS DE TERRENO....	57
TABLA 7 CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL SUELO.....	58
TABLA 8 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO, REPRESENTA LA FERTILIDAD DEL SUELO.....	59
TABLA 9 POBLACIÓN QUE ALBERGA EL DISTRITO DE SUBTANJALLA, 2007. .....	72
TABLA 10 TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.....	92
TABLA 11 RANGOS DE PORCENTAJE DE LA CAPACIDAD DE CAMPO.....	104
TABLA 12 CLASIFICACIÓN DE SUELOS SÓDICOS Y SALINOS.....	111



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 MAPA DE ROCAS MINERALES INDUSTRIALES EN LA REGIÓN ICA.....	34
FIGURA 2 COMPLEJO COLOIDAL DEL SUELO.....	50
FIGURA 3 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DEL CALCIO.....	84
FIGURA 4 OBTENCIÓN DE MUESTRA DEL SUELO.....	85
FIGURA 5 OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO A UNA PROFUNDIDAD DE 20 CM.....	86
FIGURA 6 MUESTRAS DE SUELO IDENTIFICADAS.....	87
FIGURA 7 RIPIO.....	87
FIGURA 8 875 DE RIPIO.....	88
FIGURA 9 PREPARACIÓN DE MACETAS.....	88
FIGURA 10 PREPARACIÓN DE MACETAS, VERTIENDO DOSIS DE YESO.....	89
FIGURA 11 OBTENIENDO LOS 300 ML DE AGUA.....	90
FIGURA 12 HOMOGENEIZAR LA MEZCLA DE TIERRA, YESO Y AGUA.....	90
FIGURA 13 PLÁNTULA DE AROMO.....	91
FIGURA 14 SIEMBRA DEL AROMO, <i>ACACIA KARRO</i> .....	91
FIGURA 15 MACETA N° 1 TESTIGO.....	93
FIGURA 16 MACETA EXPERIMENTAL N° 1, TRATAMIENTO DE YESO AL 40 % .....	93
FIGURA 17 COLOCANDO A LOS AROMOS PARA EL PROCESO DE SECADO.....	94
FIGURA 18 MEDICIÓN DE PLÁNTULAS DE AROMOS PARA EL PROCESO DE SECADO.....	94
FIGURA 19 MEDICIÓN DE PLÁNTULA TESTIGO.....	95
FIGURA 20 MEDICIÓN DE PLÁNTULA EXPERIMENTAL N° 1.....	95
FIGURA 21 MEDICIÓN DE PLÁNTULA EXPERIMENTAL N° 2.....	96
FIGURA 22 MEDICIÓN DE PLÁNTULA EXPERIMENTAL N° 3.....	96
FIGURA 23 MEDICIÓN DE PLÁNTULA EXPERIMENTAL N° 4.....	97

FIGURA 24 ETAPA: CORTAR LOS AROMOS.....	98
FIGURA 25 IDENTIFICCIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISI DE LA BIOMASA .....	98
FIGURA 26 AGUA PRESENTE EN EL SUELO.....	104
FIGURA 27 PROFUNDIDAD A 20 CM DE OBTENCIÓN DE MUESTRAS.....	105
FIGURA 28 MUESTRAS DE SUELO IDENTIFICADOS.....	106
FIGURA 29 TESISTA APLICANDO DOSIS DE YESO.....	107
FIGURA 30 TESISTA OBTENIENDO 300 ML DE AGUA.....	107
FIGURA 31 ESTRUCTURA DEL SUELO.....	110
FIGURA 32 HOMOGENEIZAR LAS MUESTRAS DE SUELOS.....	111

## INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 MEDIDAS DEL AROMO EN CM, INICIO – FINAL DE SIEMBRA.....	97
GRÁFICO 2 MUESTRA TESTIGO.....	99
GRÁFICO 3 MUESTRA EXPERIMENTAL 1.....	100
GRÁFICO 4 MUESTRA EXPERIMENTAL 2.....	100
GRÁFICO 5 MUESTRA EXPERIMENTAL 3.....	101
GRAFICO 6 MUESTRA EXPERIMENTAL 4.....	101
GRÁFICO 7 RELACIÓN MATERIA SECA - MACRONUTRIENTES.....	102
GRÁFICO 8 % DE CAPACIDAD DE CAMPO INICIO – FINAL DE CAMPAÑA.....	108
GRÁFICO 9 % RELACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO Y EL AGUA CAPILAR.....	109
GRÁFICO 10 % DE POROSIDAD.....	113
GRÁFICO 11 % ESPACIO AÉREO.....	113
GRÁFICO 12 DISMINUCIÓN DEL PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE SODIO ...	114

## RESUMEN

Este proyecto tuvo como propósito mejorar las condiciones de los suelos mediante la aplicación rápida y efectiva del yeso, se demostró mediante análisis reales que este mineral gracias a sus propiedades químicas es capaz de conservar el agua y mantener activa la disponibilidad de nutrientes en el suelo que posteriormente fueron aprovechadas por el aramo, *acacia karro hayne*; especie forestal modelo que se utilizó en el proyecto de investigación para conocer la influencia de este mineral en el desarrollo de plantas, por otro lado el mineral ya mencionado también tiene la capacidad de mejorar la circulación de agua y aire, tomando como base los resultados que se obtuvieron respecto a porosidad y espacio aéreo. Para llevar a cabo el proyecto primero se tomó una muestra de un terreno en el caserío de arrabales en el distrito de Subtanjalla y se llevó al laboratorio para su posterior análisis de esta manera se conoció en primera instancia las condiciones físicas y químicas de suelo sin tratamiento, luego de aplicar el mineral dejando actuar por un mes realizando un monitoreo cada 4 días añadiendo 200 ml de agua, se realizó un análisis al culminar la campaña para conocer los aportes del mineral, siendo por lo mencionado una investigación tipo experimental ya que se realizó un primer análisis al comienzo de campaña y luego de aplicar el tratamiento otro análisis, a su vez es de nivel descriptivo ya que se usa conceptos que van a describir tanto a la problemática causada tanto por la escases de agua, como el exceso del uso de fertilizantes que posteriormente alteran las condiciones del suelo, buscando precisar e identificar los problemas que causa actualmente, también se considera aplicativo porque plantea resolver el problema ya mencionado, se considera método científico ya que emplea los pasos de método científico, por experimentación ya que se realizó un pre test para conocer las condiciones del suelo, luego se añade el tratamiento y finalmente se realizó un post test con resultados positivos se llega a la conclusión que es posible mejorar la retención de humedad del suelo, ya que hubo un incremento en todos los tratamientos que recibieron yeso superando a la muestra testigo, se obtuvieron los resultados esperados y se podrá tomar como base para posibles estudios con otros minerales que puedan tener la misma capacidad de mejora de suelos y que las plantas puedan desarrollarse de una manera más efectiva, cabe recalcar que los datos obtenidos evitan una contaminación de

suelos , ya que se obtiene exactamente la cantidad de nutrientes que asimilo la planta y la ayudo a su rendimiento, de esta manera no se dará la aplicación de fertilizantes en exceso, por otro lado también se tomó mediciones de cuánta agua aprovecho el aromo, *acacia karroo hayne*; de esta manera contribuye a evitar un derroche innecesario por parte de este recurso que como se sabe escasea en la región.

**Palabras claves:** yeso, estructura del suelo, especies forestales, rendimiento.

## ABSTRACT

This project aims to improve soil conditions by rapid and effective application of plaster, demonstrated by actual analysis that this mineral thanks to its chemical properties are able to conserve water and actively maintain the availability of nutrients in the soil later they are exploited by the acacia, *Acacia Karro* species forestry model that was used in the research project to determine the influence of this mineral in plant development, on the other hand mineral aforementioned also has the ability to improve water circulation and air, based on the results obtained regarding porosity and airspace. To carry out the first project a sample of land in the village took in the slum district Subtanjalla and brought to the laboratory for further analysis in this way is known in the first instance the physical and chemical soil conditions untreated after applying the mineral leaving act for a month performing monitoring every 4 days by adding 200 ml of water, analysis on completion of the campaign to know the contributions of the mineral takes place, being the above one experimental research since it takes a first analysis at the beginning of season and after applying the treatment further analysis in turn is descriptive level as concepts that will describe both the problem caused by both water scarcity, such as excessive use of fertilizers used subsequently alter soil conditions, seeking to clarify and identify problems that cause today, is also considered application because it raises solve the aforementioned problem, it is considered scientific method as it uses the steps of the scientific method for testing because it takes a pretest to meet soil conditions, then the treatment is added and finally a post test was conducted with positive results leads to the conclusion that thanks to the presence of this mineral may modify soil type who at first was kind silt loam and after our treatment, clay, expected results were obtained and can be taken as a basis for possible studies with other minerals that may have the same ability to improve soil and plants can develop in a more effective way, it emphasize that the data obtained better to not a soil contamination because you get exactly the amount of nutrients absorbed the plant and helped his performance, so do not give fertilizer application in excess, Furthermore measurements of how much water I take also took the acacia, *Acacia karroo* thus help to avoid unnecessary waste from this resource that is scarce as is known in the region.

**Keywords:** Gypsum, soil structure, forest species, yield.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación explica como la provincia de Ica se ve afectada por la problemática de los suelos deteriorados debido a que las características de estos son salinos y sódicos. Al presentarse un suelo con concentraciones de sales elevadas demanda una gran cantidad de consumo de agua, teniendo en cuenta que desde el año 2010, Ica fue declarada en emergencia hídrica y en el caso de la presencia de saturación de sodio afecta la estructura física de los suelos provocando una asfixia radicular en las plantas, la población al ver que el suelo se muestra poco productivo y que sus plantas no florecen añaden de manera desmesurada sustancias químicas para aumentar la cantidad de nutrientes, ya que no tienen conocimiento de cuál es la cantidad aprovechable para ellas generando contaminación de los suelos. Este trabajo quiere dar a conocer como la utilización de yeso en los terrenos de la provincia de Ica, influyó de manera positiva en las especies forestales, ya que gracias a sus propiedades contribuye a la retención de humedad en los suelos, mejora la estructura física de estos y optimiza el aprovechamiento de los nutrientes asimilables por las plantas, a los cuales se les da tratamiento del mineral ya mencionado, encontrando la dosis correcta de yeso para mejorar el desarrollo de las especies forestales, como modelo del presente trabajo de investigación se ha optado por el aramo, *Acacia Karroo*, debido a su rápido crecimiento, Este trabajo se realizó primero seleccionando el terreno con el cual se trabajó y se tomó una muestra la cual posteriormente se analizó en el laboratorio para conocer las características de este suelo al comenzar la campaña, luego se colocó un kilogramo de suelo proveniente de la muestra obtenida, y se realizó en 5 macetas con dosis diferentes de yeso, de esta manera al finalizar la campaña se realizó un último análisis para poder conocer la dosis correcta que se debe añadir de yeso, para optimizar el desarrollo del aramo, concluimos que es una nueva manera de optimizar el crecimiento de especies forestales, porque se demostró a través de pruebas reales que se consumió menor recurso hídrico, hubo una mejora en la estructura del suelo y finalmente se conoció la cantidad necesaria que requiere la planta en mención y tener como base este dato importante para evitar que se dé el consumo excesivo de productos químicos, este proyecto de investigación se desarrolló en cuatro capítulos, en el primero detalla minuciosamente la descripción, las delimitaciones, definición, formulación,



objetivos, justificación, importancia y limitaciones del problema de investigación, en el segundo capítulo presenta la recopilación de datos enfocándolos en un marco teórico, marco histórico, marco legal y un marco conceptual sobre el tema propuesto en la investigación basándonos en leyes y principios que respaldan el trabajo de investigación, en el capítulo tres se propone la metodología que se usó en el proyecto, en el cuarto capítulo se expresan los resultados finales y se llega a la conclusión de la investigación ya planteada. Finalmente presenta la bibliografía, lincografía y anexos que son documentos que se han ido elaborando en el transcurso de la investigación.

LA AUTORA

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

##### A NIVEL MUNDIAL

Un grupo de científicos afirmaron que los niveles de agua subterránea en el norte de India están disminuyendo a un ritmo mucho mayor del previsto, con consecuencias funestas para millones de personas. Los investigadores señalaron que la creciente demanda de irrigación y de otros usos humanos está consumiendo el agua más rápidamente de lo que el gobierno había estimado. Según los expertos, que publicaron su estudio en la revista *Journal Nature*, esto podría llevar a un colapso de la producción agrícola y a severos déficit de agua potable, Según el estudio, los niveles de agua subterránea cayeron en alrededor de 4 centímetros entre 2002 y 2008 en el norte del país (**Rodrigo Gonzáles, 2009**). La cosecha de agua ha hecho renacer al río Arvari, en una región árida y susceptible a sequías de Rajasthan. El río fluye a través de una región que soporta sequías: los agricultores que viven en las márgenes son extremadamente pobres y encuentran sustento migrando a las ciudades en busca de trabajo. En 1986, trabajando con una ONG local, ‘Tarun Bharat Sangh’ (TBS), los aldeanos de Bhaonta-Koylala construyeron una estructura para la cosecha de agua, ‘Johad’, con el fin de captar agua de lluvia y usarla para recargar el agua subterránea. (**Anil Agarwal, 2010**).

##### A NIVEL DE LATINOAMÉRICA

En Guadalajara – Jalisco Nueve millones de mexicanos, casi 150 000 viviendas se ven afectadas en Jalisco, no tiene acceso al agua potable, algunas de las localidades que se ven afectadas con este problema son Chimaltitán, Bolaños, Cabo Corrientes, San Cristóbal de la Barranca (**Tabla #1**), la solución que se emplea, es el de usar agua regenerada en agricultura, lo comúnmente se conoce como agua reciclada ya que esto

permitirá conservar agua dulce para un fin de mayor valor económico y social y por ende traerá beneficios ambientales. (José Luis Luege Tamargo, 2010).

**TABLA 1**  
**LOCALIDADES DESFAVORECIDAS EN**  
**JALISCO**

<b>MUNICIPIOS</b>	<b>% DE COBERTURA</b>	<b>VIVIENDAS</b>
<b>Chimaltitán</b>	<b>52.15</b>	<b>769.00</b>
<b>Bolaños</b>	<b>52.47</b>	<b>993.00</b>
<b>Cabo corrientes</b>	<b>56.22</b>	<b>2.25</b>
<b>San Cristóbal de la Barranca</b>	<b>66.93</b>	<b>756.00</b>

#### **A NIVEL NACIONAL**

Perú alcanzó niveles máximos de deforestación en los últimos 13 años debido principalmente a la continua búsqueda de suelos para la agricultura, dijo el martes el coordinador del programa de conservación de bosques del Gobierno, Gustavo Suárez de Freitas, Según datos obtenidos por imágenes satelitales, el promedio histórico de deforestación, en Perú entre el 2000 y el 2013 fue de 113.000 m, en Perú entre el 2000 y el 2013 fue de por año y ese nivel está siendo superado en la actualidad.

Es un escenario complicado, porque el país tiene que hacer un esfuerzo muy grande para atacar una deforestación que está en crecimiento. Perú es un país de alta cobertura de bosques, pero si se le mide con estándares globales se le consideraría de baja deforestación.

Esto no quiere decir que no sea un problema, ya que el propio desarrollo económico del país genera la necesidad de apertura de tierras para cultivos (Gutiérrez, 2010).

#### **A NIVEL LOCAL**

La problemática trágica, que se vive en la provincia de Ica es la destrucción de hábitats por el mismo poblador, los llamados carboneros, cortan árboles para quemar madera y obtener carbón, que venden a un número creciente de restaurantes locales en los que una de las especialidades del menú es el “pollo a la leña”. Los pobladores no se dan cuenta que al talar el árbol están talando prácticamente un eslabón principal

de todo el ecosistema, este es uno de los tantos acontecimientos que ocurren a diario en la provincia no solo limitando la biodiversidad si no también contribuyendo al deterioro del recurso suelo, pues bien este proyecto de investigación es para promover el uso del yeso y su aplicación en los suelos de la provincia y comprobar que puede optimizar el desarrollo de las especies forestales, ya que este mineral es utilizado en los suelos pero para la mejora de cultivos como tomates, paltas, camotes, pero se quiere comprobar que también puede influir en árboles que no necesariamente den frutos pero puedan aportar diversos beneficios como es el caso del aramo la especie forestal que se escogió para este proyecto de investigación el cual puede servir como un insecticida, ya que por su olor intenso, el extracto de hoja se usa para protección contra la roya del frijol. De esta manera se estaría contribuyendo a incrementar de manera innovadora la biodiversidad fomentando la mejora de la estructura físico química de los suelos, reduciendo la degradación de ellos y poder utilizarlos en un futuro, es decir utilizarlos de manera sostenible.

## **1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. DELIMITACIONES:**

#### **A. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

Este trabajo de investigación cubre el área de una parcela en la Panamericana sur km 297 en el distrito de Subtanjalla en el caserío de Arrabales en la provincia de Ica, departamento de Ica del año 2015.

#### **B. DELIMITACIÓN TEMPORAL**

Este trabajo de investigación se realiza en un periodo de 9 meses a partir del mes de marzo y culminando en el mes de noviembre de 2015.

#### **C. DELIMITACIÓN SOCIAL**

Este trabajo de investigación se elabora pensando en la población del distrito de Subtanjalla, y en la provincia de Ica en general, a quienes está orientado.

### **1.2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El distrito de Subtanjalla y la provincia de Ica en general viene sufriendo por años el problema de la escasez de agua, ya que se sienten los efectos secundarios en los pozos, la restricción del agua potable en sus hogares y en la actividad llamada

agricultura, a esto se le suma otro gran problema llamado contaminación de suelos generado por agregar el suministro innecesario de nutrientes, ya que los pobladores al no tener el conocimiento correcto de cuál es la cantidad necesaria para cada tipo de planta, añaden de forma desmesurada todo tipo de suministros que lo único que generan es toxicidad en ellos, es decir, contaminación del suelo, y a su vez hay presencia de suelos sódicos que es común en zonas áridas con mucha escasez de agua como lo es en nuestra provincia, por ende afecta en la estructura física de los suelos, es decir, afectación en la porosidad, por ende la libre circulación de aire, agua y nutrientes pudiendo generar estrés en las plantas de este modo solo se cuentan con especies que han tratado de subsistir, es decir que se han vuelto resistentes a las condiciones climáticas y a la características de los suelos que presenta la provincia de Ica.

### **1.3.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1.PROBLEMA PRINCIPAL**

¿De qué manera el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en el crecimiento de especies forestales de la provincia de Ica?

#### **1.3.2.PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿De qué manera el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la disponibilidad de nutrientes para las especies forestales de la provincia de Ica?

¿En qué forma el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la retención de agua para las especies forestales de la provincia de Ica?

¿De qué manera la aplicación del yeso influirá en la estructura de los suelos de la provincia de Ica?

### **1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Comprobar que el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo impactará en el crecimiento de especies forestales en la provincia de Ica.

#### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

**OE 1:** Demostrar que el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la disponibilidad de nutrientes para las especies forestales de la provincia de Ica.

**OE 2:** Demostrar que el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la retención de agua para las especies forestales de la provincia de Ica.

**OE 3:** Comprobar que la aplicación del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la estructura de los suelos de la provincia de Ica.

#### 1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

##### ✓ JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Como se sabe la presencia de sales en exceso en el suelo requiere mayor consumo del recurso hídrico, si los suelos presentan saturación de sodio elevado afectara la estructura física de estos, la población al no tener conocimientos porque los suelos se vuelven poco productivos incrementan la dosis de sustancias químicas para aumentar la cantidad de nutrientes sin tomar en cuenta que hacerlo de una manera desmesurada están contribuyendo a la contaminación del recurso suelo, es por eso que para el presente trabajo de investigación se realizaron los estudios y análisis correspondientes para comprobar como la aplicación del yeso remedia suelos salinos, sódicos y la estructura de este y como las especies forestales se desarrollaron de manera saludable.

##### ✓ JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La falta de conocimiento de la población que desea que sus plantas puedan florecer añaden nutrientes en exceso pensando que eso es lo que les hace falta sin tener en cuenta que a parte que están contaminando el suelo, los factores de su poca productividad son otras como una estructura física dañada, es por eso que mediante el proyecto de investigación se aportó y comprobó que mediante análisis reales, el yeso da una contribución positiva a los suelos y por ende el desarrollo de las especies forestales en este caso se utilizó como especie forestal modelo el aromo *acacia karroo hayne*, debido a que esta investigación se realizó sembrando 5

aromas de 6 a 10 cm en 5 macetas, en donde se procedió a la aplicación del mineral a cada una de ellas con dosis distintas, para conocer cuál de estas fue la más efectiva y posterior a esto se realizó los análisis correspondientes para comprobar que este mineral aportó nutrientes para brindar eficiencia en su crecimiento, al contar con un ambiente con las condiciones adecuadas para que sigan desarrollándose, es como se espera aumentar la biodiversidad, ya que a parte de esta contribución de aportar nutrientes, trabaja para corregir suelos sódicos mejorando la estructura de estos, no solo es beneficioso para el distrito, también se podrá tomar como base para aplicarlo a nivel provincial, regional y mundial.

#### ✓ JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Para poder realizar el proyecto se hizo un muestreo de suelos tomando sólo una parcela para trabajar en el caserío Arrabales del distrito de Subtanjalla, se rotulo cada muestra, un kilogramo de la muestra se llevó de manera inmediata al laboratorio, para evitar que se cree un microclima y dañe dichas muestras y por ende de resultados inexactos; se sembró la especie forestal escogida en cinco macetas diferentes añadiendo un kilogramo de suelo por maceta y tratamientos distintos de yeso, para comprobar si influye o no en la especie ya mencionada y en los suelos se realizó un análisis al culminar la campaña, es decir luego de añadir la dosis de yeso para conocer la dosis efectiva que se debe aplicar al suelo, se utilizó las herramientas necesarias para hacerlo posible, tanto para el muestreo como para la compilación de datos y con estos poder comprobar que se puede optimizar el desarrollo de la especies forestales con la contribución de minerales como el yeso.

#### 1.6. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es importante ya que se mejoró notablemente las propiedades físicas y químicas de suelos generando condiciones aptas para el crecimiento del aroma *acacia karroo hayne*, por ende en un futuro poder aumentar la flora y fauna de nuestra provincia reduciendo el consumo del recurso hídrico mejorando la estructura del suelo y aportando la cantidad necesaria de nutrientes aprovechable por la planta, las personas que se verán favorecidas con este proyecto de investigación es la población del distrito de Subtanjalla así como la provincia en general, ya que al aumentar la biodiversidad les provee bienes tan necesarios como el alimento, o el oxígeno; ya que les proporciona materias primas que favorecen el desarrollo

económico, produce energía que utilizan como combustible, como el petróleo o el carbón; también les proporciona medicamentos naturales ; también podrá ser usado como cerco vivo y protección contra robos; y finalmente, pero no por ello menos importante, se colman la retina de hermosos paisajes que pueden disfrutar, al probarse este estudio puede servir para emplear nuevas tecnologías que faciliten la reforestación con menor insumos.

## **1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

**1.7.1.LIMITACIÓN ECONÓMICA:** No se cuenta con los recursos suficientes para obtener libros o materiales que nos ayuden a profundizar con más intensidad sobre la influencia del yeso en las especies forestales.

**1.7.2.LIMITACIÓN TECNOLÓGICA:** No han profundizado los estudios del yeso en especies forestales como el caso del aramo en el país.

**1.7.3.LIMITACIÓN TEMPORAL:** No se cuenta con el tiempo necesario para poder profundizar la investigación acerca de la optimización del crecimiento de especies forestales a través de aplicación de yeso.

**1.7.4.LIMITACIÓN DE INFORMACIÓN:** La información recopilada no abastece la necesidad que se requiere para realizar este trabajo de investigación.



## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### CONCEPTUALIZACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

En los últimos años, los suelos sufren de contaminación debido al uso indebido de sustancias químicas para mejorar sus condiciones o añaden de manera irresponsable cantidades de agua por no tener el conocimiento de cuanto asimila la planta, este trabajo quiere brindar datos reales de contenidos de nutrientes y agua asimilados por la especie forestal, *acacia karroo hayne*.

¿Podrá haber algún material semejante al yeso?

En la naturaleza hay tanta diversidad de materiales, muchos desconocidos que pueden ser mejores que el yeso, se deberá investigar y con el tiempo se podrá conocer si hay algún proceso mejor del que se propone en esta investigación.

¿Tendrá la aplicación del yeso, algún efecto secundario?

No se puede saber hasta después de haber utilizado un tiempo, para corroborar que tenga efectos secundarios, ya que por una parte es beneficioso viéndolo de otra perspectiva puede generar un tipo de contaminación.

Todo el trabajo de investigación que se realizó está basado en leyes que están establecidas y teorías que ya han sido elaboradas.

Todo el trabajo de investigación que se realizó está basado en leyes que ya están establecidas y teorías que ya han sido elaboradas.

✚ **Teoría Lande**, (Lande, 2003) “La restricción de una especie a una o varias poblaciones Pequeñas implica un incremento de los riesgos de extinción”, ya que las causas que llevan

pequeñas implica un incremento de los riesgos de extinción”, ya que las causas que llevan a una población a extinguirse, son: Tamaño, poblacionales pequeños y alta variación ambiental.

✚ **Teoría de la insularidad**, la base de la teoría de insularidad es el balance entre inmigración y extinción de especies (**MacArthur y Wilson, 1967**).

✚ **La teoría de la cohesión-tensión**, una teoría de la atracción intermolecular observada habitualmente en el proceso en que el agua viaja hacia arriba (en contra de la fuerza de gravedad), a través del xilema de las plantas, fue propuesta por (**John Joly y Horatio Henry Dixon, 1894**).

Por lo tanto el trabajo de investigación no es una simple investigación experimental, el desarrollo de la investigación ha tenido también un desarrollo técnico consistente en el manejo de instrumentos como un horno estufa en el caso del análisis de la planta, para resultados de biomasa. En este caso se utilizó 5 dosis de yeso al 0%, 2%, 4%, 8% y al 10% de yeso en 5 macetas, en las cuales se sembró aromos. En los análisis finales se demostró la disponibilidad de nutrientes mediante el rendimiento de la planta, la retención de humedad y la estructura física es decir la porosidad y espacio aéreo del suelo.

## 2.1. MARCO REFERENCIAL

### 2.1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Un reciente estudio en España, publicado en la revista Nature Communications titulado “Las plantas pueden extraer agua de minerales como el yeso” el estudio se comparó la composición del agua del suelo y el agua de cristalización del yeso con el agua del xilema (la llamada savia bruta, que es extraída del suelo por la planta), y hemos estimado la contribución de cada una de estas fuentes de agua, los resultados demuestran que el agua de cristalización del yeso es una fuente de agua fundamental para las plantas de raíz poco profunda que habitan en terrenos yesosos, especialmente en verano, cuando puede llegar a representar el 90% del agua absorbida por las plantas (**Sara P, 2014**).

Un autor destacó por su libro titulado “Química agrícola del suelo y de nutrientes esenciales” El libro que fue publicado en España, abarca los inicios de la

disminución de productividad del suelo por las siembras continuas, y como se fertilizaba el suelo, utilizando estiércol, al ver los beneficios de este último elemento en mención al pasar los años se valoró de una manera positiva el estiércol ya que influía de una forma eficaz el suelo, la agricultura fue tan importante que nace una ciencia denominada química agrícola, la cual profundiza la composición química del suelo y que nutrientes son los esenciales para su productividad. **(Samuel, 1830)**.

