

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SISTEMA DE RIEGO POR  
GOTEO SOLAR Y EL USO DE HIDROGEL HIDRATADO EN EL  
CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE *Tecoma fulva sub.  
arequipensis* “CAHUATO” EN EL PARQUE ECOLÓGICO  
REGIONAL LAS ROCAS DE CHILINA – AREQUIPA 2018**

Tesis presentada por los Bachilleres:  
**Soncco Moscoso, Diego Franco**  
**Vargas Díaz, Fabian Mauricio**

Para optar el Título Profesional de:  
**Ingeniero Ambiental**

Asesor:  
**Dr. Arenazas Rodríguez, Armando Jacinto**

**Arequipa – Perú**  
**2019**



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado: 1350

AREQUIPA - PERÚ

**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**INFORME DICTAMEN BORRADOR DE TESIS**

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

"Evaluación del efecto del sistema de riego por goteo solar y el uso de hidrogel hidratado  
en el crecimiento y supervivencia de Tecoma fulva sub. arequipensis "cahuato" en el Parque Ecológico  
Regional Las Rocas de Chilina - Arequipa 2018  
Presentado por el (los) Bachiller (es):

Diego Franco Soruco Moscoso

Fabian Mauricio Vargas Díaz

Nuestro DICTAMEN es:

Favorable para Sustentar

OBSERVACIONES:

Arequipa, 16 de diciembre del 2019

DICTAMINADOR  
Mgta. Andrea Yaneta Chanove Manrique  
Cod. 3196.

DICTAMINADOR  
Dr. P. Sr. Armando Brancos R.

DICTAMINADOR  
Mgtr. Ing. Betty Edusson Corderos Pilco  
COP: 1117

## DEDICATORIAS

A Dios, por orientarme, fortalecerme e iluminarme para seguir cumpliendo uno más de mis sueños.

*A mis padres, Juan Gonzalo Vargas Escobedo y Amparo Zulema Díaz Naiza, por confiar en mí, por apoyarme incondicionalmente y a mi hermano Gonzalo Fabricio Vargas Díaz por ser mi ejemplo a seguir y brindarme su apoyo incondicional.*

*A mis familiares y amigos, por estar conmigo siempre y apoyarme en las decisiones que tomo para así alcanzar mis metas.*

**Fabian Mauricio Vargas Díaz**

*A Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.*

*A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.*

*A mis hermanas por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso.*

*A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.*

**Diego Franco Soncco Moscoso**

## AGRADECIMIENTO

*Para empezar, nos gustaría agradecer a la Universidad Católica Santa María y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por brindarnos todos los conocimientos adquiridos durante nuestra formación universitaria.*

*En segundo lugar, agradecemos al Dr. Blgo. Armando Arenazas, nuestro asesor, por dedicarnos su tiempo, apoyo, por compartir sus conocimientos y guiarnos en el desarrollo de nuestra investigación como mentor para lograr nuestro anhelado objetivo profesional.*

*A sí mismo, queremos agradecer a nuestra Co-asesor M.Sc. Ing. Berly Cardenas, por brindarnos su apoyo incondicional, durante la elaboración de la tesis, por su desinteresada colaboración y su orientación profesional, brindándonos su tiempo en cada momento.*

*Finalmente queremos agradecer al Arq. Zoila Linares, Fundadora de la ONG Arequipa Ciudad Sustentable que estuvo dispuesta a brindarnos el apoyo necesario en todo momento, nos facilitó los contactos y solicitud de tipos de permisos y requerimiento a la brevedad para el estudio y además, se interesó ampliamente en nuestra investigación como pionera en la conservación de especies vegetales endémicas en la región Arequipa.*

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del sistema de riego por goteo solar y el uso de hidrogel hidratado, en el crecimiento y supervivencia de plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”, bajo condiciones de campo en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”.

Se trasplantaron 30 ejemplares de plántulas de “Cahuato” en un área de 187,5 m<sup>2</sup>., dicha área fue dividida en cuadrantes según el croquis experimental determinado en base al distanciamiento adecuado para el crecimiento de las plántulas, luego se procedió con la implementación de cada sistema independientemente para cada plántula de “Cahuato”, se trabajó con un diseño completamente randomizado, con arreglo factorial 3x2, el factor 1 corresponde al tipo de riego con 3 niveles: convencional (testigo), riego por goteo solar e hidrogel hidratado, y el segundo factor corresponde al volumen de riego con dos niveles: 1 litro de agua y 1.5 litros de agua, cada uno con 5 repeticiones.

El trabajo de campo se dio desde Julio del 2018 a noviembre del 2018, para determinar el efecto en el crecimiento de la planta, en la humedad del sustrato y en la temperatura del sustrato.

El efecto en el crecimiento de plántulas de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, para los indicadores de altura de tallo, diámetro basal de tallo y diámetro de cobertura, con la implementación de los sistemas de riego, se determinó mediante análisis de varianza de medidas repetidas y prueba de especificidad de Tukey, la cual indica que solo existe diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) para el indicador de altura de tallo, donde el sistema de uso de hidrogel hidratado presenta mejor respuesta, con un promedio de 39.58 cm. para el indicador altura. Y también para la variación de volumen de agua entre sistemas donde el volumen de 1 litro, presenta mejor respuesta, con un promedio de 41.67 cm. para el indicador altura.

Respecto a la supervivencia de plántulas de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis* in situ, el sistema de implementación de hidrogel hidratado de 1 litro de agua (TH1), mantuvo el 100% de ejemplares vivos al finalizar la parte experimental, obteniendo la categoría de “muy bueno” según metodología de análisis.

**Palabras claves:** Croquis experimental, Sistema de riego, Periodicidad, Cahuato (*Tecoma fulva sub. arequipensis*), hidrogel, riego por goteo solar.

## ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the effect of the solar drip irrigation system and the use of hydrated hydrogel on the growth and survival of *Tecoma fulva sub. arequipensis* "Cahuato", under field conditions in the Regional Ecological Park "Las Rocas de Chilina".

30 specimens of "Cahuato" seedlings were transplanted in an area of 187.5 m<sup>2</sup>., this area was divided into quadrants according to the experimental sketch map that was determined based on the appropriate distancing for seedling growth, the next step was the implementation of an independent system for each seedling of "Cahuato"; for this, a completely randomized design was applied, with the factorial arrangement of 3x2, the factor 1 corresponds to the type of irrigation with 3 levels: conventional (control), solar drip irrigation and hydrated hydrogel, and the second factor corresponds to the volume of irrigation with two levels: 1 liter of water and 1.5 liters of water, each with 5 repetitions.

Field work was carried out from July 2018 to November 2018, to determine the effect on plant growth, substrate moisture and substrate temperature.

The effect on the growth of seedlings of "Cahuato" *Tecoma fulva sub. Arequipensis*, regarding the indicators of stem height, basal stem diameter and coverage diameter, on the implementation of irrigation systems, was determined by two tests: the analysis of the variance of repeated measures and the Tukey specificity test. The first one indicates that there is only significant statistical differences ( $p < 0.05$ ) for the stem height indicator, where the hydrated hydrogel use system presents a better response, with an average of 39.58 cm. for the height indicator. The second one showed that the variation of water volume between systems where the volume was of 1 liter, presented a better response, with an average of 41.67 cm. for the height indicator.

Regarding the survival of seedlings of "Cahuato" *Tecoma fulva sub. Arequipensis* in situ, the implementation system of hydrated hydrogel of 1 liter of water (TH1), kept 100% of live specimens at the end of the experimental part, obtaining the category of "very good" according to analysis methodology.

**Keywords:** Experimental sketch map, Irrigation system, Periodicity, Cahuato (*Tecoma fulva sub. Arequipensis*), hydrogel, solar drip irrigation.

## INTRODUCCIÓN

La conservación de especies endémica de nuestro país, es un tema que no se le da el interés e importancia que realmente se debe tener, ya que estamos hablando de especies vivas, que se desarrollan únicamente en lugares y condiciones definidas, los endemismos peruanos, al igual que en otras floras del occidente del trópico suramericano están vinculados a los Andes, se reconoce un total de 5509 taxones restringidos al Perú y que corresponde a un 27,9% de la flora (León et al., 2006).

Hablando ya de cifras registradas se ha categorizado la flora endémica del Perú, siguiendo los criterios y categorías de la Unión Internacional para la Conservación UICN, identifica que el 33% de flora endémica del Perú se encuentra En Peligro, el 18% en Peligro Crítico y 10% en estado Vulnerable (León et al., 2006), estas cifras son alarmantes estamos hablando de que si todas las especies que están en algún estado de peligro siguen en una tendencia ascendente simplemente dejarán de existir dejando a los ecosistemas sin los servicios que brindan y condicionando a muchas especies a migrar o simplemente dejen de existir.

A esta situación hay que agregar el cambio climático, que está estrechamente relacionado al crecimiento de estas cifras, el cambio climático está afectando los patrones de comportamiento del clima y así mismo a la disponibilidad de agua por fuentes naturales (Obregón et al., 2008), esto lo podemos ver en un escenario local, en el ecosistema de matorral desértico de Arequipa, donde los índices de las precipitaciones se ven reducidas, el caudal de los ríos también se ven afectados, todos estos cambios al orden natural de los ecosistemas están dando pie a un escenario posible de desertificación, el cual es el proceso de degradación ambiental más importante que amenaza a los ecosistemas de Arequipa.

En la actualidad existen nuevas tecnologías para el uso eficiente de los recursos hídricos por lo que se debe de realizar las investigaciones correspondientes con el fin de revertir estos efectos ocasionados por el cambio climático, donde se pueda hablar de mantener un ecosistema en equilibrio a pesar de las condiciones externas que lo puedan afectar. Es importante mencionar que, al invertir la tendencia de encontrar especies vegetales en peligro de extinción, se pueden favorecer los servicios ecosistémicos que brinda cada especie a su ecosistema y a las distintas formas de biodiversidad que se desarrollan en el medio.

El presente trabajo de investigación, busca brindar una solución a estos problemas enfocándose en la disposición de agua para un ejemplar de flora endémica, se trabajara con

30 ejemplares de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, se incorporaran 3 sistemas de riego a los ejemplares que se trasplantaran en un medio natural, en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”, el cual está ubicado en el distrito de Alto Selva Alegre, con el fin de tener las condiciones de crecimiento natural del “Cahuato”, dándole soporte y condiciones para controlar el abastecimiento de agua para cada planta. Al final evaluar su crecimiento con indicadores morfológicos de la planta y porcentaje de supervivencia al finalizar el periodo de investigación en campo, identificando de esta forma el sistema de riego que se adecue de mejor forma con todas las condiciones mencionadas.



## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS -----	i
AGRADECIMIENTO -----	ii
RESUMEN-----	iii
ABSTRACT -----	iv
INTRODUCCIÓN -----	v
INDICE DE CONTENIDO -----	vii
INDICE DE TABLAS -----	xi
INDICE DE FIGURAS -----	xii
INDICE DE ANEXOS -----	xiv
CAPITULO I -----	1
1. GENERALIDADES -----	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	1
1.1.1. Diagnóstico situacional -----	1
1.1.2. Formulación del problema -----	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN -----	2
1.2.1. Social -----	3
1.2.2. Económico -----	3
1.2.3. Ambiental -----	3
1.2.4. Tecnológico -----	3
1.3. HIPÓTESIS -----	4
1.4. OBJETIVOS -----	4
1.4.1. Objetivo general -----	4
1.4.2. Objetivos específicos -----	4
1.5. VARIABLES OPERACIONALES -----	5
1.6. AREA DE ESTUDIO Y/O AREA DE INTERVENCION -----	5
1.7. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO -----	6

1.7.1.	Alcances de la investigación -----	6
1.7.2.	Limitaciones de la investigación -----	6
CAPÍTULO II -----		7
2.	FUNDAMENTO TEÓRICO -----	7
2.1.	MARCO TEORICO-----	7
2.1.1.	CAHUATO <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> -----	7
2.1.2.	CALIDAD DE PLANTAS FORESTALES -----	8
2.1.3.	TÉCNICAS DE RIEGO – Uso de Hidrogel -----	11
2.1.4.	TÉCNICAS DE RIEGO – Riego por goteo solar -----	15
2.1.5.	PARQUE ECOLOGICO LAS ROCAS DE CHILINA -----	17
2.1.6.	SUPERVIVENCIA DE ESPECIES VEGETALES -----	21
2.1.7.	EVALUACIÓN DE CRITERIOS MORFOLÓGICOS - Calidad de Planta -	21
2.1.8.	PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL SUSTRATO -----	22
2.2.	MARCO LEGAL -----	24
2.2.1.	Para la protección de especies endémicas -----	24
2.2.2.	Para la conservación de especies -----	24
2.3.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN -----	25
2.3.1.	Antecedentes internacionales -----	25
2.3.2.	Antecedentes Nacionales -----	27
CAPÍTULO III -----		30
3.	METODOLOGÍA-----	30
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN -----	30
3.2.	CAMPO DE VERIFICACIÓN -----	30
3.2.1.	Lugar de ejecución-----	30
3.2.2.	Ubicación espacial-----	30
3.2.3.	Unidad de estudio-----	30
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO -----	30

3.3.1. Población -----	30
3.3.2. Muestra -----	30
3.3.3. Muestreo -----	31
3.4. MATERIALES Y EQUIPOS -----	31
3.4.1. Materiales-----	31
3.4.2. Instrumentación-----	31
3.4.3. Equipos -----	31
3.4.4. Material Biológico-----	32
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL -----	32
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS ----	32
3.6.1. Planteamiento de esquema experimental de ejecución -----	32
3.6.2. Caracterización fisicoquímica del suelo y condiciones climatológicas en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” -----	34
3.6.3. Implementación del sistema de riego por goteo solar y sistema de uso de hidrogel hidratado en el sustrato in situ en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”-----	38
3.6.4. Determinación del efecto en las características morfológicas y porcentaje de supervivencia de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> “Cahuato” con la implementación del sistema de riego por goteo solar e implementación de sistema de uso de hidrogel hidratado in situ -----	43
3.6.5. Determinación del efecto en el porcentaje de humedad y temperatura del sustrato de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> “Cahuato” con la implementación del sistema de riego por goteo solar e implementación de sistema de uso de hidrogel hidratado in situ -----	44
3.7. PROCESAMIENTO ESTADISTICO-----	44
CAPÍTULO IV -----	46
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES-----	46
4.1. Planteamiento del esquema experimental de ejecución – croquis experimental----	46

4.2. Análisis fisicoquímico del suelo y condiciones climatológicas en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” .....	47
4.2.1. Análisis fisicoquímico del suelo .....	47
4.2.2. Análisis de la velocidad de infiltración del suelo .....	50
4.2.3. Condiciones climatológicas en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” .....	52
4.3. Implementación del sistema de riego por goteo solar y sistema de uso de hidrogel hidratado en el sustrato in situ en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”. .....	53
4.4. Determinación del efecto en las características morfológicas y porcentaje de supervivencia de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> “Cahuato” con la implementación del sistema de riego por goteo solar e implementación de sistema de uso de hidrogel hidratado in situ. ....	55
4.4.1. Altura de tallo .....	58
4.4.2. Diámetro basal de tallo.....	61
4.4.3. Diámetro de cobertura.....	63
4.4.4. Porcentaje de supervivencia .....	65
4.5. Determinación del efecto en el porcentaje de humedad y temperatura del sustrato de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> “Cahuato” con la implementación del sistema de riego por goteo solar e implementación de sistema de uso de hidrogel hidratado in situ. ....	66
4.5.1. Porcentaje de humedad en sustrato .....	67
4.5.2. Temperatura en sustrato.....	70
CAPÍTULO V .....	73
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	73
5.1. Conclusiones .....	73
5.2. Recomendaciones.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
ANEXOS.....	84

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables, definición conceptual y operativa.....	5
Tabla 2 Categoría para la evaluación de la sobrevivencia de las plantas.....	21
Tabla 3 Promedios de distancia obtenida en las evidencias de distribución de “Cahuato” <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> de campo.....	46
Tabla 4 Resultados de análisis fisicoquímico del suelo en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” .....	48
Tabla 5 Resultados del análisis de velocidad de infiltración en la posición 1 .....	50
Tabla 6 Resultados del análisis de velocidad de infiltración en la posición 2 .....	51
Tabla 7 Parámetros hidrometeorológicos de estación “MAP LA PAMPILLA” .....	52
Tabla 8 Codificación de sistemas de riego .....	54
Tabla 9 Análisis de Varianza para la altura de tallo de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> ....	59
Tabla 10 Altura de tallo (cm) de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> , con dos volúmenes de riego .....	59
Tabla 11 Altura de tallo (cm) de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> con tres tipos de riego ..	61
Tabla 12 Análisis de Varianza para el Diámetro basal (mm) de <i>Tecoma fulva sub.</i> <i>arequipensis</i> .....	62
Tabla 13 Análisis de Varianza para Cobertura (cm) de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> ..	64
Tabla 14 Porcentaje de supervivencia de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	65
Tabla 15 Análisis de varianza para Humedad de sustrato (%) de plántulas de <i>Tecoma fulva</i> <i>sub. arequipensis</i> .....	68
Tabla 16 Humedad del sustrato (%) de plántulas de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> , sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. ....	68
Tabla 17 Análisis de varianza para Temperatura del sustrato (°C) de plántulas de <i>Tecoma</i> <i>fulva sub. arequipensis</i> .....	71
Tabla 18 Temperatura del Suelo (°C) de cultivo de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> , sometido a tres tipos de riego. ....	71

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” (Google Earth, 2019). .....	17
Figura 2 Esquema del diseño experimental.....	32
Figura 3 Programa piloto de forestación en municipalidad de Quequeña .....	33
Figura 4 Distancia entre arbustos en carretera Yarabamba – Quequeña .....	33
Figura 5 Distancia entre arbustos en proyecto piloto.....	33
Figura 6 Ubicación de puntos de muestreo de suelo .....	35
Figura 7 Mezcla de muestras de suelo .....	36
Figura 8 Instalación de cilindro para prueba de velocidad de infiltración in situ .....	37
Figura 9 Punto de prueba de velocidad de infiltración in situ .....	37
Figura 10 Cahuatos en vivero “Cerro Verde – Uchumayo”.....	38
Figura 11 Delimitación de cuadrantes en área de trabajo .....	39
Figura 12 Implementación de sistema de riego en cuadrante .....	40
Figura 13 Preparación de hidrogel hidratado en bateas plásticas .....	41
Figura 14 Trasplante de <i>Tecoma fulva sub. Arequipensis</i> .....	41
Figura 15 Trasplante de “testigo” de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	42
Figura 16 Zona destinada para Forestación en el PERRCH .....	47
Figura 17 Velocidad de infiltración en la posición 1 .....	50
Figura 18 Velocidad de infiltración en la posición 2.....	51
Figura 19 Temperaturas medias mensuales, máximas mensuales y mínimas mensuales....	53
Figura 20 Croquis experimental de distribución de sistemas de riego y distanciamiento ...	54
Figura 21 Implementación en campo de croquis experimental.....	55
Figura 22 Estrés hídrico de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> con sistema de riego por goteo solar.....	56
Figura 23 <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> arrancada el 11 de agosto 2018 .....	57
Figura 24 <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> arrancada el 01 de septiembre del 2018.....	57
Figura 25 Altura de tallo (cm) de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> , sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. Los valores son promedio en 5 meses .....	59
Figura 26 Diámetro basal (mm) de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> , sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. Los valores son promedio en 5 meses .....	62
Figura 27 Cobertura (cm) de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> , sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. Los valores son promedio en 5 meses.....	64

Figura 28 Humedad del Suelo (%) de cultivo de *Tecoma fulva sub. arequipensis*, sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. Los valores son promedio en 2 meses .....67

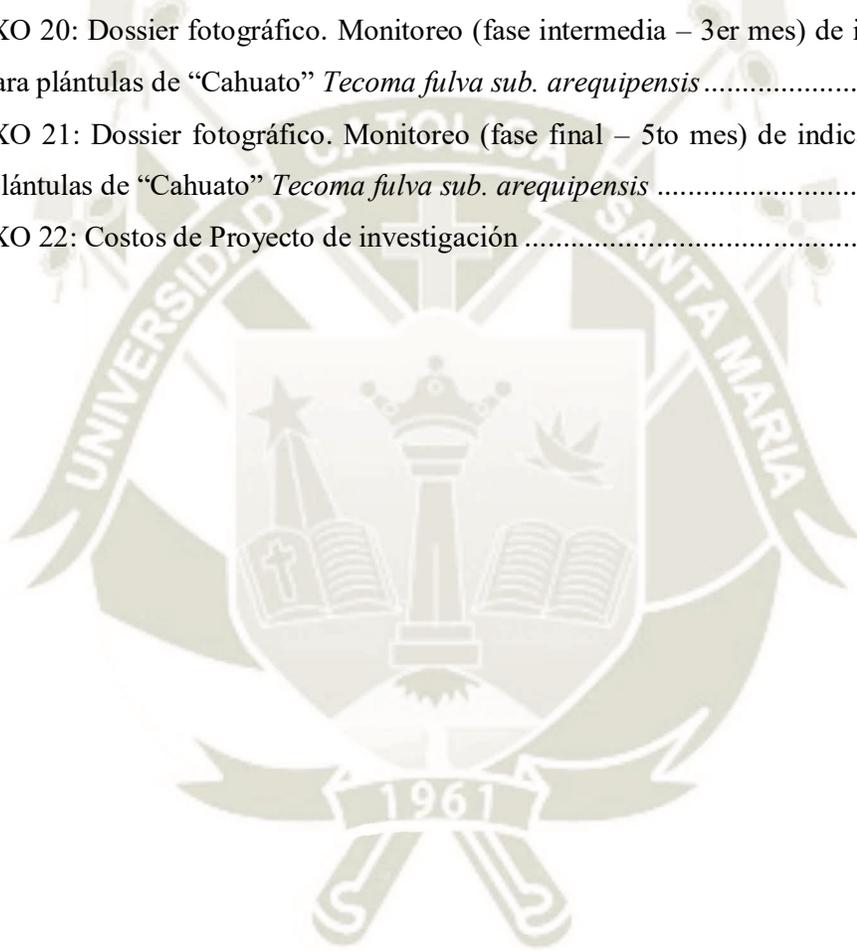
Figura 29 Temperatura del Suelo (°C) de cultivo de *Tecoma fulva sub. arequipensis*, sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. Los valores son promedio en 2 meses .....70



## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Solicitud de permiso para realizar trabajo de investigación a la Municipalidad de Alto Selva Alegre – Arequipa.....	85
ANEXO 2: Solicitud de información de programa piloto de restauración de “Cahuato” en la municipalidad de Villa Quequeña.....	87
ANEXO 3: Resultados de laboratorio del análisis fisicoquímico del suelo.....	89
ANEXO 4: Hoja de registro de para medición de infiltración acumulada y velocidad de infiltración Posición N°1 .....	91
ANEXO 5: Hoja de registro de para medición de infiltración acumulada y velocidad de infiltración Posición N°2.....	93
ANEXO 6: Acta de entrega de plántulas de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> “Cahuato” – Donaciones institucionales.....	95
ANEXO 7: Documentos para solicitud de datos hidrometeorológicos a SENAMHI de estación “La Pampilla” para el periodo de (Julio a noviembre del 2018).....	97
ANEXO 8: Análisis de Varianza para la altura de tallo de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	102
ANEXO 9: Análisis de Varianza para el Diámetro basal (mm) de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	104
ANEXO 10: Análisis de Varianza para Cobertura (cm) de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	106
ANEXO 11: Análisis de varianza para Humedad de sustrato (%) de plántulas de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	108
ANEXO 12: Análisis de varianza para Temperatura del sustrato (°C) de plántulas de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	110
ANEXO 13: Base de datos de promedios de la altura medida en los tratamientos de riego por goteo solar, hidrogel y testigo, con volumen de riego de 1 litro y 1.5 litros.....	112
ANEXO 14: Base de datos de promedios del diámetro basal medido en los tratamientos de riego por goteo solar, hidrogel y testigo, con volumen de riego de 1 litro y 1.5 litros.....	114
ANEXO 15: Base de datos de promedios cobertura medido en los tratamientos de riego por goteo solar, hidrogel y testigo, con volumen de riego de 1 litro y 1.5 litros .....	116
ANEXO 16: Base de datos de promedios de temperatura en el sustrato medida en los tratamientos de riego por goteo solar, hidrogel y testigo, con volumen de riego de 1 litro y 1.5 litros.....	118

ANEXO 17: Base de datos de promedios de humedad en el sustrato medida en los tratamientos de riego por goteo solar, hidrogel y testigo, con volumen de riego de 1 litro y 1.5 litros.....	120
ANEXO 18: Dossier fotográfico. Implementación de sistemas de riego in situ para plántulas de “Cahuato” <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	122
ANEXO 19: Dossier fotográfico. Monitoreo (fase inicial – 1er mes) de indicadores in situ para plántulas de “Cahuato” <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	124
ANEXO 20: Dossier fotográfico. Monitoreo (fase intermedia – 3er mes) de indicadores in situ para plántulas de “Cahuato” <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	126
ANEXO 21: Dossier fotográfico. Monitoreo (fase final – 5to mes) de indicadores in situ para plántulas de “Cahuato” <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> .....	128
ANEXO 22: Costos de Proyecto de investigación .....	130



## CAPITULO I

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

##### 1.1.1. Diagnóstico situacional

El cambio climático está afectando de forma drástica al medio ambiente, modificando sus condiciones naturales, los cambios en los patrones de precipitación y temperatura global, hacen que la capacidad natural de adaptación o “resiliencia” de muchos ecosistemas, sea superada por una combinación sin precedentes de cambios en el clima y otros motores de cambio global (Uribe, 2015), el descenso de las lluvias y de los caudales de los cuerpos de agua ha generado escasez de agua para atender las necesidades básicas de la ciudad; Las sequías se han vuelto más extremas y las temperaturas llegan a sobrepasar los niveles normales, en Arequipa (SENAMHI, 2015), la suma de estos factores está poniendo en peligro la existencia de especies endémicas, colocándolas en estados de vulnerabilidad o amenazadas, una de las especies más afectadas, es el arbusto representativo de Arequipa, *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”, ya que este tipo de especies son más susceptibles a los efectos del cambio climático, por sus particulares características fisiológicas y fenológicas, que están adaptadas a nichos ecológicos estrechos (IPCC, 2002). El clima, la disponibilidad del agua y los ecosistemas están interconectados, por lo que la variación de uno de esos factores genera un cambio en los demás. La relación entre el cambio climático y la disponibilidad de agua en el ecosistema desértico de Arequipa tiene una relación directa, ya que las precipitaciones se ven reducidas y no siguen patrón determinado, dando un posible escenario de desertificación, el cual es el proceso de degradación ambiental más importante que amenaza a los ecosistemas de Arequipa (MINAM, 2016).

Los ciudadanos de Arequipa aún no somos conscientes del papel que juegan las especies endémicas, en el medio ambiente y en el desarrollo de la región, no se conocen los beneficios ambientales, sociales y económicos que traen, y mucho menos el estado de conservación en la que se encuentran muchas de estas especies, el Cahuato se encuentra en estado de vulnerabilidad y en vez de protegerla, hacemos todo lo contrario solo se buscan beneficios para las personas por medio la intervención humana en el ecosistema desértico de Arequipa, que es uno de los lugares donde se desarrolla *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” (Albarracin & Aro, 2018).

El crecimiento demográfico junto a una creciente presión social han terminado por depredar importantes superficies con cobertura vegetal endémica en la ciudad de Arequipa (MINAM, 2016), dejando suelos expuestos y taludes desprovistos de un elemento de amortiguamiento pluvial y de contención de suelo proveído por los sistemas radiculares vegetales que, ahora en su ausencia, provoca erosión acelerada y rápida saturación de la humedad de los suelos, para aumentar la cobertura vegetal se están escogiendo mal las especies con las que se debe de forestar, escogiendo árboles y arbustos que necesitan más agua que la que realmente tenemos y no se elige las especies endémicas, que son las que tienen mayor posibilidad de sobrevivir a estos fenómenos, con ayuda de riegos complementarios (Linares, 2008).

El principal problema se resume en que la disponibilidad de agua en Arequipa es menor que su demanda, esto ocurre por varias causas entre ellas el crecimiento desordenado de la población, la inadecuada gestión del recurso hídrico, y que todas las prácticas del hombre se desarrollan sin un enfoque ambiental, lo cual contribuye al cambio climático, estas condiciones, no permite que el “Cahuato” pueda desarrollarse de forma natural en el ecosistema desértico y no pueda sobrevivir, haciendo que la especie, se encuentre en estado de conservación vulnerable y en vías de peligro de extinción.

### **1.1.2. Formulación del problema**

La disponibilidad de agua altera las condiciones de los ecosistemas de Arequipa, afectando de esta forma el crecimiento y la supervivencia de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Muchas especies vegetales endémicas de Arequipa se encuentran en estado vulnerable, los esfuerzos para evitar la extinción de estas especies, debe ser un tema de interés para la comunidad arequipeña, estos esfuerzos deben realizarse en los hábitats naturales, como en lugares acondicionados para la conservación, con el fin de encontrar soluciones a los problemas que afectan el equilibrio de todos los ecosistemas, en base a nuevas tecnologías, que aseguren los recursos que necesitan estas especies para sobrevivir.

### **1.2.1. Social**

La flora endémica tiene gran impacto en el desarrollo de la región Arequipa, le da identidad a la población, aumenta el valor paisajístico para la comunidad y tiene importancia económica, por lo que se deben aprovechar los espacios como el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”, para conservar especies endémicas.

### **1.2.2. Económico**

El costo y disponibilidad del agua en Arequipa va relacionado a la zonificación y accesibilidad, por lo que se debe buscar tecnologías que ayuden a usar de manera sostenible el recurso hídrico para que su costo y volumen usado sea mínimo, para asegurar el mantenimiento de las especies que se buscan conservar el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”.

### **1.2.3. Ambiental**

El cambio climático en Arequipa altera los ecosistemas, por lo que se debe forestar y/o reforestar la ciudad con las especies correctas, la mejor opción es elegir especies endémicas, en especial árboles y arbustos, que se adapten al clima y la disponibilidad del agua, para aumentar la cobertura vegetal y evitar la erosión de suelos descubiertos, en base a los servicios ecosistémicos que nos brindaran estas especies endémicas, con énfasis en los servicios de regulación y culturales.

### **1.2.4. Tecnológico**

La situación en Arequipa respecto a la disponibilidad del agua se ha modificado por el cambio climático, existen tecnologías que aseguran el manejo sostenible del recurso hídrico, para solucionar problemas de sequías y la poca disponibilidad de agua, el sistema de riego por goteo solar y el uso de hidrogel hidratado, son técnicas que permiten retener agua y mantener húmedo el sustrato, aunque sus mecanismos son distintos ambos tienen el mismo fin, por lo que se debe encontrar cual es la tecnología más efectiva y la que mejor se adecua a las condiciones de los ecosistemas.

### 1.3. HIPÓTESIS

DADO QUE, el uso de hidrogel hidratado tiene efectos positivos sobre la retención de agua en los sustratos de forma localizada y el sistema de riego por goteo solar tiene la capacidad de mantener el agua de forma cíclica usando solo la cantidad necesaria para el crecimiento de especies vegetales, ES PROBABLE que ambas tecnologías por su mecanismo de uso tengan mejor respuesta en el crecimiento y supervivencia de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” que el riego convencional en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”.

### 1.4. OBJETIVOS

#### 1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del sistema de riego por goteo solar y el uso de hidrogel hidratado en el crecimiento y supervivencia de plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”, bajo condiciones de campo en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”.

#### 1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer el esquema experimental de ejecución, para el trasplante de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”.
- Caracterizar fisicoquímicamente el suelo y las condiciones climatológicas en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”.
- Implementar el sistema de riego por goteo solar y el sistema de uso de hidrogel hidratado en el sustrato in situ en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”, para plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”.
- Determinar el efecto en las características morfológicas y porcentaje de supervivencia de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” con la implementación de los sistemas de riego por goteo solar y uso de hidrogel hidratado in situ en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”
- Determinar el efecto en el porcentaje de humedad y temperatura del sustrato de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” con la implementación de los sistemas de riego por goteo solar y uso de hidrogel hidratado in situ en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”

### 1.5. VARIABLES OPERACIONALES

En la siguiente tabla se presentan las variables de la investigación, tanto dependientes como independientes, además de su definición conceptual y operativa

Tabla 1 Variables, definición conceptual y operativa

Variables		Conceptual	Operacionalización	
			INDICADORES	SUBINDICADORES
Variable independiente	Métodos de sistema de riego	Tratamiento a implementar	Testigo o convencional (TC)	Unidades
			Sistema de riego 1 o Riego por goteo solar (TS)	Unidades
			Sistema de riego 2 o uso de hidrogel hidratado (TH)	Unidades
	Volumen de agua	Cantidad de agua	Nivel 1 o 1 litro	L.
			Nivel 2 o 1.5 litros	L.
Variable dependiente	Características morfológicas de individuo de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> "Cahuato"	Crecimiento de individuo de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i>	Altura de tallo.	cm.
			Diámetro basal de tallo.	mm.
			Diámetro de cobertura.	cm.
	Porcentaje de supervivencia de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i> "Cahuato"	Adecuación de <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i>	Relación plantas vivas/plantas totales	%

Fuente: Elaboración propia

### 1.6. AREA DE ESTUDIO Y/O AREA DE INTERVENCION

La presente investigación se desarrolló con 30 plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis* "Cahuato" provenientes del vivero "Cerro Verde - Uchumayo" que se trasplantaron con motivos de investigación en el Parque Ecológico Regional "Las Rocas de Chilina" ubicado en el distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa.

## 1.7. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO

### 1.7.1. Alcances de la investigación

El presente trabajo de investigación tiene alcance de establecer un esquema experimental in situ, en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” en condiciones del ecosistema matorral desértico, para el análisis del efecto en el crecimiento y supervivencia en 30 plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” con la implementación de sistemas de riego.

### 1.7.2. Limitaciones de la investigación

- Adquirir 30 ejemplares de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”
- Conseguir los permisos necesarios y el área determinada para la investigación
- Controlar y monitorear el esquema experimental in situ, durante 5 meses, desde el 14 de Julio hasta el 24 de Noviembre, para culminar con éxito la parte experimental y tener los datos necesarios para su análisis.
- Tiempo predeterminado de la parte experimental de 5 meses, que debe ser terminado entre los meses de Julio a Noviembre del 2018, para que la investigación no se vea afectada por condiciones de temporada de precipitaciones.
- Adquisición de instrumentos de medición de humedad de sustrato, de medición de temperatura de sustrato (higrómetro digital, termómetro digital).
- Costos para el traslado de contenedores con agua para abastecer los sistemas en campo, así como costos de transporte para llegar al lugar de trabajo.
- Control de cercos perimétricos en el área de trabajo, para evitar la interacción de fauna silvestre con las plántulas de “Cahuato”.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1. MARCO TEORICO

##### 2.1.1. CAHUATO *Tecoma fulva sub. arequipensis*

###### 2.1.1.1. Características generales

La *Tecoma fulva sub. arequipensis* se encuentra distribuida en todo América, la familia de las Bignoniaceae son árboles, arbustos o lianas, raramente hierbas. Integrada por 120 géneros y 800 especies, de distribución tropical y subtropical, bien representada en el norte de Sudamérica, especialmente en Brasil, donde se localizaría su centro de diversificación, 200 especies de esta familia tienen interés como ornamentales o como productos de madera, siendo reconocida en México algunas de estas especies y América del Sur como especies empleadas en la curación de ciertas dolencias (Huayhua & Moya, 2018).

###### 2.1.1.2. Descripción Botánica

Es un arbusto que tiene un rápido crecimiento, es ramificado y que puede llegar a los 2 a 3 m de altura, su tallo es liso en color marrón claro, hojas perennes, compuestas con raquis alado (estípulas), de inserción opuesta alterna, con foliolos ligeramente dentados de color verde oscuro, fruto dehiscente-legumbre, flor tubular gamopétala y gamosépala hermafrodita, de color rojo-anaranjado de 6 a 8 cm. de longitud, presenta cuatro estambres (tetrandra) que no sobrepasa la flor ni el gineceo. Fruto una cápsula angosta y larga. Semillas aladas (Huayhua & Moya, 2018).

###### 2.1.1.3. Distribución Geográfica

Se encuentra distribuida por toda América del sur en Países como Chile, Bolivia, Argentina, Perú, Brasil, Colombia. Las especies del *Tecomae* es nativa desde el sur de Florida de Estados Unidos, a través de toda América Central e islas del Caribe, la mayoría de las especies se encuentran en zonas subtropicales y andes. En el Perú se encuentra distribuida en su mayoría en la región Sur, en Arequipa, Tacna, Ica, Moquegua. Se desarrolla desde los 1000 hasta los 3000 metros de altura. El género *Tecoma* pertenece a la

familia de las Bignoniaceae, y está compuesto por 14 especies, 12 distribuidas en América y dos en África. Son arbustos o pequeños árboles (Huayhua & Moya, 2018).

#### 2.1.1.4. Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica se realizó según clasificación APG III en el laboratorio de botánica sistemática de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (Huayhua & Moya, 2018).

- División: *Magnoliophyta*
- Clase: *Magnoliophyta*
- Orden: *Lamiales*
- Familia: *Bignoniaceae*
- Género: *Tecomeae*
- Especie: *Tecoma fulva*
- Sinonimia: Cahuato

#### 2.1.1.5. Usos del Cahuato

En el Perú se identifica la mayoría de las especies. En la región de Arequipa se encuentran presentes algunas de las especies las que son utilizadas para diferentes fines y teniendo usos múltiples que van desde plantas ornamentales hasta medicinales para tratar diferentes males y muchas de las aplicaciones varían de acuerdo a la zona de origen.

Las especies del género *Tecomeae* son utilizadas en México como el *Tecoma Stans* principalmente contra la diabetes o como para dolencias gastrointestinales el dolor de estómago, disentería, bilis, gastritis, mala digestión, anorexia, atonía intestinal y problemas del hígado. Se le menciona también como estimulante del apetito y para el dolor de muela. Se aplica localmente en problemas de la piel, para curar llagas y enfermedades cutáneas, cuando hay viruela o urticaria; igualmente como antídoto de la irritación por hiedra y contra el piquete de alacrán (Huayhua & Moya, 2018).

### 2.1.2. CALIDAD DE PLANTAS FORESTALES

#### 2.1.2.1. Definición de calidad en plantas forestales

Según Vicente, Carrasco, Rodríguez & Villanueva (2019) la calidad en plantas forestales cobra importancia en temas de supervivencia puesto que contar con esta, podría aumentar

los porcentajes, una planta de calidad es aquella que además de cumplir con ciertas características morfológicas también es capaz de alcanzar niveles definidos de supervivencia, crecimiento y desarrollo en el sitio de plantación, debido a que posee ciertas propiedades morfológicas y fisiológicas que se lo permiten. La calidad de una planta depende de muchos factores, tanto la calidad morfológica como la fisiológica dependen de la carga genética y procedencia de las semillas, de las condiciones ambientales, de los métodos y técnicas de producción, además de la estructura y equipamientos utilizados en su producción, dando así como resultado un conjunto de atributos funcionales.

Según Pérez & Rodríguez (2016) una planta de calidad es “aquella que es capaz de alcanzar un desarrollo de supervivencia y crecimiento óptimo en un medio determinado; sin embargo, no existe un único modelo de calidad ideal para cada especie”, la calidad de plantas de distintos tamaños, se relaciona varios parámetros y establece cuan proporcionada se encuentra la planta.

“Una planta de calidad es aquella que puede sobrevivir en un estrés ambiental prolongado y producir un vigoroso crecimiento posterior a la plantación” (Johnson & Cline, 1991).

Según Fontana, Pérez & Luna (2018) la variación entre las procedencias de plantas puede atribuirse a diferencias genéticas causadas por la adaptación a diversas condiciones ambientales.

#### **2.1.2.2. Calidad en la morfología de las plantas forestales**

La calidad en la morfología de las plantas también es conocida como calidad exterior, según Navarro, Villar & Del Campo (2006) se refiere a la descripción de la forma, tamaño, peso y diámetro de la planta. Los parámetros o índices que habitualmente se emplean para describir la calidad morfológica son: altura de la parte aérea, medida entre la inserción de los cotiledones y la yema apical, que debe estar comprendida en un intervalo de 25 a 30 cm, que define la calidad suficiente para salir a campo libre, diámetro del tallo en el cuello de la raíz, que debe alcanzar un valor mínimo de 5mm, también se relaciona o es expresión de otros parámetros morfológicos y fisiológicos de interés, como es el desarrollo del sistema radical, arquitectura de la parte aérea, a través de la ramificación, superficie foliar, peso seco de la parte aérea, arquitectura de la raíz, a través de su ramificación, longitud total, peso seco y esbeltez.

### **2.1.2.3. Calidad Genética**

También conocida como calidad interior, se refiere a la valoración del genotipo a través de la identificación de los progenitores o bien las poblaciones que dieron origen a la semilla empleada. Cuando una masa natural da lugar a las semillas empleadas para cultivar el lote de plantas, el origen y la procedencia coinciden. Cuando la semilla se obtiene de una masa artificial, ésta es la procedencia, siendo el origen la masa natural de la que se obtuvieron las semillas para crear la procedencia. La calidad genética tiene una mayor trascendencia en el crecimiento, estabilidad y utilidades futuras de la masa creada que en la supervivencia posterior a la plantación (Serrada, 2000). Además, se debe de considerar los criterios técnicos para mejorar la calidad genética de las semillas, considerando la identificación de las especies, su procedencia, las características ecológicas de la vegetación natural o plantación en las que se encuentran (Del Amo et al., 2017).

### **2.1.2.4. Clasificación genética de la respuesta al “estrés”**

El estrés ambiental se define como un factor externo que ejerce una influencia negativa sobre la planta, estos factores pueden ser bióticos o abióticos como la temperatura, agua, minerales, este factor es importante ya que limitará la distribución de las especies vegetales pues, un mismo factor no es igual de estresante para todas ellas (Sánchez, 2017).

Además, identifica que el hallazgo de diferencias en la reacción al stress permite concluir que si puede existir, sobre todo en condiciones naturales donde el ambiente no está sujeto a control alguno, como podría ocurrir bajo condiciones de cultivo, existe la tolerancia al estrés, esto se define a la capacidad de la planta para hacer frente a situaciones desfavorables, si la tolerancia aumenta por exposiciones previas al estrés, se dice que la planta está aclimatada. Se debe distinguir el término aclimatación del de adaptación, ya que este último se refiere a la resistencia que tiene frente a un determinado estrés, pero debido a las características genéticas que ha adquirido por un proceso de selección tras varias generaciones (Taiz & Zeiger, 2002).

### **2.1.2.5. Necesidades de plantas**

Según Mostacedo (2000) y el manual de estudio de nociones ambientales básicas de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), las plantas tienen diferentes tejidos que son: la raíz, el tallo y las hojas, la raíz tiene pelos absorbentes que la planta utiliza para tomar agua y sales minerales, las sales minerales sólo

pueden ser utilizadas si están disueltas en agua, esta solución, muy diluida, se llama savia cruda o bruta, el agua asciende a través de los vasos, repartiéndose por las hojas, flores y frutos.

La cantidad de agua que expulsa una planta por transpiración varía mucho de unas a otras, según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), este fenómeno depende de la especie, tamaño, agua disponible y de las condiciones climáticas. “Las plantas de hojas anchas y finas, evaporan mucha más agua que las de hojas estrechas y con una gruesa cutícula”

#### **2.1.2.6. Engrosamiento de tallo**

El árbol, al igual que todo organismo vivo, experimenta procesos de crecimiento los cuales permiten el incremento dimensional de los mismos. Este crecimiento se produce en zonas especializadas que reciben el nombre de meristemas. Según Toral & Iglesias (2012) en árboles y arbustos el rango de variación entre las accesiones, se puede considerar como indicador que el desarrollo no solo se manifiesta en la altura, sino también en el engrosamiento del fuste y en el aumento del número de ramas y su grosor, junto con el volumen de las hojas formadas.

### **2.1.3. TÉCNICAS DE RIEGO – Uso de Hidrogel**

#### **2.1.3.1. Definición de Hidrogel**

Es un polímero reticular de acrilamida y acrilato de potasio no soluble en agua, súper absorbente, que fue diseñado en primera medida para reducir las frecuencias de riego, pero, sus excelentes resultados llevaron a que se utilizara hoy en día y de manera rutinaria en todo tipo de cultivos tanto agrícolas, como forestales, en especial en zonas secas. Es un acumulador PR-400 que se mantiene efectivo después de varios ciclos de hidratación y deshidratación hasta varios años. A medida que las partículas se hinchan, empujan al suelo incrementando la aireación (Roldan, 2009).

#### **2.1.3.2. Características y Generalidades del hidrogel**

La descripción más usada para el término hidrogel es que se puede definir como los materiales poliméricos entrecruzados en forma de red tridimensional de origen natural o sintético, que se hinchan en contacto con el agua formando materiales blandos y elásticos, y que retienen una fracción significativa de la misma en su estructura sin disolverse, lo que

hacen que sea una alternativa para hacer más eficiente el uso del agua en la producción agrícola, reduciendo los costos tanto de insumos (fertilizantes) al disminuir las pérdidas por infiltración, así como, en el consumo de energía eléctrica al aumentar la capacidad de retención de agua en el suelo y en consecuencia reducir la frecuencia de riegos (López et al., 2016).

Los materiales denominados como hidrogeles son polímeros hidro absorbentes que tienen la capacidad de absorber y ceder grandes cantidades de agua y otras disoluciones acuosas sin disolverse. Dicho proceso ocurre a distintas velocidades de acuerdo al grado de polimerización del monómero constituyente (Estrada, 2012).

Los polímeros han dado paso a nuevas aplicaciones tecnológicas, desde floculantes para la purificación de aguas, hasta aplicaciones en el área médica y biológica, sin dejar de lado la extracción y concentración de metales, por lo que son macromoléculas de gran importancia e interés desde el punto de vista científico y tecnológico.

### **2.1.3.3. Composición del Hidrogel**

Escobar et al (2001), menciona que “la hidrofilia de estos geles es debido a grupos como: -OH, -COOH, -CONH<sub>2</sub>, y -SO<sub>3</sub>H”.

El Hidrogel está compuesto por una gama de polímeros aniónicos de poliacrilamida súper absorbentes. Son copolímeros reticulados de acrilato de potasio y acrilamida, que son insolubles en agua.

Tornado (2012) expresa que la composición del polímero súper-absorbente se basa en una fórmula de poliacrilato de potasio con una composición de:

- 90% Policrilamina
- 10% Aditivos (acrilatos de potasio y silicatos de aluminio)

### **2.1.3.4. Funcionamiento del Hidrogel**

Los polímeros son capaces de absorber tanto volumen de soluciones acuosas, no solo por sus características físicas, sino también por la naturaleza química del polímero, ya que el grado de capacidad de hinchamiento viene determinado por la naturaleza de las cadenas de polímeros y la densidad de los enlaces transversales, estos enlaces tienen un carácter hidrófilo debido a la presencia en su estructura molecular de grupos afines al agua, (-OH, -COOH, -CONH<sub>2</sub>, -CONH, -SO<sub>3</sub>H). La existencia de una red polimérica los hace insolubles en agua, de tal forma que su suavidad y elasticidad se asocian con esta

propiedad de los monómeros y la densidad de entrecruzamiento, cuando los hidrogeles se secan, la red hinchada colapsa debido a la tensión superficial del agua, por lo que el gel seco o xerogel, es de menor tamaño que el gel hinchado o hidrogel (Sojka et al., 2006; López et al., 2016).

Tornado (2012), dice que, “el hidrogel es un retenedor de agua que, cuando se incorpora en un suelo o un sustrato, absorbe y retiene grandes cantidades de agua y nutrientes si estos son solubles”, a diferencia de la mayoría de los productos que se hidratan, el hidrogel tiene la propiedad de absorber el agua y nutrientes, que permite que la planta disponga de estos, en función de los ciclos de absorción-liberación de la planta.