**(Felipe C, 2010)**, publico su libro titulado “la conservación y la producción por parte de las comunidades locales en la cuenca media del río Chicamocha”. El río Chicamocha es uno de los ríos más importantes del centro –oriente de Colombia, es por eso que se realizó el estudio en ese lugar, el cual plantea que para adelantar programas masivos de reforestación, se debe dar prioridad a las especies foráneas que han mostrado un mejor desarrollo y supervivencia: *Guazuma ulmifolia*, *Pinus radiata*, *Enterobium cyclocrpum*, *Sesbanía sp*, *Ochroma lagopus*, *Gmelina arbórea*, *Jacaranda caucana*. En la región se detectaron varias especies nativas que representan alto valor comercial por su madera, y sobre las cuales vale la pena iniciar programas de investigación en cuanto a su uso, como punto de partida a programas de reforestación, los cuales se articularían a las alternativas de uso generadas por este proyecto.

Un libro orientado a la profundidad del suelo “Los fertilizantes y su uso” **(FAO, 2001)**. Da a conocer que para un manejo eficiente del suelo el agricultor mejorará las características deseables del mismo con buenas prácticas agrícolas. Estas prácticas deberían ser técnicamente comprobadas, económicamente atractivas, ambientales seguras, factibles en las prácticas y socialmente aceptables, para asegurar una elevada y sostenible productividad, los componentes importantes de las buenas prácticas agrícolas son: Selección de semillas de calidad de una variedad de alto rendimiento, selección de mejor momento y un método apropiado de sembrado con una densidad de siembra y de población de plantas óptimas.

Una publicación orientada a los suelos dañados por un factor limitante que es el agua de lluvia “Optimización de la humedad del suelo para producción vegetal” (**Shaxson, 1993**).

Esta publicación en Italia, analiza los procesos que ocurren sobre, dentro y debajo del suelo, y que permiten el movimiento del agua y el crecimiento de los cultivos. La publicación está dirigida a los usuarios de la tierra, y les proporcionará información para que hagan un mejor uso de los recursos básicos, se espera contribuir con esta obra fomentar el interés por utilizar más racionalmente el agua de lluvia y poner en práctica un manejo más adecuado de los suelos. La publicación podrá ser útil a todas aquellas que intervienen en el mantenimiento y aumento de la productividad, calidad y salud de la tierra – agricultores a favorecer los enfoques multidisciplinarios y el dialogo entre partes interesadas que disponen de conocimientos diferentes.

### **2.1.2. Análisis de los Antecedentes**

La preocupación de la calidad del suelo no tiene fecha exacta, pero los inicios de la disminución de productividad del suelo se dieron por las siembras continuas, y para solucionar este problema utilizaban estiércol, valorándolo en forma eficaz como se menciona en el libro “Química Agrícola del suelo y de nutrientes por las plantas” (**Samuel, 1830**). Fue un avance importante ya que como sabemos la biodiversidad se ha vuelto muy limitada y el factor suelo es considerado como sistema digestivo de las plantas, En Colombia, **Felipe C (2010)**, publicó su libro titulado “La conservación y la producción por parte de las comunidades locales en la cuenca media del río Chacamocho” en el que se concluía que para adelantar programas masivos de reforestación, una publicación orientada a los suelos dañados por un factor limitante que es el agua de lluvia “Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal”(Francis S, 1993). Otro factor importante para el desarrollo de las especies es el recurso agua, en la presente publicación se analiza los procesos que ocurren sobre, dentro y debajo del suelo, y que permiten el movimiento del agua y el crecimiento de los cultivos, la publicación está dirigida a los usuarios de la tierra, y les proporcionará información para que hagan un mejor uso de los recursos básicos. Se espera

contribuir con esta obra a fomentar el interés por utilizar racionalmente el agua de lluvia y poner en práctica un manejo más adecuado de los suelos.

Finalmente un reciente estudio publicado en la revista Nature Communications titulado “La plantas pueden extraer agua de minerales como el yeso”, en el estudio se compara la composición del agua del suelo y el agua de cristalización del yeso del xilema (la savia bruta, que es extraída del suelo por la planta), y se estimó la contribución de cada una de estas fuentes de agua, los resultados muestran que el agua de cristalización es una fuente de agua fundamental para las plantas de raíz poco profunda que habitan en terrenos yesosos, especialmente en verano, cuando se puede llegar a representar el 90% del agua absorbida por las plantas.

Lo cual podrá servir para muchas investigaciones de supervivencia de especies, adaptando ambientes con las condiciones adecuadas para cada tipo especie vegetal según sea el tipo. **(Sara P, 2014).**

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Definición de Yeso**

El yeso es uno de los más antiguos materiales empleados en construcción, en el período Neolítico, con el dominio del fuego, comenzó a elaborarse yeso calcinando aljez, y a utilizarlo para unir las piezas de mampostería, sellar las juntas de los muros y para revestir los paramentos de las viviendas, sustituyendo al mortero de barro, en Çatal Hüyük, durante el milenio IX a. c., encontramos guarnecidos de yeso y cal, con restos de pinturas al fresco, en la antigua Jericó, en el milenio VI a. c., se usó yeso moldeado, en el Antiguo Egipto, durante el tercer milenio a. c., se empleó yeso para sellar las juntas de los bloques de la Gran Pirámide de Giza, y en multitud de tumbas como revestimiento y soporte de bajo relieves pintados. El palacio de Cnosos contiene revestimientos y suelos elaborados con yeso, en su construcción el yeso juegan un papel fundamental, muchas de las pinturas murales que decoran las paredes de este palacio antiguo **(Chatelier, 1893).**

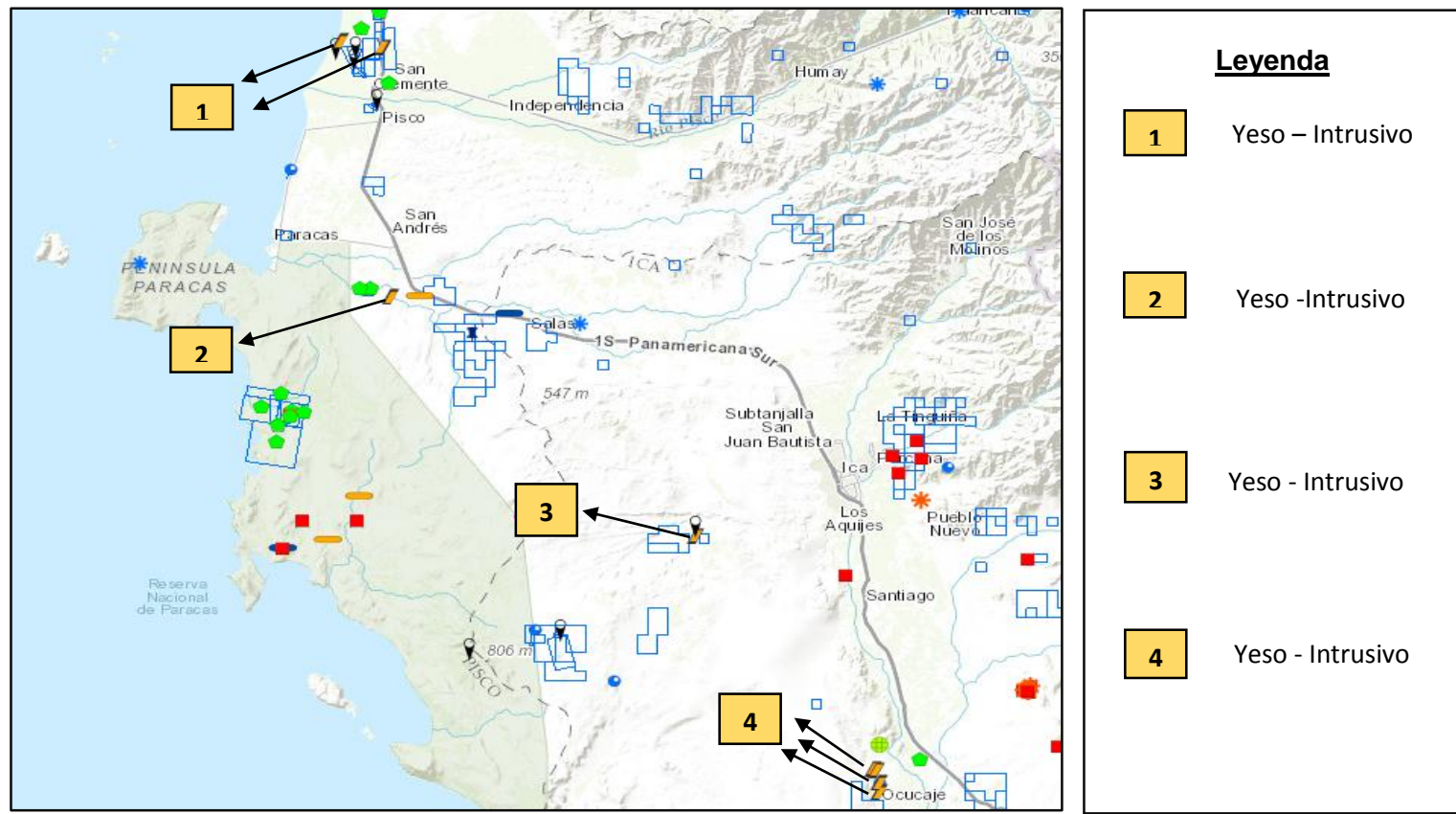
El escritor griego Teofrasto, en su tratado sobre la piedra, describe el yeso (*gipsos*), sus yacimientos y los modos de empleo como enlucido y para

ornamentación, también escribieron sobre las aplicaciones del yeso catón y columela. Plinio el Viejo describió su uso con gran detalle, Vitrubio, arquitecto y tratadista romano, en sus diez libros sobre arquitectura, describe el yeso (*gypsum*), aunque los romanos emplearon normalmente morteros de cal y cementos naturales, los sasánidas utilizaron profusamente el yeso en albañilería. Los Omeyas dejaron muestras de su empleo en sus alcázares sirios, como revestimiento e incluso en arcos prefabricados, la cultura musulmana difundió en España el empleo del yeso, ampliamente adoptada en el valle del Ebro y sur de Aragón, dejando hermosas muestras de su empleo decorativo en el arte de las zonas de Aragón, Toledo, Granada y Sevilla, durante la Edad Media, principalmente en la región de París, se empleó el yeso en revestimientos, forjados y tabiques, en el Renacimiento para decoración durante el periodo Barroco fue muy utilizado el estuco de yeso ornamental y la técnica del staff, muy empleada en el Rococó, en el siglo XVIII el uso del yeso en construcción se generaliza en Europa, Lavoisier presenta el primer estudio científico del yeso en la Academia de Ciencias, posteriormente Van Hoff y Le Chatelier aportaron estudios describiendo los procesos de deshidratación del yeso, sentando las bases científicas del conocimiento ininterrumpido posterior, el yeso mineral cristaliza en el sistema monoclínico, en cristales de hábito prismático; tabular paralelo al segundo pinacoide; de forma rómbica con aristas biseladas en las caras, se presenta en cristales, a veces grandes, maclados en punta de flecha y en punta de lanza; también en masas y agregados espáticos, con frecuencia fácilmente exfoliable (selenita); puede ser sacaroideo y translúcido (alabastro), incoloro, blanco, grisáceo, amarillento, rojizo o incluso negro (Tello, 2002).

El yeso natural, o sulfato cálcico bihidrato  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , está compuesto por sulfato de calcio con dos moléculas de agua de hidratación, si se aumenta la temperatura se logra el desprendimiento total de agua, en la región de Ica, la ubicación de yeso intrusivo es en el siguiente orden: San Clemente, San Andrés, Los Aquijes y Ocucaje.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Figura # 1), presenta el siguiente cuadro (INGEMMET, 2015).

**FIGURA 1**  
**MAPA DE ROCAS MINERALES INDUSTRIALES EN LA REGIÓN ICA**



El mapa que se mostró, identifica un yeso tipo intrusivo, es decir que este tipo de rocas se forman en el subsuelo, cuando estas rocas se forman en la superficie terrestre tienen la denominación de extrusivas.

### **2.2.2. Suelos con tratamientos de yeso**

Antes de mencionar como actúa el yeso en el suelo, debemos conocer que el suelo es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella, son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico (**Vega, 2004**).

De un modo simplificado puede decirse que las etapas implicadas en la formación del suelo son las siguientes:

Instalación de los seres vivos (microorganismos, líquenes, musgos, etc.) sobre ese sustrato inorgánico; esta es la fase más significativa, ya que con sus procesos vitales y metabólicos, continúan la meteorización de los minerales, iniciada por mecanismos inorgánicos, sabe mencionar que los restos vegetales y animales a través de la fermentación y la putrefacción enriquecen ese sustrato, cuando se mezcla todos estos elementos entre sí, y con agua y aire, en primer lugar se da la alteración de factores físicos y químicos de las rocas, realizada, fundamentalmente, por la acción geológica del agua y otros agentes geológicos externos, y posteriormente por la influencia de los seres vivos, que es fundamental en este proceso de formación, se desarrolla así una estructura en niveles superpuestos, conocida como el perfil de un suelo, y una composición química y biológica definida, las características locales de los sistemas implicados en la litología, relieve, clima, biota y sus interacciones dan lugar a los diferentes tipos de suelo, el conjunto de disciplinas que se abocan al estudio del suelo se engloban en el conjunto denominado “Ciencias del Suelo”, aunque entre ellas predomina la edafología e incluso se usa el adjetivo edáfico para todo lo relativo al suelo, el estudio del suelo implica el análisis de su mineralogía,



su física, su química y su biología, en cuanto a los tipos de suelo tenemos lo siguiente:

En primer lugar según su estructura y otra de acuerdo a sus formas físicas.

**Por estructura:**

**Suelos arenosos.** No retienen el agua, tienen muy poca materia orgánica y no son aptos para la agricultura.

**Suelos calizos.** Tienen abundancia de sales calcáreas, son de color blanco, seco y árido, y no son buenos para la agricultura.

**Suelos humíferos (tierra negra).** Tienen abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro, retienen bien el agua y son excelentes para el cultivo.

**Suelos arcillosos.** Están formados por granos finos de color amarillento y retienen el agua formando charcos. Si se mezclan con el humus que es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza pueden ser buenos para cultivar.

**Suelos pedregosos.** Formados por rocas de todos los tamaños, no retienen el agua y no son buenos para el cultivo.

**Suelos mixtos.** Tiene características intermedias entre los suelos arenosos y los suelos arcillosos.

**Por características físicas:**

**Litsoles.** Se considera un tipo de suelo que aparece en escarpas y afloramientos rocosos, su espesor es menor a 10 cm y sostiene una vegetación baja, se conoce también como leptsoles que viene del griego leptos que significa delgado.

**Cambisoles.** Son suelos jóvenes con proceso inicial de acumulación de arcilla. Se divide en vértigos, gleycos, eutrícos y crómicos.

**Luvisoles.** Presentan un horizonte de acumulación de arcilla con saturación superior al 50%.

**Acrisoles.** Presentan un marcado horizonte de acumulación de arcilla y bajo saturación de bases al 50%.

**Gleysoles.** Presentan agua en forma permanente o semipermanente con fluctuaciones de nivel freático en los primeros 50 cm.

**Fluvisoles.** Son suelos jóvenes formados por depósitos fluviales, la mayoría son ricos en calcio.

**Rendzina.** Presenta un horizonte de cincuenta centímetros de profundidad. Es un suelo rico en materia orgánica sobre roca caliza.

**Vertisoles.** Son suelos arcillosos de color negro, presentan procesos de contracción y expansión, se localizan en superficies de poca pendiente y cercanos escurrimientos superficiales.

### **Clasificación de los suelos**

El suelo se puede clasificar según su textura: fina o gruesa, y por su estructura: floculada, agregada o dispersa, lo que define su porosidad que permite una mayor o menor circulación del agua, y por lo tanto la existencia de especies vegetales que necesitan concentraciones más o menos elevadas de agua o de gases, el suelo también se puede clasificar por sus características químicas, por su poder de absorción de coloides y por su grado de acidez (pH), que permite la existencia de una vegetación más o menos necesitada de ciertos compuestos, los suelos no evolucionados son suelos brutos, muy próximos a la roca madre y apenas tienen aporte de materia orgánica, son resultado de fenómenos erosivos o de la acumulación reciente de aportes aluviales, de este tipo son los suelos polares y los desiertos, tanto de roca como de arena, así como las playas, los suelos poco evolucionados dependen en gran medida de la naturaleza de la roca madre, existen tres tipos básicos:

**Los suelos ránker.** Son más o menos ácidos, como los suelos de tundra y los alpinos.

**Los suelos de estepa.** Estos se desarrollan en climas continentales y mediterráneo subárido, el aporte de materia orgánica es muy alto, según sea la aridez del clima pueden ser de colores desde castaños hasta rojos, en los suelos evolucionados encontramos todo tipo de humus, y cierta independencia de la roca madre, hay una gran variedad y entre ellos se incluyen los suelos de los bosques templados, los de regiones con gran abundancia de precipitaciones, los de climas templados y el suelo rojo mediterráneo, en general, si el clima es propicio y el lugar accesible, la mayoría de estos suelos están hoy ocupados por explotaciones agrícolas (**Prado, 2001**).

El suelo es considerado como un sistema ecológico, conjunto de elementos, que constituye un conjunto complejo de elementos físicos, químicos y biológicos que compone el sustrato natural en el cual se desarrolla la vida en la superficie de los continentes, el suelo es el hábitat de una biota específica de microorganismos y pequeños animales que constituyen el edafón, el suelo es propio de las tierras emergidas, no existiendo apenas contrapartida equivalente en los ecosistemas acuáticos.

Es importante subrayar que el suelo así entendido no se extiende sobre todos los terrenos, sino que en muchos espacios lo que se pisa es roca fresca, o una roca alterada sólo por meteorización, un regolito, que no merece el nombre de suelo, desde el punto de vista biológico, las características del suelo más importantes son su permeabilidad, relacionada con la porosidad, su estructura y su composición química. Los suelos retienen las sustancias minerales que las plantas necesitan para su nutrición vegetal y que se liberan por la degradación de los restos orgánicos. Un buen suelo es condición primera para la productividad agrícola, en el medio natural los suelos más complejos y potentes (gruesos) acompañan a los ecosistemas de mayor biomasa y diversidad, de los que son a la vez producto y condición, en este sentido, desde el punto de vista

de la organización jerárquica de los ecosistemas, el suelo es un ecosistema en sí y un subsistema del sistema ecológico del que forma parte **(Castellanos, 1858)**.

**Fertilidad del suelo.** La concepción del término fertilidad ha ido modificándose con el tiempo y en la actualidad más se acerca al concepto de productividad que a otra cosa. O sea, lo que ofrece potencialidad nutricional a un suelo no es sólo su contenido de nutrientes, sino todos aquellos factores tanto químicos como físicos y biológicos que influyen sobre la disponibilidad y accesibilidad de los nutrientes por la planta, con relativa frecuencia se olvida que el secreto para lograr la expresión concreta de toda la potencialidad de un suelo radica en contribuir a la acción articulada de cada uno de sus fracciones particulares, es decir, hay que conocer cada uno de esos componentes del suelo y sobre todo, la forma en que están interactuando con el resto para poder, mediante manejo, lograr su mejor expresión.

Los altos rendimientos en los cultivos son el resultado de múltiples factores que se inician con un buen diagnóstico de la fertilidad del suelo y de la calidad del agua de riego, es importante utilizar un adecuado sistema de muestreo, un buen procedimiento de análisis y un razonable control de calidad analítica en el laboratorio.

Luego se lleva a cabo una buena interpretación de los resultados de los análisis y posteriormente generar una adecuada recomendación de la fertilización, a partir de una meta determinada de rendimiento, los otros factores involucran un conveniente manejo de la labranza ya sea convencional o de conservación, una adecuada decisión en cuanto a genotipos y fechas de siembra a utilizar, un adecuado arreglo de las plantas en el terreno para captar la mayor cantidad de radiación, una correcta decisión de formas y épocas de fertilización, un adecuado manejo de la sanidad del cultivo, un buen abastecimiento de agua y una adecuada aireación del suelo **(Thurston, 1997)**.

**Causas de la degradación o destrucción de los suelos:**

**Meteorización.** Consiste en la alteración que experimentan las rocas en contacto con el agua, el aire y los seres vivos.

**Meteorización física o mecánica.** Es aquella que se produce cuando, al bajar las temperaturas, el agua que se encuentra en las grietas de las rocas se congela. Así aumenta su volumen y provoca la fractura de las rocas.

**Meteorización química.** Es aquella que se produce cuando los materiales rocosos reaccionan con el agua o con las sustancias disueltas en ella.

**Erosión.** Consiste en el desgaste y fragmentación de los materiales de la superficie terrestre por acción del agua, el viento, etc. Los fragmentos que se desprenden reciben el nombre de detritos.

**Transporte.** Consiste en el traslado de los detritos de un lugar a otro.

**Sedimentación.** Consiste en el depósito de los materiales transportados, reciben el nombre de sedimentos, y cuando estos sedimentos se cementan, originan las rocas sedimentarias, los suelos se pueden destruir por las lluvias, ya que estos pasan por un proceso de lavado del suelo, quitándole todos los nutrientes que necesita para poder ser fértil, los árboles no pueden crecer ahí y se produce una deforestación que conlleva como consecuencia la desertificación (**García, 2011**).

**Nutrición vegetal.** La nutrición vegetal es el conjunto de procesos mediante los cuales los vegetales toman sustancias del exterior para sintetizar sus componentes celulares o usarlas como fuente de energía. La nutrición recurre a procesos de absorción de gas y de soluciones minerales ya directamente en el agua para los vegetales inferiores y las plantas acuáticas, ya en el caso de los vegetales vasculares en la solución nutritiva del suelo por las raíces o en el aire por las hojas.

Las raíces, el tallo y las hojas son los órganos de nutrición de los vegetales vascularizados: constituyen el aparato vegetativo, por los pelos absorbentes de sus raíces (pelos radiculares), la planta absorbe la solución del suelo, es decir el agua y las sales minerales, que constituyen la savia bruta (ocurre que las raíces se asocian a hongos para absorber mejor la solución del suelo, se habla entonces de micorriza).

En las hojas inicia la fotosíntesis; la planta recibe aminoácidos y azúcares que constituyen la savia elaborada. Bajo las hojas, los estomas permiten la evaporación de una parte del agua absorbida (oxígeno: O<sub>2</sub>) y la absorción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por el tallo, circulan los dos tipos de savia: la savia bruta por el xilema y la savia elaborada por el floema, los elementos esenciales requeridos por las plantas superiores son exclusivamente de naturaleza inorgánica.<sup>1</sup> Para que un elemento sea considerado un nutriente esencial de las plantas debe satisfacer las tres condiciones siguientes (**Arnon y Stout, 1934**).

Una deficiencia de este elemento hace imposible que la planta complete su ciclo vital, se considera deficiencia cuando algún nutriente no se encuentra disponible en la solución o se carece de este, que favorece el crecimiento y el desarrollo creando una anomalía dentro de la estructura fisiológica de la planta, por ejemplo plantas enanas, poco follaje, tallos flácidos y absorción de flores como frutos.

**Macronutrientes.** Los elementos esenciales se clasifican según un criterio de cantidad. En nutrición los macronutrientes que suministran la mayor parte de los alimentos de las cuales depende la vida son los nutrientes, estos proporcionan la energía y los materiales de construcción para las innumerables sustancias que son esenciales para el crecimiento y la supervivencia de los organismos vivos, los macronutrientes se caracterizan por sus concentraciones superiores al 0.1% de la materia seca, los tres elementos que se encuentran en mayor concentración son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno; los cuales se toman del agua y de la atmósfera.

El nitrógeno, el fósforo y el potasio son llamados macronutrientes primarios y es muy frecuente fertilizar con esos nutrientes, los macronutrientes secundarios son el calcio, el magnesio y el azufre (Luz, 2008).

El cuadro (Tabla 2), que se muestra a continuación, muestra cual es la cantidad adecuada en mg/kg, asimilada por las plantas, es importante conocer estos datos ya que en el análisis que se realizó en el presente trabajo de investigación se estudia la cantidad de materia seca relacionada con los nutrientes para determinar el rendimiento de la planta modelo luego de aplicar el yeso y de esperar los resultados después de un mes de tratamiento, añadiendo a su vez 200ml de agua cada 4 días para no alterar el yeso y de esperar los resultados después de un mes de tratamiento, añadiendo a su vez 200ml de agua cada 4 días para no alterar el crecimiento del aroma.

**TABLA 2**  
**MACRONUTRIENTES DISPONIBLES PARA LAS PLANTAS**

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible para las plantas	Concentración adecuada en tejido seco en mg/kg
Hidrógeno	H	H <sub>2</sub> O	60000
Carbono	C	CO <sub>2</sub>	450000
Oxígeno	O	O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub>	450000
Nitrógeno	N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	15000
Potasio	K	K <sup>+</sup>	10000
Calcio	Ca	Ca <sup>+2</sup>	5000
Magnesio	Mg	Mg <sup>+2</sup>	2000
Fósforo	P	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	2000
Azufre	S	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	1000

**Hidrógeno.** El hidrógeno es necesario para la construcción de los azúcares y por lo tanto para el crecimiento. Procede del aire y del agua.

**Carbono.** Es el constituyente principal de las plantas, se encuentra en el esqueleto de numerosas biomoléculas como el almidón o la celulosa, se fija gracias a la fotosíntesis, a partir del dióxido de carbono procedente del aire, para formar hidratos de carbono que sirven como procedente del aire, para formar hidratos de carbono que sirven como almacenamiento de energía a la planta.

**Oxígeno.** Es necesario para la respiración celular, los mecanismos para poder

Producir energía de las células, se encuentra en numerosos otros componentes celulares, el oxígeno presenta un comportamiento dual ya que es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas pero la exposición continua al mismo puede dar lugar a daño celular y, bajo condiciones extremas, a la muerte.

**Nitrógeno.** La cantidad de N en el suelo es muy baja en contraposición de lo que consumen los cultivos que es muy alta, este nutriente es esencial ya que favorece el crecimiento vegetativo, produce succulencia, da el color verde a las hojas, gobierna en las plantas el uso de potasio, fósforo y otros, un exceso de este elemento retarda la maduración, debilita la planta, puede bajar la calidad del cultivo y puede provocar menor resistencia a enfermedades, el Nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), debido a que la solubilidad de los compuestos nitrogenados es alta, su disponibilidad para las plantas y microorganismos normalmente también es alta bajo determinadas condiciones, por ejemplo, si el estado de oxidación es el adecuado.

La estrategia central para la nutrición nitrogenada se basa en "optimizar el balance de nitrógeno en el suelo", maximizando las entradas y minimizar las salidas, las que varían según: Cultivo, suelo, fertilización, nivel de

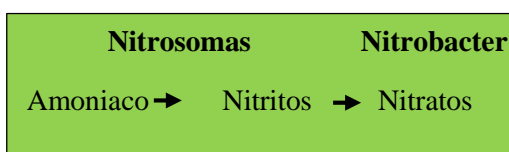


materia orgánica, prácticas agronómicas, las entradas de nitrógeno al suelo se dan mediante fijación biológica. Este proceso consiste en capturar nitrógeno del aire en forma de  $N_2$  y transformarlo en  $NH_3 - NH_4^+$ , las pérdidas de nitrógeno: Lixiviación, volatilización, cosecha, erosión, el mayor reservorio de nitrógeno en el suelo se encuentra en los microorganismos que lo habitan: bacterias, hongos y nematodos, el ciclo del nitrógeno está compuesto por las siguientes etapas:

**Fijación:** Este proceso inicia en el nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ), es transformado en amoníaco ( $NH_3$ ) por bacterias presentes en los suelos y en las aguas, las bacterias del género *Rhizobium sp*, viven en simbiosis dentro de los nódulos que hay en las raíces de plantas leguminosas, en ambientes acuáticos, las cianobacterias son importantes fijadoras de nitrógeno.

**Amonificación.** Es la transformación de compuestos nitrogenados orgánicos en amoníaco, en los animales, el metabolismo de los compuestos nitrogenados da lugar a la formación de amoníaco, siendo eliminado por la orina como urea (humanos y otros mamíferos), ácido úrico (aves e insectos) o directamente en amoníaco (algunos peces y organismos acuáticos), estas sustancias son transformadas en amoníaco o en amonio por los descomponedores presentes en los suelos y aguas, ese amoníaco queda a disposición de otro tipo de bacterias en las siguientes etapas.

**Nitrificación.** Es la transformación del amoníaco o amonio ( $NH_4^+$ ) en nitritos ( $NO_2^-$ ) por un grupo de bacterias del género Nitrosomas para luego esos nitritos convertirse en nitratos ( $NO_3^-$ ) mediante otras bacterias del género Nitrobacter, es decir transformación bacteriana de amoníaco en nitratos.



**Asimilación.** Las plantas toman el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y el nitrato ( $\text{NO}_3$ ) por las raíces para poder utilizarlos en su metabolismo. Usan esos átomos de nitrógeno para la síntesis de clorofila, de proteínas y de ácidos nucleicos (ADN y ARN). Los consumidores obtienen el nitrógeno al alimentarse de plantas y de otros animales.

**Desnitrificación.** Proceso llevado a cabo por bacterias desnitrificantes que necesitan utilizar el oxígeno para su respiración en suelos poco aireados y mal drenados. Para ello, degradan los nitratos y liberan el nitrógeno no utilizado a la atmósfera, en otras palabras es la transformación bacteriana de nitratos en nitrógeno.

**Fijación.** Se entiende la combinación de nitrógeno molecular, también llamado di-nitrógeno con oxígeno o hidrógeno para dar óxidos o amonio que pueden incorporarse a la biosfera.

**Potasio.** Se requiere en la ósmosis y el equilibrio iónico, así como en la apertura y el cierre de las estomas, activa también de numerosas enzimas.

**Calcio.** Es un nutriente que pertenece o forma parte de la pared celular; cofactor de enzimas; interviene en la permeabilidad de las membranas celulares; componiendo la calmodulina, regulador de actividades enzimáticas y también de las membranas.

**Magnesio.** Es el componente central de la molécula de clorofila; es activador de numerosas enzimas.

**Fósforo.** Se encuentra en los componentes que van a transportar energía (ATP, ADP), los ácidos nucleicos varias coenzimas y los fosfolípidos.

**Azufre.** Forma parte de algunos aminoácidos (cisteína, metionita), así como de la coenzima A, la mayor parte del azufre absorbido por las plantas, es aproximadamente el 90%.

**Micronutrientes.** Son sustancias que el organismo de los seres vivos necesita en pequeñas dosis. Son sustancias indispensables para los diferentes procesos metabólicos de los organismos vivos y sin ellos morirían, la disponibilidad de los micronutrientes es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas y para obtener rendimientos elevados, cuando existe deficiencia de uno o varios de los elementos menores, estos se convierten en factores limitantes del crecimiento, los micronutrientes (**Tabla # 3**), llamados también oligoelementos no sobrepasan el 0.01% de la materia seca. Son el cloro, el hierro, el boro, el manganeso, el zinc, el cobre, el níquel y el molibdeno. Todos los mencionados cumplen en todas las especies vegetales con los criterios de esencialidad mencionados anteriormente, existen otros elementos benéficos que pueden ser esenciales para algunos cultivos; tales como el sodio, el silicio o el cobalto.

**TABLA 3**  
**MICRONUTRIENTES DISPONIBLES PARA LAS PLANTAS**

Elemento	Símbolo químico	Disponible para las plantas	Concentración en tejido seco en mg/kg
Cloro	Cl	Cl <sup>-</sup>	100
Hierro	Fe	Fe <sup>+3</sup> , Fe <sup>+2</sup>	100
Boro	B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	20
Magnesio	Mn	Mn <sup>+2</sup>	50
Cobre	Cu	Cu <sup>+</sup> , Cu <sup>+2</sup>	6
Molibdeno	Mo	MoO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0.1

**Cloro.** Se produce en la ósmosis y el equilibrio iónico; probablemente indispensable para las reacciones fotosintéticas que producen el oxígeno, es un elemento altamente soluble, cloruros inorgánicos solubles, y así es

absorbido por la raíz de las plantas así como por vía aérea en forma de  $Cl^-$ .

**Hierro.** Es necesario para la síntesis de la clorofila; componente de los citocromos y de la nitrogenasa se necesita en grandes cantidades y su disponibilidad depende del pH del sustrato.

**Boro.** Interviene en la utilización del Calcio, la síntesis de los ácidos nucleicos, la polinización y la integridad de las membranas, esta usualmente presente en una concentración promedio de 10 ppm y también esencial para el sistema hormonal de las plantas.

**Manganeso.** Es activador de algunas enzimas; es necesario para la integridad de la membrana cloroplástica y para la liberación de oxígeno en la fotosíntesis.

**Cobre.** Es el activador o componente de algunas enzimas que se producen en las oxidaciones y las reducciones (**Bloodnick, 2016**).

**Molibdeno.** Las plantas usan molibdeno para convertir el fósforo de esta manera lo convierten en fósforo inorgánico a formas orgánicas dentro de ellas mismas, es necesario para la fijación del nitrógeno y en la reducción de los nitrato (**Villanueva, 1995**).

**Conservación de los suelos.** La conservación de los suelos se logrará con la educación de las personas, debemos tener en cuenta que un suelo se forma durante un lapso de miles y miles de años, gracias a la acción de factores como el viento, la temperatura y el agua, estos; lentamente van desmenuzando las rocas, hasta reducirlas a pequeñas partículas, que al unirse con los restos de plantas y animales conforman el suelo, una vez formado, el suelo es protegido y conservado por la vegetación que crece sobre su superficie, cuando el hombre corta los árboles y deja expuestas las partículas del suelo a la acción del sol, el viento y el agua, se produce la temida erosión, la capa vegetal es arrastrada hacia el fondo de los océanos, y aquellos terrenos fértiles quedan transformados en desiertos,

dicho empobrecimiento del suelo también es causado por desyerbar con azadón, por las quemas, por el uso exagerado de herbicidas y fertilizantes, entre otros, para detener la destrucción de este recurso se debe iniciar la plantación de árboles y la defensa de los bosques nativos, el agricultor debe adquirir la sana costumbre de rotar los cultivos, de trazar los surcos en sentido diferente a la pendiente del terreno, de plantar barreras vivas para evitar el rodamiento de las partículas, de todos es el compromiso de proteger las fuentes de agua, como ríos y quebradas, conservando toda la vegetación de la cuenca (FAO, 1999).

**Condiciones de humedad en el suelo.** Después de una lluvia abundante el agua llega a ocupar todos los poros del suelo. Se dice entonces que el suelo está saturado. A continuación, el agua tiende a moverse por gravedad hacia el subsuelo, hasta llegar a un punto en que el drenaje es tan pequeño que el contenido de agua del suelo se estabiliza, cuando se alcanza este punto se dice que el suelo está a la capacidad de campo (C.C), viene a ser el contenido de humedad de un suelo, después que el exceso ha sido drenado y la velocidad de descenso disminuida en grado considerable, la capacidad de campo es una constante característica de cada suelo y depende fundamentalmente de la textura, cantidad de materia orgánica y grado de compactación de éste. Si saturamos un suelo, la cantidad de agua que queda retenida en los poros sin ser arrastrada por el peso de la gravedad, es la Capacidad de Campo ó Capacidad de Retención de agua, la capacidad de campo se valora por el porcentaje en volumen de agua existente con respecto al suelo seco.

La capacidad de campo representa el contenido de humedad del suelo, cuando el agua que este contiene, deja de fluir por gravedad, cuando este fenómeno ocurre, el agua libre o gravitacional deja de existir en el suelo.

En el suelo provisto de un buen drenaje interno, la máxima capacidad de almacenamiento de agua está representada por la capacidad de campo, el contenido de humedad de un suelo, por otra parte, no podrá pasar su capacidad de campo sino por cortos periodos, a menos que exista algún obstáculo para el flujo del agua, el método utilizado para la obtención de

la capacidad de campo fue el método de la manguera o llamado también método de la columna de suelo, y se utilizó la siguiente fórmula:

$$CC = \frac{(Psh - Pss) * 100}{Pss}$$

**Psh** = Peso suelo húmedo

**Pss** = Peso suelo seco.

**TABLA 4**  
**RELACIÓN DE CAPACIDAD CAMPO CON LA CLASE**  
**TEXTURAL DEL SUELO**

CLASE TEXTURAL	CAPACIDAD DE CAMPO %
Arenoso	2.5 – 7.5
Franco arenoso	7.5 – 20.5
Franco limoso	20.5 – 33.0
Arcilloso	33.0 – 50.0

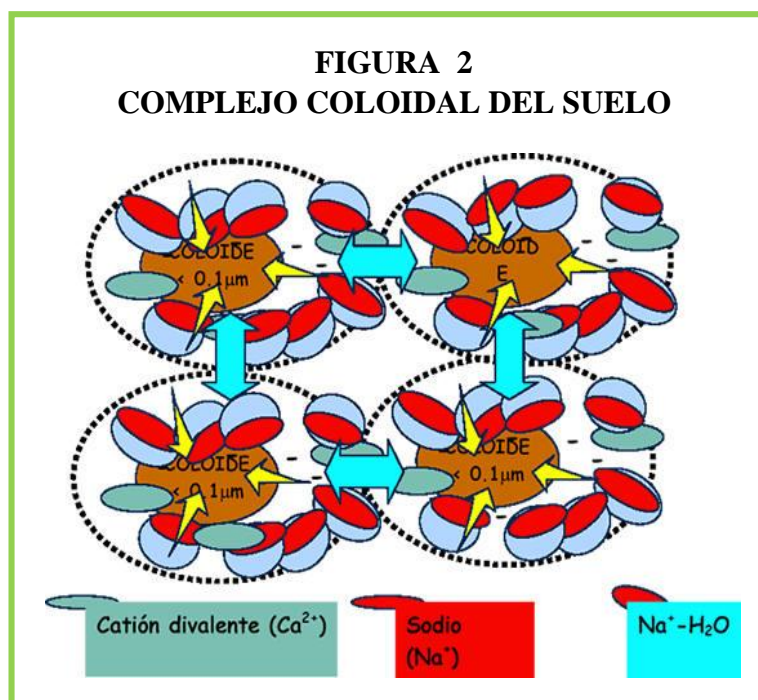
De acuerdo a la clase textural a la cual pertenece un determinado suelo se puede considerar los siguientes rangos admisibles del porcentaje de la capacidad de campo y se muestran en la tabla (**Tabla 4**), presentada.

Se ha determinado en laboratorio, que cuando un suelo está en capacidad de campo, el contenido de agua está retenido con una tensión de 1/3 de atmósfera aproximadamente, un suelo está a capacidad de campo después de dos o cinco días de aplicado el riego, parte de esta agua retenida puede ser utilizada por las plantas llamada agua capilar, pero a medida que el agua disponible se llega a un punto en que la planta no puede absorberla, en este estado se dice que el suelo está en el punto de marchitez, representa la fracción de agua útil (disponible) para la planta, los valores de la capacidad de campo y del punto de marchitez.

Pueden expresarse en porcentajes de peso de suelo seco, así una capacidad de campo del 27 % significa que 100 g de tierra seca retienen 27 g de agua, y una marchitez del 12% significa que, cuando se alcanza la marchitez de

la planta, el suelo tiene 12 g de agua por 100 g de tierra seca, el agua útil (disponible) por la planta sería, pues, 15 g de agua por 100 g de tierra seca, cuando más fina es la textura, mayores son los porcentajes de agua en el suelo, tanto a la C.C como en el punto de marchitez, una buena estructura del suelo también aumenta la fracción de agua útil, resaltando que el agua capilar es el agua que se mantiene por tensión superficial, el agua capilar engrosa la lámina de agua higroscópica a la que se une y rodea, el agua higroscópica, es el agua que se mantiene fuertemente adherida a las partículas por fuerzas de adhesión de origen molecular, forma una lámina alrededor de las partículas, cuyo espesor es de unas decenas de moléculas de agua (Payá, 2013).

**Gases presentes en el suelo.** La fracción de gases está constituida fundamentalmente por los gases atmosféricos y tiene gran variabilidad en su composición, por el consumo de  $O_2$ , y la producción de  $CO_2$  dióxido de carbono, el primero siempre menos abundante que en el aire libre y el segundo más, como consecuencia del metabolismo respiratorio de los seres vivos del suelo, incluidas las raíces y los hongos otros gases comunes en suelos con mal drenaje son el metano ( $CH_4$ ) y el óxido nitroso ( $N_2O$ ) (Vernon, 1990).



**Estructura del suelo.** La estructura es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para poder formar agregados, de acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en forma de bloques), y granular (en granos), la estructura del suelo, se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla, cuando las partículas se agrupan toman el aspecto de partículas mayores y este tipo de partículas se les denomina agregados, estos unidos son lo que forman una buena estructura física del suelo permitiendo que se formen unos orificios adecuados mediante los cuales circulan fácilmente el aire, es decir buena oxigenación, la circulación de agua y por otro lado también los nutrientes que luego serán aprovechados por las plantas de manera más efectiva, para que se dé una buena estructura del suelo, se requiere un suelo floculado, que son el conjunto de varios dominios, es decir, los dominios son un conjunto de partículas de arcilla unidos hasta  $1.5 \mu\text{m}$ , siempre y cuando predominen las fuerzas de atracción entre las partículas coloidales sobre las de repulsión, tendremos floculación de los coloides, debe quedar claro, que no siempre que exista floculación de los coloides se forman agregados, pero la floculación es condición previa para la formación de una adecuada estructura en el suelo, en este sentido es especialmente relevante el papel desempeñado por los iones calcio (floculante) y sodio (dispersante), siempre que predomine el calcio en el complejo coloidal, prevalecerán las fuerzas de atracción entre los coloides y éstos se mantendrán floculados, pero cuando el nivel de sodio en el complejo coloidal (Figura 2).

Es elevado (sobre todo cuando alcanza o supera el 15%), debido al gran tamaño del radio de hidratación que muestra el ion sodio, los coloides se separan, predominan las fuerzas de repulsión entre los mismos y dispersión, es importante resaltar que para que se dé la presencia de iones de calcio y sodio, se debe a la capacidad de intercambio catiónico, ya que es un indicador del potencial para retener el intercambio de nutrientes vegetales, mediante la estimación para retener cationes (sustancias con carga positiva).



Por lo tanto la capacidad de intercambio catiónico del suelo afecta directamente a la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes.

**Grados de estructura del suelo.** El grado de estructura es la intensidad de agregación y expresa la diferencia entre la cohesión dentro de los agregados y la adhesividad entre ellos, debido a que estas propiedades varían según el contenido de humedad del suelo, el grado de estructura debe determinarse cuando el suelo no esté exageradamente húmedo o seco. Existen cuatro grados fundamentales de estructura que se califican entre 0 y 3, de la manera siguiente:

**Sin estructura.** Condición en la que no existen agregados visibles o bien no hay un ordenamiento natural de líneas de debilidad, tales como:

**Estructura de aglomerado.** (Coherente), Donde todo el horizonte del suelo aparece cementado en una gran masa.

**Estructura de grano simple.** (Sin coherencia), Donde las partículas individuales del suelo no muestran tendencia a agruparse, como la arena pura.

**Estructura débil.** Está deficientemente formada por agregados indistintos apenas visibles. Cuando se extrae del perfil, los materiales se rompen dando lugar a una mezcla de escasos agregados intactos, muchos quebrados y mucho material no agregado.

**Estructura moderada.** Se caracteriza por presentar los agregados bien formados y diferenciados de duración moderada, y evidentes aunque indistintos en suelos no alterados, cuando se extrae del perfil, el material edáfico se rompe en una mezcla de varios agregados enteros, distintos, algunos rotos y poco material no agregado.

**Estructura fuerte.** Se caracteriza por agregados bien formados y diferenciados que son duraderos y evidentes en suelos no alterados.

Cuando se extrae del perfil, el material edáfico está integrado principalmente por agregados enteros e incluye algunos quebrados y poco o ningún material no agregado.

**Clases y tipos de estructura del suelo.** La clase de estructura describe el tamaño medio de los agregados, siendo de forma individual, en relación con el tipo de estructura de suelo de donde proceden los agregados, el tipo de estructura describe la forma o configuración de los agregados individuales, aunque generalmente los técnicos en suelos reconocen siete tipos de estructuras del suelo, sólo usaremos cuatro tipos, estos se clasifican de la forma siguiente:

**Estructuras granulares y migajosas.** Son partículas individuales de arena, limo y arcilla agrupadas en granos pequeños casi esféricos, el agua circula muy fácilmente a través de esos suelos, por lo general, se encuentran en el horizonte A de los perfiles de suelos.

**Estructura en bloques o bloques subangulares.** Son partículas de suelo que se agrupan en bloques casi cuadrados o angulares con los bordes más o menos pronunciados, los bloques relativamente grandes indican que el suelo resiste la penetración y el movimiento del agua, suelen encontrarse en el horizonte B, cuando hay acumulación de arcilla.

**Estructuras prismáticas y columnares.** Dichas estructuras se forman por columnas o pilares verticales separados por fisuras verticales diminutas, pero definidas, el agua circula con mayor dificultad y el drenaje es deficiente, normalmente se encuentran en el horizonte B, cuando hay acumulación de arcilla, existe una gran variedad de estructura prismática en la que la base superior del prisma esté inclinada en forma de cuña, está asociada a la presencia de arcillas expansibles que generan en el suelo un sistema de grietas verticales cuando se seca, estas grietas se rellenan parcialmente con material caído desde la superficie lo que provoca que al humedecerse, y recuperar el volumen inicial, se produzca una elevación del material forzada por la compresión lateral; este hecho obliga a tomar

la forma de cuña que facilita el ascenso, esta estructura es propia de suelos muy ricos en arcillas esmécicas.

**Estructura laminar.** Se compone de partículas de suelo agregadas en láminas o capas finas que se acumulan horizontalmente una sobre otra, a menudo las láminas se traslapan, lo que dificulta notablemente la circulación del agua, esta estructura se encuentra casi siempre en los suelos boscosos, formando parte del horizonte A y en los suelos formados por capas de arcilla.

**Color del suelo.** Depende de sus componentes y puede usarse como una medida indirecta de ciertas propiedades, el color varía con el contenido de humedad, el color rojo indica óxidos de hierro hidratado; el blanco y el gris indican presencia de cuarzo, yeso y caolín, y el negro y marrón indican materia orgánica, cuanto más negro es un suelo, más productivo será, por los beneficios de la materia orgánica, el color del suelo puede proporcionar información clave sobre otras propiedades del medio edáfico, por ejemplo, suelos de colores grisáceos y con presencia de “moteados o manchas”, son síntomas de malas condiciones de aireación, horizontes superficiales de colores oscuros tenderán a absorber mayor radiación y por consiguiente a tener mayores temperaturas que suelos de colores claros, la medición del color del suelo se realiza con un sistema estandarizado basado en la “Tabla de Colores Munsell”, en esta tabla se miden los tres componentes del color: Tono o matiz (hue), intensidad o brillantez o pureza de color, valor de luminosidad, value (**Barbosa, 1995**).

**Calidad del suelo.** La calidad del suelo es la propiedad o naturaleza para distinguir las características de intercambios importantes de masa y energía, es un cuerpo natural orgánico, tiene vida y como tal nace, crece, se desarrolla y puede llegar a ser destruido actúa como un depósito, filtro y bio-reactor de los contaminantes, sus características físicas, químicas y biológicas influyen el destino de éstos, la permeabilidad, el pH y las condiciones óxido – reductoras afectan el comportamiento de los contaminantes en el suelo, un alto contenido de materia orgánica arcillas

tiende a una mayor capacidad de adsorción de compuestos contaminantes (Vásquez, 1993).

**Parámetros de calidad.** La calidad del suelo puede ser evaluada a través de diferentes parámetros: altitud de la zona, régimen de humedad del suelo, régimen hídrico del suelo, duración de las características del régimen hídrico, causas de las condiciones de humedad excesiva, clases de drenaje, conductividad hidráulica, clases de permeabilidad, velocidad de infiltración, nivel freático, calidad del agua freático, régimen de temperatura del suelo, forma de relleno, dinámica de la forma (proceso de erosión), intensidad de los procesos de superficie, pendiente general, pendiente local, longitud de pendiente, morfología local de pendiente, situación de pérdida de pendiente, orientación, pedregosidad superficial, afloramiento rocoso, tipos de roca subyacente.

**TABLA 5**  
**TIPO DE SUELO SEGÚN EL TAMAÑO**

<b>PARTÍCULAS</b>	<b>DIÁMETRO</b>
Fragmentos Rocosos	>2.0
Arena	2.0 – 0.05
Limo	0.05 – 0.002
Arcilla	Menos de 0.002

La macroestructura de la roca, es decir, la dureza de la roca, grado de alteración de la roca subyacente, profundidad del suelo, profundidad efectiva del suelo, profundidad de arrendamiento, textura, estructura, proporción de elementos gruesos, consistencia, materia orgánica, actividad biológica, materiales esqueléticos, capa de grava, sub estrato salino, reacción del suelo, porosidad, tipos de arcillas y fertilidad (Catalunya, 1997).

**Textura.** La textura del suelo depende de la proporción relativa de arena, limo, arcilla y materia orgánica, un suelo con más de 40 % de materia orgánica, se denominada la facilidad de cultivo de un terreno, esta puede

ser ligera o gruesa en un suelo arenoso y fin o denso en un suelo arcilloso, para determinar la clase textural de los suelos, se realizan análisis mecánicos de laboratorio y los resultados se pueden interpretar a través del “Triángulo de la textura” o “Triángulo textural”, (**Tabla # 5**) las partículas del suelo se clasifican de acuerdo a su tamaño, a continuación se detallan algunos de los parámetros más importantes según el tamaño de partículas de la lista presentada (**Bockman, 1993**).

La arena y la mayoría de los limos, son químicamente inertes, las propiedades químicas del suelo dependen, básicamente, de la naturaleza de las partículas de arcilla, de la materia orgánica del suelo y de su capacidad para controlar la acidez, aglutinar, liberar nutrientes y componentes nocivos.

**Porosidad.** La porosidad, es de suma importancia en los suelos, se encarga de proveer a las plantas con agua y aire en proporciones adecuadas, los poros del suelo pueden ser clasificados en: Macroporos, comúnmente ocupados por aire y microporos, ocupados por agua, reteniéndola por capilaridad, la condición física de un suelo depende, en gran medida de la porosidad y de los tamaños de los poros, en los suelos de textura fina es mayor la presencia de los microporos y los macroporos en los suelos constituidos por gravas, en ambos casos los poros presentan poca variación en sus dimensiones.

La porosidad en el compostaje ya que permite el paso de oxígeno en su interior gracias a este factor se dará una buena actividad microbiana.

En caso se dé el ingreso de aguas residuales industriales en el suelo, modifica la porosidad del mismo, aumentando o disminuyendo la distribución y el tamaño de los poros en función de la escasez de los sólidos disueltos del volumen de líquido aplicado y de las condiciones climáticas, los residuos químicos presentes en las aguas residuales pueden ser modificadas por los agregados del suelo, provocando alteraciones

estructurales que afectan la porosidad, estas variaciones disminuyen en gran medida la calidad del suelo (Absalón, 1993).

**Estructura.** Son los elementos minerales y orgánicos del suelo, para ordenarse en agregados o estructuras estáticas, condiciona diversas propiedades del suelo como por ejemplo: porosidad, permeabilidad, profundidad de las raíces, etc (Guerra, 2009).

**Color.** Es una característica importante, no solo va a distinguir los tipos de terrenos, sino que indica, ciertas propiedades físicas y químicas, el color del suelo es debido: al contenido de humedad, de humus y la naturaleza química de los compuestos de hierro, también es considerado como un indicador (PNUD, 2000).

**TABLA 6**  
**COLOR DEL SUELO PARA IDENTIFICAR LOS TIPOS DE TERRENO**

COLOR	COMPONENTES
Negro y Marrón	Presencia de materia orgánica.
Blanco y Gris	Presencia de cuarzo, yeso y caolín.
Amarillos	Presencia de óxidos de fierro hidratado.
Rojo	Presencia de óxidos de fierro y manganeso.

**Capacidad de Infiltración.** (Tabla # 7) Es una propiedad hidrofísica muy importante del suelo y representa un fenómeno complejo mediante el cual se puede explicar tanto el ingreso del agua en el suelo y su correspondiente movimiento.

De este modo se puede entender la retención en su interior, se refiere también a la velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo, la capacidad de infiltración depende de muchos factores; un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor que un suelo arcilloso y compacto (Guerrero, 1998).

**TABLA 7**  
**CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL SUELO**

Clase Textural	Velocidad de infiltración en cm/h	Calificación
Arenoso	5.00	Muy rápida
Franco Arenoso	2.30	Rápida
Franco	1.30	Moderada
Franco Arcilloso	0.80	Lenta
Arcilloso	0.05	Muy Lenta

**Temperatura.** Es muy importante porque determina la distribución de las plantas e influye en los procesos bióticos y químicos, cada planta tiene sus requerimientos especiales, encima de los 5°C es posible la germinación de la mayoría de plantas, el mínimo de temperatura para florecer se considera de 15°C, el óptimo de 30°C, por encima del 50°C no se produce la floración, la respiración alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo después del espigado.

Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor, por esta maduración de los granos (**A. Brack, 2000**).

**Fertilidad del Suelo.** Son factores condicionantes del suelo a la disponibilidad de agua, espesor del suelo útil, cantidad de materia orgánica presente, organismos vivos del suelo, capacidad de almacenar sustancias nutritivas contenidas en el agua y la reacción química del suelo (**Brack, 2000**).

**Acidez del Suelo.** En particular, los fertilizantes amoniacales como la urea y los fosfatos mono- y biamónico, son rápidamente convertidos en nitratos a través del proceso de nitrificación, liberando ácidos y, por lo tanto, incrementando la acidez de la parte superior del suelo, la

acidificación del suelo constituye un proceso natural causado por la formación de ácidos orgánicos e inorgánicos, como consecuencias de la actividad microbiana y debido a la pérdida de las bases del suelo por intercambio de iones y lixiviación con el exceso de agua de lluvia, la acidez del suelo puede medirse como la acidez (pH) del agua en equilibrio con el suelo, para los suelos minerales, la acidez está comprendida entre 3,6 y 9,0 aproximadamente, valores comprendidos entre 5,5 y 7,5 son los más comunes para los terrenos agrícolas. (Bockman, 1993).

**Capacidad de Intercambio Catiónico.** Es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas y materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico o CIC representa el proceso en el cual los cationes en solución son intercambiados por otros que están unidos electrostáticamente a la superficie de los coloides.

**TABLA 8**  
**CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO,**  
**REPRESENTA LA FERTILIDAD DEL SUELO**

COLOIDE	CIC cmol (+) kg.1		UBICACIÓN GEOGRÁFICA
	ACIDEZ	ALCALINIDAD	
Caolinita (*)	4	10	Selva Baja
Montmorillonita (**)	80	120	Zonas áridas
Vermiculita (**)	100	160	Sierra, Costa
Ilita (**)	40	60	Sierra, Costa
Humus (*)	30	400	Sierra alta, etc.