Katime (2004) indica que en cada riego el crecimiento de la planta aumenta cuando los parámetros de la humedad, la aireación, temperatura, entre otros, se vuelven más ideales y el crecimiento de la planta disminuye cuando estos factores son menos favorables, con el uso de los hidrogeles en zonas de escasa agua esta fluctuación es más lenta ya que la planta solo tomará el agua cuando esta lo necesite, en consecuencia, el crecimiento de la planta no se retrasa tanto como al aplicar los ciclos de irrigación o en caso de lluvias temporales.

#### **2.1.3.5. Degradación del Hidrogel**

“Los factores que ayudan a degradar a los hidrogeles son, el dióxido de carbono, el agua y el amoníaco, por lo tanto, confirman que no existe ningún problema relacionado con la toxicidad residual de los hidrogeles” (Wallace, 1986).

Según Dávila (2018), los hidrogeles no contaminan el suelo, agua y organismos ecológicamente benéficos, poseen pH neutro, en su descomposición no dejan residuos peligrosos, son biodegradables, no son tóxicos, ni volátiles y que la degradación del hidrogel se da en intervalos menores al 10% por año como resultado de procesos y reacciones físicas, químicas, biológicas y fotoquímicas.

#### **2.1.3.6. Aplicación del Hidrogel en Plantones Forestales**

Es una aplicación que está cobrando interés en la actualidad, para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por tanto el desarrollo de las plantas. Al mezclar el hidrogel con el suelo se logra aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, y también se consigue disminuir su evaporación. Así la utilización de polímeros permitirá la recuperación de zonas semiáridas o terrenos

abandonados y poco fértiles, cuando se emplean de forma extensiva (Ramos et al., 2009; Vélez, 2016).

Según Villarreal (2011), para plantaciones forestales la aplicación del hidrogel se puede dar en una mezcla con fertilizante, la cual se coloca al momento de la siembra del árbol o arbusto, esta mezcla se puede usar en diferentes tipos de suelo, desde arcillosos hasta arenosos, los beneficios que se obtienen son de incremento de supervivencia del árbol o arbusto, reducción de resiembra y la posibilidad de sembrar en época de sequía.

Según Tornado (2012), existen modos de aplicación del hidrogel en plantaciones forestales las cuales son:

**Método húmedo:** Se debe pre hidratar 1 kg de hidrogel en 200 litros de agua en un recipiente limpio, dejar expandir por aproximadamente 30 minutos, que es donde alcanza su máxima absorción, para finalmente impregnar el hidrogel hidratado en las raíces de la planta.

**Método seco:** Se espolvorea el hidrogel seco, sobre las raíces hasta cubrirlas y con riego abundante para hidratar el producto, una vez sembradas.

#### **2.1.3.7. Características del Hidrogel marca AQUAGEL®**

El producto AQUAGEL, es un polímero que cumple la función de retenedor de agua, este producto se puede utilizar junto a cualquier agroquímico, teniendo en cuenta que las poliacrilamidas tienen la capacidad de retener el agua y lo disuelto en ella.

Reduce el uso de fertilizantes y abonos en un 60% aproximadamente, el producto tiene una densidad entre 0.7 - 0.085, tiene un color blanco, tamaño de gránulos entre 0.35 - 0.50 mm y pH neutro. El producto no es tóxico, es biodegradable, elimina el estrés hídrico de la planta, reduce el uso de pesticidas y abonos, y evita el gasto innecesario de agua, ideal para lugares secos (Aqua Garden, 2014).

#### **2.1.3.8. Beneficios del Uso de Hidrogel**

Romero et al (2014), señala los beneficios generales del uso de hidrogel:

- Aumenta la capacidad de retención de agua durante largos periodos de tiempo
- Ayuda obtener un mejor drenaje y aireación de la raíz.
- Proporciona y mantiene una fuente de humedad uniforme a la planta
- Reduce la necesidad de riego hasta de un 50 %
- Reduce el costo de riego y optimiza la fertilización

- Optimiza insumos forestales, agrícolas y agua.
- Reduce la tensión de las plantas por falta de agua
- Permite que las raíces de las plantas se desarrollen más rápido
- Acelera la germinación de la planta
- Mejora la calidad de la planta y la tasa de supervivencia de la planta junto a la germinación de las semillas.
- Reduce el choque de estrés, debido al trasplante y falta de humedad.

#### **2.1.4. TÉCNICAS DE RIEGO – Riego por goteo solar**

##### **2.1.4.1. Definición de técnica de riego del goteo solar (kondenskompressor)**

El goteo solar, es una técnica del riego por goteo, muy eficiente, sencillo y económico que puede ayudar a millones de agricultores en el mundo a lograr un aumento de su producción empleando hasta 10 veces menos agua (Fabricación del kondenskompressor, 2010).

El goteo solar, también conocido con el nombre de Kondenskompressor o komkom, es una técnica de riego que permite lograr un aprovechamiento óptimo del agua empleando la energía del Sol como elemento motor del proceso del destilado y movimiento del agua.

El sistema Kondenskompressor presenta además la ventaja de hacer posible el empleo de aguas salobres o incluso de agua de mar para el riego ya que transforma cualquier tipo de agua (ya sea salada) en agua dulce (destilada).

En la fabricación del kondenskompressor puede emplearse un material muy abundante y sencillo de obtener como son las botellas de plástico PET. Su fabricación e instalación es muy sencilla y está al alcance de cualquier agricultor ya sea en un ámbito doméstico o profesional (Fabricación del kondenskompressor, 2010).

Requiere asimismo muy poco mantenimiento siendo solamente necesario reabastecer de agua el depósito cuando sea necesario y arrancar las plantas que hayan podido crecer en el interior del Kondenskompressor.

##### **2.1.4.2. Armado de un Kondenskompressor**

Para armar un kondenskompressor solo es necesario disponer de dos botellas de plástico PET (las botellas de plástico para agua) con tapa, una de tamaño más grande que la otra (Por ejemplo una de 5 litros y otra de litro y medio).

La botella grande ha de ser cortada para quitarle la base mientras que la pequeña se debe cortar aproximadamente a la mitad siéndonos útil solamente la parte inferior.

La base de la botella pequeña se sitúa sobre la tierra, llena de agua, y sobre ella se coloca la botella grande. La posición relativa entre ambas ha de permitirnos que al abrir la tapa de la botella grande podamos verter agua sobre la pequeña.

Ambas botellas así dispuestas (El kondenskompressor) se ha de colocar junto a la planta que queramos regar. Alrededor de la planta y del Kondenskompressor se pone heno, paja u hojas secas o rocas (Flores, 2016).

### **2.1.4.3. Funcionamiento del goteo solar**

Cuando regamos de manera convencional una superficie de terreno, una pequeña parte de esta agua es tomada por la planta directamente del suelo a través de las raíces. La planta emplea esta agua en su desarrollo y acaba siendo transpirada a través de las hojas. Es por ello por lo que para que una planta sobreviva necesita de un suministro regular de agua. Otra buena parte del agua que cae en el suelo se evapora directamente en la atmósfera sin pasar por la planta ni ser útil para ella. También hay que considerar que otra parte del agua, si el riego o la lluvia son abundantes, se filtra por el subsuelo hacia capas más profundas de tierra entrando en los flujos subterráneos y pudiendo no resultar útil para el cultivo.

La técnica del goteo solar funciona de manera muy similar a como lo hacen los destiladores solares, empleando la energía del Sol para evaporar el agua de una zona y mediante la forma del ingenio dirigirla hacia donde interesa

Cuando sobre el Kondenskompressor inciden los rayos del Sol, en su interior se produce el efecto invernadero elevándose la temperatura del aire y provocando que el agua del depósito se evapore. El aire del interior de la campana se satura de humedad con lo que se producen condensaciones en forma de gotas en la pared. Mientras el kondenskompressor siga estando expuesta al Sol la evaporación continúa y se forman cada vez gotas más grandes que terminan por deslizarse por las paredes y caer sobre la tierra regándola. De esta manera se reproduce el ciclo natural del agua en pequeña escala (Fabricación del komdenskompressor, 2010).

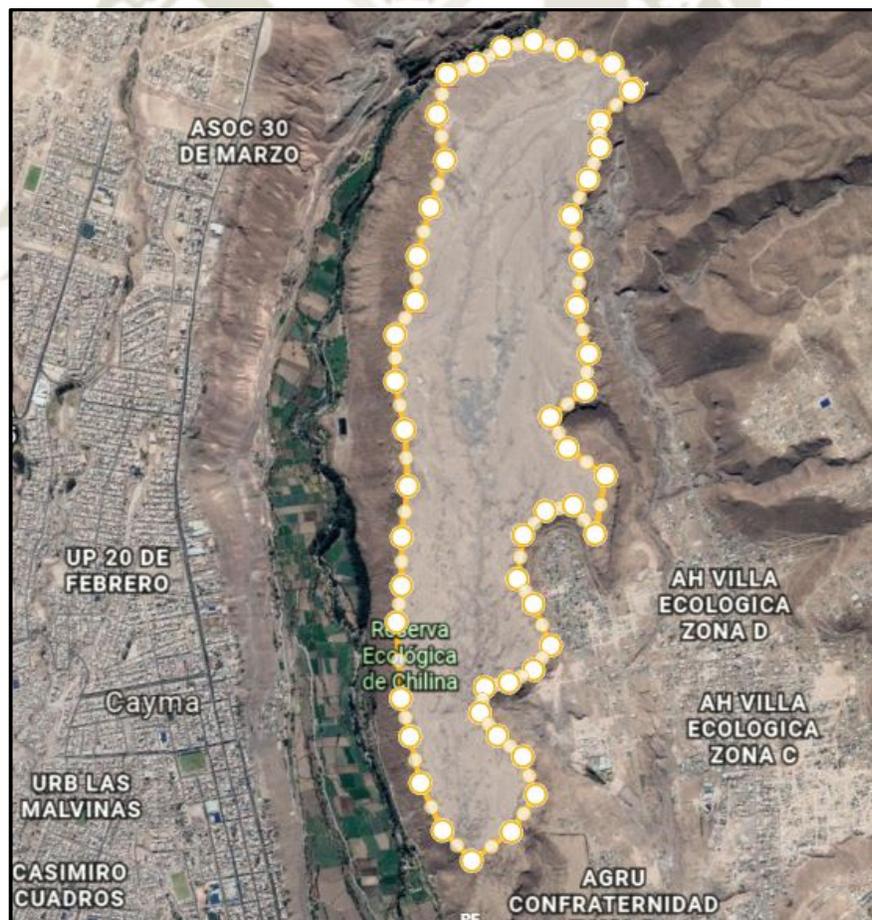
La ventaja de los sistemas de riego por goteo, tanto solar como el convencional, radica en que se suministra el agua estrictamente suficiente y necesaria para el desarrollo de la planta evitándose el gasto de agua en zonas donde no va a ser útil a la planta y donde finalmente se va a evaporar o filtrar, perdiéndose. Al no haber conexión directa con la atmósfera

exterior el agua no se pierde por la campana. Para evitar que exista evaporación en las áreas alrededor de la planta y del Kondenskompressor se dispone el heno o paja que mantiene la humedad en el suelo. De esta manera la única forma en la que el agua se evapora es a través de las hojas de la planta una vez ya ha sido utilizada en su desarrollo (Flores, 2016).

## 2.1.5. PARQUE ECOLOGICO LAS ROCAS DE CHILINA

### 2.1.5.1. Ubicación

Se encuentra ubicado en la Urbanización independencia en la parte noreste, del Distrito de Alto Selva Alegre, a 2480 msnm, entre 12° 45, 00" longitud oeste y 17° 01, 002" latitud sur, teniendo en la parte Noroeste el Chachani a 6075 msnm, el Volcán Misti a 5825 msnm y el Pichu Pichu a 6030 msnm por el lado Este (Cáceres, Poma & Salas, 2003).



Fuente: Elaboración Propia

*Figura 1 Ubicación del Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” (Google Earth, 2019).*

### 2.1.5.2. Clima

El Parque Ecológico registra una biotemperatura media anual máxima de 13.5°C (De acuerdo a la estación meteorológica de Characato), una temperatura media anual mínima de 11°C y una media anual máxima de 28°C. En cuanto a su precipitación anual, tiene un promedio máximo de 220 mm y un promedio mínimo anual de 120 mm, en años lluviosos. En la actualidad la precipitación es casi nula, lo cual revierte cambios estructurales en la vegetación del Parque. El calor es intenso a mediodía con presencia de sequía en el lugar (Cáceres, Poma & Salas, 2003).

### 2.1.5.3. Zona de vida

Según Llamosas (2015), el parque ecológico pertenece al Matorral Desértico Montano Bajo Subtropical y en cuanto a sus características geológicas en el parque podemos encontrar rocas metamórficas que se hallan representadas por el Gneiss de Charcani que se encuentra cubierto por rocas volcánicas recientes. Dichas rocas presentan bandas no bien definidas, algunas son persistentes y de grosor regular, pertenecientes quizás a la era paleozoica o precámbrica (Cáceres, Poma & Salas, 2003).

También encontramos rocas sedimentarias de afloramiento muy restringido y éstas se presentan como caliza de color gris oscuro y en capas delgadas. Sobre ellos descansan los tufos volcánicos de edad reciente. Se correlaciona por semejanza litológica y estructural con las calizas de Socosani y se asigna como perteneciente, muy probablemente, al Jurásico superior (Cáceres, Poma & Salas, 2003).

Cerca del río Chili podemos encontrar rocas ígneas a todo lo largo del valle y son más abundante las pertenecientes al batolito y a la formación volcánico Chachani. De acuerdo a su geomorfología el Parque Ecológico de Alto Selva Alegre se encuentra enclavado en el flanco de los Andes del Sur del Perú, donde distinguimos dos unidades geomorfológicas, Cerros y pampas inclinadas. En la Unidad geomorfológica de los cerros se evidencia la presencia de macizos rocosos que circundan y limitan las Pampas. En algunas partes del parque podemos observar también una serie de pequeñas quebradas angostas cubiertas de cactáceas especialmente del género *Weberbauerocereus* y *Opuntia* (Cáceres, Poma & Salas, 2003).

### 2.1.5.4. Especies existentes en el Parque Ecológico “Las Rocas de Chilina”

Según Cáceres, Poma & Salas (2003), las especies identificadas fueron:

**A. Fauna**

- *Falco sparverius* (cernícalo)
- *Geositta maritima* (arriero)
- *Phragilus fruticetty* (fringilo)
- *Phragilus plebejus* (fringilo plomo)
- *Rhodopis vesper* (picaflor)
- *Pseudolopex culpaeus* (zorro andino)
- *Microlophus peruvianus* (lagartija)

**B. Flora**

- *Cheilanthes myriophylla* (helecho)
- *Cheilanthes pruinata* (helecho)
- *Notholaena nivea* (helecho)
- *Pellaea ternifolia* (helecho)
- *Ephedra americana* (pinco pinco)
- *Ambrosia artemisioides* (chilhua)
- *Anoda cristata* (malvita)
- *Anredera diffusa* (enredadera)
- *Aristida adscensionis* (pasto)
- *Balbisia weberbaueri* (capo blanco)
- *Chondrosium simplex* (cola de ratón)
- *Cistanthe celosioides*
- *Corryocactus aureus* (sanque)
- *Corryocactus brevistylus* (sancayo)
- *Cristaria multifida*
- *Cryptantha parviflora*
- *Diplostephium tacorense* (romerillo)
- *Encelia canescens* (mancacapi)
- *Eragrostis peruviana* (pasto de cerro)
- *Euphorbia hinkleyorum*
- *Exodeconus pusillus* (campanilla)
- *Gilia glutinosa*
- *Gochnatia arequipensis* (tasa blanca)

- *Lupinus paruroensis* (kera)
- *Monnina* sp. (ruedita)
- *Oenothera acaulis*
- *Oenothera rubida* (yahuarchonca)
- *Opuntia corotilla* (corotilla)
- *Opuntia sphaerica* (corotilla)
- *Oreocereus hempelianus* (cactus)
- *Oxalis macrorhyza* (vinagrillo)
- *Paronychia microphylla* (gateadora)
- *Pectocarya lateriflora* (pastillo)
- *Plantago limensis*
- *Poa annua* (pasto de invierno)
- *Poa gymnantha* (pasto)
- *Pseudognaphalium lacteum* (leche leche)
- *Puya ferruginea* (espino)
- *Senecio yurensis* (senecio)
- *Silene gallica*
- *Solanum peruvianum* (tomatillo)
- *Sonchus asper* (canacho)
- *Spergularia fasciculata* (estrellita del cerro)
- *Spergularia stenocarpa* (flor blanca)
- *Tagetes multiflora* (chigchipa)
- *Tarasa operculata* (malva blanca)
- *Tarasa rahmeri* (malva)
- *Tecoma arequipensis* (cahuato)
- *Tiquilia elongata*
- *Tylandsia latifolia* (achupalla)
- *Tylandsia recurvata* (achupalla)
- *Urocarpidium shepardae* (malva de olor)
- *Villadia glabra* (vidrio)
- *Vulpia myuros* (pasto)
- *Weberbauerocereus weberbaueri* (sanque)

## 2.1.6. SUPERVIVENCIA DE ESPECIES VEGETALES

### 2.1.6.1. Supervivencia de una planta

La sobrevivencia es determinada en base a la relación entre el número de plantas establecidas y el número de plantas vivas encontrada al momento de la medición (Linares, 2005).

Según Linares (2005), existen categorías para la evaluación de supervivencia de las plantas, la cual va de muy bueno en un rango de supervivencia de 80% a 100%, bueno para un rango de 60% a 79%, regular para un rango de 40% a 59% y malo para un rango menor de 40%, la cual se mide con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ sobrevivencia: } \frac{Pv}{(pv + pm)} * 100$$

Dónde:

Pv: Plantas vivas

Pm: Plantas muertas

*Tabla 2 Categoría para la evaluación de la sobrevivencia de las plantas*

Categoría	Porcentaje de sobrevivencia
Muy bueno	80-100%
Bueno	60-79%
Regular	40-59%
Malo	<40%

Fuente: (Linares, 2005)

Para poder hablar de supervivencia de especies vegetales en repoblaciones forestales, se debe de considerar la selección de especies y tipo de plantas adecuadas para las condiciones de estación, además de del estado fisiológico como componente de la "calidad" (Dávila, 2018).

### 2.1.7. EVALUACIÓN DE CRITERIOS MORFOLÓGICOS - Calidad de Planta

Los parámetros morfológicos se usan como estimadores de calidad de planta, porque son fácilmente medibles, aunque no son los únicos criterios, se puede decir que la morfología es un importante estimador de la supervivencia y el crecimiento de las plantas, para el

sector forestal, la morfología de la planta es la manifestación de la respuesta fisiológica de la misma bajo condiciones ambientales determinadas, y a las prácticas del vivero.

La calidad morfológica de una planta hace referencia a un conjunto de caracteres tanto de naturaleza cualitativa como cuantitativa sobre la forma y estructura de la planta o alguna de sus partes, los atributos de tipo cualitativos se pueden caracterizar a simple vista y se refieren a aspectos como el vigor, consistencia, coloración de hojas, aspectos sanitarios, deformaciones radicales y tallos múltiples, entre otros.

La altura de la parte aérea y diámetro del cuello de la raíz y la proporción entre ellos, junto con los caracteres cualitativos; son los caracteres morfológicos de naturaleza cuantitativa que habitualmente son empleados en el control de calidad de las plantas o en estudios científicos (Dávila, 2018).

#### **2.1.7.1. Longitud de tallo**

La altura de la planta es un indicador de la superficie fotosintética y del área de transpiración, y representa su capacidad para almacenar carbohidratos. Sin embargo, si la planta es muy alta y el tallo no está lignificado, también tendrá problemas por el viento y la lluvia. Menciona que plantas grandes con alturas de 25 cm. a 30 cm. de buena constitución morfológica son apropiadas para salir a campo (Hernández, Roa & Cortés, 2015).

#### **2.1.7.2. Diámetro del cuello del tallo**

El diámetro del cuello del tallo da una aproximación de la sección transversal de transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo, la cual se asocia con el tamaño en sistema radical y permite predecir la supervivencia en campo.

Un mayor diámetro indica mayor transporte de agua y nutrientes, así como, un tallo más lignificado y grueso indica que es más resistente a daños por temperaturas altas. Es así que el valor mínimo apropiado del diámetro del cuello del tallo debe ser de 4 mm (Hernández et al., 2015).

### **2.1.8. PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL SUSTRATO**

Según Quiroz et al. (2009), las propiedades físicas de los sustratos son de gran importancia para el desarrollo de la planta, ya que determinan la disponibilidad de oxígeno, la movilidad del agua y la facilidad para la penetración de la raíz.

Las propiedades químicas influyen en la disponibilidad de nutrientes, la humedad del sustrato o entre otros compuestos para la plántula, por lo que también son de mucha importancia para el desarrollo de la planta.

Para entender la importancia de estas propiedades se deben definir, Prasad & Power (1997), señala que una de las propiedades más importantes a considerar para un sustrato es el pH, debido a su importancia en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, por ejemplo cuando el sustrato es muy ácido ( $\text{pH} < 5.0$ ) o alcalino ( $\text{pH} > 7.5$ ) suelen aparecer síntomas de deficiencia de nutrientes, no debidos a su escasez en el medio de crecimiento sino por hallarse en formas químicas no disponibles para la planta.

Otra propiedad importante es la cantidad de materia orgánica que tiene el sustrato, la materia orgánica proporciona a los suelos una buena retención de agua, adhesividad y plasticidad, la cual favorece a la regulación del pH, incrementando la disponibilidad de macro y micro nutrientes esenciales (Gayosso et al., 2018).

La porosidad del sustrato favorece al desarrollo de la planta, según Peñuelas & Ocaña (1996), los niveles de medianos a altos de porosidad favorecen al crecimiento de las raíces, por lo que repercute en forma positiva sobre el desarrollo de la parte aérea de las plantas y una proporción elevada de micro poros que permiten una mayor retención de agua en el sustrato, y de esta forma se puede llegar a reducir la frecuencia de riego de acuerdo al tipo de planta. Los nutrientes básicos que la plántula requiere en gran cantidad son, nitrógeno, fósforo, y potasio, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), es uno de los atributos más importantes relacionados con la fertilidad del medio de crecimiento, ya que se define como la capacidad del medio o sustrato para adsorber iones cargados positivamente o cationes (Quiroz et al., 2009).

El agua disponible o agua útil para las plantas es la que se encuentra entre los niveles de capacidad de campo (agua capilar más agua ligada) y el punto de marchitamiento (agua ligada).

Las plantas también pueden absorber el agua entre la saturación y la capacidad de campo (agua gravitacional), la cual se encuentra retenida con muy poca fuerza por el suelo, pero al drenar rápidamente está disponible durante poco tiempo. Cuando existen problemas de permeabilidad en el suelo, y el agua no drena fácilmente, la falta de aire en la zona de las raíces limita el crecimiento de la mayoría de las plantas aunque el agua esté fácilmente disponible. En general el máximo crecimiento se produce cuando la humedad del suelo está cercana a la capacidad de campo. En este caso las plantas se encuentran con oxígeno

suficiente y con agua retenida con poca fuerza por el suelo, por lo que el agua es absorbida rápidamente (Ibáñez, 2006).

Según Ibáñez (2006) los porcentajes de humedad son tan importantes para caracterizar un suelo, la capacidad de campo y el punto de marchitamiento, ya que vienen determinados por unos valores teóricos de tensión, a la que está sometida el agua dentro del suelo, si las plantas quieren tomar esta agua deben ejercer una fuerza de absorción mayor que la tensión con la que está retenida. La tensión con la que un suelo retiene el agua cuando se encuentra a capacidad de campo varía normalmente entre 0,1 y 0,3 atmósferas, mientras que el punto de marchitamiento permanente se alcanza cuando la tensión es de unas 15 atmósferas.

## **2.2. MARCO LEGAL**

### **2.2.1. Para la protección de especies endémicas**

En el DS N° 043-2006-AG, se aprueban las categorías de especies amenazadas de flora silvestre, donde se establece que el “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, se encuentra en estado vulnerable, lo que nos indica que existe una reducción de sus poblaciones, su distribución geográfica se encuentra limitada, por lo que el tamaño de la población estimada es menor de 10000 individuos, además que, de acuerdo al análisis cuantitativo, se muestra que existe una probabilidad de por lo menos 10% de que se extinga en estado silvestre dentro de 100 años.