**Materia Orgánica del Suelo.** La materia orgánica, tiene su origen en organismos vivos, este es un factor importante para la productividad del suelo, debido a que la materia orgánica del suelo contiene abundantes nutrientes y estos se ven liberados al producirse su descomposición, parte de ésta actúa como alimento para los organismos del suelo y va a Estabilizar los agregados de los suelos minerales.



La materia orgánica contenida en el suelo consta de:

- Raíces de plantas vivas, bacterias, hongos y animales.
- Exudados de las raíces de plantas y organismos del suelo.
- Plantas muertas y otros organismos en diversas fases de descomposición (**Mendiola, 2000**).

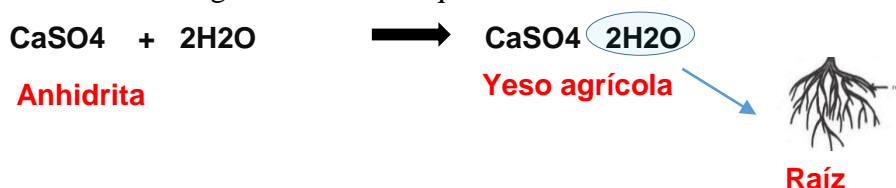
**Perfil del Suelo:** Los componentes del suelo maduro están dispuestos en una serie de zonas denominadas horizontes edáficos o perfil, estos Horizontes nos indican el grado de desarrollo de desarrollo del suelo, cada uno de ellos tiene distinta textura y composición, que varían en los diferentes tipos de suelo, la mayor parte de los suelos maduros poseen al menos tres de los horizontes posibles, pero algunos suelos nuevos o pocos desarrollados carecen de ellos, se pueden identificar dos grupos de Horizontes: Orgánicos y Minerales (**Brack, 2000**).

Luego de describir las características, estructura, tipos y función de los distintos niveles y partes del suelo, se detalla su función como enmienda agrícola, los suelos con tratamientos de yeso tienen una buena estructura del suelo ya que por su composición química  $\text{CaSO}_4$ , contribuye con cationes de calcio y esto a su vez generara agregados que permitirán la libre circulación de aire y agua, también es conocido como un corrector de suelos sódicos, lo mencionado se demuestra con la siguiente reacción química:

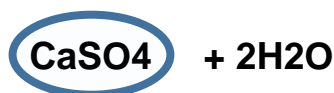


Si el suelo presenta cierto grado de drenaje interno (percolación), es posible reemplazar por lo menos una parte del sodio presente en el complejo de cambio a través del uso de yeso agrícola, ya que tiene una reacción neutra y permite que parte del sodio adsorbido en las arcillas se reemplaza por el calcio del yeso, el sodio presente en el complejo de cambio pasa a la solución del suelo, en donde puede ser lixiviado (lavado) en forma de sulfato de sodio, también contribuye en la

retención de agua, generalmente en época de estiaje, la anhidrita de estiaje, ya que la anhidrita se activa con dos moléculas de agua como se describe en la siguiente reacción química:



Como se describe en la reacción química la anhidrita más dos moléculas de agua forma el yeso agrícola, cuando se cuenta con temporada de estiaje las dos moléculas de agua se activan y son aprovechadas por la raíz de la planta, y nos queda anhidrita presente en el suelo, cuando se da el riego esta anhidrita se vuelve a juntar con dos moléculas, y en época de estiaje se vuelven a activar las dos moléculas de agua, como se expresa a continuación:



El calcio que proviene del yeso, reemplaza el sodio sostenido en los sitios de entascamiento de arcilla.

### 2.2.3. Definición de Especies forestales

Se denomina especie forestal a la planta, perenne (aquella que vive más de dos años), de tronco leñoso y elevado (referido a las diferentes alturas que alcanzan los árboles dependiendo de la especie y el sitio), que se ramifica a mayor o menor altura del suelo, que es fuente de materia prima para los diferentes tipos de industria forestal como aserraderos, fábricas de tableros, de chapas, de fósforos, de celulosa, de aceites esenciales, de resinas y taninos. (MINAE, 1997).

#### 2.2.3.1. Especies forestales con raíces largas y poco profundas

**Árboles con raíz poco profunda.** Muchos árboles grandes y con gran poder ornamental tienen las raíces poco profundas, incluso llegan a tener raíces superficiales, que son las visibles sobre el suelo y pueden llegar a incordiar, es decir el riesgo de tropiezo y daños en suelos de calzadas y caminos.

Cuando hablamos de poca raíz nos referimos a aquellas que no llegan más allá de 10 a 20 centímetros de profundidad.

**Árboles con raíz profunda.** Entre ellos tenemos al Almendro el cual es un árbol de raíz profunda, aproximadamente de 10 metros de alto, frondoso, de hojas grandes, oblongas, duras, de verde intenso, que antes de caerse se tornan pardas y finalmente amarillas, flores blancas de suave aroma, cuyo fruto es una almendra carnosa, de piel amarilla cuando está madura, corteza estoposa, dentro de la cual viene una semilla oleaginosa de agradable sabor.

#### **2.2.3.2. Bienes y servicios ofrecidos por los tipos de bosques**

**Calidad y cantidad de agua.** Vivimos en tiempos en que el cambio climático ya se ha instalado y continuará evolucionando, expresado como un alza de las temperaturas y una menor precipitación en la mayor parte del país. Esto resentirá la provisión de agua, especialmente para aquellas comunidades rurales que usan agua proveniente de la misma zona en que viven. Estudios realizados durante la última década han revelado el papel de los bosques nativos de la zona sur del país como una esponja que retiene parte de la precipitación en su vegetación y en el suelo asociado, y la entrega gradualmente hacia los cursos de agua (**Lara y colaboradores, 2009**).

**Regulación del clima.** La vegetación proporciona sombra al suelo, disminuyendo la pérdida de humedad y evitando los bruscos cambios de temperatura. La transpiración de las hojas evapora lentamente en la atmósfera el agua que captan las raíces. En zonas de nieblas, las diminutas gotas se depositan sobre las hojas de los grandes árboles y se deslizan hacia el suelo, los bosques y las cortinas rompe vientos atenúan la fuerza del viento, es así como se protegen los cultivos de la desecación y filtra el polvo, los bosques y las cortinas rompe vientos atenúan la fuerza del viento, de esta manera, protegen los cultivos de la desecación y filtran el polvo, el agua que se evapora de la superficie de embalses y

canales de riego aumenta la humedad contenida en la atmósfera, además, la nueva vegetación que crece con el riego también libera humedad por la transpiración de sus hojas. Esta humedad, a su vez, reduce la diferencia de temperatura entre el día y la noche (**FAO, 2010**).

**Secuestro de carbono.** Un árbol es considerado como secuestrador de carbono o sumidero del mismo ya que es capaz de retenerlo, el Perú es uno de los doce países que concentran la mayor biodiversidad de la Tierra, se caracteriza por su diversidad de ecosistemas, especies y recursos genéticos. Las acciones humanas son la causa de numerosos cambios en los sistemas naturales, como es el caso del cambio climático global por el aumento en los niveles de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, sobre todo del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Según la Convención Ramsar (1972), los humedales sirven de sumideros de carbono y la degradación de los humedales liberará grandes cantidades de dióxido de carbono contribuyendo al aumento de la temperatura mundial, en nuestro país 480 toneladas de carbono por hectárea pueden fijar los aguajales que crecen en las áreas inundables de la llanura aluvial amazónica, a lo largo del río Amazonas y sus afluentes principales, así como en el llamado Abanico del Pastaza, entre los ríos Corrientes y Morona, y los territorios que llegan hasta el río Ucayali (**MINAM, 2011**).

**Seguridad alimentaria.** Alimentos y bosques parecen términos que no tienen mucho que ver, a simple vista, pero nada más lejos de la realidad, teniendo en cuenta, por ejemplo, que gracias a los bosques se regula la cantidad de agua de lluvia y esto es imprescindible para la producción agrícola (**Ochoa, 2000**).

**Polinización.** Es aquel proceso de transporte de polen desde las anteras de una flor hasta un estigma localizado en la misma flor, en la misma planta o en una planta diferente de la misma especie y que conduce a la fertilización del óvulo para el posterior desarrollo del fruto. Sin embargo, la fertilización cruzada tiene mayor valor adaptativo al promover la

mezcla de genes y mayor vigor de la progenie. Por esto, las plantas mediante procesos de selección, han desarrollado mecanismos complejos para asegurar este tipo de cruzamiento. Los sistemas de polinización en los bosques tropicales son especialmente eficientes, pues a pesar de que una gran proporción de las especies de plantas de estos ecosistemas poseen individuos muy dispersos en el bosque, y mecanismos de fecundación cruzada obligada por autoincompatibilidad o dioicismo, sus polinizadores son capaces de mover el polen a grandes distancias (**Bawa, 1985**).

**Dispersión de semillas.** Es el proceso mediante el cual influye significativamente en la dinámica y estructura de las comunidades vegetales (**Levine y Murrell, 2003**).

**Control biológico de plagas y enfermedades.** El control biológico fue originalmente definido como "la acción de parásitos, depredadores o patógenos que mantienen poblaciones de otros organismos a un nivel más bajo de lo que pudiera ocurrir en su ausencia" (**DeBach, 1964**).

Como tal el control biológico se distingue de otras formas de control de plagas por actuar de una manera densidad-dependiente, esto es; los enemigos naturales se incrementan en intensidad y destruyen una gran porción de la población cuando la densidad de esta población se incrementa y vice-versa, es importante diferenciarlo de un control natural, ya que el control biológico es conocido como artificial, ya que tiene límites. (**DeBach y Rosen, 1991**).

**Turismo.** Por medio de la recreación y el turismo, es posible usar el bosque sin explotarlo. Los bosques atraen a las personas interesadas en acampadas, caminatas en senderos o no, la pesca, la cacería, ciclismo de montaña y actividades similares. Las personas que viven en áreas rurales pasan parte de su tiempo en los bosques cercanos, y las personas de ciudades desean viajar, a veces por largas distancias, para visitar áreas naturales no desarrolladas. La industria del turismo genera miles de

millones de dólares cada año, y gran parte de esa cantidad es generada por la atracción que sienten las personas por los bosques, el turismo no es solamente una manera sostenible de usar el bosque sino que también es práctico en términos económicos. Mientras que la mayor parte de los ingresos generados por la actividad maderera es tomada por grandes corporaciones multinacionales, los beneficios del turismo frecuentemente quedan en las comunidades locales. Hay muchos operadores locales de giras que funcionan como guías y consiguen acomodaciones, los beneficios de recreación y turismo pueden recibirse constantemente.

Las personas vienen a los bosques todos los años, año tras año. Si en lugar de eso, el bosque se usara para la explotación maderera, habría beneficios económicos inmediatos pero luego no se generaría más dinero en el lugar durante otros ochenta años o más, hasta que los nuevos árboles alcancen su pleno tamaño (**Portillo, 2009**).

### **2.2.3.3. Clasificación de especies forestales en el mundo y el Perú**

El Perú, ubicado entre los 20 países más extensos del mundo, alberga una cuarta parte de las selvas tropicales del planeta y una impresionante población arbórea que supera los 2,500 individuos por hectárea y más de 2,500 especies forestales.

La heterogeneidad de los bosques tropicales nos obliga, pues, al desarrollo de una estrategia integral que permita el aprovechamiento de esta riqueza maderable; enlazando el manejo sostenible de los bosques y la certificación forestal con la comercialización y su uso integral con valor agregado por la industria de la madera y el mueble; a fin de asegurar una gestión ambientalmente responsable socialmente benéfica y económicamente viable a lo largo de la cadena productiva de la madera, el Aguano Masha, se encuentra distribuido en América desde México hasta Brasil, Bolivia y Perú. En el Perú se encuentra distribuido en los departamentos de Ucayali, Loreto, Cusco, Junín y Madre de Dios.

En las formaciones de bosque húmedo tropical (bh-T), en bosques primarios no inundados de la amazonia, es una madera pesada, presenta contracciones lineales medias y contracción volumétrica estable, la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media con la categoría alta. La madera, es moderadamente difícil de aserrar por su alta resistencia mecánica, presenta buena trabajabilidad y acabado apropiado para la producción de parquet para exportación, al proceso de secado la madera es estable con bajo riesgo de alabeo, la albura es susceptible al ataque biológico, las pieza con albura requieren ser preservada; el duramen es resistente y por ello las piezas enteramente de duramen no requieren de preservación (Lopes 2005).

#### **2.2.3.4. Clasificación de especies forestales en la Provincia de Ica y distrito de Subtanjalla**

Cuando hablamos de plantas, pensamos principalmente en plantas que son útiles, especialmente aquellas que podemos comer, usar como combustible o como medicina o para la construcción de viviendas. Pero sabemos que toda existencia en el planeta depende de las plantas. Las plantas están en la base de la cadena alimenticia, puesto que todos los animales comen plantas o se alimentan de animales que las comen. Por eso podemos decir que toda la vida en la tierra depende de las plantas. Las plantas también actúan sobre la tierra – manteniendo y mejorando los suelos, desprendiendo oxígeno, captando agua y cambiando el paisaje. Las plantas incluso regulan el clima; de hecho, no son solamente esenciales para la existencia del ser humano, sino para la tierra y su ecosistema. En Ica, por ejemplo, árboles como el Huarango (*Prosopis limensis*), el Espino (*Acacia macracantha*) y el Pacay (*Inga feuillei*), así como hierbas pequeñas de la familia de las Leguminosas son importantes para la fertilidad del suelo, ya que capturan nitrógeno (que el suelo del desierto carece) de la atmósfera y luego lo fijan en la tierra. El nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes para las plantas, pues garantiza un buen crecimiento; hasta las plantas más pequeñas, como los musgos y algas en la superficie del suelo, contribuyen a este proceso. Desde hace por lo menos 8000 años atrás que el hombre ha usado y dependido para

su existencia en la región de Ica de las plantas nativas y locales. Pero actualmente estos recursos están en peligro de extinción, debido a la deforestación y la desertificación. Salvo que invirtamos este proceso, Ica perderá el fundamento natural del bienestar humano, y la vida se volverá mucho más dura en toda la región. Esto significaría una enorme pérdida, no solamente para el Perú, sino para el mundo entero.

#### **2.2.3.5. Limitación de especies forestales**

Ica es uno de los lugares más secos del mundo con casi nada de humedad disponible (menos de 8 mm de lluvia al año). En consecuencia, las plantas nativas se han adaptado para usar otras fuentes de agua, como la neblina, el rocío y el ‘agua nueva’ de los ríos y de inundaciones, así como el agua subterránea. Pero como estas fuentes son variables y esporádicas y, hoy en día, casi agotadas, la existencia de las plantas en la región de Ica es precaria, por no decir, sumamente frágil. La falta de lluvia hace difícil que la vegetación se regenere, una vez que se ha perdido. Y con el tiempo, las semillas se mueren, de manera que aun cuando hubiese de pronto agua disponible (por ejemplo, a través de una inundación), éstas serían incapaces de re-establecerse. Esta es una de las últimas etapas de la desertificación.

#### **2.2.3.6. Adaptación de especies forestales**

En Ica las plantas han evolucionado una gama de adaptaciones al clima del desierto. Las plantas más especializadas, científicamente conocidas como xerofíticas, tienen gruesas capas cerosas en su superficie, es decir, cutículas que sirven para protegerlas del sol y del viento – como, por ejemplo, el Perlillo o el Cun Cun (*Vallesia glabra*). Otras adaptaciones incluyen hojas pequeñas, o pocos estomas hundidos que reducen la pérdida de agua a través de la transpiración. Ciertos árboles o arbustos, como el Palo verde o Rompe trapo (*Parkinsonia praecox*) y el Calato (*Bulnesia retama*) producen tallos y ramas verdes para fotosintetizar sin la necesidad de hojas (que son más susceptibles a secarse). Por otro lado, plantas como el Huarango (*Prosopis limensis*) han desarrollado en sus troncos pigmentos rojos que actúan como ‘bloqueador de sol’ para



prevenir daños de sobre exposición a la luz solar. Otras plantas, como ciertas variedades de Toñuz (*Pluchea sp.*), reducen la pérdida de agua a través de una pelusa fina y brillante que cubre sus hojas. Se piensa que plantas pilosas como éstas reflejan la luz del sol más allá de la atmósfera – ¡Tal vez hasta ayudando a reducir el calentamiento global! Por otro lado, los Clavelines o Cimarrones (*Tillandsia purpurea*) tienen una cobertura protectora de minúsculas escamas blancas en sus hojas, con las cuales atrapan la humedad y los nutrientes transportados por el viento. Estas pequeñas plantas pueden resistir las sequías y no necesitan tierra para sobrevivir. Pueden crecer en pendientes y rocas expuestas (como litófitas), o encima de árboles (como epífitas), donde atrapan la humedad de las corrientes de neblina. Las clásicas plantas adaptadas al desierto son las cactáceas, de las que en Ica se encuentran aproximadamente una docena de importantes especies locales. Para impedir la pérdida de agua, muchas especies de cactus están reducidos a columnas o esferas suculentas capaces de hacer fotosíntesis y se caracterizan por una cutícula gruesa y ausencia de hojas (las cuales han sido modificadas en espinas protectoras). A la vez, pueden almacenar agua, expandiéndose y contrayendo sus superficies cubiertas de pliegues. Al igual que muchas otras plantas del desierto, las cactáceas tienen raíces muy extendidas. Quizás no nos sorprenda que los sistemas de raíces sean el aspecto menos estudiado de las plantas del desierto. Algunos arbustos o árboles, como el Huarango, tienen raíces extremadamente largas que les permiten alcanzar el agua subterránea más profunda. A estas plantas se les da el nombre de freatófitas. El grupo de especies al que pertenece el Huarango (*Prosopis limensis*) produce las raíces más largas registradas en el mundo. ¡Y en Ica se han medido raíces de Huarango que llegan hasta los 70 metros debajo de la superficie del suelo! La arquitectura de raíces de muchas plantas está adaptada para explotar varias fuentes de agua, según la estación del año o la hora del día. En un proceso recientemente estudiado, se ha demostrado que algunas plantas levantan agua durante la noche desde capas profundas del suelo y la depositan en sus raíces superficiales. Luego, durante el calor del día, las plantas pueden usar esta humedad para la fotosíntesis. A este proceso se le llama levantamiento

hidráulico y ayuda a las plantas más grandes a ahorrar energía y proveer humedad, no solamente para sí mismas, sino para otras que tienen raíces menos profundas. Los pueblos indígenas han tenido conocimiento de esto hace miles de años, pero importantes estudios actuales realizados en Chile lo han demostrado científicamente. Otras plantas del desierto desarrollan una red de raíces superficiales para capturar la neblina o el rocío. En Ica se dice muchas veces que el Huarango captura humedad directamente a través de sus hojas, pero hay poca evidencia que confirme esto. Sea como fuere, el Huarango y muchas otras especies, especialmente la vegetación de lomas, atrapan efectivamente humedad de la neblina con la ayuda de pelos muy pequeños en sus hojas. El agua gotea al suelo por debajo de las copas en las horas antes de amanecer, donde luego es absorbida por la red de las raíces (al mismo tiempo levanta humedad alrededor de la planta, ayudando a reducir la desecación). El notable Huarango puede asimismo desarrollar raíces diminutas de las ramas enterradas, unos centímetros debajo de la superficie por la arena, con las que puede aprovechar la neblina del invierno (de junio a noviembre). Durante la estación de sequía, estas raíces parecen disminuir o secarse (**Kew, 2009**).

**Huarango, *Prosopis pallida***, Fam. Leguminosae – Mimosaceae. Útil para alimentación (*huaranguina*), forraje, conservación de humedad, apibotánica (miel de abeja), fijador de nitrógeno y nitrificación del suelo, cerco vivo, control de dunas y contrarrestación de desertificación, erosión y degradación de los suelos, medicina, refugio y hábitat para biodiversidad, nidificación, sombra, asociado con abejas, aves, espino, toñuz, etc.

**Molle, *Schinus molle***, Fam. Anacardiaceae. Útil para alimentación, medicina, repelente, fertilidad del suelo, leña, hábitat para biodiversidad, control de plagas, apibotánica (miel de abeja), cortinas rompevientos, protección de riberas, conservación de cuencas, estabilizador de médanos, control de dunas, antidiarréico y antiespasmódico. Asociado con picaflores, insectos, huarangos.

**Cahuato, *Tecoma fulva*.** Útil para control de dunas, evitar la erosión, hábitat para biodiversidad, conservación de humedad, fertilidad de suelo, ornamento, medicina. Asociado con picaflores, lagartijas, abejas.

**Aromo, *Acacia karroo Hayne*.** Es una especie de Acacia, nativa del sur de África desde el sur de Angola al este hasta Mozambique, y al sur en Sudáfrica, es un arbusto o pequeño árbol que crece a la altura de 12 m.

**Descripción.** Es un arbusto o árbol de pequeño a mediano tamaño que crece hasta los 9 m de altura. Tiene una copa redondeada, de ramificación bastante baja sobre el tronco. La corteza es de color rojo en las ramas jóvenes, oscureciéndose con la edad. A veces un color rojizo atractivo se puede ver en las fisuras profundas de la corteza. Las hojas son de textura fina y color verde oscuro. Las abundantes flores amarillas, aparecen a principios de verano, o después de lluvias abundantes. Las vainas son estrechas, planas y con forma de media luna. Son de color verde cuando son jóvenes que se convierten en marrón cuando se secan, estas se abren permitiendo que las semillas caigan al suelo. Las espinas, se emparejan, son grisáceas a blancas y son largas y rectas y la raíz principal es pivotante, es decir la raíz principal crece perpendicularmente al suelo en busca de agua, pues proviene de regiones donde el agua es bastante escasa, penetrando en profundidad varios metros.

**Distribución.** Ocurre naturalmente, en el suroeste de Angola, el sur de Zambia y Malawi, en partes de Botsuana y en la costa meridional de África. Fue introducida en otras partes de África, en Australia, América del Sur; India y Myanmar/Birmania. Es un árbol de los bosques abiertos y praderas arboladas. Alcanza su mayor tamaño cuando recibe las precipitaciones de 800-900 mm, pero puede crecer y prosperar incluso en condiciones muy secas, tales como la región Karoo del oeste de África del Sur. El requisito aquí son los suelos profundos que permiten que sus raíces se extiendan. En todas partes de su área de distribución, sin embargo, el árbol se reconoce fácilmente por sus distintivas espinas largas blancas emparejadas y la corteza de color café, los cuales son muy

atractivas. En los trópicos muestra poca variación, pero en el extremo sur de su distribución se hace más variable en apariencia.

**Ecología.** Tiene una vida útil de 30 a 40 años y es un pionero adaptable, capaz de establecerse sin sombra, refugio o protección contra incendios de pastizales. Una vez que alcanzan más de un año de edad, las plántulas pueden rebrotar después del fuego. Varios hongos están asociados con este árbol y la corona de los árboles maduros pueden ser parasitadas por varios muérdagos, que condicionan la disminución del árbol. Este árbol tiene una larga raíz pivotante que le permite el uso del agua y los nutrientes del subsuelo profundo, esto y su capacidad para fijar el nitrógeno, atraen a los pastos y otras plantas que prosperan en su sombra, el árbol se ha observado que se producen en la zona Torre del Mar, cerca de Málaga, España. Aquí crece libremente como un arbusto grande en un terreno baldío. Se ha utilizado como cobertura para mantener fuera las cabras de los huertos, este florece en julio.

**Usos.** Se utiliza para productos químicos, forrajes, usos domésticos, gestión ambiental, fibras, comidas, bebidas, y la madera. La madera es dura y de color blanco o ligeramente amarillento, rara vez se produce duramen marrón oscuro. Es ampliamente cultivado en Asia, Australia, el Mediterráneo, la India y el Océano Índico. Las grandes espinas hacen que el árbol debe ser abordado, y manejado con cuidado.

**Alimentos.** Como es común en las ssp, de *Acacia*, se filtra látex comestible de las grietas en la corteza del árbol, y es una parte importante de la dieta invernal del gálago sudafricano. La goma se puede utilizar para fabricar dulces (ver goma arábica).

**Forrajes.** El árbol es especialmente útil como pasto y forraje para los animales domésticos y salvajes, el árbol es especialmente útil como pasto y forraje para los animales domésticos y salvajes, aparentemente no hay riesgo de intoxicación.

Los pequeños grupos de flores amarillas son atractivas a mediados de verano. Las flores que son una muy buena fuente de forraje para las abejas; la miel producida de ellas tiene un sabor agradable.

**Madera y corteza.** Es una excelente fuente de leña y carbón vegetal. La madera también se utiliza para establos o corrales de ganado. El duramen tiene una densidad de aproximadamente 800 kg / m<sup>3</sup>. Una dura cuerda se puede hacer de la corteza interior del árbol.

**Medicina tradicional.** El látex, corteza y las hojas se han usado como un agente calmante y astringente para los resfriados, la conjuntivitis y las hemorragias en África del Sur por otro lado si hablamos de sus raíces se utilizan para artritis y mareos, entre otros.

### 2.3. MARCO HISTÓRICO

El distrito de Subtanjalla es uno de los catorce distritos que forman la provincia de Ica en el departamento de Ica, bajo la administración del gobierno regional de Ica.

**TABLA 09**  
**POBLACIÓN QUE ALBERGA EL DISTRITO DE SUBTANJALLA.**

ÁREA	POBLACIÓN	
	SI VIVE	NO VIVE
Urbana	17586	668
Rural	752	13
Total	18338	681

Fue creado mediante Ley No. 13174 del 10 de febrero de 1959, en el segundo gobierno del Presidente Manuel Prado Ugarteche, el cuadro que se presente a continuación nos revela cantidad de habitantes que alberga el distrito de Subtanjalla respaldándonos de la Institución Nacional de Estadística e Informática. El distrito de Subtanjalla junto con los distritos que conforman la provincia de Ica poseen una fuerte devoción al Sr de Luren, que los celebran cada año así como las múltiples celebraciones importantes que

se realizan durante el año, y degustar de su pisco tradicional que preparan en la región de Ica. Las fiestas consideradas como importantes son tres: La fiesta de la Vendimia, pues Ica posee numerosas bodegas vitivinícolas donde se producen excelentes vinos y piscos, pero la más concurrida por los turistas nacionales y extranjeros que visitan las tierras de Ica, ganadora de premios nacionales gracias a sus originales productos tales como el Pisco Sour semi preparado y La Fina Crema de Pisco; se encuentra ubicada en el caserío Tres Esquinas en el distrito de Subtanjalla. La fiesta del Señor de Luren y la fiesta de la Virgen del Carmen de Chincha. En ellas se puede disfrutar de los platos y dulces de Ica y, por qué no, aprovechar la ocasión para visitar el pueblo de Cachiche, conocido por sus ancestrales brujas que curan toda clase de males.

#### **XLVIII Festival Internacional de la Vendimia Iqueña**

En Ica, el 23 de febrero – hasta el 11 de marzo

La vid es una de las plantaciones más preciadas por los peruanos, debido a que de ella surgen los vinos que sirven para generar los más ricos aperitivos propios de la región. La Fiesta de la Uva, El Día Central de la Vendimia, viernes 08 de marzo. Sobre la vendimia hay que resaltar que consiste en quitar los frutos de las parras con el objetivo de elaborar los vinos y también los piscos, que es una bebida que la identifica ante el mundo.

El Festival de la Vendimia en Ica, se celebra desde 1958 y en su comienzo tenía como fin darle promoción a la actividad vitivinícola, de esta ciudad sureña, la más importante de todo el país.

## **2.4. MARCO LEGAL**

### **Constitución Política**

#### **En la constitución política del Perú, en el CAPÍTULO II (DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES)**

**Artículo 66°.-** Los recursos naturales renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El estado es soberano en su aprovechamiento, por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares, la concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal.