### **2.2.2. Para la conservación de especies**

En la constitución política del Perú en el artículo 67, establece que el Estado determina la política nacional del ambiente promoviendo el uso sostenible de los recursos naturales. Asimismo, determina en el artículo 68 que es obligación del estado promover la conservación de la diversidad biológica y las áreas naturales protegidas, Además en el artículo 98 de la Ley General del Ambiente - Ley N° 28611 se establece que la que la conservación de los ecosistemas se orienta a conservar ciclos y procesos ecológicos, a prevenir procesos de su fragmentación por actividades antrópicas y a dictar medidas de recuperación y rehabilitación, dando prioridad a ecosistemas especiales o frágiles, siendo uno de ellos los desiertos, de acuerdo a lo establecido en el numeral 99.2 del artículo 99° de la precitada ley.

## 2.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.3.1. Antecedentes internacionales

En Brasil, Dranski et al. (2013) realizó un estudio para evaluar la supervivencia y crecimiento de *Jatropha curcas* más conocida en la región, como piñón de tempate o jatropa, en función del método de aplicación y formulaciones de hidrogel. La investigación se realizó en Pato Bragado, PR, durante los años 2009 y 2010. El diseño experimental fue en bloques con disposición factorial de 5 x 2, que comprende cinco formulaciones de hidrogel (0.0; 2.5; 5.0; 7.5 y 10.0 g L<sup>-1</sup>) y dos métodos de aplicación (inmersión del sistema radicular en hidrogel previamente hidratado y 0,5 L directamente en el pozo). Las variables analizadas incluyeron el porcentaje de supervivencia, el aumento en la altura y el diámetro del tallo y el número de ramas cuantificadas se dio a los tres meses y dieciocho meses de siembra.

Después de tres meses de plantación, el análisis reveló los efectos de las diferentes formulaciones, con ajuste lineal para la supervivencia en ambos métodos de aplicación. Para incrementos de altura y en el diámetro del collar había un ajuste polinómico cuadrático para la aplicación de 0.5 L. Después de dieciocho meses de siembra no se observaron efectos significativos ( $p > 0.05$ ) para los métodos de aplicación (Dranski et al., 2013).

En Bolivia Flores (2016), como parte de los programas de reforestación en el país y el compromiso de seguimiento-mantenimiento de los árboles plantados se buscó fomentar nuevas prácticas que ayuden a revertir los efectos negativos en los periodos de estrés hídrico, en época seca. Por lo que se investiga riegos de apoyo complementarios, como lo es la técnica de riego por goteo solar en el establecimiento de especies xerofitas forestales, se trabajó con hijuelos de *Agave americana* var. *Marginata*, con cuatro tratamientos, obteniendo los siguientes resultados: En el caso de la evaporación del depósito del komdopressor, es el tratamiento T3 (botella grande de 5 litros y que usa como depósito un envase de tres litros), el que presento mayor tasa de evaporación, de 85,09ml por semana. Lo que nos daría una evaporación de cerca de ½ litro por mes (Flores, 2016).

En Brasil se desarrolló una investigación referente a la definición del régimen de riego que combinado, o no, con dosis de polímero hidroretenedor en el sustrato, es indicado para la producción de plantas de *Cordia trichotoma*. En el sustrato fueron agregados diferentes

dosis de polímero hidrorretenedor (0, 1,5, 3,0 y 4,5 g L<sup>-1</sup>). Luego fueron sometidas a diferentes regímenes de riego (4-4-4, 4-8-8, 4-8-12, 8-8-8, 8-12-12 y 12-12-12 mm día<sup>-1</sup>, alternados cada 60 días), el experimento fue conducido en un diseño completamente aleatorio, en esquema de parcelas subdivididas, después de 180 días de la aplicación de las láminas de riego, fueron obtenidas las variables morfológicas y fisiológicas. Se obtuvo crecimiento adecuado de las mudas con láminas de 4-8-8 mm día<sup>-1</sup>, alternados cada 60 días, siendo posible la utilización de una menor lámina en el inicio del crecimiento, reduciendo de esta manera el consumo de agua (Brucker et al., 2017).

En España Chirino, Vilagrosa & Calzada (2008) realizaron una investigación referente a técnicas de vivero orientadas a mejorar la calidad de brinzales de *Quercus suber* con fines de restauración de alcornocales mediterráneos degradados, para lo cual se desarrolló diversos experimentos en vivero aplicando diferentes técnicas en el cultivo de esta especie. Aplicando técnicas de endurecimiento hídrico para favorecer la resistencia al estrés hídrico, cultivos en contenedores profundos para favorecer el desarrollo de un sistema radical profundo, pruebas con sustrato de cultivo implementando mezclas de sustrato con hidrogel RP400 y Bures al 3 y 6% (m/m) para incrementar la capacidad de almacenamiento de agua y con la aplicación de reguladores de crecimiento para evitar un desarrollo excesivo de biomasa aérea en vivero. Los resultados indican que la aplicación de estas técnicas contribuye a mejorar la calidad de los brinzales de *Quercus suber* y en consecuencia, a mejorar los resultados en la restauración de los alcornocales, determinando que las aplicaciones con hidrogel mezclados con el sustrato al 6% no afectan a las variables morfológicas de los brinzales en vivero y tampoco en campo.

En España Valencia, Gómez, Dema, Segarra & Calzada (2004) realizan un trabajo de investigación sobre las diferentes técnicas de introducción de *Quercus ilex ssp. ballota*, en zonas degradadas de la comunidad valenciana, con el fin de encontrar una alternativa a la irrigación de repoblaciones es el empleo de técnicas dirigidas a incrementar la disponibilidad hídrica de los brinzales o reducir las pérdidas evaporativas, entre estas técnicas se encuentran la enmienda con geles hidrofílicos o la modificación del microambiente físico del plantón utilizando tubos protectores, establecieron tres parcelas experimentales en las que aplicaron hidrogeles, tubos protectores, siembra directa de bellotas y bellotas pregerminadas, obteniendo en los brinzales con mezclas de hidrogel de una savia en enero de 2003 una supervivencia superior al 60% con independencia del tratamiento, la pregerminación de la bellota y el uso de tubo protector incrementó la

supervivencia de las plantas. Así, seis años después de la plantación la combinación de ambos tratamientos ofreció un 42% de supervivencia del total de bellotas introducidas. La altura de los brinzales aumentó significativamente con el protector y al cabo de seis años estos brinzales superaban los 35 cm de altura, un 55 % superior a la de los brinzales no protegidos y sin mezcla de hidrogel.

### 2.3.2. Antecedentes Nacionales

En el distrito de Pichanaqui, Satipo – Perú, en el vivero agroforestal de la Municipalidad distrital de Pichanaqui, Cárdenas (2013), ha evaluado el efecto de cinco dosis de hidrogel en el crecimiento inicial de *Guazuma crinita* Mart., *Pinus tecunumanii* (Eguiluz & Perry) y *Cedrela fissilis* Vell. Los tratamientos aplicados según el diseño completamente aleatorizado fueron dos, cuatro, seis, ocho y diez gramos de hidrogel por planta y un testigo sin el producto. Los resultados luego de cuatro meses fueron, en plantas de *Cedrela fissilis* tratadas con 2 y 4 gramos de hidrogel/planta incrementos significativamente los valores de las variables altura (24,89 – 24,90 cm), diámetro (6,03 – 5,98 mm), peso seco (4,27 – 4,90 gr.) y cantidad de hojas (6,58 – 7,15 unidades), también se encontró que en las plantas tratadas con 6 gramos y testigo se obtuvo valores altos de supervivencia con 92,59%, perturbado en resultados de supervivencia por ataque de insectos del orden coleóptero de la familia Cerambycidae, conocido como serruchero. Para *Guazuma crinita* los tratamientos con 4 y 6 gramos de hidrogel/planta presentaron mayor incremento en variables de altura (60,15 – 60,19 cm), diámetro (6,49 – 7,20 mm), peso seco (9,40 – 11,40 gr.), cantidad de hojas (12,30 – 12,35 unidades) y supervivencia (100,00 – 85,19 %) (Cárdenas, 2013).

En la ciudad de Huaraz distrito Independencia, también se realizó una investigación la cual buscó determinar el efecto de las mezclas de sustrato con hidrogel y tres niveles de riego, para la obtención de plántulas de Pino (*Pinus radiata*) de calidad bajo condiciones de invernadero, se evaluó el efecto de un polímero sintético (Hidrogel) en dos mezclas de sustrato alternativo, para la producción de *Pinus radiata* bajo condiciones de invernadero, el experimento se llevó a cabo mediante la construcción de un invernadero de 5m de largo x 3m de ancho, se realizó la preparación de los sustratos con y sin hidrogel, se seleccionaron las plántulas de *Pinus radiata* de dos meses edad para el trasplante o repique, finalmente se realizaron los riegos cada tres, y siete días según el tratamiento, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x3x2 donde los factores

estudiados fueron; 2 mezclas de sustrato compuestas por: Turba 40% + Tierra agrícola 30% + Arena 30% y Musgo 50% + Tierra agrícola 50%. 3 niveles de riego que se realizaron cada 3 días, cada 5 días y cada 7 días. 2 usos del polímero: sin hidrogel y con hidrogel. Cuatro meses después de la instalación del experimento se evaluaron las siguientes variables: altura de planta, diámetro de tallo; longitud de raíz, peso fresco de raíz y peso fresco parte aérea; cuyos resultados fueron los siguientes: las plantas más desarrolladas fueron con el sustrato Musgo 50% + Tierra agrícola 50% que presentaron mayor incremento para las variables, altura (29.15 cm), diámetro (6.71mm), peso fresco aéreo XIII (8.02 g), peso fresco de raíz (1.59 g) y longitud de raíz (40.55 cm). Las plantas con menor desarrollo, fue con el sustrato compuesta por Turba 40% + Tierra agrícola 30% + Arena 30% que presentaron menor incremento para las variables, altura (27.23 cm), diámetro (5.94 mm), peso fresco aéreo (7.49 g), peso fresco de raíz (1.48 g) y longitud de raíz (37.89 cm) (Granados, 2015).

En Lambayeque, con el propósito de generar información sobre el uso de los polímeros retenedores aplicados a cultivos se ejecutó la investigación con rabanito *Raphanus sativus* L., utilizando cajones de cultivo en tres dosis diferentes de retenedor (10, 15, 20 gr por punto de siembra) y un cultivo testigo que no tuvo ninguna adición de estos polímeros. Dentro de las cuatro fases que comprendió el desarrollo de la presente investigación se muestra la adición de polímeros al suelo de cultivo, siembra, deshije y cosecha, así como pruebas de retención y análisis del suelo antes y después de la adición del retenedor, como resultados se expresa lo siguiente: El ahorro de agua que se da en cultivo de rabanito usando una dosis de 15 gr del polímero es la más óptima ya que nos permite ahorrar 32 litros de agua en comparación a un cultivo sin adicción, respecto a la retención de humedad el polímero no se encontró que los polímeros retenedores produzcan cambios significativos en las características del suelo (Román, 2019).

Respecto al uso de la técnica de riego por goteo solar con botellas plásticas en el Perú se realizó una investigación para determinar el efecto de la turbidez en la retención de plomo con el sistema de riego Kondenskompressor, la investigación se realizó en el campus Villa 3 de la Universidad Científica del Sur Lima-Perú, con el fin de aumentar la salubridad alimentaria y la conservación de la calidad del agua con costos accesibles o nulos para el micro-agricultor, mediante 30 sistemas kondenskompressor, cada sistema fue conformado por dos botellas de plástico PET de primer uso (de 5L y 2L) cortadas por la mitad, empleando la parte inferior de las botellas 2 litros, y la parte superior de las botellas 5

litros, cada uno de los sistemas con diferentes valores de turbidez a humedad y temperatura no controladas, durante ocho días. Se midieron los parámetros de turbidez, conductividad eléctrica, volumen destilado y concentración de plomo retenido. Los resultados obtenidos demuestran que la turbidez no se relacionó significativamente con el volumen destilado ni con el pH; sin embargo, presentó una correlación directa muy elevada con la conductividad eléctrica y el plomo retenido en las muestras; registrando una eficiencia en la retención de plomo del 87% (León & Vélez, 2019).



## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo experimental con enfoque cuantitativo

#### 3.2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

##### 3.2.1. Lugar de ejecución

La ejecución de la investigación se realizó en el Parque Ecológico Regional Las Rocas de Chilina, distrito de Alto Selva Alegre, provincia de Arequipa, las plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” fueron obtenidos del vivero “Cerro Verde Uchumayo” los cuales fueron donados con motivos de investigación.

##### 3.2.2. Ubicación espacial

La ubicación del área donde se trasplantaron las plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” se encuentra ubicado en la zona de reforestación determinada en el “PLAN ESPECÍFICO DEL PARQUE ECOLÓGICO REGIONAL LAS ROCAS DE CHILINA (PERRCH)” presentado por la ONG Arequipa Ciudad Sustentable (2016), en el distrito de Alto Selva Alegre, provincia de Arequipa, con las siguientes coordenadas: 16°19'40.8"S 71°31'21.4"W.

##### 3.2.3. Unidad de estudio

La presente investigación tiene como unidad de estudio: 30 plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”

### 3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

#### 3.3.1. Población

Está determinada por el área de 187.5 m<sup>2</sup> del área de la zona para forestación en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”.

#### 3.3.2. Muestra

Se realizará el muestreo en las 30 unidades experimentales, donde se instalaron los sistemas de riego.

### 3.3.3. Muestreo

Se monitorearán los indicadores morfológicos de crecimiento de cada plántula, temperatura y humedad del sustrato de cada unidad experimental una vez por semana durante 5 meses.

## 3.4. MATERIALES Y EQUIPOS

### 3.4.1. Materiales

Los materiales utilizados en la investigación son los siguientes:

- 02 pares de guantes de jardinería de tela
- 01 envases de plástico graduado de 1000 ml
- 01 lampa metálica
- 01 pico metálico
- 03 bateas de plástico con capacidad de 10 litros
- 06 Estacas de madera de medio metro c/u
- 55 metros de alambre
- 30 metros de cerco metálico
- 1 kilo de Hidrogel – Polímero acrilato de potasio Aquagel®
- 64 botellas plásticas de 500 ml
- 64 botellas plásticas de 3 L.
- 01 Tijera de acero
- 40 litros de agua cada control in situ (semanal)
- 02 baldes plástico de 20 litros
- 02 libretas de campo

### 3.4.2. Instrumentación

- 01 flexómetro de 10 metros
- 01 regla metálica de 60 centímetros
- 01 calibre de vernier digital de 100 mm marca Hilda®
- 01 termómetro digital de 127mm marca Celsius®

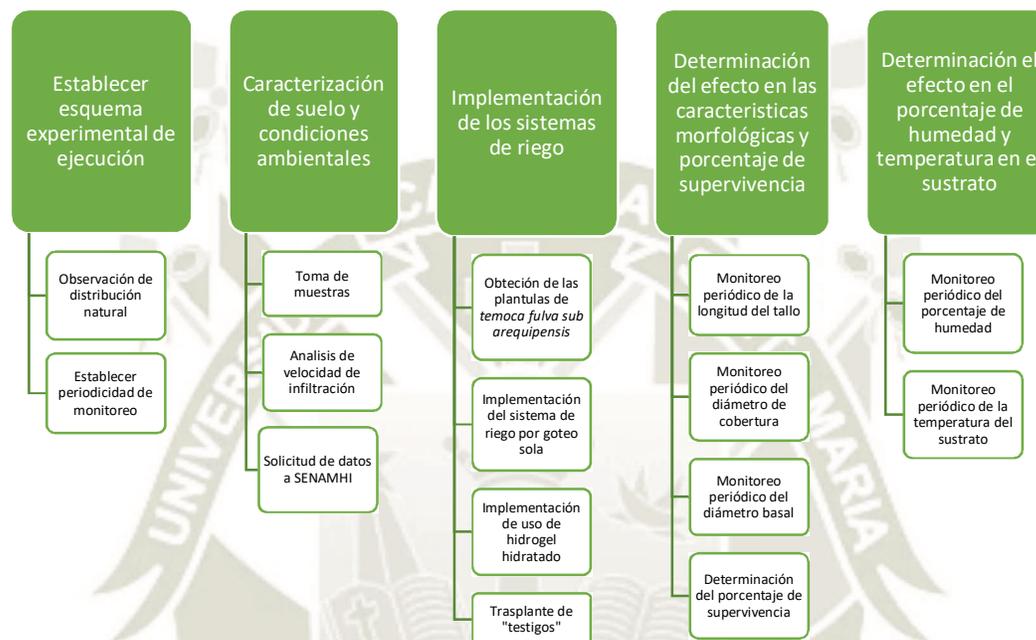
### 3.4.3. Equipos

- 01 balanza digital
- 01 medidor de humedad digital de suelo C/Sensor MOD. PMS-710 marca EUROTECH®

### 3.4.4. Material Biológico

- 30 plántulas de *Tecoma fulva sub. Arequipensis* “Cahuato”

### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL



Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Esquema del diseño experimental

### 3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS

#### 3.6.1. Planteamiento de esquema experimental de ejecución

##### 3.6.1.1. Recolección de datos para esquema experimental

Para la determinación del esquema experimental, las dimensiones referente al distanciamiento y ubicación del trasplante del material biológico, se recolectó información in situ de los distritos de Quequeña y Yarabamba, lugares donde el “Cahuato” crece de forma natural, también se recolecto información del programa piloto de conservación del “Cahuato” en Quequeña, el cual consiste en un programa de plantación de “Cahuatos” con un sistema de riego por goteo, el cual fue implementado el año 2017 como parte de los

programas ambientales-sociales de Sociedad minera Cerro Verde SMCV, junto con la Municipalidad de Quequeña.



*Figura 3 Programa piloto de forestación en municipalidad de Quequeña*



*Figura 4 Distancia entre arbustos en carretera Yarabamba – Quequeña*



*Figura 5 Distancia entre arbustos en proyecto piloto*

### 3.6.1.2. Periodicidad de monitoreo

Después de haber establecido el esquema experimental para el trasplante de los 30 ejemplares de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuatos”, se programó la periodicidad de monitoreo de características morfológicas (longitud de tallo, diámetro basal y diámetro de cobertura) para cada plántula, dicho monitoreo se realizó una vez por semana durante los meses de Julio, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre del 2018, siendo un total de 20 monitoreos in situ.

### 3.6.1.3. Control y mantenimiento de sistemas de riego

Después de realizar el monitoreo de características morfológica en cada ejemplar de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”, se procedió a añadir el volumen de agua correspondiente para cada sistema de riego según metodologías aplicadas, este procedimiento se consideró como control de los tratamientos el cual se realizó cada semana por el periodo de investigación correspondiente a los meses de Julio, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre del 2018.

## 3.6.2. Caracterización fisicoquímica del suelo y condiciones climatológicas en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”

### 3.6.2.1. Selección del área para toma de muestra

Se seleccionó un área de 187.5 m<sup>2</sup>, donde se realizó todo el trabajo in situ, el área se ubicó en la zonificación del Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”, destinada para actividades de forestación según el “Plan específico del Parque Ecológico Regional las Rocas de Chilina PERRCH” presentado por la ONG Arequipa Ciudad Sustentable (2016).



*Figura 6 Ubicación de puntos de muestreo de suelo*

#### **3.6.2.2. Toma de muestra para análisis fisicoquímico del suelo**

Se recolecto una muestra de suelo del lugar según el manual de monitoreo del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, donde se delimito el área de trabajo, identificando 5 puntos representativos ubicados estratégicamente en forma de zigzag abarcando la superficie del área total, se limpió la superficie y con una lampa se cavó un hoyo de 30 cm por lado y 25 cm de profundidad en dichos puntos luego se cortó 10 cm de suelo del centro del hoyo y se tomó muestras aproximadamente de  $\frac{1}{2}$  kg., la cual se depositó un balde plástico limpio, el proceso se repitió para cada hoyo, luego las 5 muestras fueron colocadas sobre una manta, se mezclaron y una vez ya homogenizada la muestra, se tomó aproximadamente 2 kg, la cual fue depositada en una bolsa plástica con cierre hermético y rotulada para posteriormente ser entregada al laboratorio de análisis de aguas, suelos y semillas de la estación experimental agraria Arequipa –INIA.



*Figura 7 Mezcla de muestras de suelo*

#### **3.6.2.3. Análisis fisicoquímico del suelo**

El análisis fisicoquímico del suelo comprende los siguientes parámetros de fertilidad: pH, CE, MO, N-P-K,  $\text{CO}_3\text{Ca}$  en el suelo, así como los parámetros de textura y capacidad de intercambio catiónica CIC, el análisis se realizó en el Laboratorio de análisis de aguas, suelos y semillas de la estación experimental agraria Arequipa – INIA.

#### **3.6.2.4. Prueba de velocidad de infiltración**

Como parte de las pruebas y análisis de suelo in situ, se realizó la prueba de velocidad de infiltración para el suelo del área de trabajo, dicha prueba se realizó con el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Ministerio de Agricultura y Riego Sede Arequipa, se ejecutó la prueba bajo el método de infiltro-metro, con un cilindro exterior de diámetro igual a 48.0 centímetros, un cilindro interior de diámetro igual a 30.0 centímetros y una altura de 24.0 centímetros, según la metodología del manual práctico propuestos por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

Se tomaron 2 puntos en la prueba, para que se cubra el área total de trabajo, lo que nos dio resultados representativos para el análisis completo del suelo.



*Figura 8 Instalación de cilindro para prueba de velocidad de infiltración in situ*



*Figura 9 Punto de prueba de velocidad de infiltración in situ*

#### **3.6.2.5. Obtención de datos hidrometeorológicos de SENAMHI**

Para realizar el análisis y síntesis de las condiciones climatológicas a las que se expusieron los “Cahuatos” durante el periodo de investigación se solicitó información hidrometeorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) para los meses de Julio, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre del 2018, de la estación meteorológica “La Pampilla”, de acuerdo al protocolo de solicitud de información para tesis determinada en la DIRECTIVA N°003-2016-SENAMHI-SG-OPP-UM.

### 3.6.3. Implementación del sistema de riego por goteo solar y sistema de uso de hidrogel hidratado en el sustrato in situ en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”

#### 3.6.3.1. Obtención de material biológico

Para el desarrollo de la investigación se evaluaron plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”, los cuales se solicitaron al vivero “Cerro Verde – Uchumayo”, se nos facilitó la entrega de los 30 ejemplares requeridos, que se encontraban en la etapa de endurecimiento listos para ser trasplantados con una edad aproximada de 8 meses y con estado vegetativo similar ya que se desarrollaron en las mismas condiciones del vivero.



Figura 10 Cahuatos en vivero “Cerro Verde – Uchumayo”

#### 3.6.3.2. Delimitación de área de trabajo en cuadrantes

Después de delimitar los 187.5 m<sup>2</sup>, del área de trabajo se dividió el terreno en cuadrantes de acuerdo al distanciamiento correspondiente entre plántulas de “Cahuato”, según las evidencias obtenidas del “Programa piloto de conservación del Cahuato en Quequeña, Arequipa”, se dividió el área en 30 cuadrantes de 2.5 m. x 2.5 m. usando un flexómetro de 10 m, luego en cada cuadrante se cavo un hoyo circular de 60 cm de diámetro y 30 cm. de profundidad con lampas, guantes y pico, se usó este dimensionamiento en función del tamaño de la raíz de cada arbusto (Huayhua & Moya, 2018), dejando los cuadrantes listos para realizar el trasplante de los “Cahuatos” *Tecoma fulva sub. arequipensis*.



*Figura 11 Delimitación de cuadrantes en área de trabajo*

Los sistemas de riego usados en la investigación: riego por goteo solar, uso de hidrogel hidratado y convencional (testigo), se distribuyeron de forma aleatoria en los cuadrantes ubicados en el croquis experimental, cumpliendo con el principio de distribución completamente al azar para diseños experimentales.