**Artículo 67°.-** El estado determina la política nacional del ambiente, promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

**Artículo 68°.-** El estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

**Artículo 69°.-** El estado promueve el desarrollo sostenible de la Amazonía con una legislación protegidas.

### **Ley General del Ambiente, Ley N° 268611**

**Artículo 1°.-** Del derecho y deber fundamental, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo del país.

### **Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338: Autoridad Nacional del Agua.**

**Artículo 27°.-** Naturaleza y finalidad de las organizaciones de usuarios

Las organizaciones de usuarios son asociaciones civiles que tienen por finalidad la participación organizada de los usuarios en la gestión multisectorial y uso sostenible de los recursos hídricos.

### **Nueva Ley Forestal y de la Fauna Silvestre, Ley N° 26821:**

Organismo de supervisión de los recursos naturales y fauna silvestre.

## **2.5. MARCO CONCEPTUAL**

### **✚ Palabras simples**

- **Alabastro.** Es una variedad de piedra de yeso (sulfato cálcico hidratado), que se presenta bajo forma compacta, contrariamente a la selenita, que es una variedad fibrosa.
- **Aminoácido.** Los aminoácidos más frecuentes y de mayor interés son aquellos que forman parte de las proteínas.
- **Anhidrita.** Es un mineral compuesto de sulfato de calcio anhidro (CaSO<sub>4</sub>). Está formada por un 41,2% de CaO y un 58,8% de SO<sub>3</sub>.
- **Apibotánica.** Miel de abeja.

- **Aserrío.** Es una de las actividades menos compleja de las industrias mecánicas forestales. Comprende un cierto número de operaciones que van desde la manipulación y transporte de las trozas al secado de la madera, su selección y clasificación, para lo cual se necesitan diferentes tipos de energía.
- **Baldío.** Que no se cultiva ni se labra.
- **Bassanita.** Es un mineral compuesto de sulfato de calcio hemihidrato.
- **Deshidratación.** Ocurre cuando el cuerpo no tiene tanta agua y líquidos como debiera.
- **Duramen.** Es la madera que encuentra ocupando prácticamente toda la porción central del tronco y ramas de un árbol.
- **Erosión.** Es la degradación y el transporte del suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra.
- **Estepa.** La estepa es un bioma que comprende un territorio llano, de vegetación herbácea, propio de climas extremos y escasas precipitaciones.
- **Estiaje.** Es el nivel de caudal mínimo que alcanza un río o laguna en algunas épocas del año, debido principalmente a la sequía. El término se deriva de estío o verano.
- **Estomas.** Se denomina estomas a ciertos pequeños orificios o poros que atraviesan la epidermis de las plantas que permite comunicar el ambiente gaseoso del interior de la planta con el del exterior, y que poseen una morfología particular que les permite abrirse o cerrarse según las condiciones de la planta
- **Estuco.** Una pasta de grano fino compuesta de cal apagada, mármol pulverizado, yeso y pigmentos naturales
- **Fertilizante.** Es un tipo de sustancia la cual contiene nutrientes, en formas químicas saludables y asimilables por las raíces de las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo.
- **Freatofita.** Los freatofitos o plantas freatófilas son vegetales que se abastecen del agua freática con la que sus raíces están en contacto muchas veces permanentemente. Una freatofita es aquella que absorbe su agua de una fuente permanente en el terreno. Generalmente se pueden encontrar a lo largo de los cursos de agua donde hay un flujo permanente de agua de superficie o subterránea y en áreas donde la capa freática está cerca de la superficie.
- **Guarnecido.** Revestimiento de yeso negro que constituye la primera capa aplicada sobre los paramentos interiores de un edificio.



- **Hemihidrato.** Semi hidratado significa que por cada molécula que se tiene, existe media molécula de agua.
- **Hidratación.** Consisten en la adición de una o más moléculas de agua a un determinado compuesto.
- **Leguminosas.** Son una familia del orden de las fabales, reúne árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, fácilmente reconocibles por su fruto tipo legumbre y sus hojas compuestas y estipuladas.
- **Líquenes.** Son plantas pequeñas que carecen de tejido vascular o leñoso.
- **Lixiviación.** Extracción sólido-líquido, en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido.
- **Meteorización.** Es la descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrosfera y la biosfera.
- **Micorriza.** Define la simbiosis entre un hongo (*mycos*) y las raíces (*rhizos*) de una planta.
- **Migración.** Es el desplazamiento de la población (humana o animal) que se produce desde un lugar de origen a otro destino y lleva consigo un cambio de la residencia habitual en el caso de las personas o del hábitat en el caso de las especies animales migratorias.
- **Muérdago.** Arbusto de tronco corto y grueso, ramas de color verde amarillento, hojas perennes, en forma de lengua del mismo color que las ramas y fruto en forma de baya pequeña, traslúcido y de color blanco; vive semiparásito sobre los troncos y las ramas de los árboles.
- **Musgos.** Son plantas pequeñas que carecen de tejido vascular o leñoso.
- **Nematodo.** Son organismos pluricelulares, normalmente microscópicos, con forma de gusano.
- **Nutrir.** Aumentar la sustancia del cuerpo animal o vegetal por medio del alimento, reparando las partes que se van perdiendo en virtud de las acciones catabólicas.
- **Ornamento.** Es un elemento o composición que sirve para embellecer personas y/o cosas.
- **Permeabilidad.** Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna.

- **Pivotante.** En botánica, que se hunde verticalmente en la tierra, como una prolongación del tronco.
- **Polímeros.** Son macromoléculas formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeras.
- **Ritidoma.** Constituye la parte externa de la corteza, muy bien desarrollada en los tallos y raíces más viejos de los árboles.
- **Rodal.** Unidades transitorias de tratamiento debidas a diferencias de edad, especie o densidad dentro de un cantón.
- **Seto.** Cerca hecha de palos o varas entretejidas.
- **Transicional.** que pasa de un estado a otro un fósil transicional.
- **Xilófago.** Cualquier tipo de organismo que se alimenta de madera viva o de madera muerta.

#### **Palabras compuestas**

- **Levantamiento hidráulico.** Define el transporte de agua por las raíces de los estratos profundos y húmedos a estratos superficiales y secos del suelo donde se produce su almacenamiento.
- **Sulfato cálcico.** es un químico común industrial y de laboratorio. En la forma de  $\gamma$ -anhidrita, (la forma cercana de anhídrido), es utilizada como desecador.
- **Seto vivo.** Seto hecho de matas o arbustos vivos.
- **Membrana celular.** Cada célula se encuentra recubierta por una membrana que recibe el nombre de plasmática que impide que todo el contenido químico de la célula se disperse.

## CAPÍTULO III

### PLANTEAMIENTOS METODOLÓGICOS

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

###### 3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL

El efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en el crecimiento de las especies forestales de la provincia de Ica.

###### 3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

**HE1:** El efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la disponibilidad de nutrientes para las especies forestales de la provincia de Ica.

**HE2:** El efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la retención de agua para las especies forestales de la provincia de Ica.

**HE3:** La aplicación del yeso influirá en la estructura de los suelos de la provincia de Ica.

##### 3.2. VARIABLES

###### 3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo.

✓ **Dimensión**

✚ Enmienda

✓ **Indicadores**

✚ Aporte de nutrientes a los suelos.

✚ Favorece la infiltración y almacenamiento de agua de los suelos.

- ✚ Favorece la estructura del suelo.

✓ **Índices**

- ✚ Aumento de calcio y azufre en meq/ 100 gr en los suelos.

- ✚ Disponibilidad de agua mayor a 33 % C.C (Capacidad de campo).

- ✚ Suelos con rangos menores al 15 % PSS (Porcentaje de saturación de sodio).

### 3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Crecimiento de las especies forestales.

✓ **Dimensión**

- ✚ Aumento de biodiversidad

✓ **Indicadores**

- ✚ Disminución de nutrientes para especies forestales

- ✚ Disminución de disponibilidad de agua.

- ✚ Afecta la estructura del suelo.

✓ **Índices**

- ✚ Falta de suministro de azufre y calcio en meq/100gr a los suelos

- ✚ Disponibilidad de agua menor a 33 % C.C (Capacidad de campo).

- ✚ Suelos con rangos mayores al 15 % PSS (Porcentaje de saturación de sodio).

### 3.3. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.3.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

##### **EXPERIMENTAL**

Se realizó un procedimiento mediante el cual se trata de comprobar, confirmar o

Verificar la dosis correcta del yeso con el cual se desarrollaran de una manera eficiente las especies forestales.

### **APLICADA**

Se emplean leyes y teorías ya establecidas.

### **3.3.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **APLICATIVO**

Se planea resolver el problema causado por la limitación de biodiversidad tratando de conocer la dosis correcta de yeso para un desarrollo eficiente de las especies forestales.

#### **DESCRIPTIVO**

Explica de manera clara toda la información recopilada sobre el yeso así como de las especies forestales.

#### **EXPLICATIVO**

Todo el trabajo de investigación que se está realizando está basado en leyes y teorías que ya han sido elaboradas e implantadas.

### **3.3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **PRE – EXPERIMENTAL**

#### **COMPARACIÓN DE GRUPOS**

Para conocer la dosis correcta de yeso, se empleó en 5 macetas de material plástico que tenía una capacidad de 2 kg, considerando una maceta la muestra testigo, es decir contaba con 0 % de yeso y las demás macetas con dosis crecientes de 2, 4, 8 y 10 %.

**GE M1: X 01**

**GE M5: 05**



<b>GE</b>	<b>M1</b>	<b>X</b>	<b>01</b>
	<b>M2</b>	<b>X</b>	<b>02</b>
	<b>M3</b>	<b>X</b>	<b>03</b>
	<b>M4</b>	<b>X</b>	<b>04</b>
		<b>T</b>	
<b>GE</b>	<b>M5</b>		<b>05</b>

### **3.4. MÉTODO**

#### **3.4.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **CIENTÍFICO EXPERIMENTAL**

Se emplea los pasos de método científico, observación, búsqueda de información, hipótesis, experimentación, conclusión.

##### **POR EXPERIMENTACIÓN**

Se realizan pruebas al inicio de la campaña antes que se aplique el tratamiento y al final después que se aplicó el tratamiento de yeso y de esta manera poder comparar y esperar obtener una respuesta positiva del tratamiento adecuado del yeso y los beneficios que le aporta a las especies forestales.

### **3.5. COBERTURA DE ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.5.1. POBLACIÓN**

✚ Fondo Alvear, terreno 500 m<sup>2</sup>.

#### **3.5.2. MUESTRA**

✚ Una parcela de 136m \* 135m en el Fondo Alvear.

### **3.6. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.6.1. TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN.**

✚ Observación.

✚ Entrevista.

✚ Experimento.

#### **3.6.2. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.**

✚ Guía de observación.

✚ Guía de entrevista.

✚ Los materiales para la experimentación, muestras y análisis en laboratorio.

### 3.6.3. FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

+ Revistas.

+ Libros.

+ Internet.

+ Grabaciones.

## CAPÍTULO IV

# ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan el procedimiento de la contratación de hipótesis donde está incluido la organización, presentación y análisis de resultados.

#### 4.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

**1H<sub>E</sub>- Alternativa:** El efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la disponibilidad de nutrientes para las especies forestales de la provincia de Ica.

**1H<sub>0</sub> – Nula:** El efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo no influirá en la disponibilidad de nutrientes para las especies forestales de la provincia de Ica.

#### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

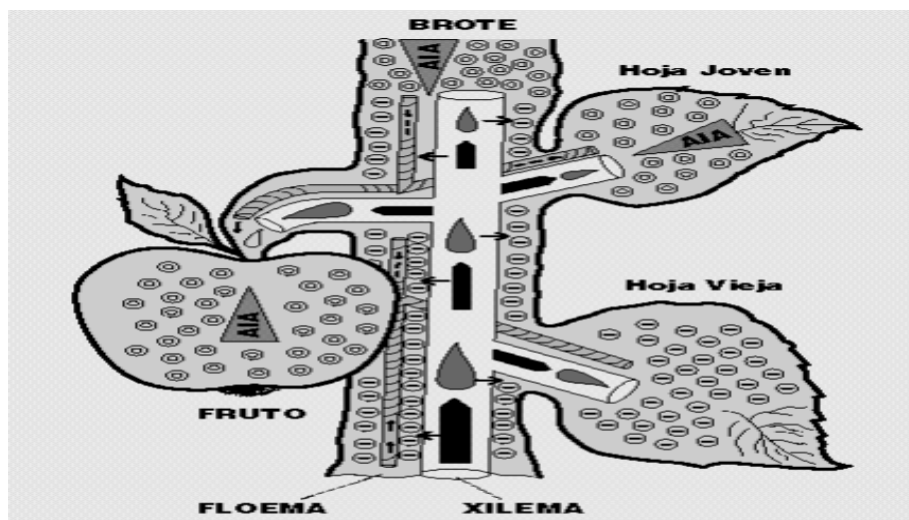
La población de la provincia de Ica a fin de sembrar las plantas y que estas florezcan de manera eficiente y eficaz, erróneamente aplican dosis exageradas de nutrientes a los suelos mediante los conocidos fertilizantes, empeorándolos en vez de mejorarlos ya que al añadir estas elevadas concentraciones contribuyen a la contaminación de estos, tal daño ocurre debido a la falta de conocimiento de la verdadera causa por la cual los suelos sean pobres, y además lo recomendable es utilizar solo la dosis de nutrientes que es aprovechable por la planta ya que solo una porción necesaria será utilizada y apta para su crecimiento. El calcio se encuentra en el suelo fundamentalmente en formas inorgánicas en cantidades que van desde 0,1% al 25%, y se encuentra asociado al yeso ( $\text{SO}_2 \text{ Ca } 2\text{H}_2\text{O}$ ), El calcio absorbido atraviesa la epidermis (**Figura 03**), el parénquima cortical a través de los canales



citoplasmáticos que conectan las células, la endodermis y el parénquima vascular, penetrando en los vasos leñosos del xilema.

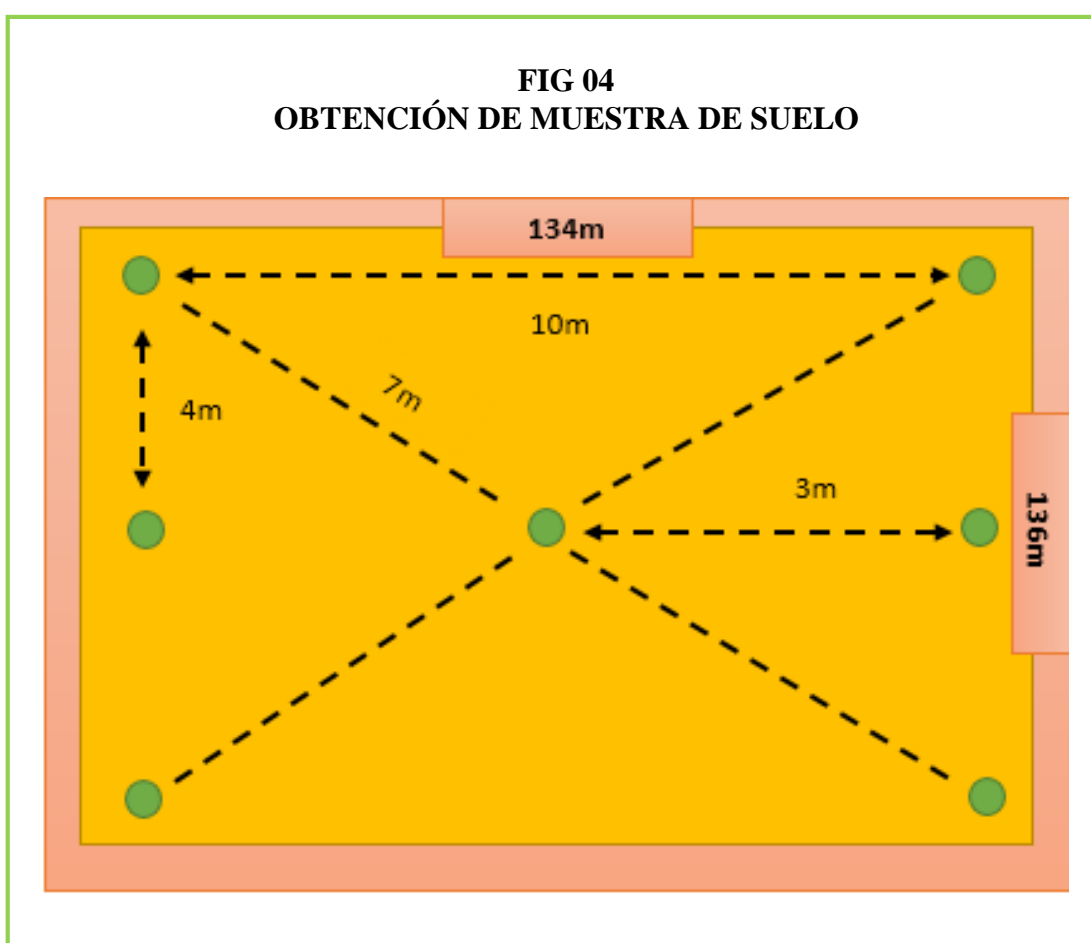
Las raíces toman el calcio del suelo en forma iónica, y su absorción depende de factores exógenos y endógenos. Entre los primeros destacan los del suelo: contenido de agua, pH, grado de aireación, temperatura, concentración de Ca y proporción de otros elementos. De los factores endógenos merecen señalarse los relacionados con: la pared celular, respiración, fotosíntesis, transpiración y efectos específicos (antagonismo y/o sinergismo) de otros iones. La toma de calcio y su distribución por los distintos órganos se incrementa a medida que lo hace la tasa de transpiración. Por el contrario, la inhibición de esta transpiración disminuye la translocación de calcio, especialmente a los brotes apicales y a los frutos, aunque también puede hacerlo al resto de la planta (Armstrong y Kirkby, 1979).

**FIG 03**  
**REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL TRANSPORTE Y**  
**ALMACENAMIENTO DEL CALCIO EN EL MANZANO.**



La calurosa mañana del domingo 30 de agosto, se realizó la primera visita al caserío Arrabales ubicado en la Panamericana km sur 297 en el distrito de Subtanjalla - Provincia de Ica para conocer el terreno de la Señora Flor Hortensia Alvear Herrera quién dio la autorización correspondiente de poder realizar el muestreo que requiere el presente trabajo de investigación.

En esta visita se acordó el día en el cual se ejecutó el muestreo pertinente, la nublada tarde del martes 1 de septiembre se realizó el muestreo con el estudiante de noveno ciclo de Ingeniería Ambiental Rodrigo Zambrano Vergara quién recorrió junto a la tesista el fundo e hizo un plano sencillo, de las superficies más o menos homogéneas, en cuanto al tipo de suelo, apariencia física y clase de manejo recibido anteriormente, coloración del suelo, si es arenoso o pesado, vegetación alta, media o baja, riesgo de encharcamiento, áreas que no se han trabajado ni fertilizado, y áreas trabajadas y fertilizadas, se procuró tomar siempre en forma separada, las muestras de áreas que observamos se producen diferentemente.



Cada una de estas muestras se tomó a una profundidad del suelo a 20 cm en un área que abarcaba 136m x 134 m, se procedieron a añadir las en unas bolsas con cierre hermético e identificarlas de acuerdo a los puntos (A, B, C, D, E y F) en los cuales se realizó la extracción de las porciones de suelo (**Figura 04**). Con la totalidad de 10 muestras de 1 kilogramo (**Figura 05**), posteriormente se colocaron en las bolsas correspondientes identificando de

manera clara cada una de ellas (**Figura 06**), culminando de esta manera con el muestreo de suelos.

**FIG 05**  
**OBTENCIÓN DE MUESTRA DE SUELO A 20 CM DE PROFUNDIDAD**



Escondiéndose el sol, se procede a homogeneizar las muestras, se toma un kilogramo de suelo y se envía a un laboratorio encargado por el Ingeniero Agrónomo Guido Tenorio Palomino quien realizó lo análisis físico-químicos del suelo, para definir como se encontraba antes del tratamiento, en cuanto a los resultados de la evaluación realizada en lo referente a la capacidad de campo es 32.20% y la textura de franco limosa, lo cual señala que es un suelo de medio a baja retención de agua, resultado que coincide con la porosidad total, que es de 32,86%, del mismo modo el espacio aéreo de 17.35% y el tipo de estructura masiva, lo cual indica que es un suelo con deficiencia de aireación. Los resultados también informan que el suelo presenta un pH alcalino, debido a la abundancia de Ca, lo cual influye en la disponibilidad de micronutrientes para las plantas con excepción de Molibdeno. Cabe recalcar que en cuanto a la saturación de sodio (PSS) de 14,57% le da la categoría de suelo no sódico, pero está muy cercano al nivel crítico que es de 15% por lo tanto se recomienda aplicar un buen manejo para evitar problemas de contaminación por sodio en el futuro, también debe buscarse alternativas para incrementar la capacidad de retención y conservación de humedad del suelo.

**FIG 06**  
**MUESTRAS DE SUELO IDENTIFICADAS**



**La campaña de siembra.** Se apertura el 2 de septiembre y se realizó en el siguiente orden:

En la parte inferior de la maceta 875 gr de ripio (**Figura # 07 y Figura # 08**).

**FIG 07**  
**RIPIO**





**FIG 08**  
**875 GR DE RIPIO**



Luego 1 kilogramo de tierra obtenida del muestreo, se añade a cada una de las 5 macetas que cuentan con una capacidad de 2kg y de material plástico (**Figura 09**).

**FIG 09**  
**PREPARACIÓN DE MACETAS**



### La maceta empleada en el proyecto de investigación

**Capacidad:** 2 Kg.

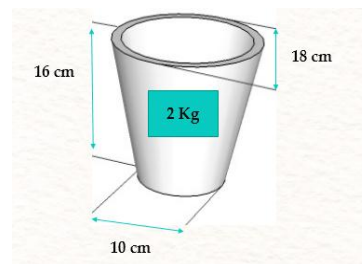
**Altura (h):** 16cm.

**Diámetro boca:** 18 cm.

**Diámetro base:** 10 cm.

**Material:** Plástico de color marrón.

**Plato:** D: 18cm h: 2cm



A continuación se procede a verter las dosis de yeso que corresponde a cada maceta (**Figura 10**).

**Empleo del yeso agrícola.** Se vierte cada dosis, midiendo cada concentración en una balanza gramera, ya que las dosis están en porcentajes y se han convertido en gramos para mayor comodidad del tesista a momento de medirlas.

Posterior se añade 300 ml de agua (**Figura 11**), utilizando una hipodérmica de 10ml, que se incorporaba por varias repeticiones a un envase de plástico lleno de agua de caño para lograr llegar a la medición que se requiere 300 ml, estos se aplican a cada una de las macetas, esto es recomendado por el Ingeniero Agrónomo Guido Tenorio Palomino, para no complicar el desarrollo de la especie forestal aromo.

**FIG 10**  
**PREPARACIÓN DE MACETAS, VERTIENDO LA DOSIS DE**  
**YESO**



**FIG 11**  
**OBTENIENDO LOS 300 ML DE AGUA**



Se procede a mezclar toda la siembra para la plantación del aroma (**Figura 12**).

**FIG 12**  
**HOMOGENEIZAR LA MEZCLA DE TIERRA, YESO**



Para este trabajo de investigación se trabajó con aromos *Acacia Karroo* (**Figura 13**), de 6 a 11 cm de altura, ya lista la maceta se procede a la siembra de la especie forestal (**Figura 14**) ya mencionada.



**FIG 13**  
**PLÁNTULA DE AROMO, *ACACIA KARROO***



**FIG 14**  
**SIEMBRA DEL AROMO, *ACACIA KARROO***



Se realizaron 5 repeticiones (**Tabla 10**), para determinar la dosis correcta de yeso agrícola, fue agregado en 5 niveles diferentes, a 0 %, 2%, 4 %, 8 % y 10 %, tomando el porcentaje 0 como testigo.



**TABLA 10**  
**TRATAMIENTOS ESTUDIADOS**

N°	Kg suelo / bolsa	Yeso	
		%	gr
1	1	0	0
2	1	2	20
3	1	4	40
4	1	8	80
5	1	10	100

Se realiza un monitoreo cada 4 días añadiéndole 200 ml de agua a cada maceta, tomando el tiempo que demora en filtrar el agua con la ayuda de un cronómetro.

Se anota la descripción de cada uno de los aromos, la forma en la cual van reaccionando ante la dosis añadida previamente para conocer los efectos, este monitoreo se realizó en un mes, comenzando el 2 de Septiembre y concluyendo el 2 de Octubre.

Al culminar el mes de tratamiento se pudo evidenciar que en la maceta N° 1 “**Testigo**”, es decir la que contiene 0% de yeso no tuvo crecimiento, las hojas que en un comienzo eran verdes quedaron marchitas y de color mostaza, hubo desprendimiento de sus hojas y un tallo delgado.

El aroma que obtuvo mejores resultados según el control realizado fue el que contenía la maceta experimental N° 1 con 40 % del tratamiento de yeso (**Figura 15 y 16**), se evidencio un tronco grueso, hojas verdes y resistentes.

Se procede a realizar el análisis de la biomasa:

Se añade agua a cada una de las macetas y con una varilla de madera comienzo a remover por los bordes de este recipiente para lograr que la tierra se ablande esta varilla debe llegar hasta la base y de este modo se evita dañar la especie forestal y poder extraerla de raíz sin ningún problema, posteriormente se lava y se deja secando al sol en una base de papel (**Figura # 17 y Figura # 18**), a continuación se mide cada

Una de las especies (**Figura # 19, 20, 21, 22, 23**), para comparar cuánto ha crecido desde que se inició el tratamiento.

**FIG 15**  
**MACETA # 1, TESTIGO**



**FIG 16**  
**MACETA EXPERIMENTAL # 1, TRATAMIENTO DE YESO AL 40 %**



**FIG 17**  
**COLOCANDO A LOS AROMOS PARA EL PROCESO DE SECADO**



**FIG 18**  
**PLÁNTULAS DE AROMO EN EL PROCESO DE SECADO**



**FIG 19**  
**MEDICIÓN DE LA PLÁNTULA TESTIGO**



**FIG 20**  
**MEDICIÓN DE LA PLÁNTULA EXPERIMENTAL**



**FIG 21**  
**MEDICIÓN DE LA PLÁNTULA EXPERIMENTAL**



**FIG 22**  
**MEDICIÓN DE LA PLÁNTULA EXPERIMENTAL**



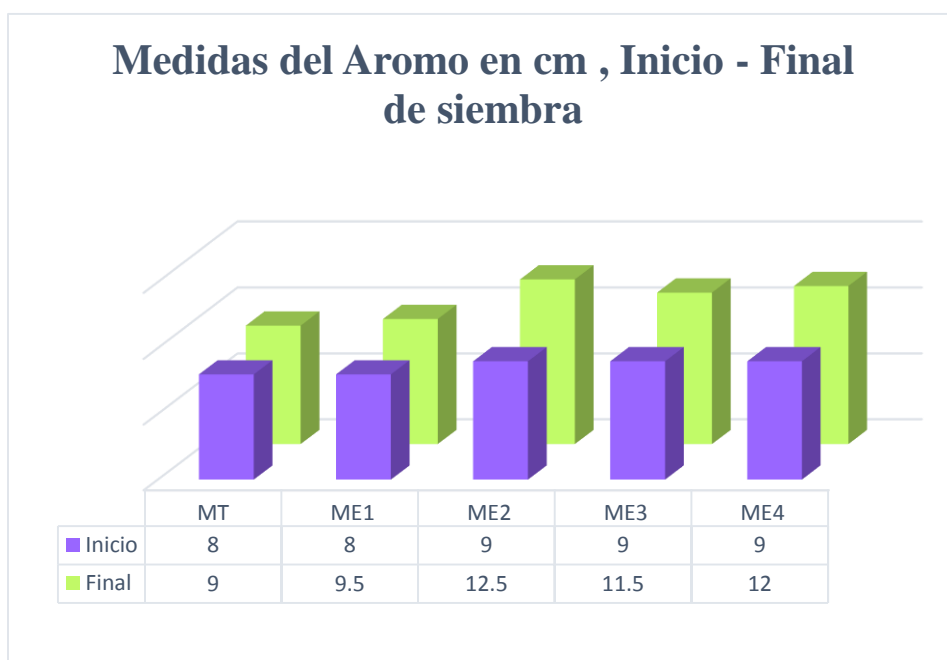


**FIG 23**  
**MEDICIÓN DE LA PLÁNTULA EXPERIMENTAL**



Los resultados de las medidas del aromo se aprecian en el siguiente gráfico.

**GRÁFICO 1**



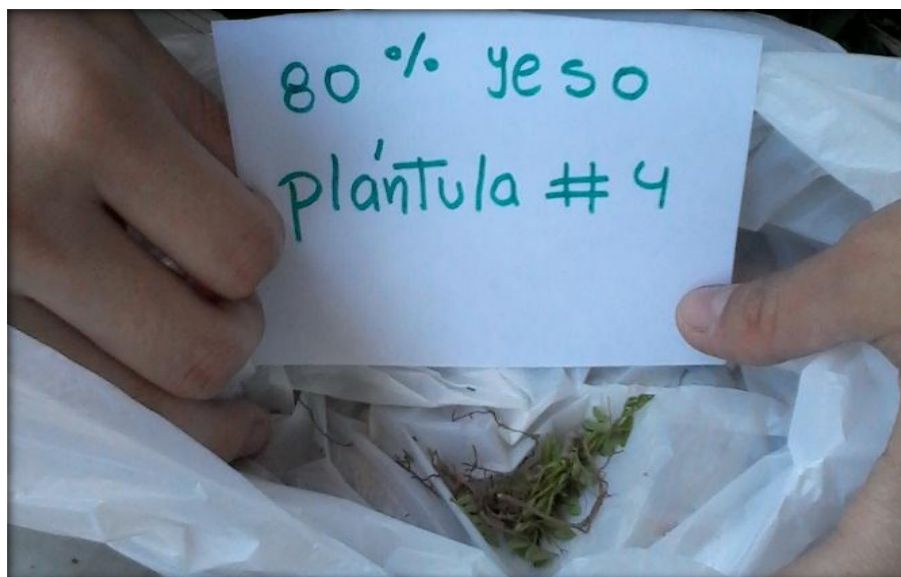
Posteriormente se corta los aromos (Figura 25), previamente secados por el sol y se identifican (Figura 26), según el tratamiento al cual fueron sometidos.

**FIG 24**  
**ETAPA: CORTAR LOS AROMOS**



Una vez identificados los aromos, se cierran cada una de las bolsas, se llevan al laboratorio para que se realicen los estudios correspondientes y de esta manera determinar su biomasa.

**FIG 25**  
**IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LA BIOMASA**



En el caso de las macetas se extrae la tierra y se coloca en 5 bolsas identificadas

con el tratamiento al cual fueron sometidos y se procede a llevar al laboratorio para determinar la disponibilidad de nutrientes.

### Resultados:

#### En suelos:

Disponibilidad de nutrientes: Ca, Mg, K, Na.

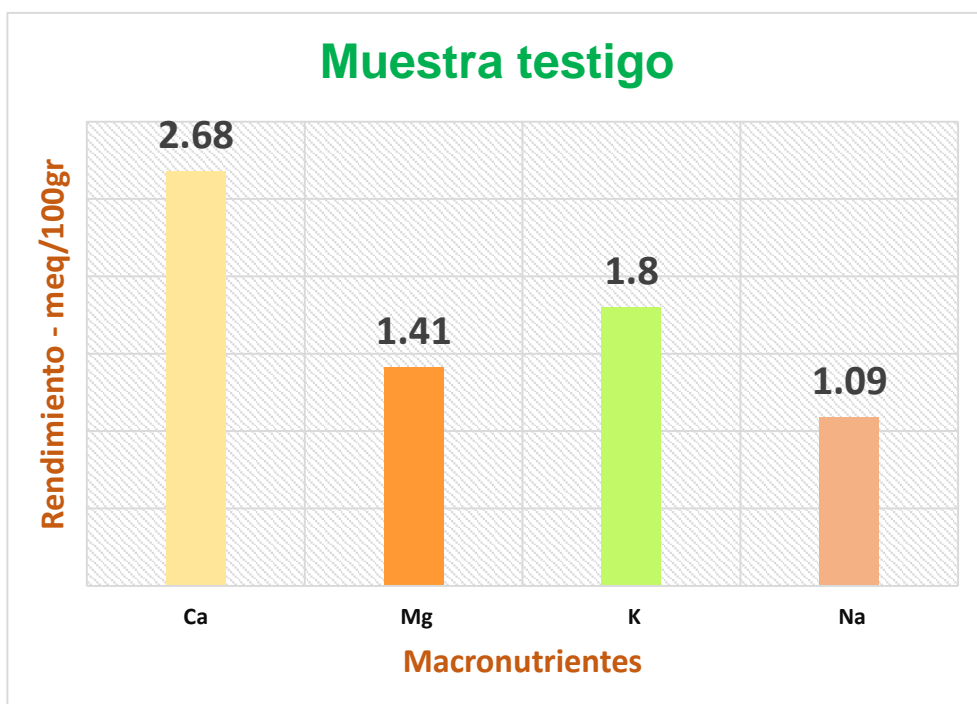
#### En plantas

Materia seca (Biomasa).

### Disponibilidad de nutrientes:

La muestra identificada como testigo obtuvo las cantidades de macronutrientes que se muestran a continuación (**Gráfico 2**).

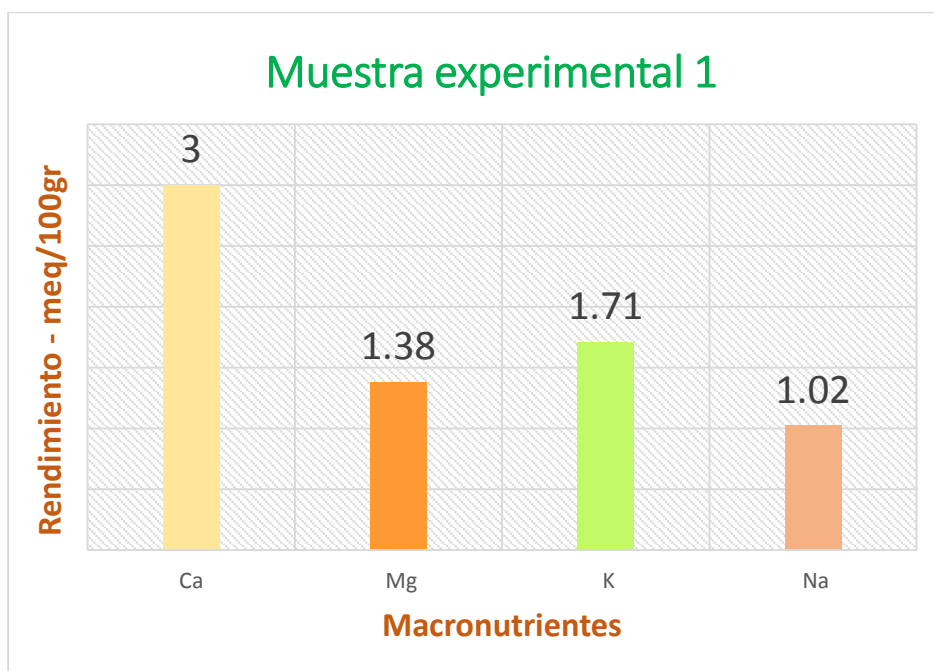
**GRÁFICO 2**



En la primera muestra experimental (**Gráfico 3**), también hubo disponibilidad de nutrientes, presentando un aumento en el Ca, y una disminución en cuanto al Mg, K y Na, así como se describe en la siguiente imagen.

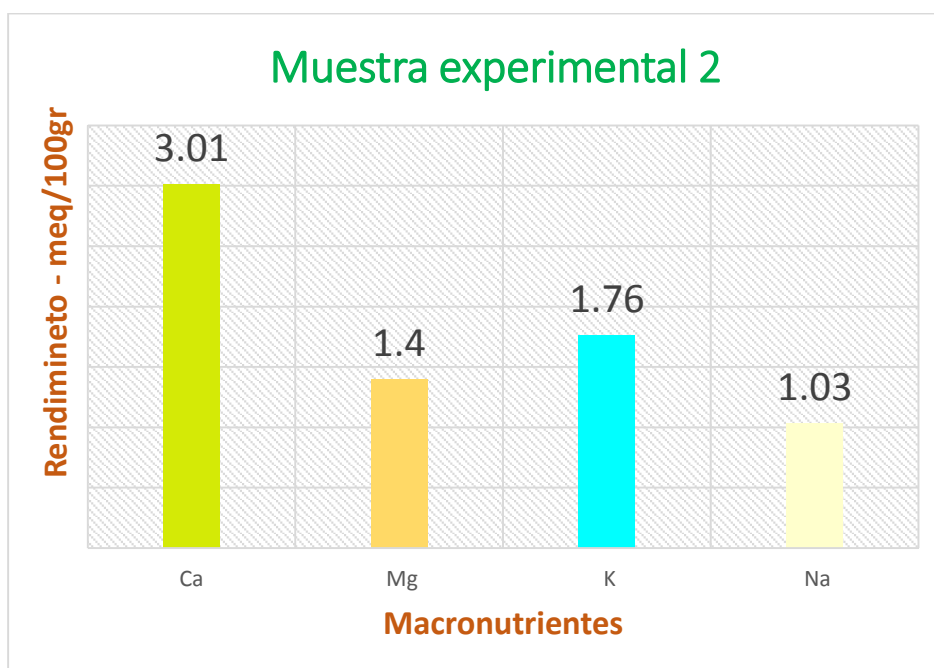


GRÁFICO 3



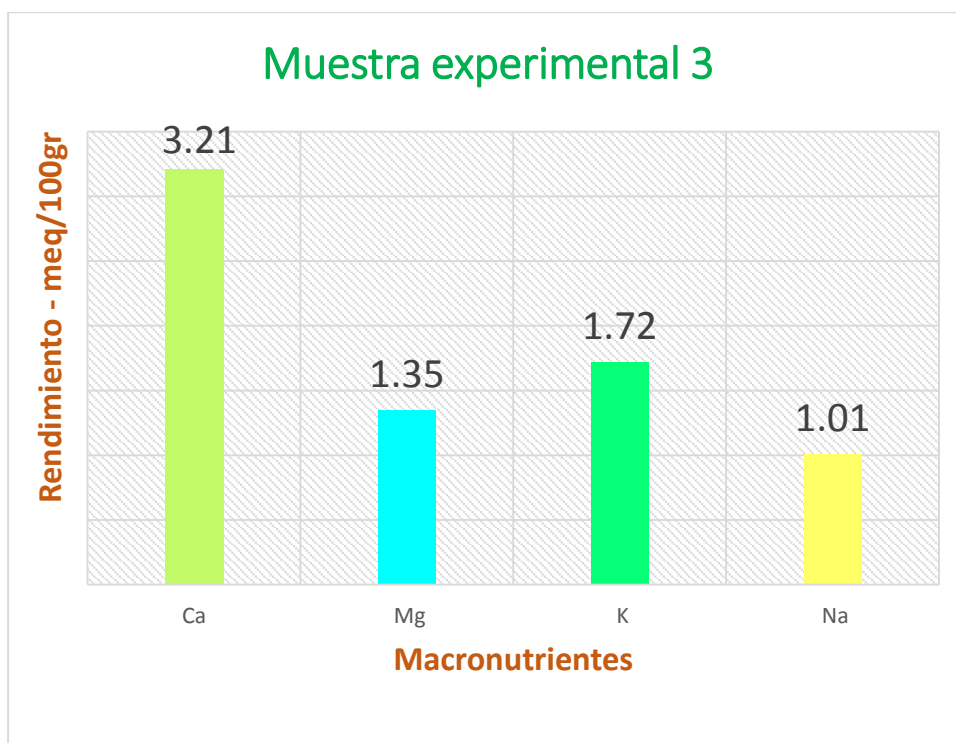
La segunda muestra experimental (**Gráfico 4**), obtuvo la cantidad que asimilo la planta, ya que hay una relación biomasa – macronutriente.

GRÁFICO 4



La muestra experimental # 3 (**Gráfico 5**), tiene un incremento en Ca, y una pequeña disminución en Mg, K, Na.

GRÁFICO 5



La muestra experimental # 4 (**Gráfico 6**), en este caso hubo una disminución en todos los nutrientes presentes en la tierra.

GRÁFICO 6

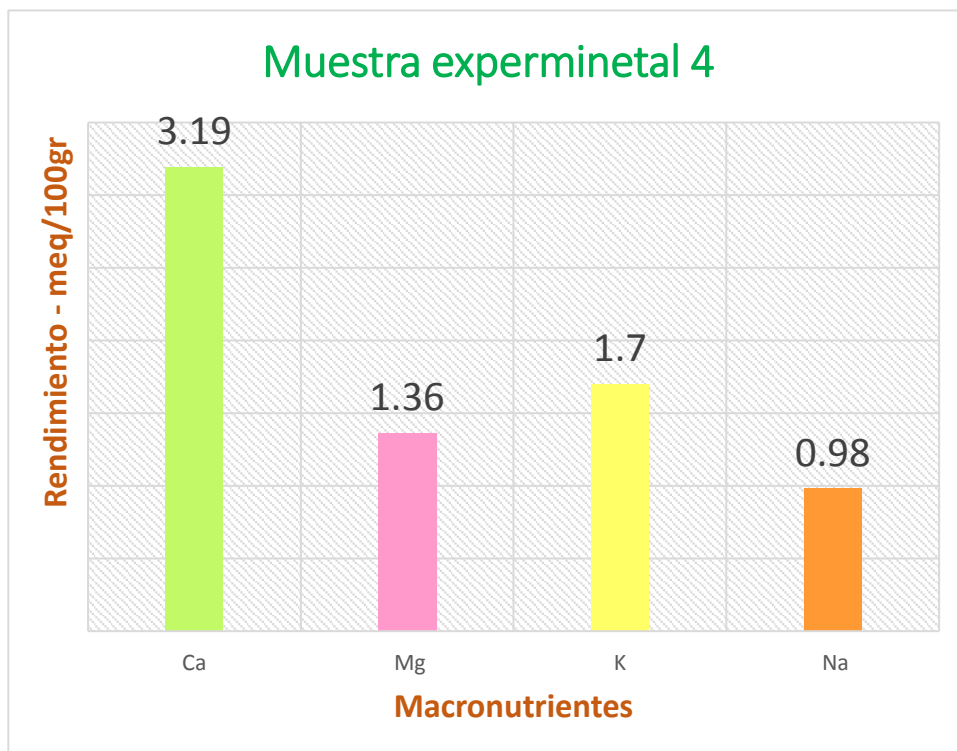
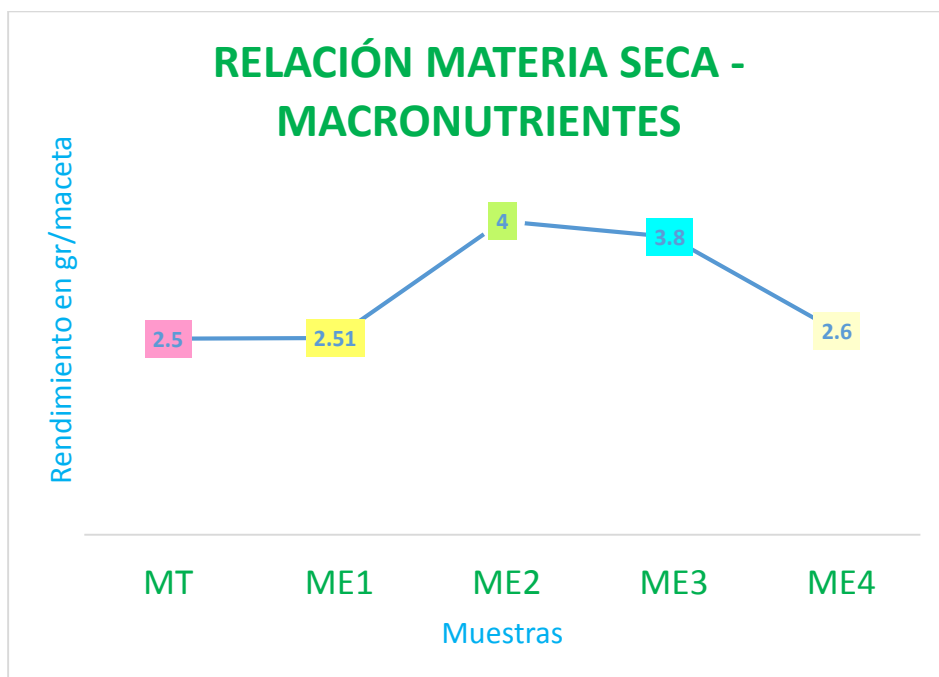


GRÁFICO 7



Los macronutrientes forman parte del 0.1% de la materia seca, es por eso que es importante obtener estos resultados que nos muestran el rendimiento de la especie Aromo, acacia karroo en el mes de tratamiento y el que obtuvo mejores resultados 4 gr/maceta de la biomasa, siendo la muestra experimental # 2 con 4% de yeso.

**2H<sub>E</sub>- Alterna:** El efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en el consumo de agua para las especies forestales de la provincia de Ica.

**2H<sub>0</sub> – Nula:** El efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo no influirá en el consumo de agua para las especies forestales de la provincia de Ica.

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:**

En el 2010 Ica fue declarada en emergencia hídrica, como sabemos muchas personas cuando de reforestar se trata no es un término agradable ya que esta acción se relaciona a utilizar parte de un recurso del cual no se cuenta en su totalidad, y del cual carecemos, es importante saber que gracias a la aplicación del yeso se puede retener mayor humedad en los suelos y estos a su vez proporcionárselos a las plantas. Cabe resaltar que en el suelo hay niveles de humedad, como es el caso de la capacidad de campo, es una constante característica de cada suelo y depende fundamentalmente de la textura, cantidad de materia orgánica y grado de compactación de éste. Si saturamos un suelo, la cantidad de agua que queda retenida en los poros sin ser arrastrada por el peso de la gravedad, es la Capacidad de Campo o Capacidad de Retención. La capacidad de campo se valora por el porcentaje en volumen de agua existente con respecto al suelo seco.

La capacidad de campo representa el contenido de humedad del suelo, cuando el agua que este contiene, deja de fluir por gravedad, cuando este fenómeno ocurre, el agua libre o gravitacional deja de existir en el suelo. En el suelo provisto de un buen drenaje interno, la máxima capacidad de almacenamiento de agua está representada por la capacidad de campo.

El contenido de humedad de un suelo (**Figura # 26**), por otra parte, no podrá sobrepasar a su capacidad de campo sino por cortos periodos, a menos que exista algún obstáculo para el flujo del agua. El método utilizado para la obtención de la capacidad de campo fue el método de la manguera o llamado también método de la Columna de suelo, y se utilizó la siguiente formula.

$$CC = \frac{(Psh - Pss) * 100}{Pss}$$

**Psh** = Peso suelo húmedo

**Pss** = Peso suelo seco.

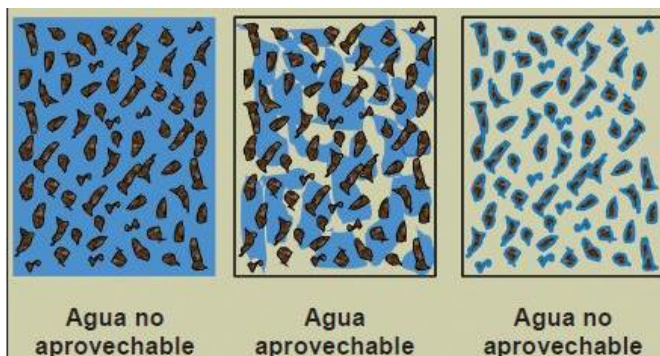
De acuerdo a la clase textural a la cual pertenece un determinado suelo se puede considerar los siguientes rangos admisibles de capacidad de campo.

**TABLA 11**  
**RANGOS ADMISIBLES DE % C.C**

CLASE TEXTURAL	CAPACIDAD DE CAMPO %
Arenoso	2.5 – 7.5
Franco arenoso	7.5 – 20.5
Franco limoso	20.5 – 33.0
Arcilloso	33.0 – 50.0

Un suelo está a capacidad de campo después de dos o cinco días de aplicado el riego. Parte de esta agua retenida puede ser utilizada por las plantas llamada agua capilar, pero a medida que el agua disponible se llega a un punto en que la planta no puede absorberla. En este estado se dice que el suelo está en el punto de marchitez, representa la fracción de agua útil (disponible) para la planta. Los valores de la capacidad de campo y del punto de marchitez.

**FIGURA 26**  
**AGUA PRESENTE EN EL SUELO**



Puedes expresarse en porcentajes de peso de suelo seco. Así una capacidad de campo del 27 % significa que 100 g de tierra seca retienen 27 g de agua, y una marchitez del 12% significa que, cuando se alcanza la marchitez de la planta, el suelo tiene 12 g de agua por 100 g de tierra seca. El agua útil (disponible) por la planta sería, pues, 15 g de agua por 100 gr de tierra seca.

Cuanto más fina es la textura mayores son los porcentajes de agua en el suelo, tanto a la C.C como en el punto de marchitez. Una buena estructura del suelo también aumenta la fracción de agua útil.

Resaltando que el agua capilar, es el agua que se mantiene por tensión superficial sobre las superficies de las partículas y agregados del suelo, y rellenando huecos y poros capilares interpartículas. EL agua capilar engrosa la lámina de agua higroscópica a la que se une y rodea.

Agua higroscópica, Es el agua se mantiene fuertemente adherida a las partículas por fuerzas de adhesión de origen molecular. Forma una lámina alrededor de las partículas, cuyo espesor es de unas decenas de moléculas de agua (**Payá, 2013**), el domingo 30 de agosto, se realizó la primera visita al caserío Arrabales ubicado en la Panamericana km sur 297 en el distrito de Subtanjalla - Provincia de Ica para conocer el fundo de la Señora Flor Hortensia Alvear Herrera quién muy amablemente me brindo la autorización correspondiente de poder realizar el muestreo que necesito en el presente proyecto de investigación.

**FIGURA 27**  
**PROFUNDIDAD A 20 CM DE OBTENCIÓN DE MUESTRAS**



Se pactó el día en el cual se ejecutó el muestreo pertinente, la nublada tarde del martes 1 de septiembre se realizó el muestreo con el estudiante de noveno ciclo de Ingeniería Ambiental Rodrigo Zambrano Vergara quién recorrió junto a la tesista el fundo e hizo un plano sencillo. Cada una de estas muestras se tomó a una profundidad del suelo a 20 cm en un área que abarcaba 136m x 134 m, se procedieron a añadirlas en unas bolsas con cierre hermético e identificarlas de acuerdo a los puntos (A, B, C, D, E y F) en los cuales se realizó la extracción de las porciones de suelo (**Figura 28**).

Con la totalidad de 10 muestras de 1 kilogramo (**Figura 30**), posteriormente se colocaron en las bolsas correspondientes identificando de manera clara cada una de ellas culminando de esta manera con el muestreo de suelos.

**FIG 28**  
**MUESTRAS DE SUELO IDENTIFICADAS**



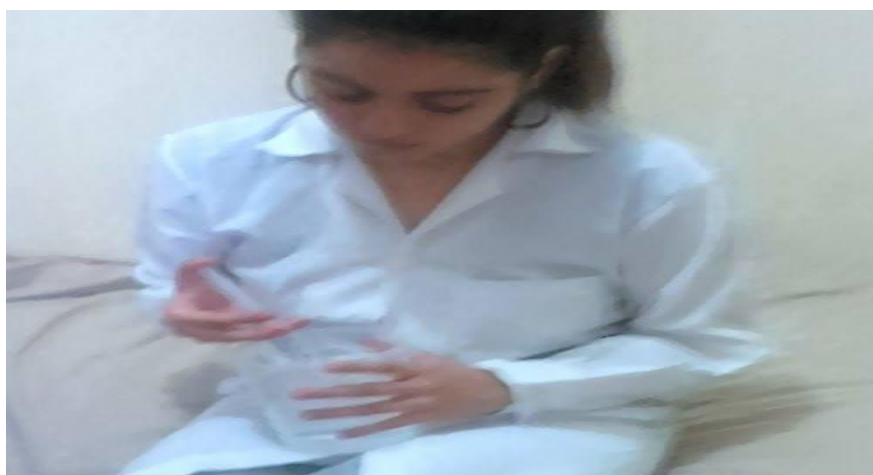
Por la tarde, se procede a homogeneizar las muestras, se toma un kilogramo de suelo y se envía a un laboratorio encargado por el Ingeniero Agrónomo Guido Tenorio Palomino quien realizó los análisis físico químicos del suelo, para definir como se encontraba antes del tratamiento, en cuanto a los resultados de la evaluación

realizada en lo referente a la capacidad de campo es 32.20% y la textura de franco limosa, lo cual señala que es un suelo de medio a baja retención de agua, resultado que coincide con la porosidad total, que es de 32,86%, del mismo modo el espacio aéreo de 17.35% y el tipo de estructura masiva, Lo cual indica que es un suelo con deficiencia de aireación.

**FIG 29**  
**TESISTA APLICANDO DOSIS DE YESO**



**FIG 30**  
**TESISTA OBTENIENDO 300 ML DE AGUA**



Para preparar las macetas se realizó el 2 de septiembre se procede en la parte inferior de la maceta se añade 875 gr de ripio, luego 1 kilogramo de tierra obtenida del



muestreo en las 5 macetas de 1kg de plástico y finalmente se procede a verter las dosis de yeso (**Figura 31**), que corresponde a cada una.

A continuación se añade 300 ml de agua (**Figura 37**) y se procede a homogeneizar la mezcla.

Se realizó un monitoreo comenzando el 2 de septiembre y culminando el 2 de octubre, cada 4 días añadiendo 200 ml de agua, en los anexos se puede registrar la descripción de como el aroma se iba comportando en este mes de tratamiento.