### **3.6.3.3. Implementación del sistema de riego por goteo solar a plántula de *Tecoma fulva sub. arequipensis***

La implementación del sistema de riego por goteo solar se realizó según el método de Flores A. (2016), en donde los 10 cuadrantes seleccionados en el croquis para este tratamiento, sirvieron para el armado individual de cada sistema de riego por goteo, se necesitó primero 4 botellas plásticas PET de 500 ml. y 4 botellas plásticas PET de 3 L. previamente cortadas a una altura de  $\frac{3}{4}$  de la botella aprox., para luego proceder al trasplante de del individuo de “Cahuato” en el hoyo cavado, finalmente se posicionaron las botellas en el cuadrante a una distancia de 30 cm. por lado teniendo como eje central al Cahuato ya trasplantado, el mismo procedimiento fue repetido 9 veces más, para implementar el sistema de riego a los 10 cuadrantes correspondientes para este tratamiento.



*Figura 12 Implementación de sistema de riego en cuadrante*

Se trabajó con 2 variantes de volumen de agua, con volúmenes de 1 litro y 1.5 litros, se añadió el volumen agua individualmente para cada sistema armado y se recargó el volumen de agua en las botellas según la metodología, con una frecuencia semanal, a lo largo del periodo de experimentación, (Julio - Noviembre) teniendo un total de 20 semanas.

#### **3.6.3.4. Implementación del sistema de uso de hidrogel hidratado a plántula de *Tecoma fulva sub. arequipensis***

Para la implementación del tratamiento en los 10 cuadrantes correspondientes al uso de hidrogel, primero se adquirió 1 kg de hidrogel marca AQUAGEL®, se designó la dosis de 22g, la misma que es propuesta según la ficha técnica del producto para arbustos, se trabajó con 2 variantes de volumen de agua, el primero de 1 litro y el segundo 1.5 litros, dichas cantidades se mezclaron con la dosis de 22 g de hidrogel en bateas plásticas de 10 litros, para preparar la mezcla según el método húmedo de aplicación (SOLID RAIN®, 2014).



*Figura 13 Preparación de hidrogel hidratado en bateas plásticas*

Con el hidrogel ya hidratado se procedió a colocarlo en los hoyos formando un círculo en los bordes del área radicular de la planta, según la metodología de silos de agua (SOLID RAIN®, 2014), posteriormente se regó los cuadrantes de este tratamiento una semana después de ser implementado in situ, con el volumen de agua indicado en su mezcla inicial y se realizó esta actividad con una frecuencia semanal a lo largo del periodo de experimentación, (Julio - Noviembre) teniendo un total de 20 semanas.



*Figura 14 Trasplante de Tecoma fulva sub. Arequipensis*

### 3.6.3.5. Trasplante de “testigos” plántula de *Tecoma fulva sub. arequipensis*

Una vez incorporados los 2 tratamientos se procedió a trasplantar los 10 individuos de “Cahuato” restantes, en los cuadrantes correspondientes para los testigos, de igual forma que los dos métodos de riego utilizados en la investigación, para los testigos se trabajó con 2 variantes de volumen de agua, el primero de 1 litro y el segundo de 1.5 litros, se regó con el volumen de agua correspondiente, esta actividad se llevó a cabo con una frecuencia semanal a lo largo del periodo de experimentación, (Julio - Noviembre) teniendo un total de 20 semanas.



Figura 15 Trasplante de “testigo” de *Tecoma fulva sub. arequipensis*

### 3.6.3.6. Etapa de aclimatación post trasplante de plántulas

Después de trasplantar los 30 ejemplares de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”, se realizó una etapa de seguimiento continuo para identificar algún patrón de respuesta ante el trasplante en el área de trabajo in situ, esta etapa duro dos semanas, durante este tiempo se regaron las planta con el volumen de agua determinado según las metodologías aplicadas, culminadas las dos semanas de aclimatación iniciaron los monitoreos y controles para los indicadores morfológicos de cada plántula.

### **3.6.4. Determinación del efecto en las características morfológicas y porcentaje de supervivencia de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” con la implementación del sistema de riego por goteo solar e implementación de sistema de uso de hidrogel hidratado in situ**

#### **3.6.4.1. Medición de longitud de tallo**

Para la medición de la altura se utilizó un flexómetro metálico de 10 metros y una regla metálica de 60 centímetros para estabilizar la medición usando la metodología de Dávila (2018), que indica que se debe medir la longitud del tallo desde la superficie del suelo, hasta el ápice vegetativo del arbusto.

#### **3.6.4.2. Medición de diámetro de cobertura**

La medición del diámetro de la cobertura se utilizó una regla metálica de 60 centímetros, Se midió el diámetro mayor y menor de la copa de cada planta y la altura en cm. Posteriormente se calculó la cobertura obteniendo el promedio, según la metodología de Hernández, Roa & Cortés (2015), donde se indica que la medición se realiza a la rama de mayor cobertura del arbusto en dos dimensiones.

#### **3.6.4.3. Medición de diámetro basal**

La medición del diámetro basal se realizó usando calibre de vernier de plástico marca Caliper modelo Electronic Digital Q14, donde se tomó en consideración las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2004), para la medición del diámetro (DAP) de árboles y arbustos la cual se realiza a la altura del pecho de tronco en terreno llano, promediando el diámetro en dos dimensiones.

#### **3.6.4.4. Supervivencia de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” con la implementación del esquema experimental**

La determinación de la supervivencia de las plántulas durante la parte experimental, se realizó finalizados los 5 meses de evaluación, se estableció en función del total de plantas trasplantadas al inicio de la investigación versus aquellas plantas vivas que se mantuvieron en condiciones óptimas al final de las evaluaciones, expresando esta relación en términos porcentuales.

Según Linares (2005), el valor se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\%Sobrevivencia = \frac{Pv}{(pv + pm)} * 100$$

Dónde:

Pv: Plantas vivas

Pm: Plantas muertas

### **3.6.5. Determinación del efecto en el porcentaje de humedad y temperatura del sustrato de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” con la implementación del sistema de riego por goteo solar e implementación de sistema de uso de hidrogel hidratado in situ**

#### **3.6.5.1. Medición de humedad del sustrato**

La medición de humedad de suelo para cada cuadrante se realizó con un higrómetro digital marca EUROTECH® modelo PMS 710, se tomaron mediciones una vez por semana durante los meses de Octubre y Noviembre, siendo un total de 9 monitoreos in situ, se introdujo el sensor de humedad a una distancia de 10 centímetros del tallo del arbusto y a una profundidad de 10 centímetros, según el manual práctico del mismo equipo, también como referencia a la profundidad de mayor dimensión radicular (Schugurensky & Capraro, 2008) y los resultados se presentaron en porcentaje (%) de humedad para cada cuadrante asociado a un “Cahuato”, siguiendo el orden del croquis experimental.

#### **3.6.5.2. Medición de temperatura de sustrato**

Para el monitoreo de temperatura del suelo se consideró una medición por semana de cada cuadrante asociado a un “Cahuato” según el croquis experimental, la medición se tomó a la distancia de las raíces de los arbustos según manual práctico del instrumento de medición, la cual corresponde a los 10 centímetros de profundidad al costado del tallo, también como referencia a la profundidad de mayor dimensión radicular (Schugurensky & Capraro, 2008), se usó un termómetro digital de 127mm marca Celsius® para suelo.

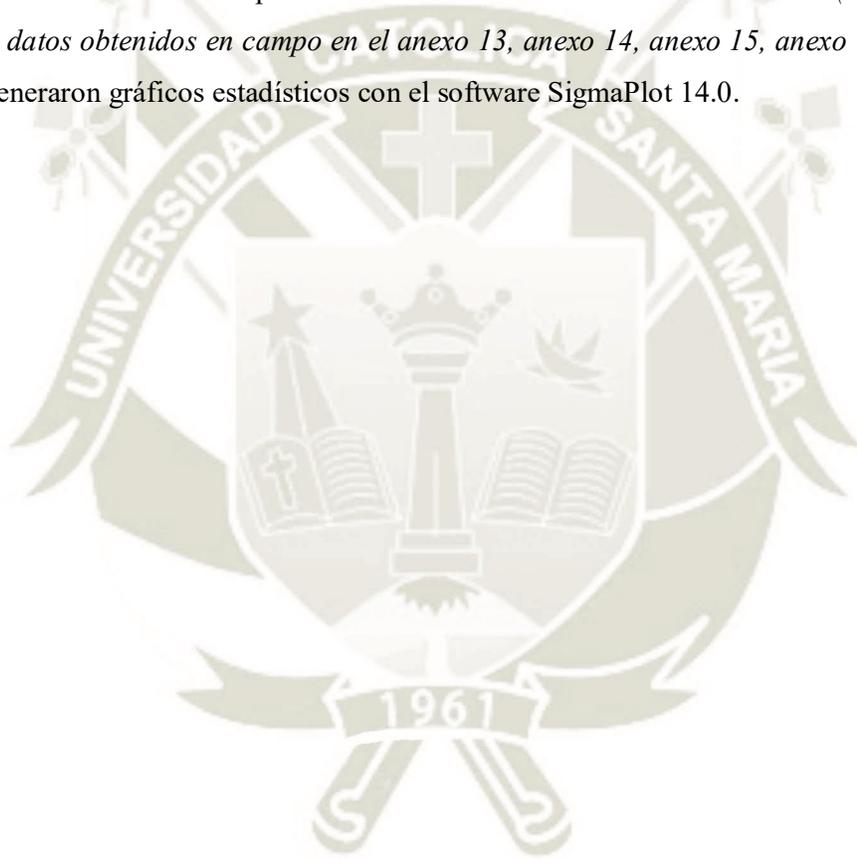
### **3.7. PROCESAMIENTO ESTADISTICO**

Se trabajó con un diseño completamente randomizado, con arreglo factorial 3x2, el factor 1 corresponde al tipo de riego con 3 niveles: testigo, riego por goteo solar e hidrogel

hidratado, y el segundo factor corresponde al volumen de riego con dos niveles: 1 litro y 1.5 litros, cada uno con 5 repeticiones.

Con análisis de varianza ANOVA, para los indicadores de crecimiento de las plántulas: altura de tallo, diámetro basal de tallo, diámetro de cobertura, temperatura de sustrato para cada unidad experimental y porcentaje de humedad del sustrato para cada unidad experimental, en los casos que existió diferencias estadísticas significativas en los indicadores, se procedió a realizar prueba de especificidad de Tukey.

Las pruebas estadísticas se procesaron con el software STATISTICA 10.0 (*ver el resumen de los datos obtenidos en campo en el anexo 13, anexo 14, anexo 15, anexo 16, anexo 17*) y se generaron gráficos estadísticos con el software SigmaPlot 14.0.



## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Este capítulo presenta los resultados obtenidos en la presente investigación y las respectivas discusiones. Los resultados son presentados de acuerdo a cada objetivo específico planteado.

#### 4.1. Planteamiento del esquema experimental de ejecución – croquis experimental

Se planteó según las condiciones del terreno, así como de las variables que se evaluaron, se trabajó con un diseño completamente randomizado, con arreglo factorial 3x2, el factor 1 corresponde al tipo de riego con 3 niveles: testigo, riego por goteo solar e hidrogel hidratado, y el segundo factor corresponde al volumen de riego con dos niveles: 1 litro y 1.5 litros de agua, cada uno con 5 repeticiones.

Al no existir antecedentes de trabajos de investigación que incluyan el trasplante de especies endémicas y tampoco el trasplante de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, luego del reconocimiento en campo y registros fotográfico obtenidos en los distritos de Yarabamba y Quequeña, se obtuvo los siguientes resultados de distanciamiento de ejemplares:

*Tabla 3 Promedios de distancia obtenida en las evidencias de distribución de “Cahuato” Tecoma fulva sub. arequipensis de campo*

Lugar	Distancia promedio entre ejemplares de “Cahuato” (m.)
Carretera Yarabamba - Quequeña	2.2 metros
Proyecto Piloto de conservación especies endémicas – Quequeña	2.6 metros

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a las evidencias obtenidas en campo

Según las evidencias obtenidas en campo, se determinó que, el dimensionamiento del terreno para el trasplante de los ejemplares, sea de 2.50 m. de largo y 2.50 m. de ancho por unidad experimental, por lo que el área de trabajo tuvo un largo de 15 m. y un ancho de 12.5 m., teniendo así un área total de 187.5 m<sup>2</sup>, la cual se instaló en la zona destinada para

la forestación en el “Plan específico del Parque Ecológico Regional las Rocas de Chilina PERRCH” presentado por la ONG Arequipa Ciudad Sustentable (2016).



*Figura 16 Zona destinada para Forestación en el PERRCH*

## **4.2. Análisis fisicoquímico del suelo y condiciones climatológicas en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”**

### **4.2.1. Análisis fisicoquímico del suelo**

El análisis fisicoquímico del suelo en el área de trabajo del Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” tuvo como objetivo conocer la línea base del medio en donde se realizó la investigación, es por ello que se realizó el análisis de la muestra en el Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, y se obtuvo los siguientes resultados:

*Tabla 4 Resultados de análisis físicoquímico del suelo en el Parque Ecológico Regional  
“Las Rocas de Chilina”*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>
<b>Arena (%)</b>	73.2
<b>Limo (%)</b>	22.2
<b>Arcilla (%)</b>	4.6
<b>Textura</b>	Franco Arenoso
<b>Porosidad (%)</b>	38.0
<b>Capacidad de campo (%)</b>	11.3
<b>Agua disponible (%)</b>	7.9
<b>Punto de marchitez permanente (%)</b>	3.4
<b>Materia orgánica (%)</b>	0.18
<b>Nitrógeno C/N (%)</b>	0.01
<b>Fosforo (ppm)</b>	6.55
<b>Potasio (ppm)</b>	249.98
<b>CO<sub>3</sub>Ca (%)</b>	0.00
<b>Conductividad Eléctrica (dS/m)</b>	0.14
<b>pH</b>	6.97
<b>Capacidad de intercambio catiónico (meq/100gr de suelo)</b>	Bajo

Fuente: Informe de laboratorio N° 8078 (INIA)

Según los resultados mostrados en la *Tabla 4*, el suelo del área de trabajo se clasifica por su textura como franco arenoso. El actual suelo presenta las siguientes propiedades, una reacción neutra en pH, con una conductividad eléctrica deficiente, con materia orgánica y nitrógeno deficiente, bajo en concentración de fósforo, alto en potasio, y con respecto a la capacidad de intercambio catiónico se encuentra en nivel bajo (*ver anexo 3*). Es decir que, es un suelo de textura moderadamente gruesa, deficiente en retención de humedad, buena capacidad de aireación del suelo.

Como se puede observar en la tabla anterior, el pH presente en el suelo es de 6.97 lo que indica que es neutro, es decir que los ejemplares de “Cahuato” *Tecoma fulva sub*

*arequipensis* no se verán afectados por acidez y alcalinidad presente en el suelo, este valor es de gran importancia ya que influye en la correcta absorción de nutrientes por parte de la planta.

Llamosas (2015) en su investigación reconoce el suelo del Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” como franco arenoso, suelo pobre y degradado, por la abundante presencia en varios sectores de *Aristida adscensionis* que es un indicador de falta de nutrientes en el suelo, es por ello que al realizar el análisis en el área de trabajo donde se trasplantaron los ejemplares de “Cahuato”, se identifican características similares al tener el 73.2% de arena en su composición con una porosidad de 38.0%, de esta forma se determina lo siguiente: Tenemos un suelo con buena capacidad de aireación de suelo pero poca retención de humedad por lo que la adecuación de sistemas de riego es la respuesta a esta deficiencia, en la investigación se trabajó con técnicas que su principio es la retención de humedad en el sustrato, de esta forma se está permitiendo y dando las condiciones para que los ejemplares de “Cahuato” logren crecer de mejor forma reduciendo el estrés hídrico al que están expuestas in situ.

Albarracin & Aro (2018) indican en su investigación, que al realizar el estudio base del suelo en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” la humedad natural del suelo es baja, al tener un valor de 2.11%, para nuestra investigación, los sistemas de riego se adecuan a este tipo de suelo, ya que sus principio es el de aumentar la capacidad de retención de agua en el sustrato y por consecuente aumenta el porcentaje de humedad en el suelo, manteniendo las unidades de estudio con agua disponible para que no afecte su crecimiento en campo.

El suelo analizado presenta una baja capacidad de campo de 11.3 % es decir que existe una baja retención de agua en los capilares o espacios del sustrato luego de un drenaje libre, por lo que resultaría conveniente si se quiere mejorar la calidad del suelo mejorar la capacidad de retención de agua para así aumentar el tiempo de aprovechamiento de nutrientes, también estamos trabajando con un punto de marchitez permanente bajo igual al 3.4%, Ibáñez (2006) concluye que los valores de humedad son los más importantes para caracterizar un suelo, la capacidad de campo y el punto de marchitamiento, en su investigación de niveles de humedad y agua disponible en suelos, indica que: “El máximo crecimiento de una planta se produce cuando la humedad del suelo está cercana a la capacidad de campo”, por el hecho de que las plantas se encuentran con oxígeno suficiente y con agua retenida con poca fuerza por el suelo, por lo que el agua es absorbida

rápidamente, aplicando esta definición en la investigación, lo que se logra con la implementación de los sistemas de riego, es un porcentaje de humedad mayor a un sistema convencional de riego, logrando así aumentar los valores de crecimiento de los “Cahuatos” *Tecoma fulva sub. arequipensis*.

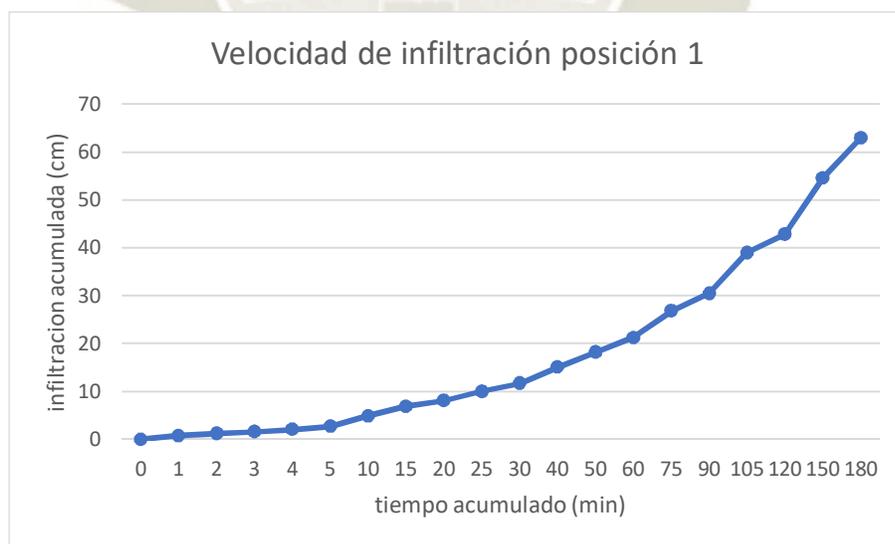
#### 4.2.2. Análisis de la velocidad de infiltración del suelo

El análisis de la velocidad de infiltración del suelo en el área de trabajo en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” se realizó por el periodo de 3 horas en total, se realizó en dos posiciones para abarcar toda el área de trabajo de la investigación, dicha prueba de velocidad de infiltración fue realizada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5 Resultados del análisis de velocidad de infiltración en la posición 1

Velocidad de infiltración promedio	Unidad (cm/hora)
Primera hora (cm)	26.0
Segunda hora (cm)	21.38
Tercer hora (cm)	21.39

Fuente: Informe de análisis de velocidad de infiltración (INIA)



Fuente: Informe de análisis de velocidad de infiltración (INIA).

Figura 17 Velocidad de infiltración en la posición 1

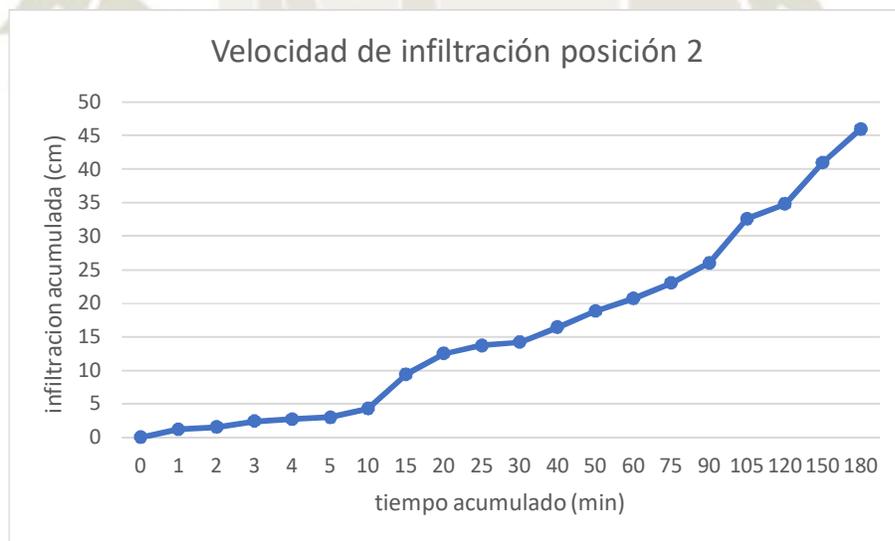
En la posición 1 se observó que la infiltración es muy rápida especialmente al tiempo inicial, teniendo en los primeros minutos una infiltración de promedio de 36 cm/h, a los 60 minutos de la prueba se tuvo un promedio de 26 cm/h, lo cual indica que en las primeras lecturas hubo mayor percolación, además a los 25 minutos del inicio de la prueba se observó que infiltra 10 cm, los cuales equivalen a 100 l/m<sup>2</sup>.

Analizando estas dos informaciones, se puede decir que estamos frente a un suelo poroso, suelo de textura gruesa y liviana, dicho suelo no va a permitir la retención de humedad al momento de riego.

*Tabla 6 Resultados del análisis de velocidad de infiltración en la posición 2*

<b>Velocidad de infiltración promedio</b>	Unidad (cm/hora)
<b>Primera hora</b>	36.36
<b>Segunda hora</b>	17.94
<b>Tercer hora</b>	15.86

Fuente: Informe de análisis de velocidad de infiltración (INIA)



Fuente: Informe de análisis de velocidad de infiltración (INIA)

*Figura 18 Velocidad de infiltración en la posición 2*

En la posición 2 se observó mucho más alta la velocidad de infiltración con respecto al primero, obteniendo en los primeros minutos hasta 72.0 cm/h, a los 60 minutos un

promedio de 36.32 cm/h, además a los 25 minutos del inicio de la prueba se observó que infiltra 13.7 cm, los cuales equivalen a 137 l/m<sup>2</sup>.

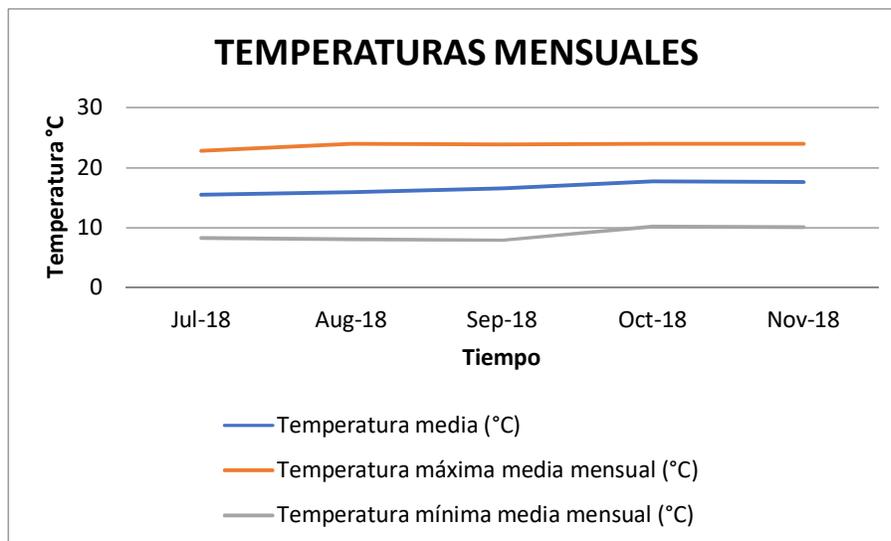
#### 4.2.3. Condiciones climatológicas en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina

Las condiciones climatológicas presentes en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”, son parámetros que se tomaron en cuenta para la interpretación de los resultados obtenidos en campo durante el periodo de investigación (Julio 2018 a Noviembre 2018) donde se apunta la interacción de los parámetros hidrometeorológicos con el crecimiento de los ejemplares de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato”, es por ello que se solicitó información de datos hidrometeorológicos al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) de los parámetros de humedad relativa, precipitación mensual, temperatura media, temperatura máxima media mensual y temperatura mínima mensual, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 7 Parámetros hidrometeorológicos de estación “MAP LA PAMPILLA”

PERIODO	PARAMETROS HIDROMETEOROLOGICO				
	Humedad Relativa (%)	Precipitación total mensual (mm)	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima media mensual (°C)	Temperatura mínima media mensual (°C)
Julio 2018	41	1.0	15.5	22.8	8.3
Agosto 2018	36	0.0	15.9	24.0	8.1
Septiembre 2018	36	0.0	16.6	23.9	7.9
Octubre 2018	36	0.0	17.7	24.0	10.2
Noviembre 2018	42	0.0	17.6	24.0	10.1

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

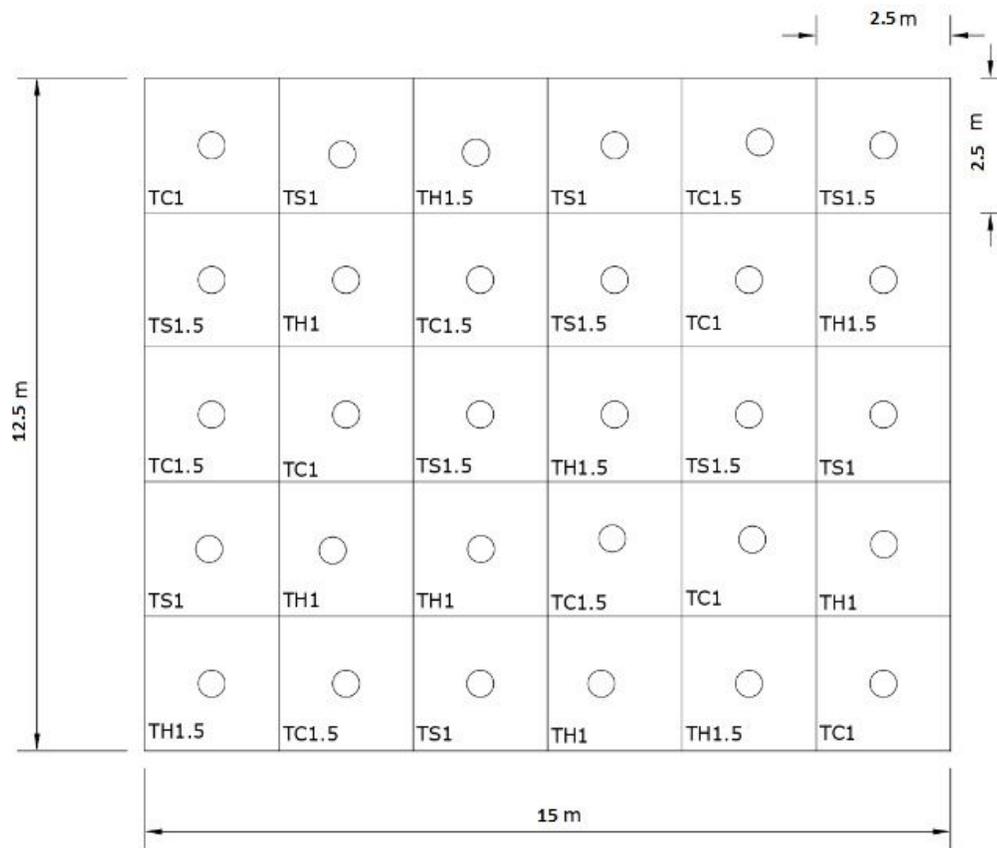


Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

*Figura 19 Temperaturas medias mensuales, máximas mensuales y mínimas mensuales*

#### **4.3. Implementación del sistema de riego por goteo solar y sistema de uso de hidrogel hidratado en el sustrato in situ en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”.**

Teniendo conocimiento del distanciamiento entre cuadrantes en el croquis experimental, se procedió con la implementación de los sistemas de riego en el sustrato in situ, de los 30 cuadrantes establecidos se realizó una distribución completamente al azar con 5 repeticiones, considerando los tipos de riego: convencional o “testigo”, sistema de riego por goteo solar, sistema de uso de hidrogel hidratado y también considerando el volumen de riego: 1 litro y 1.5 litros de agua, obteniendo el siguientes resultado:



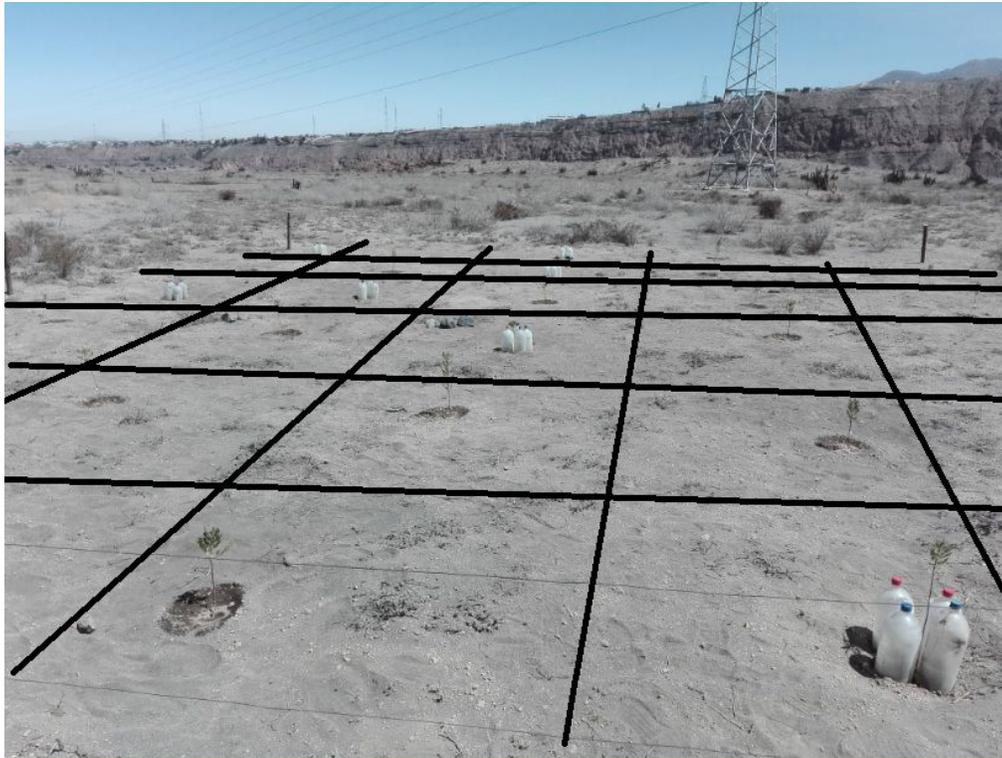
Fuente: Elaboración propia

Figura 20 Croquis experimental de distribución de sistemas de riego y distanciamiento

Tabla 8 Codificación de sistemas de riego

Codificación	Sistema de riego	Volumen de agua L.
TC1	Convencional o “Testigo”	1 litro
TC1.5	Convencional o “Testigo”	1.5 litros
TS1	Sistema de riego por goteo solar	1 litro
TS1.5	Sistema de riego por goteo solar	1.5 litros
TH1	Sistema de uso de hidrogel hidratado	1 litro
TH1.5	Sistema de uso de hidrogel hidratado	1.5 litros

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 21 Implementación en campo de croquis experimental*

#### **4.4. Determinación del efecto en las características morfológicas y porcentaje de supervivencia de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” con la implementación del sistema de riego por goteo solar e implementación de sistema de uso de hidrogel hidratado in situ.**

Teniendo conocimiento de las metodologías y funcionamiento de cada sistema de riego, se procedió a monitorear el crecimiento de las plántulas, identificando las características morfológicas que registran el crecimiento de las plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” durante la investigación, considerando una medición cada semana por plántula.

Los promedios de altura de tallo (cm), diámetro basal de tallo (mm), diámetro de cobertura de ramas (cm), temperatura del sustrato (°C) y humedad del sustrato (%) de las unidades experimentales fueron sometidos, a un análisis de varianza, ya que se evaluaron con respecto al tiempo de parte experimental (5 meses).

Se reconoció que algunos ejemplares presentaban características distintas a la mayoría, específicamente este comportamiento se evidenció en 3 ejemplares de tratamiento de

sistema de riego por goteo solar (una con la variación de volumen de agua 1 litro y dos con la variación de volumen de agua 1.5 litros), se observó la presencia de ramas secas en la parte superior de las 3 plántulas, el día 21 de Julio del 2018 (ver figura 21), por lo que los tres casos son considerados como ejemplar “muerto” para el análisis de supervivencia ya que no podemos tomar datos reales de estos ejemplares, el estado de las 3 plántulas se atribuye a que el sistema de riego por goteo solar está condicionado a los factores climáticos en el ambiente, que incidan directamente en los niveles de radiación UV, también durante las primeras semanas de Julio en la ciudad de Arequipa, el tiempo reportado por el SENAMHI en el portal meteorológico, fue de clima nublado con alta nubosidad, además de presentar la temperatura más baja de los 5 meses de experimentación, y el mayor porcentaje de humedad relativa del ambiente, estas condiciones disminuyen la efectividad del sistema que funciona gracias al fenómeno de evaporación del agua, también se observó que no todas las plántulas con sistema de riego por goteo solar se vieron afectadas por estas condiciones climáticas, la razón es que al ser una investigación in-situ el crecimiento de la planta depende de la capacidad de adecuación de la misma y no todas tienen las mismas capacidades de resistencia al estrés hídrico. Una planta puede presentar diferencias en la reacción al estrés en condiciones naturales donde el ambiente no está sujeto a control, como podría ocurrir bajo condiciones de cultivo (Fontana, Pérez & Luna, 2018).



*Figura 22 Estrés hídrico de Tecoma fulva sub. arequipensis con sistema de riego por goteo solar*

También se presentaron dos casos distintos al resto durante todo el periodo de trabajo en campo (Julio – Noviembre), se observó que dos plántula fueron arrancadas presuntamente por un animal silvestre (ver figura 22 y figura 23), los días 11 de Agosto del 2018 y el 01 de Septiembre del 2018 respectivamente, por lo que ambos casos son considerados como ejemplar “muerto” para el análisis de supervivencia.



*Figura 23 Tecoma fulva sub. arequipensis arrancada el 11 de agosto 2018*



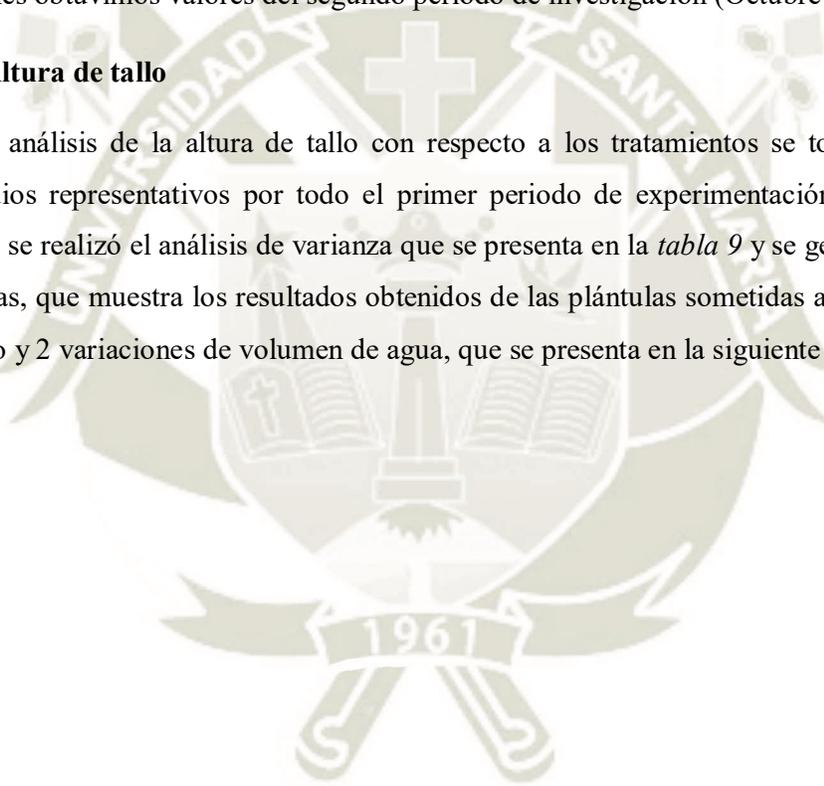
*Figura 24 Tecoma fulva sub. arequipensis arrancada el 01 de septiembre del 2018*

Para el análisis estadístico de todos los indicadores de crecimiento de las plántulas, no se consideraron los ejemplares muertos, al finalizar la parte de monitoreo y seguimiento de la experimentación quedaron datos de 18 ejemplares, que no fueron afectados por las condiciones externas de adecuación, por lo cual a partir de esta información, nos permitió estandarizar los valores obtenidos y de esta forma todos los valores se pudieron comparar, teniendo tres muestras representativas por cada sistema de riego.

Cada indicador de crecimiento se trabajó con valores promedios para cada mes del primer periodo de investigación (Julio – Noviembre) de igual forma ocurrió con los indicadores de humedad y temperatura del sustrato de cada “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*. De los cuales obtuvimos valores del segundo periodo de investigación (Octubre y Noviembre).

#### **4.4.1. Altura de tallo**

Para el análisis de la altura de tallo con respecto a los tratamientos se tomaron valores promedios representativos por todo el primer periodo de experimentación en campo (5 meses), se realizó el análisis de varianza que se presenta en la *tabla 9* y se generó la gráfica de barras, que muestra los resultados obtenidos de las plántulas sometidas a los 3 sistemas de riego y 2 variaciones de volumen de agua, que se presenta en la siguiente figura:



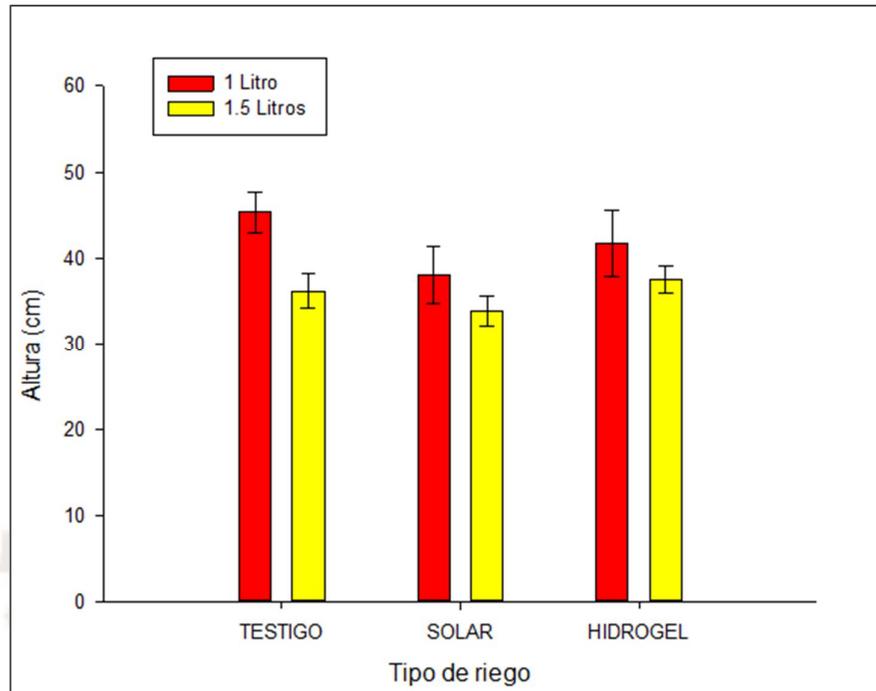


Figura 25 Altura de tallo (cm) de *Tecoma fulva sub. arequipensis*, sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. Los valores son promedio en 5 meses (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 9 Análisis de Varianza para la altura de tallo de *Tecoma fulva sub. arequipensis*

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
<b>TIPO DE RIEGO</b>	127.56	2	63.78	9.327	0.001007 *
<b>VOLUMEN DE RIEGO</b>	256.77	1	256.77	37.551	0.000002 *
<b>TIPO DE RIEGO*VOLUMEN</b>	42.06	2	21.03	3.076	0.064689
<b>ERROR</b>	164.11	24	6.84		

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 10 Altura de tallo (cm) de Tecoma fulva sub. arequipensis, con dos volúmenes de riego*

VOLUMEN	PROMEDIO
<b>1 LITRO</b>	41.67500 ± 3.66756 <sup>a</sup>
<b>1.5 LITROS</b>	35.82389 ± 1.8737 <sup>b</sup>

Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )  
(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en la *tabla 9*, el análisis de varianza para el indicador altura de tallo presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), en los parámetros de “tipo de riego” y “volumen de riego”, por ello se realizó la prueba de especificidad de Tukey para estos parámetros.

Se observan mejores resultados en condiciones de volumen de agua igual a 1 litro, independientemente del tipo de riego, existe una diferencia significativa al tener los siguientes valores promedios: 41.67500 cm. de altura de tallo para 1 litro y 35.82389 cm. de altura de tallo para 1.5 litros, la principal condición que determina estos resultados, es la disponibilidad de uso de agua del “Cahuato” que se relaciona a la adecuación de la planta a las distintas condiciones a las que están expuestas, en este caso que es un ambiente natural donde fueron trasplantados los ejemplares, este ambiente tiene clima predominante soleado (SENAMHI, 2018), suelo franco arenoso con porosidad al 38% (*ver anexo 3*) y a esto se le suma que según el estudio morfológico de Wood (2008), el “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis* tiene hojas estrechas, con cutícula gruesa, por lo que se determina que la cantidad de agua que expulsa por transpiración es menor a comparación de otros tipos de árboles y arbustos, dejando que 1 litro de agua sea aprovechado por las plántulas de “Cahuatos”, y que el exceso que presenta 1.5 litros de agua solo sea evaporado por el alto nivel de radiación y sensación térmica que se presenta entre las 11:00 horas y las 13:00 horas del día según el reporte diario del SENAMHI, este exceso de agua deja de ser útil para la planta.

Tabla 11 Altura de tallo (cm) de *Tecoma fulva* sub. *arequipensis* con tres tipos de riego

TIPO DE RIEGO	PROMEDIO
<b>Testigo</b>	40.75500 ± 6.50538 <sup>a</sup>
<b>Hidrogel</b>	39.58000 ± 2.92742 <sup>a</sup>
<b>Solar</b>	35.91333 ± 2.97927 <sup>b</sup>

Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )  
(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en la tabla 11 al realizar la prueba de especificidad de Tukey para altura de tallo con tres tipos de riego, identificamos que existen dos grupos de significancia, donde el sistema convencional o testigo y el sistema de hidrogel hidratado, presentaron una mayor altura (cm), obteniendo una altura promedio total de 40.76 cm. y 39.58 cm. respectivamente, demostrando así, que son los sistemas que se adecuaron de mejor forma en el periodo de tiempo experimental; por otro lado el tipo de riego solar es el que presentó el menor crecimiento de todos llegando hasta un promedio de 35.91 cm; Vélez (2016) en su investigación del efecto de uso de hidrogel en producción de vegetales, expresó que las plantas bajo la incidencia del hidrogel tienen una mayor biomasa, ya que su alta capacidad de retención reduce la pérdida de nutrientes, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación ya que los individuos del tratamiento con hidrogel alcanzaron mayor altura y por ende mayor biomasa cumpliendo de esta forma lo establecido en la investigación de Vélez (2016).

Para el caso del sistema de riego por goteo solar obtuvimos el valor promedio más bajo respecto al indicador altura de las plántulas de “Cahuato” siendo este 35.91 cm, Flores (2016) en su investigación del uso de botellas plásticas PET en el riego por goteo solar, identifica que para obtener una respuesta significativa ( $p < 0.05$ ) acorde a la investigación en campo aplicada a forestación, se deben considerar botellas plásticas de 5 litros y 3 litros como parte esencial y básica del armado del sistema kondenskompressor (riego por goteo solar) por la diferencia significativa en la tasa de evaporación de cada sistema expresada en porcentaje.

#### 4.4.2. Diámetro basal de tallo

Para el análisis del diámetro basal de tallo con respecto a los tratamientos se tomaron valores promedios representativos por todo el primer periodo de experimentación en

campo (5 meses), se realizó el análisis de varianza que se presenta en la tabla 12 y se generó la gráfica de barras, que muestra los resultados obtenidos de las plántulas sometidas a los 3 sistemas de riego y 2 variaciones de volumen de agua, que se presenta en la siguiente figura:

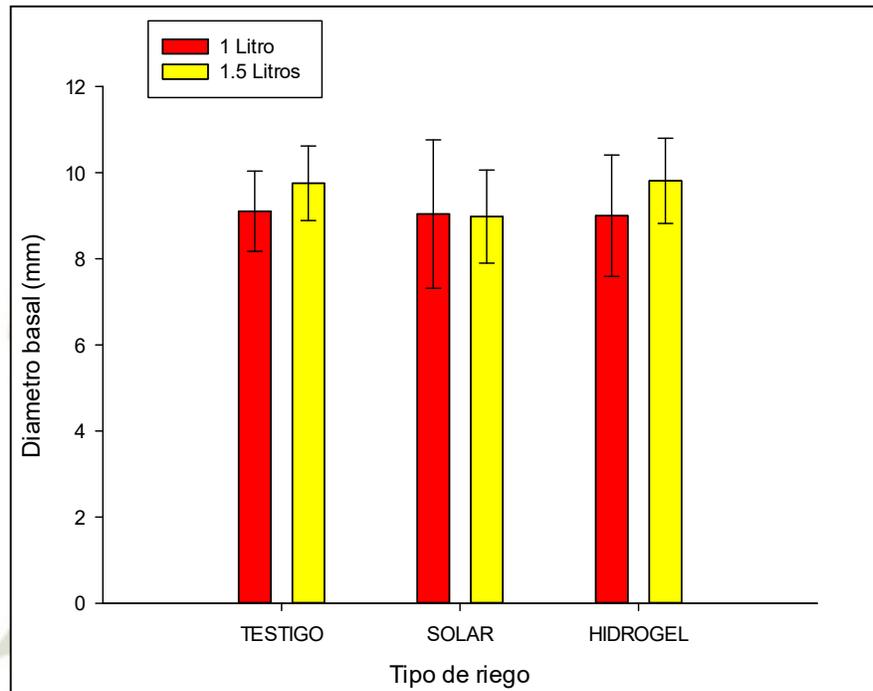


Figura 26 Diámetro basal (mm) de *Tecoma fulva sub. arequipensis*, sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. Los valores son promedio en 5 meses (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 12 Análisis de Varianza para el Diámetro basal (mm) de *Tecoma fulva sub. arequipensis*

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
<b>TIPO DE RIEGO</b>	<b>1.11</b>	<b>2</b>	<b>0.555</b>	<b>0.382</b>	<b>0.686433</b>
<b>VOLUMEN DE RIEGO</b>	<b>1.633</b>	<b>1</b>	<b>1.633</b>	<b>1.125</b>	<b>0.299477</b>
<b>TIPO DE RIEGO*VOLUMEN</b>	<b>1.072</b>	<b>2</b>	<b>0.536</b>	<b>0.369</b>	<b>0.695197</b>
<b>ERROR</b>	<b>34.855</b>	<b>24</b>	<b>1.452</b>		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 12, en el análisis de varianza para el indicador diámetro basal no hay diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre las plántulas de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, es decir han crecido de forma similar no es significativo ni el “tipo de riego” ni el “volumen de riego”, pero se debe mencionar que entre todos los sistemas de riego el que tuvo mejor respuesta a este parámetro de medición fue el sistema de uso de hidrogel hidratado con la variación de 1.5 litros de agua teniendo un valor igual a 9.8 mm, a pesar de ser el valor más alto, la variación con el resto de tratamientos no es un valor estadísticamente significativo.