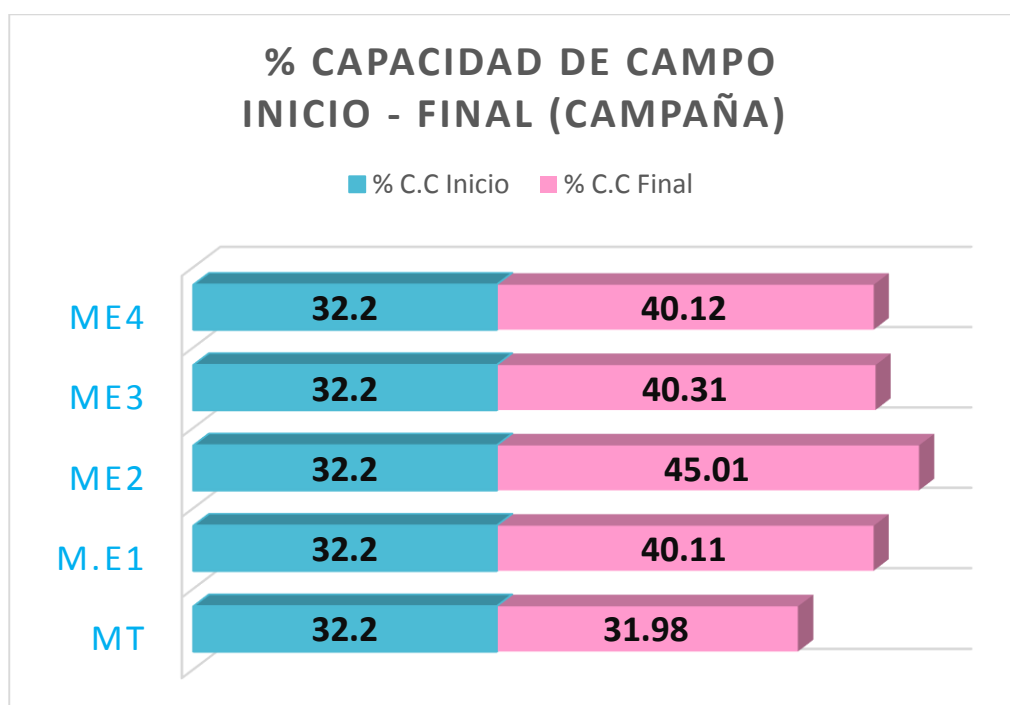
### Resultados:

#### En suelos:

Inicio y Final: Análisis de Capacidad de campo, Agua capilar.

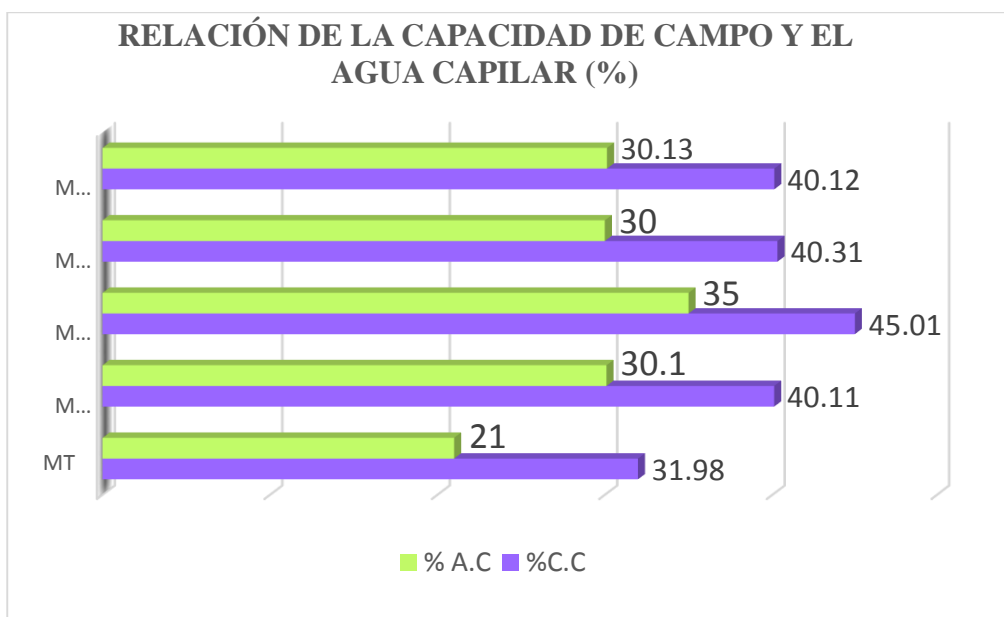
#### Análisis - Retención de humedad

GRÁFICO 8



Como se aprecia en el gráfico la que más obtuvo retención de humedad es la maceta experimental # 2, teniendo relación con los resultados del rendimiento del aroma, **acacia karroo**. Esto se debe a que al presentarse mayor capacidad de campo habrá mayor disponibilidad de humedad en el agua capilar (**Figura 39**), es decir el agua aprovechable por esta especie.

GRÁFICO 9



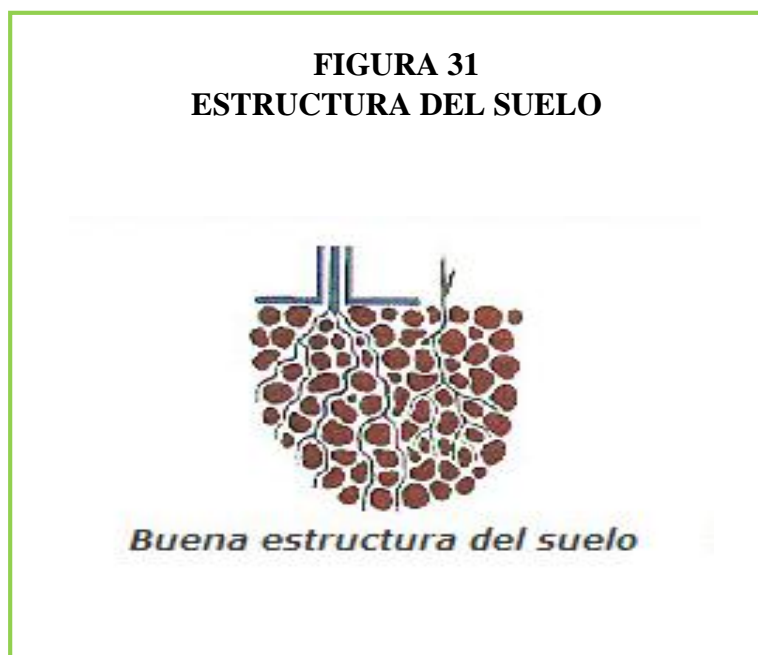
De esta manera se puede apreciar que a mayor capacidad de campo, mayor será la posibilidad de que las plantas como es el caso del aramo puedan satisfacerse de este recurso que están importante para su desarrollo.

**3HE- Alterna:** La aplicación del yeso influirá en la estructura de los suelos de la provincia de Ica.

**3H<sub>0</sub> – Nula:** La aplicación del yeso no influirá en la estructura de los suelos de la provincia de Ica.

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

Un número considerable de la población cuando ve que sus plantas no florecen, tienen la idea errónea que es por falta de suministro de nutrientes y añaden de forma excesiva fertilizantes, es importa considerar la condición de la estructura física del suelo (**Figura 31**), que abarca tanto la porosidad como el espacio aéreo ya que una buena estructura presenta agregados bien formados para la libre circulación de aire y agua.



Es importante tener de conocimiento que los suelos con concentraciones elevadas de sodio dañarán esta estructura, cerrándose los poros y dificultando la circulación del agua y del aire, limitando el desarrollo de las plantas.

Por eso se recomienda siempre realizar muestreo de suelos para identificar las limitaciones de este, y de esta manera aplicar solo correctivos necesarios o adecuados para cada deficiencia que se pueda presentar.

Se considerable un suelo con problemas de sodio cuando llega al nivel crítico de 15% en cuanto al porcentaje de saturación sodio (**Tabla 12**).

**TABLA 12**  
**CLASIFICACIÓN DE SUELOS SÓDICOS Y SALINOS**

Parámetros	Salino	Normal	Sódico	Salino - Sódico
P.S.I	<15	<15	>15	>15

El domingo 30 de agosto, se realizó la primera visita al caserío Arrabales ubicado en la Panamericana km sur 297 en el distrito de Subtanjalla - Provincia de Ica para conocer el fundo de la Señora Flor Hortensia Alvear Herrera quién muy amablemente me brindo la autorización correspondiente de poder realizar el muestreo que necesito en el presente proyecto de investigación. Se pactó el día en el cual se ejecutó el muestreo pertinente, la nublada tarde del martes 1 de septiembre se realizó el muestreo con el estudiante de noveno ciclo de Ingeniería Ambiental Rodrigo Zambrano Vergara quién recorrió junto a la tesista el fundo e hizo un plano sencillo. Cada una de estas muestras se tomó a una profundidad del suelo a 20 cm en un área que abarcaba 136m x 134 m, se procedieron a añadirlas en unas bolsas con cierre hermético e identificarlas de acuerdo a los puntos (A, B, C, D, E y F) en los cuales se realizó la extracción de las porciones de suelo.

**FIGURA 32**  
**HOMOGENEIZAR LAS MUESTRAS DE**



Con la totalidad de 10 muestras de 1 kilogramo, posteriormente se colocaron en las

Bolsas correspondientes identificando de manera clara cada una de ellas culminando de esta manera con el muestreo de suelos.

Por la tarde, se procede a homogeneizar las muestras (**Figura 41**), se toma un kilogramo de suelo y se envía a un laboratorio encargado por el Ingeniero Agrónomo Guido Tenorio Palomino quien realizó lo análisis físico químicos del suelo, para definir como se encontraba antes del tratamiento, en cuanto a los resultados de la evaluación realizada en lo referente a la capacidad de campo es 32.20% y la textura de franco limosa, lo cual señala que es un suelo de medio a baja retención de agua, resultado que coincide con la porosidad total, que es de 32,86%, del mismo modo el espacio aéreo de 17.35% y el tipo de estructura masiva, Lo cual indica que es un suelo con deficiencia de aireación.

Para preparar las macetas se realizó el 2 de septiembre se procede en la parte inferior de la maceta se añade 875 gr de ripio, luego 1 kilogramo de tierra obtenida del muestreo en las 5 macetas de 1kg de plástico y finalmente se procede a verter las dosis de yeso y a la aplicación de 300 ml de agua, Se realizó un monitoreo comenzando el 2 de septiembre y culminando el 2 de octubre, cada 4 días añadiendo 200 ml de agua, en los anexos se puede registrar en las fichas de observación de como el aroma se iba a comportando en este mes de tratamiento.

## Resultados

### Análisis de suelos: Inicio y Final:

- ❖ Porosidad.
- ❖ Espacio aéreo.
- ❖ Porcentaje de saturación de sodio.

Los resultados de porosidad (**Figura 42**), así como el espacio aéreo (**Figura 43**), nos permitirán conocer la calidad de la estructura física del suelo ya que si se quiebra los agregados presentes en el suelo, puede producir encharcamiento, se puede apreciar en el gráfico que se muestra a continuación que a medida que aumenta la dosis de yeso la porosidad y el espacio aéreo presentan una mejora, lo que sucede es que por las propiedades que tiene el yeso ya que sulfato de calcio dihidratado, al momento que este mineral se aplica al suelo sirve como fuente de

$\text{Ca}^{2+}$  que desplace al  $\text{Na}^+$  del complejo de cambio del suelo, por lo que el suelo recupera su estructura, mejora su porosidad, y vuelve a fluir el agua a través de los diferentes horizontes del suelo.

GRÁFICO 10

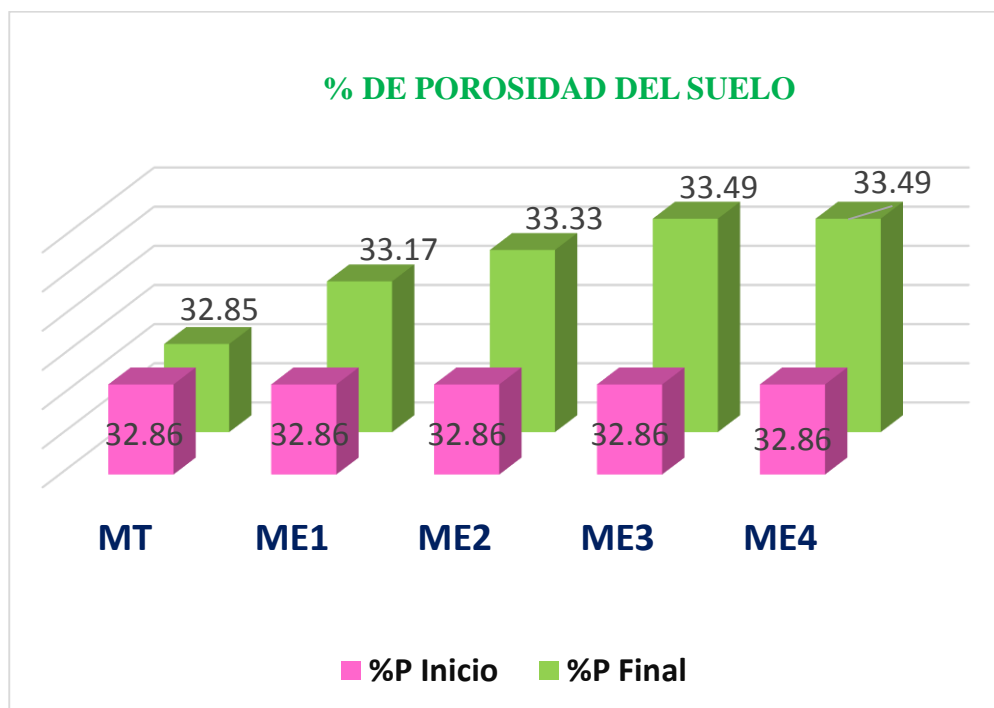


GRÁFICO 11

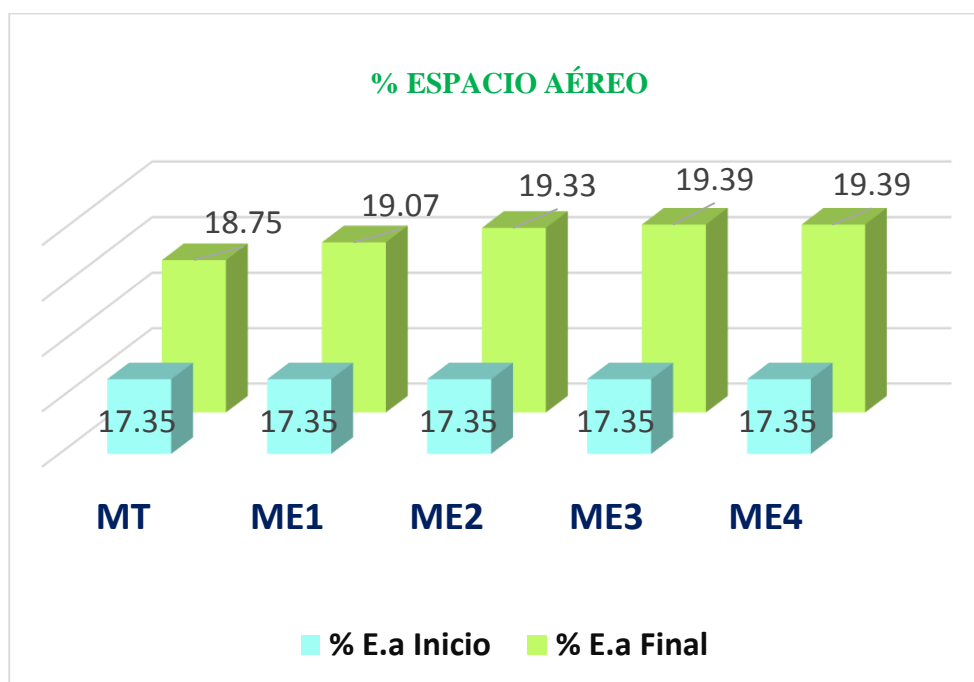
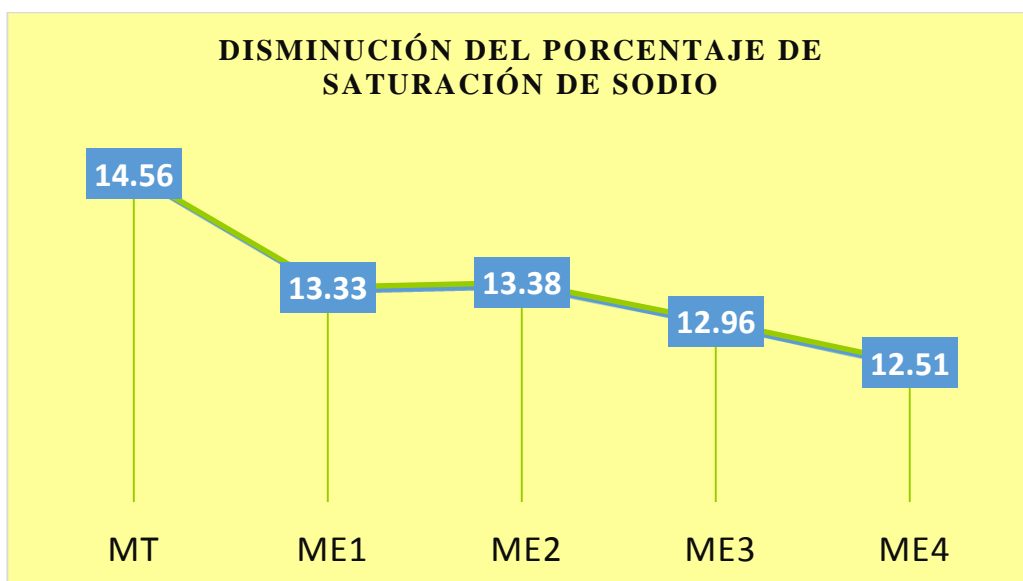


GRÁFICO 12



Ambos resultados son importantes para medir la calidad de la estructura física del suelo, pero esto está relacionado a su vez con el porcentaje de saturación de sodio, ya que a mayor sodio mayor destrucción de la estructura física impidiendo que se formen los poros y por ende limita la circulación del aire y del agua, es por eso que en este caso los resultados de saturación de sodio fueron los esperados ya que disminuyó notablemente, en una primera instancia se encontraba 14.56 % de saturación de sodio lo cual indica que está cerca al nivel crítico de ser definido como un suelo con problemas sódicos, y los resultados luego del tratamiento han ido disminuyendo cada que aumenta la dosis que se aplicó de yeso como se mostró en el Gráfico 12, siendo cada hipótesis según lo programado en la validación coincido q se ha cumplido con lo q fue enunciado en la hipótesis concluyéndose entonces que las hipótesis nulas quedan descartadas.

### PROYECCIÓN A 1HA:

Para llevar a cabo el proyecto de investigación, en primera instancia tomando en cuenta que se sembró en una maceta, ya que las plántulas de aramo necesitan primero tener un cuidado desde que nacen y luego se procede a llevar a la trasplantación al campo cuando adquieren un tamaño medio , un aramo necesita para su desarrollo un metro cuadrado de espacio, de este modo la cantidad de aromos que se podrá sembrar en una hectárea tomando en cuenta que lo utilizan como cerco vivo es decir se procede a plantar en los bordes de la hectárea midiendo el perímetro de esta podemos determinar que son 400 aromos que se deberá sembrar para una hectárea.

### **Cálculos de proyección para mejorar la disponibilidad de nutrientes y retención de humedad de los suelos:**

$$1 \text{ aromo} = 1\text{m}^2 \dots\dots\dots (i)$$

$$1 \text{ Ha} = 100\text{m}^2 \times 100\text{m}^2$$

#### **Perímetro de 1 Ha**

$$\text{Perímetro Ha} = 2 (b + h)$$

$$\text{Perímetro Ha} = 2 (100 + 100)$$

$$\text{Perímetro Ha} = 400 \text{ m}^2$$

#### **Reemplazando en (i):**

$$1 \text{ aromo} = 1\text{m}^2$$

$$400 \text{ aromos} = 400$$

#### **Dosis de yeso – 1 Ha**

$$V_{\text{ha}} = 1 \text{ m} \times 1\text{m} \times 0.60\text{m}$$

$$V_{\text{ha}} = 0.6\text{m}^3$$

$$M_{\text{ha}} = V_{\text{ha}} \times D_{\text{a}}$$

$$M_{\text{ha}} = 0.6\text{m}^3 \times 1.43 \text{ kg/m}^3$$

$$M_{\text{ha}} = 0.858 \text{ kg}$$

$$\rightarrow 0.858 \times 0.04 = 0.034 \text{ kg de yeso.}$$

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$$

$$0.034 \text{ kg} = 34 \text{ gr}$$

**Para:  $1\text{m}^2 = 34 \text{ gr}$  ó  $1 \text{ aromo} = 34 \text{ gr}$ . (Por cada  $\text{m}^2$ , se necesita 1 aromo).**

$$\rightarrow 1 \text{ aromo} = 34 \text{ gr de yeso}$$

$$400 \text{ aromos} = x$$

$$X = 13600 \text{ gr de yeso ó } 13.6 \text{ kg.}$$

Un costal de yeso contiene 40 kg es decir se compraría un costal para dos tratamientos y medio.

#### **Agua requerida – 1 Ha**

$$1 \text{ kg de suelo} = 200 \text{ ml de agua}$$

$$0.858 \text{ kg de suelo} = 171 \text{ ml de agua}$$

$$171 \text{ ml de agua} \times 400 \text{ aromos} = 68400 \text{ ml de agua ó } 68.4 \text{ litros de agua.}$$

Se requerirá solo 68.4 litros de agua cada 5 días por una Ha, siendo una cantidad razonable ya que se cuenta con carecimiento del recurso hídrico.

#### **Cálculos de proyección para mejorar la estructura de los suelos:**

$$1 \text{ aromo} = 1\text{m}^2 \dots\dots\dots (i)$$

#### **Datos adicionales:**

Dosis efectiva de yeso: 4 %



1 Ha = 100m<sup>2</sup> x 100m<sup>2</sup> (Figura # 28).

**Perímetro de 1 Ha**

**Perímetro Ha = 2 (b + h)**

**Perímetro Ha = 2 (100 + 100)**

**Perímetro Ha = 400 m<sup>2</sup>**

**Reemplazando en (i):**

1 aromo – 1m<sup>2</sup>

400 aromos – 400m<sup>2</sup>

**Dosis de yeso – 1 Ha**

**Vha = 1 m x 1m x 0.60m**

**Vha = 0.6m<sup>3</sup>**

**Mha = Vha x Da**

**Mha = 0.6m<sup>3</sup> x 1.43 kg/m<sup>3</sup>**

**Mha = 0.858 kg**

→ **0.858 x 0.10 = 0.00858 kg de yeso.**

**1 kg – 1000 gr**

**0.00858 kg – 85.8 gr**

**Para: 1m<sup>2</sup> – 85.8 gr ó 1 aromo – 85.8 gr.** (Por cada m<sup>2</sup>, se necesita 1 aromo).

→ **1 aromo – 85.8 gr de yeso**

**400 aromos – x**

**X = 34320 gr de yeso ó 34.32 kg.**

Un costal de yeso contiene 40 kg es decir se compraría un costal para 1 tratamiento, y la frecuencia con la cual se realice dependerá de los responsables que trabajen en dicha hectárea es decir dependerá básicamente de la frecuencia en la cual se realicen muestreos y análisis para tener conocimientos reales de que factores son lo limitantes para la producción de los suelos.

**Agua requerida – 1 Ha:**

**1 kg de suelo – 200 ml de agua**

**0.858 kg de suelo – 171 ml de agua**

**171 ml de agua x 400 aromos = 68400 ml de agua ó 68.4 litros de agua.**

Se requerirá solo 68.4 litros de agua cada 5 días por una Ha, siendo una cantidad razonable ya que se cuenta con carecimiento del recurso hídrico.

**Datos adicionales:**

Dosis efectiva de yeso: 10 %

**MATERIALES:**

<b>Materiales</b>	<b>Costo S/.</b>
1 costal de yeso	25
1 hipodérmica	2
1 envase de plástico	2
1 balanza gramera	25
Costo Total	54

**COSTO – BENEFICIO:**

Lo que se invierte en el proyecto de investigación justifica los resultados reales que se obtienen ya que se adquiere nueva información en base a los datos obtenidos por los análisis realizados por un especialista en el aspecto de suelos y prueba la contribución que brinda el uso del yeso en los suelos, mejorando la estructura de estos, obteniendo la cantidad de nutrientes aprovechables por la planta y mayor disponibilidad de agua.

**BENEFICIOS A LA COMUNIDAD:**

Un aroma *Acacia Karroo*, adulto ofrece bondades, como productos químicos, forrajes, usos domésticos, fibras, comidas, bebidas, y la madera, por ejemplo en el aroma presenta una flores en forma de mota color amarillo y estas pueden ser utilizadas para la actividad de apicultura, ya que se coloca las abejas de una caja y se realiza in situ, pues no se requiere extraer las flores ni la necesidad de talar la planta, contribuyendo al cuidado de nuestra especie modelo y un beneficio económico porque se podrá vender la miel que se produzca, también lo usan como seto vivo.

**USOS EN EL FUTURO:**

El proceso de todo el plan de la Investigación será remitido a la municipalidad, ya que si es de su interés lo pueden aplicar.

Una vez que quedan validadas las hipótesis quedan demostrados los objetivos y por consiguiente el problema principal y de este modo el título queda validado.

## CONCLUSIONES

1. Todos los tratamientos que recibieron yeso, superaron enormemente al testigo en la retención de agua a la capacidad de campo y agua capilar, resaltando entre ellas el que recibió 4%, teniendo una importancia considerable para los ecosistemas terrestres.
2. El tratamiento de yeso al 4 % mejora la absorción de nutrientes asimilables por la planta, ya que se ve reflejado en el rendimiento de biomasa, donde generó el mayor rendimiento, de este modo se evita añadir insumos innecesarios que generan contaminación del suelo.
3. Existe una relación entre la capacidad de campo del suelo y el agua capilar ya que ambos están presentes en él, pero solo el agua capilar es aprovechada por el Aromo, (**acacia karroo**).
4. El porcentaje de saturación de sodio disminuye conforme se aumenta la dosis aplicada por el yeso, mejorando la estructura física de los suelos.
5. Existe una asociación entre la porosidad y el espacio aéreo con las concentraciones de sodio ya que los suelos con problemas sódicos afectan de manera agresiva la estructura física de estos.
6. La aplicación de yeso, previene la sodificación de los suelos, o sea la contaminación por sodio, que es común en zonas áridas y semi áridas con mucha escasez de agua como en la región Ica.

## RECOMENDACIONES

1. Es importante tener en cuenta que se debe realizar un monitoreo cada 4 ó 5 días para añadir 200ml H<sub>2</sub>O/ kg de suelo, para no alterar el proceso de crecimiento del Aromo, (*acacia karroo*).
2. Cabe resaltar que para el buen desarrollo de una planta se requiere solo de las Concentraciones de nutrientes admisibles por ella, ya que un incremento excesivo podrá producir una toxicidad en ellas y alterar los suelos.
3. Conocer que toda presencia de agua en el suelo no es asimilable por las plantas, así que un riego excesivo no mejorará su desarrollo, ya que producirá asfixia radicular en ellas, generalmente si estamos en presencia de un suelo tipo arcilloso.
4. El empleo del yeso se debe dar de manera equilibrada pues no se recomienda abusar de la dosis establecida ya que puede ocasionar alteraciones en la estructura física del suelo.
5. Tener presente que si se desea mejorar la estructura física de los suelos debemos hacer un análisis del suelo para determinar si este presenta concentraciones elevadas de sodio ya que este juega un papel muy importante alterando la libre circulación de agua y oxigenación.
6. Aplicar 4% de yeso con características similares al estudiado, para incrementar la retención de agua por los suelos para las plantas, y prevenir la sodificación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Anónimo. (1990). FACTORES de DEGRADACION y TECNOLOGIA de RECUPERACION de PRADERA. Colombia: Corpoica.
2. Nidla Ramirez Gonzáles. (1998). Principales Avances en Investigacion Y Desarrollo Tecnológico Por Sistemas de Producción Agrícola. Colombia: corpoica.
3. Luis Macías Arellano. (2001). Reforestación: teoría y práctica. Michigan: Secretaría de Agricultura y Ganadería, Dirección General Forestal y de Caza, 1951.
4. Thomas A Mckenzie. (1987). Costos de reforestación en América Central. América Central: Bib. Orton IICA / CATIE, 199.
5. Anónimo. (2000). Alternativas de Reforestacion: Taungya Y Sistemas Agrosilviculturales Permanentes Vs Plantaciones Puras. Costa Rica: Bib. Orton IICA / CATIE.
6. Jeffrey Jones. (1998). Actitudes Hacia la Reforestacion Entre Los Agricultores de Piedades Norte, Costa Rica. Costa Rica: Bib. Orton IICA / CATIE.
7. Jhon Barret. (1987). Informe Sobre Reforestacion, Mejoramiento de Arboles Y Tratamientos Silviculturales en El Sur de Estados Unidos. Estados Unidos: Bib. Orton IICA / CATIE.
8. Doland Nichols, Eugenio González. (1991). Especies nativas y exóticas para la reforestación en la zona sur de Costa Rica. Costa Rica: OET, 1992.
9. Anónimo. (1993). Beneficios de los arboles urbanos. Minnesota: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Región del Sur, 1993.
10. Griselda Benítez Badillo, María Teresa Pulido Salas, Miguel Equihua Zamora. (2004). Árboles multiusos nativos de Veracruz. Veracruz: Instituto de Ecología, A.C., 2004.
11. Anónimo. (1997). Fundamentos de Edafología. Estados Unidos: EUNED.
12. Louis M. Thompson, Frederick R. Troeh. (1889). Los suelos y su fertilidad. Estados Unidos: reimpresión.
13. Beatriz Aguilar Alínquer. (2014). El suelo de cultivo y las condiciones climáticas.. Venezuela: IC Editorial, 2014.
14. Hans W. Fassbender, Elemer Bornemisza. (1978). Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. América Latina: IICA, 1987.