Al hablar del diámetro basal del tallo se debe entender que los ejemplares de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, que fueron evaluados son ejemplares que al final de la parte experimental tuvieron 1 año y 2 meses de crecimiento aproximadamente, es decir son ejemplares muy jóvenes y para este parámetro no presentan diferencias significativas en la comparación entre los sistemas de riego, en la investigación realizada por Granados (2015) de igual forma compara el crecimiento del diámetros basal pero en plántulas de *Pinus radiata*, en mezclas de sustrato con hidrogel a tres niveles de riego, no encontró significancia estadística para las interacción de sustrato x riego, sustrato x hidrogel y riego x hidrogel, sugiriendo que las plántulas de pino no respondieron a las combinaciones, estos factores tienen efectos independientes uno del otro sobre el indicador de diámetro del tallo de la planta de pino, para nuestro caso particular donde se trabajó con plántulas de “Cahuato” responde la misma tendencia al no presentar diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las combinaciones de parámetros, determinando que para el indicador diámetro no representan diferencias estadísticas significativas.

Según la investigación realizada por Wood (2008), en la revisión de *Tecoma Juss.* y la familia Bignoniaceae, nos da la justificación del porque no hay diferencias significativas, ya que se identifica que la subespecie *arequipensis* tiene un tallo semi leñoso, cilíndricos y ramificados, por lo que su forma de crecimiento del tallo principal, ocurre en medida que van creciendo los nuevos tallos.

#### **4.4.3. Diámetro de cobertura**

Para el análisis del diámetro de cobertura de copa de arbusto con respecto a los tratamientos se tomaron valores promedios representativos por todo el primer periodo de experimentación en campo (5 meses), se realizó el análisis de varianza que se presenta en

la tabla 13 y se generó la gráfica de barras, que muestra los resultados obtenidos de las plántulas sometidas a los 3 sistemas de riego y 2 variaciones de volumen de agua, que se presenta en la siguiente figura:

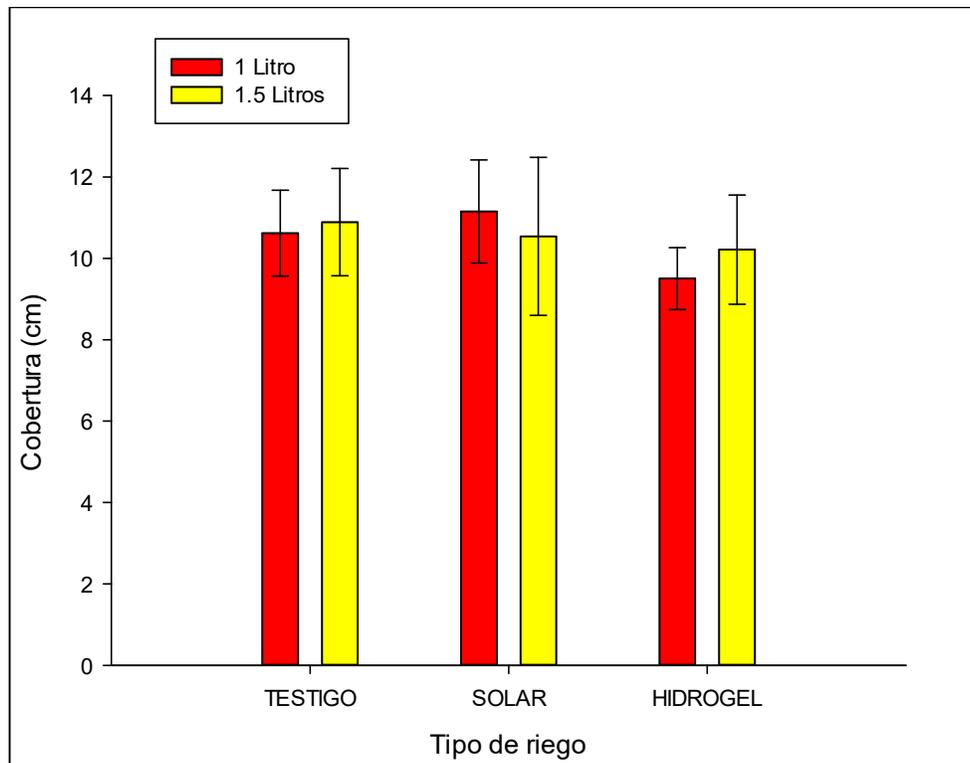


Figura 27 Cobertura (cm) de *Tecoma fulva sub. arequipensis*, sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. Los valores son promedio en 5 meses (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 13 Análisis de Varianza para Cobertura (cm) de *Tecoma fulva sub. arequipensis*

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
<b>TIPO DE RIEGO</b>	5.943	2	2.972	1.682	0.207216
<b>VOLUMEN DE RIEGO</b>	0.112	1	0.112	0.063	0.803326
<b>TIPO DE RIEGO*VOLUMEN</b>	2.271	2	1.135	0.643	0.534704
<b>ERROR</b>	42.403	24	1.767		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 13, en el análisis de varianza para el indicador diámetro de cobertura, no hay diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre las plántulas de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, ya que han crecido de forma

similar no es significativo ni el “tipo de riego” ni el “volumen de riego”, se debe mencionar que entre todos los sistemas de riego el que tuvo mejor respuesta a este indicador de medición fue el sistema de riego por goteo solar, con variación de 1 litro de agua teniendo un valor igual a 11.2 cm. de diámetro, a pesar de ser el valor más alto, la variación con el resto de tratamientos no es un valor estadísticamente significativo.

La cobertura de la planta crece de forma similar en todos los “Cahuatos” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, esto ocurre ya que los arbustos durante su crecimiento desde plántulas no tienen una copa definida por su naturaleza de crecimiento, el Cahuato tiene hojas compuestas con estípulas de inserción opuesta alterna, con folíolos ligeramente dentados y según la investigación realizadas por Wood (2008), todas las plantas de la familia de la *Tecoma Juss.* (Bignoniaceae), incluida la *ssp. arequipenses*, muestran una progresión hacia la *ssp. altoandina*, las hojas son coriáceas, y las ramas son similares a lo largo de su crecimiento, también Perea (2008) en su investigación de selección de especies para forestar en la Región Arequipa indica que el follaje del “Cahuato” mantiene una forma de sombrilla y moldeable sin un patrón de crecimiento específico, la principal diferencia es en la forma y dimensiones de lóbulos en las flores de las plantas.

#### 4.4.4. Porcentaje de supervivencia

Para el análisis del porcentaje de supervivencia de “Cahuatos” *Tecoma fulva sub. arequipensis* con respecto a los tratamientos se tomaron valores finales por todo el periodo de experimentación en campo (5 meses), se realizó el cálculo respecto a la cantidad de ejemplares que se mantuvieron vivos desde el inicio hasta el final de la parte experimental, los datos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 14 Porcentaje de supervivencia de *Tecoma fulva sub. arequipensis*

Tratamiento	Variación	% de Supervivencia	Número de plántulas iniciales	Número de plántulas finales
Testigo (Convencional)	1 Litro	80.00	5	4
	1.5 Litros	100.00	5	5
Riego por goteo solar	1 Litro	80.00	5	4
	1.5 Litros	60.00	5	3
Hidrogel hidratado	1 Litro	100.00	5	5
	1.5 Litros	80.00	5	4
<b>Total</b>		<b>83.33</b>	<b>30</b>	<b>24</b>

Fuente: Elaboración propia

El sistema con el porcentaje más bajo, es el de riego por goteo solar con la variación de 1.5 litros de agua “TS1.5”, tiene un porcentaje igual al 60%, este valor indica que dos plántulas murieron de las cinco que fueron sometidas al sistema de riego por goteo solar con 1.5 litros de agua, el valor de 60% según la metodología de análisis de Linares (2005), nos indica que el tratamiento ha sido “bueno”.

También encontramos que en el testigo de 1 litro de agua “TC1”, el riego por goteo solar de 1 litro “TS1” e hidrogel hidratado con 1.5 litros “TH1.5”, murió un ejemplar de los cinco con los que inicio cada sistema, esto nos da un porcentaje de supervivencia igual al 80%, según la metodología de análisis de Linares (2005) este valor nos indica que el tratamiento es efectivo y se categoriza como “muy bueno”.

Finalmente podemos decir que los sistemas de hidrogel hidratado 1 litro “TH1” y el testigo de 1.5 litros “TC1.5” finalizaron la parte experimental con el 100% de ejemplares, eso quiere decir que no murió ninguna de las cinco plántulas con las que iniciaron, categorizando estos dos sistemas como “muy buenos” según la metodología de análisis de supervivencia de Linares (2005).

La “muerte” de los ejemplares se relaciona a las condiciones de funcionamiento del sistema de riego por goteo solar con el clima presente durante la parte experimental y también a agentes externos como ocurrió en el presente estudio, que se dio por intervención de fauna silvestre del lugar.

#### **4.5. Determinación del efecto en el porcentaje de humedad y temperatura del sustrato de *Tecoma fulva sub. arequipensis* “Cahuato” con la implementación del sistema de riego por goteo solar e implementación de sistema de uso de hidrogel hidratado in situ.**

En los indicadores de sustrato (porcentaje de humedad y temperatura) de cada unidad experimental se tuvieron en cuenta 2 condiciones, la primera es que se trabajó con las 18 muestras representativas que fueron seleccionadas en la estandarización de valores para las características morfológicas y como segunda condición, es que todos los datos obtenidos están relacionados a la fecha de adquisición del sensor de humedad y temperatura que fue para los últimos 2 meses de la parte experimental (Octubre – Noviembre).

Tomando estas condiciones se estandarizó los valores obtenidos durante la experimentación y de esta forma los valores obtenidos se pudieron comparar ya que todos los sistemas de riego se encontraron con tres muestras representativas.

#### 4.5.1. Porcentaje de humedad en sustrato

Para el análisis del porcentaje de humedad en sustrato con respecto a los tratamientos se tomaron valores promedios representativos de la segunda parte del periodo de experimentación en campo lo que corresponde a los meses de octubre y noviembre (2 meses), se realizó el análisis de varianza que se presenta en la tabla 15 y se generó la gráfica de barras, que muestra los resultados obtenidos de los sustratos sometidos a los 3 sistemas de riego y 2 variaciones de volumen de agua, que se presenta en la siguiente figura:

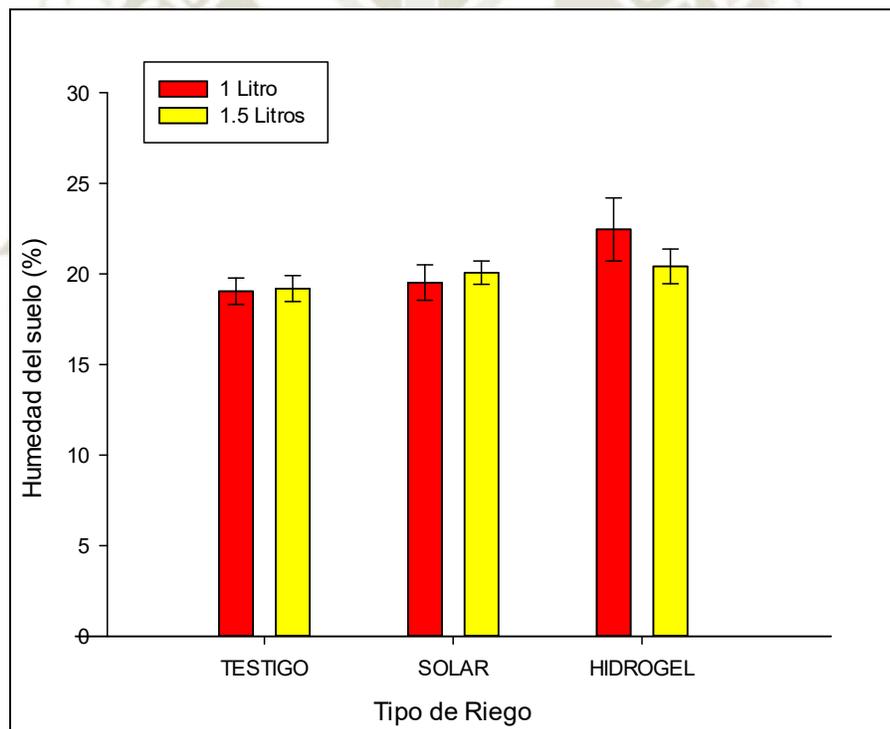


Figura 28 Humedad del Suelo (%) de cultivo de *Tecoma fulva sub. arequipensis*, sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. Los valores son promedio en 2 meses (Fuente: Elaboración propia).

*Tabla 15 Análisis de varianza para Humedad de sustrato (%) de plántulas de Tecoma fulva sub. arequipensis*

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
<b>TIPO DE RIEGO</b>	45.55	2	22.78	21.5	0.000000 *
<b>VOLUMEN DE RIEGO</b>	2.41	1	2.41	2.28	0.138906
<b>TIPO DE RIEGO*VOLUMEN</b>	15.47	2	7.74	7.3	0.0019*
<b>ERROR</b>	44.5	42	1.06		

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 16 Humedad del sustrato (%) de plántulas de Tecoma fulva sub. arequipensis, sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego.*

TIPO DE RIEGO		PROMEDIO
Hidrogel	1 LITRO	22.45938 ± 1.54608 <sup>b</sup>
Hidrogel	1.5 LITROS	20.42188 ± 0.6432 <sup>a</sup>
Solar	1.5 LITROS	20.07083 ± 1.50894 <sup>a</sup>
Solar	1 LITRO	19.525 ± 0.43021 <sup>a</sup>
Testigo	1.5 LITROS	19.19375 ± 0.43310 <sup>a</sup>
Testigo	1 LITRO	19.04688 ± 2.43561 <sup>a</sup>

Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )  
(Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en la tabla 15, el análisis de varianza para el indicador de porcentaje de humedad en sustrato tuvo diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), en los parámetros de “tipo de riego” y “tipo de riego\*volumen de riego”, por ello se realizó la prueba de especificidad de Tukey para los parámetros que presentan diferencias estadísticas significativas.

Al realizar la prueba de especificidad de Tukey para los parámetros de “tipo de riego” y “tipo de riego\*volumen”, se han generado dos grupos de significancia como podemos ver en la tabla 16, donde identificamos que el sistema de riego hidrogel de 1 litro “TH1” tiene un valor de porcentaje de humedad igual a 22.46%, siendo este el que presenta el valor estadísticamente diferente al resto de sistemas de riego, siendo este el sistema que más aumentan el porcentaje de humedad del sustrato según los datos obtenidos en el segundo periodo de tiempo experimental (2 meses).

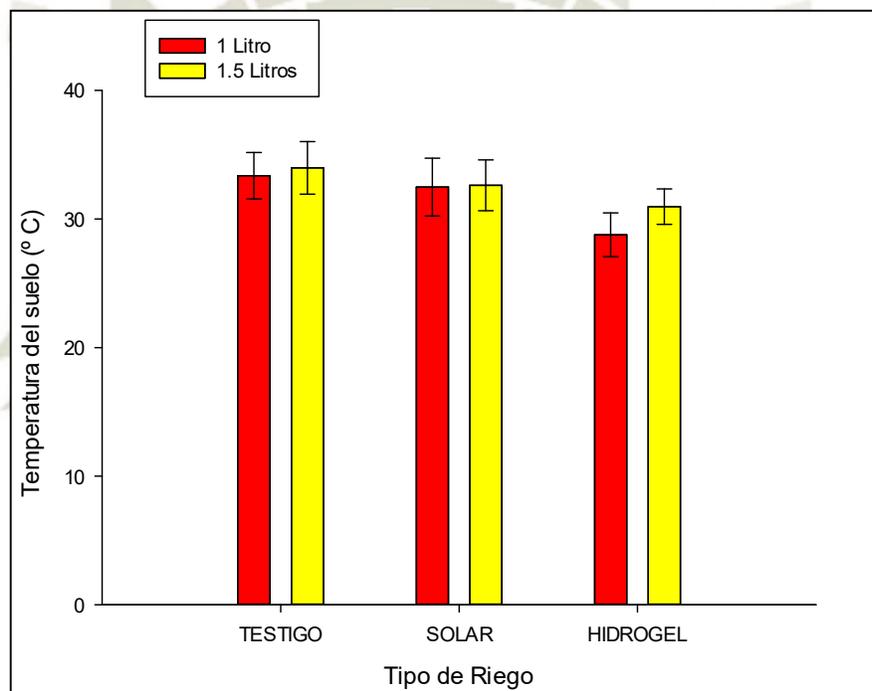
El valor con mayor porcentaje de humedad corresponde al tratamiento de hidrogel 22.46% y el menor valor corresponde al testigo 19.05%, este último valor se debe a que el suelo presenta una baja capacidad de campo, es decir, existe una baja retención de agua dentro de los capilares del suelo, según la investigación de Anderson (2009), de su trabajo con retenedores de agua, al hacer uso de hidrogel este actúa como un polímero que ayuda a mejorar la capacidad de retención de agua impidiendo que esta se infiltre con rapidez y no pueda ser captada ni almacenada en el sustrato, por todo ello es que identificamos al sistema de hidrogel hidratado como el sistema que mejor se adecua al sustrato con relación al porcentaje de humedad, es decir que presenta los valores más elevados, por su alta capacidad para retención de humedad en el suelo, según el análisis fisicoquímico de suelo en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina” (*ver anexo 3*), estamos frente a un suelo de tipo franco arenoso, con alta velocidad de infiltración y baja retención de humedad, por lo tanto, al implementar el uso de hidrogel hidratado en el sustrato, logra disminuir la infiltración del agua consiguiendo mayores niveles de humedad en este mismo, por otro lado da mayor tiempo de captación del agua en el sustrato lo que se traduce en mayor tiempo de aprovechamiento de los nutrientes para la planta, tal como se ve en la investigación de Rivera & Mesías (2018), se compara el efecto del uso de hidrogel en la humedad de tres tipos de suelo (arenoso, limoso, arcillo) obteniendo como resultado que en suelos de textura arenosa aumenta un 14,7% la humedad, en suelo con textura limosa 17,4% y en suelos pesados o arcillosos un 14,5% demostrando que los aumentos de humedad son realmente considerables al implementar un sistema de riego con hidrogel hidratado, lo que reafirma que el uso de hidrogel hidratado en la presente investigación es la que mejor se adecua a la respuesta en el aumento del porcentaje de humedad del sustrato.

También vemos que el riego por goteo solar es el siguiente sistema después del uso de hidrogel hidratado que tiene los porcentajes más elevados de humedad, teniendo valores de 20,07% para la variación de 1.5 litros de agua y 19.52% para la variación de 1 litro, este no llega a ser el de mayor humedad por la condición de que este sistema de riego depende directamente del clima tal y como lo menciona Flores (2016) en su investigación del uso de botellas plásticas PET en el riego por goteo solar, aplicadas para la forestación, en donde identifica que en los días de mayor sensación térmica aumenta la evaporación en relación ml/día para los recipientes plásticos, el porcentaje de humedad en el sustrato se

eleva en relación al aumento en la tasa de evaporación que es igual al 29% bajo estas condiciones, en comparación a un día con temperaturas promedio.

#### 4.5.2. Temperatura en sustrato

Para el análisis de temperatura en sustrato con respecto a los tratamientos se tomaron valores promedios representativos para la segunda parte del periodo de experimentación en campo lo que corresponde a los meses de octubre y noviembre (2 meses), se realizó el análisis de varianza que se presenta en la tabla 16 y se generó la gráfica de barras, que muestra los resultados obtenidos de los sustratos sometidos a los 3 sistemas de riego y 2 variaciones de volumen de agua, que se presenta en la siguiente figura:



*Figura 29 Temperatura del Suelo (°C) de cultivo de *Tecoma fulva sub. arequipensis*, sometido a tres tipos y dos volúmenes de riego. Los valores son promedio en 2 meses (Fuente: Elaboración propia).*

Tabla 17 Análisis de varianza para Temperatura del sustrato (°C) de plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis*

PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
<b>TIPO DE RIEGO</b>	122.13	2	61.07	17.3	0.000003 *
<b>VOLUMEN DE RIEGO</b>	11.51	1	11.51	3.26	0.078203
<b>TIPO DE RIEGO*VOLUMEN</b>	9.21	2	4.61	1.3	0.282029
<b>ERROR</b>	148.27	42	3.53		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Temperatura del Suelo (°C) de cultivo de *Tecoma fulva sub. arequipensis*, sometido a tres tipos de riego.

TIPO DE RIEGO	PROMEDIO
<b>Testigo</b>	33.66875 ± 0.43310 <sup>a</sup>
<b>Solar</b>	32.55625 ± 0.09722 <sup>a</sup>
<b>Hidrogel</b>	29.86875 ± 1.54679 <sup>b</sup>

Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede observar en la tabla 17, el análisis de varianza para el indicador de temperatura en sustrato tuvo diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), en el parámetro de “tipo de riego”, por ello se realizó la prueba de especificidad de Tukey para este parámetro que presenta diferencias estadísticas significativas.

Como se puede observar en la tabla 18 al realizar la prueba de especificidad de Tukey para temperatura del suelo (°C) sometida a tres tipos de riego, se identificó dos grupos de significancia, están los tipos de riego que presentaron la mayor temperatura siendo estos el convencional o también llamado testigo y el riego por goteo solar, llegando a una temperatura promedio de 33.67 °C y 32.56 °C respectivamente; por otro lado el tipo de riego hidrogel es el que presentó la menor temperatura en comparación del resto, llegando a un valor promedio de 29.87 °C.

En la investigación de Estrada (2012) respecto a los hidrogeles biopoliméricos aplicados a la agricultura expresó que estos polímeros tienen la capacidad de absorber y ceder grandes cantidades de agua; esto ocurre por el principio de los polímeros, el “hidrogel” se hincha al estar en contacto con el agua formando materiales blandos y elásticos que retienen una

fracción significativa de la misma, en su estructura sin disolverse, actuando como potenciales reservorios de agua, su uso ayuda a disminuir la pérdida de agua por infiltración; además al retener el agua en su estructura la temperatura será menor por el hecho que la evaporación se ve disminuida en comparación a los tratamientos de riego.

También vemos que el sistema de riego por goteo solar tiene un valor de  $32.56^{\circ}\text{C}$ , esta es una temperatura menor a la del testigo o convencional según la investigación de Flores (2016) referente al uso de botellas plásticas PET en el riego por goteo solar, aplicadas para la forestación, nos dice que el sistema kondenskompressor funciona como un objeto que produce sombra, además de esta condición el sistema armado crea un microclima tanto en el sustrato como para la planta, que al calentarse o enfriarse el agua de las botellas condiciona la temperatura, explicando de esta forma la diferencia entre los demás sistemas de riego.



## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

**PRIMERA.-** Se logró determinar el esquema experimental de trasplante in situ de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, teniendo un distanciamiento adecuado de 2.5 metros entre cada ejemplar, para 30 ejemplares se usó un área de trabajo igual a 187.5 m<sup>2</sup>.

**SEGUNDA.** - Se caracterizó físicoquímicamente el suelo del área de trabajo en el Parque Ecológico Regional Las Rocas de Chilina distrito de Alto Selva Alegre - Arequipa, tiene una textura Franco Arenoso moderadamente gruesa, 73.2 % Arena, 22.2 % limo, 4.6 % arcilla; es deficiente en retención de humedad, con una buena capacidad de aireación del suelo y con una porosidad de 38.0 %. Es un suelo con reacción neutra con 6.97 de pH, no salino en conductividad eléctrica, deficiente en contenido de materia orgánica 0.18% y nitrógeno 0.01 %, bajo en concentración de fosforo 6.55 ppm (0.000655%) y alto en concentración de potasio 249.98 ppm (0.024998%).

**TERCERA.-** Se logró implementar los sistemas de riego en campo para las 30 unidades experimentales, adecuando con éxito 10 cuadrante del área de trabajo para los ejemplares con sistema de riego por goteo solar, 10 cuadrantes para el sistema de uso de hidrogel hidratado y los otros 10 cuadrantes para el sistema convencional o “testigo”.