## LINCOGRAFÍA

1. Andrea, V. (2010). Cómo controlan la erosión las raíces de las plantas. Mayo, 2010, <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol23num2/articulos/erosion/>
2. Anónimo. (2013). Árboles con poca raíz y mucha sombra. Noviembre, 29, 2013.
3. Bosch, M. (1858). *Manual de Botánica aplicada á la agricultura y á la industria*. Madrid: [s.n.]
4. Carlos, C. (2014). Gestión sostenible del agua. Marzo, 1, 2014, <http://gsagua.com/principal/la-crisis-del-agua-en-piura/>
5. Enrique, O. (1989). Noventa especies forestales del Paraguay. Paraguay: Conservatoire et Jardin Botaniques.
6. Fernando, C. (2014). Escasez de agua amenaza la agricultura. Agosto, 04, 2014, <http://elcomercio.pe/economia/peru/ica-falta-agua-amenaza-crecimiento-agroexportacion-noticia-1747390>.
7. Frederique, J. (2014). Buscando soluciones para el problema del agua en Lima. Febrero, 12, 2014, <http://puntoedu.pucp.edu.pe/noticias/buscando-soluciones-para-el-problema-del-agua-en-lima/>
8. García, M. (2011). Presas de Retención Pluvial es la mejor opción para optimizar el agua. BCS, el estado más árido del país. Febrero, 01, 2011, <http://peninsulardigital.com/extra/presas-de-retencion-pluvial-es-la-mejor-opcion-para-optimizar-el-agua-bcs-el-estado-mas-arido-del-pais/34444>.
9. Georges-Louis Leclerc. (1858). Los tres reinos de la naturaleza o museo pintoresco de historia naturaleza o museo pintoresco de historia natural: Mineralogía. Madrid: Imprenta de Gaspar y Roig.
10. Gustavo, M. (2012). Escasez del recurso hídrico. Enero, 20, 2012, <https://carpressica.wordpress.com/2014/01/20/el-problema-de-la-escasez-del-agua-y-la-agricultura-en-ica/>
11. Gustavo, M. (2014). El problema de la escasez del agua y la agricultura en Ica. Enero, 20, 2014, <https://carpressica.wordpress.com/2014/01/20/el-problema-de-la-escasez-del-agua-y-la-agricultura-en-ica/>

12. Harry, A. (2010). Árbol de ceiba. Junio, 24, 2010, <http://www.panoramio.com/photo/37139288>.[http://plantas.facilisimo.com/blogs/arboles/arboles-con-poca-raiz-y-mucha-sombra\\_969546.html](http://plantas.facilisimo.com/blogs/arboles/arboles-con-poca-raiz-y-mucha-sombra_969546.html)<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/26/35529>
13. Isabel, M. (2003). Maderas de Costa Rica. Costa Rica: Juan Carlos, F.
14. Ittai, A. (2011). Conozca cómo afronta Israel la escasez de agua. Octubre, 26, 2011, [http://www.rpp.com.pe/2011-10-26-conozca-como-afronta-israel-la-escasez-de-agua-noticia\\_416568.html](http://www.rpp.com.pe/2011-10-26-conozca-como-afronta-israel-la-escasez-de-agua-noticia_416568.html)
15. James, W. Ingo, H. Sasha, K. Miguel, S. Jaime, C. Francesc, H Roberta. T. (2013). Reutilización del agua en la agricultura. Perú: Javier Mateo-Sagasta
16. Jorge, M. (2002). Guía de especies forestales de Nicaragua. Junio, 2002, <http://www.magfor.gob.ni/descargas/estudios/Gu%C3%ADa%20de%20Especies%20Forestales.pdf>
17. José Luis L, T. (2010). En México nueve millones sin agua. Marzo, 06, 2010, <http://www.informador.com.mx/jalisco/2010/194694/6/en-mexico-nueve-millones-sin-agua.htm>
18. José Luis L, T. (2015). Jalisco, con pocas afectaciones ante sequía. Enero, 24, 2015, [www.informador.com.mx/jalisco/2012/352845/6/jalisco-con-pocas-afectaciones-ante-sequia-asegura-luege-tamargo.htm](http://www.informador.com.mx/jalisco/2012/352845/6/jalisco-con-pocas-afectaciones-ante-sequia-asegura-luege-tamargo.htm)
19. Juan Manuel, B (2014). Problemas de agua se acabarán en Ica. Abril, 16, 2014, <http://peru21.pe/economia/agroexportacion-problemas-agua-se-acabaran-ica-2179102>
20. Juan, J. (2006). Exploración del suelo por las raíces. Julio, 26, 2006
21. Marisol, T, V. (2005). Plántulas de 60 especies forestales. Bolivia: Marcelino, C.
22. Mateo, H. (2008). Peine de mono. Octubre, 16, 2008, <https://www.flickr.com/photos/rioclaroflora/4820953231/>
23. Michael, V. (2014). Lima afectada por escasez de agua. Enero, 04, 2014, <http://peru21.pe/actualidad/lima-amenazada-escasez-agua-2164145>.
24. Nancy, C. (2008). Compendio de información técnica 32 especies forestales. Diciembre, 03, 2008, <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/125.pdf>
25. Víctor, P. (2008). Especie foresta Higuerilla. Agosto, 12, 2008, <http://www.biodisol.com/biocombustibles/utilizaran-higuerilla-para-producir-biocombustible-energias-renovables-cultivos-bioenergeticos-jatropha-pinon/>

## ANEXOS

- ANEXO 1** Matriz de Consistencia.
- ANEXO 2** Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo – Inicio de Campaña.
- ANEXO 3** Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo – Final de Campaña.
- ANEXO 4** Ficha de observación # 1.
- ANEXO 5** Ficha de observación # 2.
- ANEXO 6** Ficha de observación # 3.
- ANEXO 7** Ficha de observación # 4.
- ANEXO 8** Ficha de observación # 5.
- ANEXO 9** Ficha de observación # 6.
- ANEXO 10** Ficha de observación # 7.
- ANEXO 11** Ficha de observación # 8.
- ANEXO 12** Guía de entrevista.



## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: “EFECTO DEL YESO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO Y SU INFLUENCIA EN EL CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES FORESTALES EN EL CASERÍO DE ARRABALES DEL DISTRITO DE SUBTANJALLA - PROVINCIA DE ICA, 2015”**

**NOMBRES Y APELLIDOS: SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.**

**NIVEL: APLICATIVO, DESCRIPTIVO Y EXPLICATIVO TIPO: EXPERIMENTAL Y APLICADA MÉTODO: CIENTÍFICO EXPERIMENTAL Y POR EXPERIMENTACIÓN DISEÑO: COMPARACIÓN DE GRUPOS.**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	Dimensiones Indicadores e índices	Instrumentos de recolección de datos.
<b>P</b> <b>R</b> <b>I</b> <b>N</b> <b>C</b> <b>I</b> <b>L</b> <b>A</b> <b>L</b> ¿De qué manera el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en el crecimiento de especies forestales de la provincia de Ica?	<b>G</b> <b>E</b> <b>N</b> <b>E</b> <b>R</b> <b>A</b> <b>L</b> Comprobar que el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo impactará en el crecimiento de especies forestales en la provincia de Ica.	<b>G</b> <b>E</b> <b>N</b> <b>E</b> <b>R</b> <b>A</b> <b>L</b> El efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en el crecimiento de las especies forestales de la provincia de Ica.	<b>INDEP. X</b> Efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo	<b>DIMENSIÓN</b> Enmienda <b>INDICADOR (x1)</b> Aporte de nutrientes a los suelos <b>Índice</b> Aumento de calcio y azufre en meq/ 100 gr en los suelos <b>INDICADOR (x2)</b> Favorece la infiltración y almacenamiento de agua de los suelos <b>Índice</b> Disponibilidad de agua mayor a 33 % C.C (Capacidad de campo). <b>INDICADOR (x3)</b> Favorece la estructura del suelo. <b>Índice</b> Suelos con rangos menores al 15 % PSS (Porcentaje de saturación de sodio).	⊕ Bibliografías de Internet. ⊕ Guías de entrevista. ⊕ Guías de observación.
<b>E</b> <b>S</b> <b>P</b> <b>E</b> <b>C</b> <b>I</b> ¿De qué manera el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la disponibilidad de nutrientes para las especies forestales de la provincia de Ica?	<b>E</b> <b>S</b> <b>P</b> <b>E</b> <b>C</b> <b>I</b> Demostrar que el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la disponibilidad de nutrientes para las especies forestales de la provincia de Ica.	<b>E</b> <b>S</b> <b>P</b> <b>E</b> <b>C</b> <b>I</b> El efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la disponibilidad de nutrientes para las especies forestales de la provincia de Ica.	<b>DEP.Y</b> Crecimiento de las especies forestales	<b>DIMENSIÓN</b> Aumento de biodiversidad <b>INDICADOR (Y1)</b> Disminución de nutrientes para especies forestales <b>Índice</b> Falta de suministro de azufre y calcio en meq/100gr a los suelos <b>INDICADOR (Y2)</b> Disminución de disponibilidad de agua. <b>Índice</b> Disponibilidad de agua menor a 33 % C.C (Capacidad de campo). <b>INDICADOR (Y3)</b> Afecta la estructura del suelo. <b>Índice</b> Suelos con rangos mayores al 15 % PSS (Porcentaje de saturación de sodio).	
<b>F</b> <b>O</b> <b>S</b> ¿En qué forma el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la retención de agua para las especies forestales de la provincia de Ica?	<b>F</b> <b>O</b> <b>S</b> Demostrar que el efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la retención de agua para las especies forestales de la provincia de Ica.	<b>F</b> <b>O</b> <b>S</b> El efecto del yeso en las propiedades físicas y químicas del suelo influirá en la retención de agua para las especies forestales de la provincia de Ica.			
¿De qué manera la aplicación del yeso influirá en la estructura de los suelos de la provincia de Ica?	Comprobar que la aplicación del yeso influirá en la estructura de los suelos de la provincia de Ica.	La aplicación del yeso influirá en la estructura de los suelos de la provincia de Ica.			

## ANÁLISIS DE SUELOS

**SOLICITANTE:** SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.

**ZONA:** ARRABLES – SUBTANJALLA.

**MOTIVO DEL ANÁLISIS:** TRABAJO DE TESIS.

**FECHA:** 2/ 09/2015

### RESULTADOS

<b>ANÁLISIS FÍSICOS</b>	
Capacidad de Campo	32.20 %
Densidad aparente	1.43 gr /cm <sup>3</sup>
Densidad real	2.10 gr / cm <sup>3</sup>
Porosidad	32.86 %
Espacio aéreo	17.35 %
<b>Textura</b>	
Arena (%)	26.00
Limo (%)	58.00
Arcilla (%)	16.00
Clase textural	Franco limosa
<b>Estructura:</b>	
Tipo	Masiva
Clase	Fina
Grado	Cero
<b>ANÁLISIS QUÍMICO</b>	
pH	8.01
Materia orgánica	1.20 %
Conductividad eléctrica a 25°C	7.9 mmhos/cm
<b>Cationes Cambiables</b>	
Calcio	2.68 meq/100 gr.
Magnesio	1.41 meq/100 gr.
Potasio	1.80 meq/100 gr.
Sodio	1.09 meq/100 gr.
Hidrógeno	0.50 meq/100gr.
Capacidad de Intercambio Catiónico	7.48 meq/100 gr.
Porcentaje de saturación de sodio (PSS)	14.57 %
Clase de suelo por salinidad	Salino sódico

---

**Ing. Agrónomo Guido Tenorio Palomino**

## ANÁLISIS DE SUELOS

**SOLICITANTE:** SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.

**ZONA:** ARRABLES – SUBTANJALLA.

**MOTIVO DEL ANÁLISIS:** TRABAJO DE TESIS.

**FECHA:** 2/ 10/2015

### RESULTADOS

Tratamiento de yeso (%)	SUELOS								M.S
	%C.C	%AC	%P	pH	%M.O	CIC	PSS	%Ea	gr/maceta
0	31.98	21.0	32.85	8	1.19	7.49	14.56	18.75	2.50
2	40.11	30.10	33.17	8	1.18	7.65	13.33	19.07	2.51
4	45.01	35.00	33.33	8	1.16	7.79	13.38	19.33	4
8	40.31	30.25	33.49	8.1	1.16	7.79	12.96	19.39	3.80
10	40.12	30.13	33.49	8.2	1.15	7.83	12.51	19.39	2.60

Tratamiento de yeso (%)	Da	Dr	BASES CAMBIABLES			
			Ca	Mg	K	Na
0	1.41	2.10	2.68	1.41	1.80	1.09
2	1.41	2.11	3	1.38	1.71	1.02
4	1.40	2.10	3.01	1.40	1.76	1.03
8	1.41	2.12	3.21	1.35	1.72	1.01
10	1.41	2.12	3.19	1.36	1.70	0.98

---

**Ing. Agrónomo Guido Tenorio Palomino**

## FICHA DE OBSERVACIÓN

Nº: 1

**AUTOR:** SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.

**TEMA:** MONITOREO DE LA ESPECIE FORESTAL AROMO, ACACIA KARROO.

FECHA	MUESTRA	COMENTARIO
2 / 09 / 2015	<b>Testigo</b>	El aroma presenta color verde en sus hojas, un tallo delgado, cuenta con una altura de 8 cm, se añadió 300 ml de agua a la maceta en la cual está sembrada, en la cual tuvo una filtración de 30 segundos lo cual indica una rápida filtración del agua.
	<b>Experimental 1</b>	La planta posee un tallo delgado, hojas verdes, una altura de 8 cm, fueron añadidos 300 ml de agua en la maceta en la cual se tomó la segunda medición de filtración con un minuto siendo un poco más lenta que la muestra testigo.
	<b>Experimental 2</b>	Se puede apreciar claramente que la especie forestal cuenta con hojas verdes un tallo delgado, posee una altura de 9 cm, se añadió 300 ml de agua, se procedió a tomar el tiempo de filtración del agua lo cual resulto dos minutos y medio, lo que corresponde a una velocidad menor que las dos muestra primeras.
	<b>Experimental 3</b>	Presenta hojas verdes tallo delgado, cuenta con una altura de 9 cm y se agrega 300 ml de agua, en cuanto al tiempo de filtración es 3 minutos.
	<b>Experimental 4</b>	La especie forestal posee un tallo delgado, hojas verdes, una altura de 9 cm, fueron añadidos 300 ml de agua en la maceta en la cual se tomó última medición de filtración fue la muestra que tuvo mayor duración con 5 minutos.

## FICHA DE OBSERVACIÓN

Nº: 2

**AUTOR:** SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.

**TEMA:** MONITOREO DE LA ESPECIE FORESTAL AROMO, **ACACIA KARROO.**

FECHA	MUESTRA	COMENTARIO
<b>06 / 09 / 2015</b>	<b>Testigo</b>	El aroma presenta color verde opaco en sus hojas, un tallo delgado, se observa que la tierra presente en la maceta está totalmente seca, se añadió 200 ml de agua a la maceta en la cual está sembrada, en la cual tuvo una filtración de 1 minuto.
	<b>Experimental 1</b>	La planta posee un tallo delgado, hojas verde oscuro, en la tierra no se observa rasgos de humedad posterior a esto fueron añadidos 200 ml de agua en la cual se tomó la segunda medición de filtración resultando 3 minutos siendo más lenta que la muestra testigo.
	<b>Experimental 2</b>	Se puede apreciar claramente que la especie forestal cuenta con hojas color verde un tallo delgado, se aprecia rasgos de humedad en la tierra, luego se añadió 200 ml de agua, se procedió a tomar el tiempo de filtración del agua lo cual resulto 5 minutos con treinta segundos.
	<b>Experimental 3</b>	Presenta hojas color verde, tallo delgado, hay presencia de humedad, luego agrega 200 ml de agua, en cuanto al tiempo de filtración es 8 minutos.
	<b>Experimental 4</b>	La especie forestal posee un tallo delgado, hojas color verde, presenta humedad en la tierra, luego se procede a incorporar 200 ml de agua en la maceta en la cual se tomó última medición de filtración, por segunda vez fue la muestra que tuvo mayor duración con 11 minutos.

## FICHA DE OBSERVACIÓN

Nº: 3

**AUTOR:** SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.

**TEMA:** MONITOREO DE LA ESPECIE FORESTAL AROMO, **ACACIA KARROO.**

FECHA	MUESTRA	COMENTARIO
<b>10 / 09 / 2015</b>	<b>Testigo</b>	Lo primero que se puede apreciar es color verde en algunas hojas, en otras mostaza pérdida de estas, un tallo semi delgado, se aprecia que la tierra presente en la maceta está seca, se añadió 200 ml de agua, en la cual tuvo una filtración de 55 segundos.
	<b>Experimental 1</b>	El aroma posee un tallo delgado, hojas verde oscuro, pérdida de estas, en la tierra no se observa rasgos de humedad posterior a esto fueron añadidos 200 ml de agua en la cual se tomó la segunda medición de filtración resultando 3 minutos.
	<b>Experimental 2</b>	Se puede apreciar claramente que la especie forestal cuenta con hojas color verde un tallo delgado, se aprecia rasgos mínimos de humedad en la tierra, luego se añadió 200 ml de agua, se procedió a tomar el tiempo de filtración del agua lo cual resulto 8 minutos con 55 segundos.
	<b>Experimental 3</b>	Presenta hojas color verde, tallo delgado, hay presencia de humedad, luego se agrega 200 ml de agua, en cuanto al tiempo de filtración es 9 minutos y 45 segundos.
	<b>Experimental 4</b>	La especie forestal posee un tallo delgado, hojas color verde, presenta humedad en la tierra, luego se procede a incorporar 200 ml de agua en la maceta en la cual se tomó la última medición de filtración, la cual presenta mayor duración con 12 minutos.

## FICHA DE OBSERVACIÓN

Nº: 4

**AUTOR:** SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.

**TEMA:** MONITOREO DE LA ESPECIE FORESTAL AROMO, **ACACIA KARROO.**

FECHA	MUESTRA	COMENTARIO
<b>14 / 09 / 2015</b>	<b>Testigo</b>	Hay pérdida de las hojas, las cuales presentan un color mostaza, tallo semi delgado, no se muestra humedad, se incorporó 200 ml de agua, el tiempo que demora en filtrar fue 53 segundos.
	<b>Experimental 1</b>	El aroma posee un tallo delgado, hojas color verde, pérdida de estas, no hay cambio en el tamaño, no hay rasgos notables de humedad en la tierra, luego fueron añadidos 200 ml de agua en la cual se realiza una medición de filtración resultando 4 minutos.
	<b>Experimental 2</b>	Se observa hojas color verde un tallo delgado, se aprecia rasgos menores de humedad en la tierra, luego se añadió 200 ml de agua, se procedió a tomar el tiempo de filtración del agua lo cual resultó 6 minutos.
	<b>Experimental 3</b>	Presenta hojas color verde, tallo delgado, hay presencia de humedad, luego se agrega 200 ml de agua, en cuanto al tiempo de filtración es 10 minutos y 34 segundos.
	<b>Experimental 4</b>	El aroma presenta un tallo delgado, hojas color verde, presenta humedad en la tierra, luego se procede a incorporar 200 ml de agua en la cual se tomó la última medición de filtración, la cual presenta mayor duración con 10 minutos.

## FICHA DE OBSERVACIÓN

Nº: 5

**AUTOR:** SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.

**TEMA:** MONITOREO DE LA ESPECIE FORESTAL AROMO, **ACACIA KARROO.**

FECHA	MUESTRA	COMENTARIO
<b>18 / 09 / 2015</b>	<b>Testigo</b>	Hubo pérdidas de hojas no hay crecimiento del aromo, color mostaza en sus hojas, tallo delgado, no hay presencia de humedad, se incorporó 200 ml de agua, el tiempo que demoro en filtrar fue 43 segundos.
	<b>Experimental 1</b>	El aromo posee un tallo delgado, hojas color verde, pérdida de estas, no hay cambio en el tamaño, no hay rasgos notables de humedad en la tierra, luego fueron añadidos 200 ml de agua en la cual se realiza una medición de filtración resultando 3 minutos y 34 segundos.
	<b>Experimental 2</b>	Se observa hojas color verde un tallo delgado, se aprecia rasgos menores de humedad en la tierra, luego se añadió 200 ml de agua, se procedió a tomar el tiempo de filtración del agua lo cual resulto 5 minutos.
	<b>Experimental 3</b>	Presenta hojas color verde, tallo delgado, hay presencia de humedad, luego se agrega 200 ml de agua, en cuanto al tiempo de filtración es 11 minutos.
	<b>Experimental 4</b>	El aromo presenta un tallo delgado, hojas color verde, presenta humedad en la tierra, luego se procede a incorporar 200 ml de agua en la cual se tomó la última medición de filtración, la cual presenta mayor duración con 12 minutos.



## FICHA DE OBSERVACIÓN

Nº: 6

**AUTOR:** SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.

**TEMA:** MONITOREO DE LA ESPECIE FORESTAL AROMO, **ACACIA KARROO.**

FECHA	MUESTRA	COMENTARIO
<b>22 / 09 / 2015</b>	<b>Testigo</b>	Hay pérdida de las hojas, las cuales presentan un color mostaza, tallo semi delgado, no se muestra humedad, se incorporó 200 ml de agua, el tiempo que demora en filtrar fue 53 segundos.
	<b>Experimental 1</b>	El aroma posee un tallo delgado, hojas color verde, pérdida de estas, no hay cambio en el tamaño, no hay rasgos notables de humedad en la tierra, luego fueron añadidos 200 ml de agua en la cual se realiza una medición de filtración resultando 4 minutos.
	<b>Experimental 2</b>	Se observa hojas color verde un tallo delgado, se aprecia rasgos menores de humedad en la tierra, luego se añadió 200 ml de agua, se procedió a tomar el tiempo de filtración del agua lo cual resultó 6 minutos.
	<b>Experimental 3</b>	Presenta hojas color verde, tallo delgado, hay presencia de humedad, luego se agrega 200 ml de agua, en cuanto al tiempo de filtración es 10 minutos y 34 segundos.
	<b>Experimental 4</b>	El aroma presenta un tallo delgado, hojas color verde, presenta humedad en la tierra, luego se procede a incorporar 200 ml de agua en la cual se tomó la última medición de filtración, la cual presenta mayor duración con 10 minutos.

## FICHA DE OBSERVACIÓN

Nº: 7

**AUTOR:** SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.

**TEMA:** MONITOREO DE LA ESPECIE FORESTAL AROMO, **ACACIA KARROO**.

FECHA	MUESTRA	COMENTARIO
<b>26 / 09 / 2015</b>	<b>Testigo</b>	No se presentan cambios, hojas color mostaza, pérdida de estas tallo delgado, no hay humedad en el suelo, se incorporó 200 ml de agua, el tiempo que demoro en filtrar fue 1 minuto.
	<b>Experimental 1</b>	El aroma posee un tallo delgado, hojas color verde, no hay rasgos de humedad en la tierra, luego fueron añadidos 200 ml de agua en la cual se realiza una medición de filtración resultando 3 minutos 55 segundos.
	<b>Experimental 2</b>	Se observa hojas color verde un tallo delgado, se aprecia rasgos mínimos de humedad en la tierra, luego se añadió 200 ml de agua, se procedió a tomar el tiempo de filtración del agua lo cual resulto 7 minutos y 34 segundos.
	<b>Experimental 3</b>	Presenta hojas color verde, tallo delgado, hay presencia de humedad, luego se agrega 200 ml de agua, en cuanto al tiempo de filtración es 11 minutos y 22 segundos.
	<b>Experimental 4</b>	Se observa un tallo delgado, hojas color verde, presenta humedad en la tierra, luego se procede a incorporar 200 ml de agua en la cual se tomó la última medición de filtración, la cual presenta mayor duración con 12 minutos.

## FICHA DE OBSERVACIÓN

Nº: 8

**AUTOR:** SAMANTHA ASHLEY FLORES ESPINOZA.

**TEMA:** MONITOREO DE LA ESPECIE FORESTAL AROMO, ACACIA KARROO.

FECHA	MUESTRA	COMENTARIO
<b>30 / 09 / 2015</b>	<b>Testigo</b>	Hubo pérdida de hojas color mostaza, tallo pequeño y delgado no se observa humedad en el suelo, se añade 200 ml de agua, el tiempo que tarda en filtrar fue 45 segundos.
	<b>Experimental 1</b>	El tallo semi delgado, hojas color verde, no hay rasgos de humedad en la tierra, luego fueron añadidos 200 ml de agua en la cual se realiza una medición de filtración resultando 2 minutos 23 segundos.
	<b>Experimental 2</b>	Se aprecia hojas color verde un tallo delgado, se aprecia rasgos mínimos de humedad en la tierra, luego se añadió 200 ml de agua, se procedió a tomar el tiempo de filtración del agua lo cual resulto 8 minutos.
	<b>Experimental 3</b>	Se puede observar hojas color verde, tallo delgado, hay presencia de humedad, luego se agrega 200 ml de agua, en cuanto al tiempo de filtración es 11 minutos.
	<b>Experimental 4</b>	Presenta un tallo delgado, hojas color verde, presenta humedad en la tierra, luego se procede a incorporar 200 ml de agua en la cual se tomó la última medición de filtración, la cual presenta mayor duración con 12 minutos y 24 segundos.

## GUIA DE ENTREVISTA

**NOMBRE:** BLGO. DAVID HUAMÁN MIRANDA

**FECHA:** 10 / 08 / 2015

**LUGAR:** DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD SAN LUIS GONZAGA DE ICA.

PUNTOS A TRATAR	COMENTARIOS
Fisiología Vegetal	Se refiere a la relación de anatomía de las plantas, la ecología la fitoquímica la biología celular y la biología molecular.
Mecanismo de absorción de agua por las plantas	El suelo presenta mecanismos de retención por parte del suelo.  Por ejemplo agua higroscópica, agua capilar, agua gravitacional, las cuales enfocan cuales son disponibles para las plantas y cuáles no.
Yeso como enmienda agrícola	Si es un buen corrector del suelo, hay que tener cuidado ya que es una base, así que es recomendable solo la dosis exacta para un buen manejo de este, pero se pueden hacer otros abonos orgánicos como el abono de la broza del esparrago y conocer su potencia en los suelos.