**CUARTA.** - Se determinó el efecto en el crecimiento de plántulas de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, para los indicadores de altura de tallo, diámetro basal de tallo y diámetro de cobertura, con la implementación de los sistemas de riego, existe diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) para el indicador de altura de tallo, siendo el sistema de uso de hidrogel hidratado, el de mejor respuesta, con un promedio de 39.58 cm., de igual modo la variación de volumen de agua de 1 litro es el que presenta mejor respuesta, con un promedio de 41.67 cm. El sistema de hidrogel hidratado de 1 litro de agua (TH1), mantuvo el 100% de ejemplares vivos al finalizar la parte experimental, obteniendo la categoría de “muy bueno”.

**QUINTA.** - Se determinó el efecto en el porcentaje de humedad del sustrato y temperatura del sustrato de trasplante de plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis*, con la implementación de los sistemas de riego, se determina que existe diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) para ambos indicadores.

En porcentaje de humedad del sustrato, el sistema de uso de hidrogel hidratado de 1 litro (TH1), presenta mejor respuesta con un valor de 22.46% y para el indicador de temperatura de sustrato, el sistema de hidrogel hidratado de 1 litro (TH1), es el que presenta el valor más bajo con 29.86°C, con estos valores se concluye que: el uso de hidrogel hidratado, condiciona a que el sustrato se mantenga húmedo y con temperaturas más bajas, estableciendo un suelo con disponibilidad de agua.



## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar la investigación de implementación de sistemas de riego, con periodos de abastecimiento de agua y monitoreo de indicadores en tiempos más extensos, para condicionar a la planta de estudio, con estrés hídrico por más tiempo, teniendo como base los datos obtenidos en la presente investigación.
- Es recomendable realizar la investigación de coeficiente de cultivo para el “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, ya que de esta forma se puede calcular la cantidad de agua que se le debe dar a cada plántula y a partir de esta información trabajar un plan piloto para la forestación sostenible del “Cahuato” en la región Arequipa.
- Se recomienda que, al conocer la cantidad de agua necesaria para plántulas de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, realizar una investigación comparativa solo de tipos de sistemas de riego y trabajar con un solo volumen de agua.
- Se recomienda comparar la aplicación de hidrogel hidratado con variación de sustratos, según el análisis de suelo que se presenta en el Parque Ecológico Regional “Las Rocas de Chilina”, para mejorar la calidad del suelo, se debe incorporar materia orgánica y usar fertilizantes en base de calcio, a partir de esta información trabajar con distintas mezclas de sustrato.
- Se recomienda identificar agentes externos al diseño experimental que puedan afectar en el desarrollo de la investigación, como lo es la fauna silvestre del área de trabajo, para dicho escenario se deben aplicar métodos de control, como el uso de rejillas metálicas rodeando cada plántula para impedir que estos animales la ramoneen, también se puede usar repelentes no tóxicos aplicados en el perímetro de área de trabajo, para este segundo caso se le debe dar un mantenimiento constante a la aplicación del repelente.
- Se recomienda realizar una evaluación de costos de sostenibilidad del proyecto para replicar la investigación a una mayor escala, trabajando en un programa de forestación de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis*, considerando las limitaciones referentes a costos en la presente investigación, así mismo como los costos aproximados referidos en el *anexo 22*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUA ORG. (2014). Procedimiento de instalación de SOLID RAIN® en árboles. Fondo para la comunicación y la educación ambiental AC.
- Albarracin-Noa, A. & Aro-Gonzales, M. (2018). Equipamiento de educación ambiental orientado a la concientización y conservación del parque ecológico regional “Las Rocas de Chilina”: centro de interpretación e investigación ambiental-CIINA, ASA-Arequipa.
- Aqua Garden (2014). Ficha Técnica Hidrogel AQUAGEL. Instructivo de uso y aplicación de hidrogel Aquagel. Hidrogel agrícola
- Brown, T. L.; Lema Y, H. E.; Bursten, B. E. & Burge, J. R. (2004). Química la ciencia central. Pearson Prentice Hall. México, p. 456-463.
- Brucker Kelling, M., Machado Araujo, M., Benítez León, E., Carpenedo Aimi, S., & Turchetto, F. (2017). Regímenes de riego y dosis de polímero hidrotenerador sobre características morfológicas y fisiológicas de plantas de *Cordia trichotoma*. Bosque (Valdivia), 38(1), 123-131.
- Bures, S. (1997). Sustratos. Ediciones agrotecnias. Madrid, España, p. 281-284.
- Cáceres, F., Poma, I., & Salas, A. La flora natural del Parque Ecológico Regional de Arequipa (Perú), especialmente las cactaceas.
- Cárdenas Alhuay, E. (2013). Efecto de hidrogel en el crecimiento inicial de *Guazuma crinita Mart.*, *Pinus tecunumanii* (Eguiluz & Perry) y *Cedrela fissilis Vell.*-distrito de Pichanaqui.
- Chirino, E., Vilagrosa, A., & Calzada, V. R. V. (2008). Técnicas de vivero orientadas a mejorar la calidad de brinzales de " Quercus suber" para restauración de alcornoques mediterráneos degradados. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, (28), 163-169.
- D.S.N 043-2006-AG Aprueban Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre

- Davis, M. y D. Yip. (1998). Síntesis de hidrogeles. *Rev. Iberoam. Polim.* p. 29-70.  
Recuperado el 07 de noviembre de 2018 de <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/ENE03/Virginia2003.PDF>
- Decreto Supremo N° 030-2005-AG Reglamento para la Implementación de la Convención sobre, el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) en el Perú.
- Del Amo Rodríguez, S., Tenorio, C. V., Prado, J. M. R., Romero, E. H., & Rodríguez, J. R. (2017). GUÍA PARA EL ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE GERMOPLASMA FORESTAL DE ESPECIES NATIVAS. Cuaderno 2 Enero-Junio 2017, 75.
- Duryea, M.L. (1985). Evaluating seedling quality: importance to reforestation. In: *Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test.* M.L. Duryea. Forest Research Laboratory. Oregon. USA. p. 1-4.
- Dávila Vicuña, A. X. (2018). Efectividad del gel hidrorretenedor en el cultivo de 5 especies de árboles nativos del bosque seco de la costa de Ecuador (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil).
- Dranski, J. A., Pinto Junior, A. S., Campagnolo, M. A., Malavasi, U. C., & Malavasi, M. M. (2013). Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansô em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 17(5).
- Escobar, J. L., García, D. M., Valerino, A., Zaldivar, D., & Katime, I. (2001). Influencia de la temperatura y la composición en el proceso de hinchamiento en hidrogeles de poli-(n-isopropilacrilamida-co-N, N-dimetilacrilamida). *Revista Iberoamericana de polímeros*, 3(1), 1-15.
- Estrada R, (2012). Hidrogel Biopoliméricos Aplicados en la Agricultura. Laboratorio de Nanociencia y Nanotecnología, Departamento de Física y Matemáticas. Universidad Iberoamericana. Recuperado de la Fuente Académica SlideShare. Disponible en: <http://www.slideshare.net/IberoPosgrados/hidrogeles-biopolimricos-aplicados-en-agricultura>

- FAO (1996). ECOLOGIA Y ENSEÑANZA RURAL. Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. Estudio FAO Montes 131
- FAO (2004). Inventario Forestal Nacional Manual de Campo. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Estudio FAO 94/S.
- Fabricación del komdenskompresor. (2010). Recuperado el 3 de junio de 2018, de sitio solar: [www.sitiosolar.com](http://www.sitiosolar.com)
- Fitz P., (1987). Suelos. Formación Clasificación y Distribución. Editorial CONTENCV. México. p.430.
- Flores Rios, A. W. (2016). Estudio del uso de botellas plasticas recicladas (PET) en el riego por goteo solar y su aplicación en la forestacion (Doctoral dissertation).
- Fontana, M., Pérez, V., & Luna, C. (2018). Efecto del origen geográfico en la calidad morfológica de plantas de *Prosopis alba* (Fabaceae). *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 593-604.
- Gayosso-Rodríguez, S., Villanueva-Couoh, E., Estrada-Botello, M., & Garruña, R. (2018). Caracterización físico-química de mezclas de residuos orgánicos utilizados como sustratos agrícolas. *Bioagro*, 30(3), 179-190.
- Gómez, J. P. S., Dema, A. V., Segarra, J. C., & Calzada, V. R. V. (2004). Diferentes técnicas de introducción de "*Quercus ilex*" ssp. "ballota"(Desf.) Samp. en zonas degradadas de la Comunidad Valenciana. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (17), 233-238.
- González, M. y J. Raisman. 2000. Crecimiento Secundario: Corteza. <http://www.efn.uncor.edu/dep/biología/intrbiol/corteza.htm>
- Granados, M. (2015). Producción de plántulas de pino (*Pinus radiata*) en mezclas de sustrato con hidrogel y tres niveles de riego, bajo condiciones de invernadero en el distrito de Independencia, provincia Huaraz-Ancash.
- Hernández-Pineda, L. L., Roa-Casas, O. M., & Cortés-Pérez, F. (2015). Crecimiento de *Baccharis macrantha* y *Viburnum triphyllum*, dos especies nativas útiles en restauración ecológica, plantadas en un pastizal andino (Boyacá, Colombia). *Biota Colombiana*, 15(Supl. 2).

- Huayhua, L. & Moya, G. (2018). Extracción, purificación y caracterización fisicoquímica de los compuestos volátiles del *Tecoma Fulva (arequipensis)*.
- Ibáñez, J. (2006). Niveles de Humedad del Suelo y Agua disponible: El Agua en El Suelo 3. Fundación para el conocimiento Madrid. Recuperado el 28 de Noviembre del 2019 de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/06/26/33002>
- IPCC (2002), Documento Técnico V del IPCC.
- Johnson, J.D. and Cline, L. (1991). Seedling quality of southern pines. In: Forest Regeneration Manual. M.L. Duryea and P.M Dougherty (eds.). Kluwer Academia Publishers. USA. p: 143-159.
- Katime A. (2004). Los materiales inteligentes de este Milenio: Los Hidrogeles Inteligentes. Editorial de la Universidad del País Vasco, Bilbao.
- León, B., Pitman, N., & Roque, J. (2006). Introducción a las plantas endémicas del Perú. Revista peruana de biología, 13(2), 9-22.
- León-Casós, Y., & Vélez-Azañero, A. (2019). EFECTO DE LA TURBIDEZ EN LA RETENCIÓN DE PLOMO CON EL SISTEMA DE RIEGO KONDENSKOMPRESOR. The Biologist, 17(1).
- Lewin L. G. and Sparrow D. H. (1975). The genetics and physiology of resistance to stress. Barley Genetics III Ed. H. Gaul, Garching B. D. R.
- Linares, E. (2005). Instructivo para determinar la supervivencia en plantaciones forestales. Instrucción Técnica (6). Edición MINAG. p. 94.
- Linares, E. (2008). Selección de especies adecuadas para forestar y reforestar la ciudad Arequipa.
- Linares, Z., Llamosas, M. & Díaz, A. (2016) Plan Específico del Parque Ecológico Regional Las Rocas de Chilina (PERRCH). Arequipa, Perú; ONG Arequipa Ciudad Sustentable.
- Llamosas Chavez, M. A. (2015). Determinación y evaluación de amenazas ambientales en el parque regional las rocas de Chilina como parte de un futuro programa de restauración ecológica, Arequipa 2015.

- López, E. J.; Garza, O. S.; Jiménez, L. J.; Huez, L. M. A. and Garrido, L. O. (2016). Uso de un polímero hidrófilo a base de poliacrilamida para mejorar la eficiencia en el uso del agua. *Eur. Sci. J.* 12(15):160-175.
- MINAM (2016). Estrategia nacional de lucha contra la desertificación y la sequía 2016-2030.
- Mostacedo, B. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*.
- Navarro, R. M., Villar-Salvador, P.E.D.R.O., & Del Campo, A. (2006). Morfología y establecimiento de los plantones. Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Madrid, España. Ministerio de Medio Ambiente, Serie Forestal, 67-88.
- Obregón, G., Marengo, J., & Valverde, M. (2008). VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y CAMBIO CLIMÁTICO: REGIÓN DE AREQUIPA, PERÚ. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó Investigación Biodiversidad y Desarrollo*, 27(2).
- Parviainen, J.V. (1981). Qualidade e avaliayao de qualidade de mudas florestai. In: *Seminário de sementes e viveiros florestais*. p: 59-90.
- Peñuelas, R., & Ocaña, B., (1996). *Cultivo de Plantas Forestales en Contenedor*. 2da. Edición. Mundi Prensa. Madrid, España. p. 190
- Prasad, R. & Power, J. (1997). *Soil fertility management for sustainable agriculture*. Lewis Publishers. Boca Raton. New York. p. 356
- Prieto R. (1999). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico N° 12. Campo Experimental Valle del Guadian. INIFAP. Durango, México. p.23.
- Pérez, V., & Rodríguez, H. (2016). Producción de plantines de calidad de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Perea, B. E. L. (2008). Selección de especies adecuadas para forestar y reforestar la ciudad Arequipa. Departamento de Arequipa, Perú.

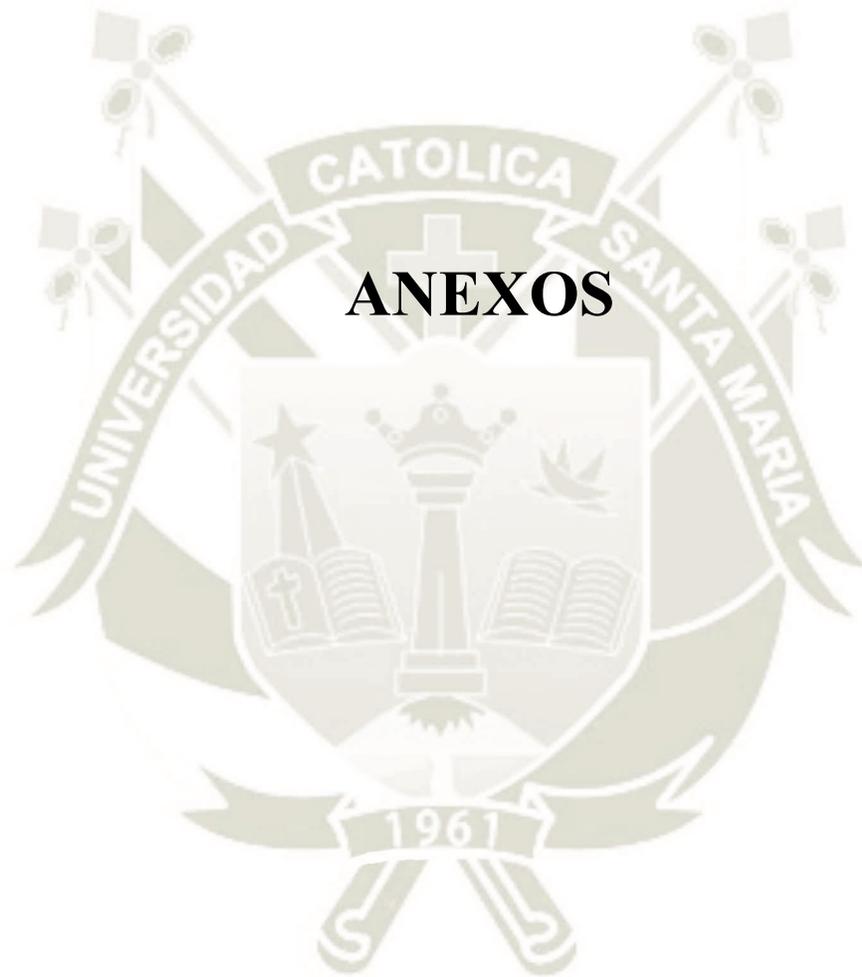
- Quiroz I., García E., González O., Chung P. & Soto H. (2009). Vivero Forestal. Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Concepción, Chile.
- Ramos G, R. Velázquez, M. K. De la Rosa L., P. Segura C., E. P. (2009). Atrapamiento de sustancias húmicas en hidrogeles de gelatina con aplicación en agricultura. Departamento de Polímeros. Facultad de Ciencias Químicas. México.
- Rivera Fernández, R. D., & Mesías Gallo, F. (2018). Absorción de agua de hidrogel de uso agrícola y su humedecimiento de tres tipos de suelo-Water absorption hydrogel agricultural use and wetting of three soil types. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 50(2).
- Roldan A, (2009). Silvotecnía. Ecotecnía mexicana almacenadora de agua, esperanza contra sequía y cambio climático. México, p. 11.
- Román Uriarte, E. L. (2019). Ensayo de la determinación de retención de agua en un cultivo de rabanito utilizando un polímero retenedor (Aquagel).
- Romero, A., Laguna, R. R., García, F. P., Rangel, J. M., Zarate, R. R., & Flores, M. D. L. L. H. (2014). Hidrogel como mitigador de estrés hídrico.
- Rondeux J., (2010). Medición de árboles y masas forestales. Mundi Prensa. Madrid España, p. 25 – 61.
- Royo A., Fernández M., Gil L. & Pardos J. (1996). Predicción de la supervivencia y crecimiento de las plantas de vivero mediante medidas de parámetros fisiológicos pre y post trasplante. *Cuadernos de la S.E.C.F.*, (4), p. 103 – 111.
- Schugurensky, C., & Capraro, F. (2008, December). Control automático de riego agrícola con sensores capacitivos de humedad de suelo. Aplicaciones en vid y olivo. In *Actas de XVIII Congreso de la Asociación Chilena de Control Automático (ACCA)*. Santiago, Chile.
- SENAMHI (2015). Regionalización y caracterización de sequías en el Perú.
- Serrada, R. (2000). *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. FUCOVASA. Madrid. España. p. 10-77.

- Sojka, R. E.; Entry, J. A. and Fuhrmann, J. J. 2006. The influence of high application rates of polyacrylamide on microbial metabolic potential in an agricultural soil. *Appl. Soil Ecol.* 32(2):243-252.
- Sánchez, J. C. (2017). Respuesta al estrés hídrico en plantas mediterráneas Perspectiva frente al cambio climático (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD COMPLUTENSE).
- Taiz, L. & Zeiger, E. 2002. Fisiología del estrés. En: *Fisiología Vegetal (Vol.II)*. Universitat Jaume I, Castelló de la Plana.
- Talavera, C., Villasante, F., Jiménez, P., Ortega, A., Villegas, L., & Fernández, C. Forestales nativos de ecosistemas áridos y semiaridos en la Región Arequipa. Una aproximación al 2010 (Lista preliminar). In *IV CONGRESO INTERNACIONAL DE ECOSISTEMAS SECOS* (p. 49).
- Thompson, B. (1985). Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking. *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Test*. Oregon State University. p. 59-65.
- Toral, O. C., & Iglesias, J. M. (2012). Evaluación de accesiones de árboles y arbustos forrajeros durante el período de establecimiento. *Pastos y Forrajes*, 35(1), 17-28.
- Tornado Distribuidora Comercializadora (2012). Usos del hidrogel, Cristales inteligentes, Recuperado el 07 de noviembre de 2018 de [http://hidrogelmex.com/usos\\_de\\_hidrogel.html](http://hidrogelmex.com/usos_de_hidrogel.html)
- Uribe Botero, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina.
- Vicente-Arbona, J. C., Carrasco-Hernández, V., Rodríguez-Trejo, D. A., & Villanueva-Morales, A. (2019). Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín. *Madera y bosques*, 25(2).
- Villarreal H. (2011). Aplicación de Hidrogel en el Establecimiento de Plantaciones Forestales. Limpiadores Industriales y Petroleros. Folleto de Aplicación Hidrogel STOCKOSORB AGRO. p. 2-3.

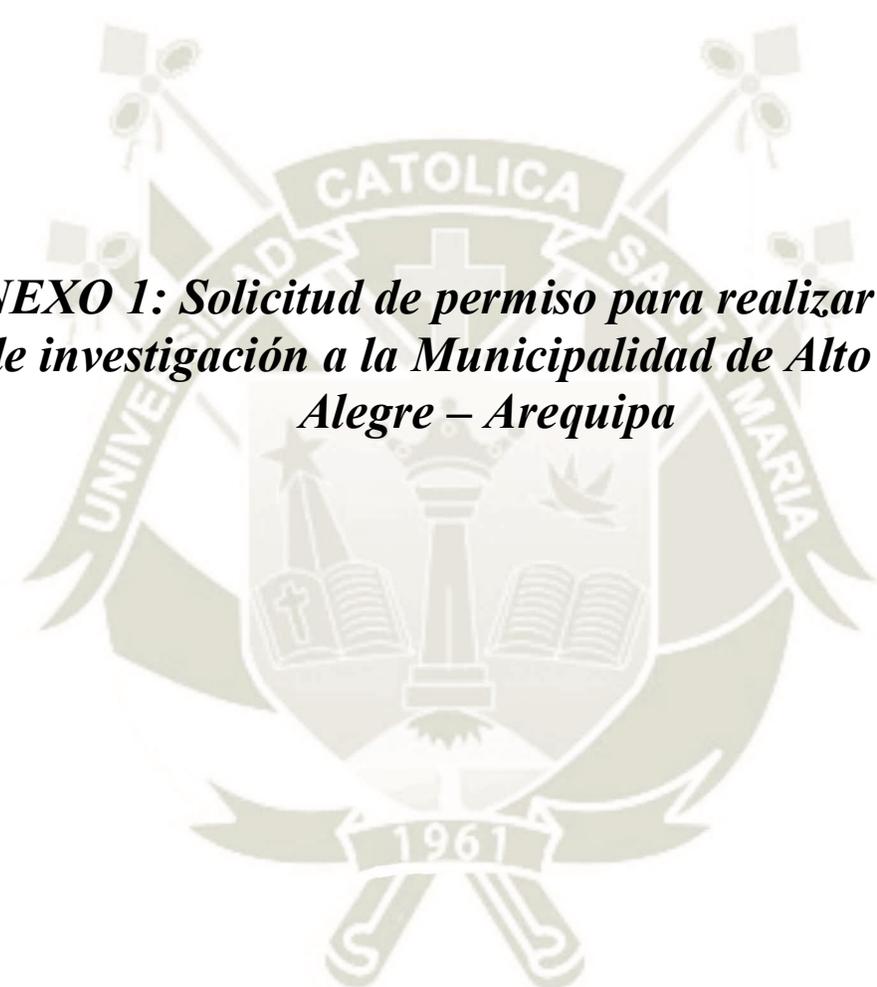
Vélez, N. (2016). Efecto de retenedores de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad cressa salad en la granja experimental Yuyucocha, provincia de Imbabura. Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte. Ibarra – Ecuador. pp. 4- 11

Wallace, G. A. (1986). Control of soil erosion by polymer soil with conditioners. *Soil Sci.* 141, p. 363-367.





## ANEXOS



***ANEXO 1: Solicitud de permiso para realizar trabajo  
de investigación a la Municipalidad de Alto Selva  
Alegre – Arequipa***

SGAV - 14 - 06

Solicito: **Permiso para realizar Trabajo  
De Investigación**

SEÑOR OMAR CANDIA AGUILAR  
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ALTO SELVA ALEGRE

**Atención: Sub-Gerencia de Áreas Verdes**  
Blgo. Anibal Salas



VARGAS DIAZ, Fabián Mauricio, de 22 años de edad, soltero, identificada con DNI 71902644

Reciba un cordial saludo de mi parte y esperando que todas sus actividades se estén desarrollando con éxito, le escribe Fabián Mauricio Vargas Díaz, Bachiller en Ingeniería Ambiental, egresado de la Universidad Católica De Santa María, la presente busca mostrarles mi interés por la conservación de las especies endémicas de la región Arequipa. Actualmente me encuentro realizando mi trabajo de tesis para la obtención del título profesional, y me gustaría poder desarrollar una investigación comparativa entre 2 técnicas de riego, para el manejo sostenible del recurso hídrico en el "PARQUE ECOLOGICO REGIONAL LAS ROCAS DE CHILINA" y el efecto que tienen sobre el desarrollo y supervivencia de 32 plántones de cahuato (*Tecoma arequipensis*), dicha investigación se realizara en la parte alta ubicada al Norte del Parque Ecológico, cercano a la zona donde ya se realizaron actividades de forestación en el año 2016, a cargo de la ONG Arequipa Ciudad Sustentable; para concluir con el presente, solicito a Ud. permiso para realizar trabajo de Investigación en el área del Parque Ecológico Regional "Las rocas de Chilina", agradeceré, se me remita una carta de conformidad.

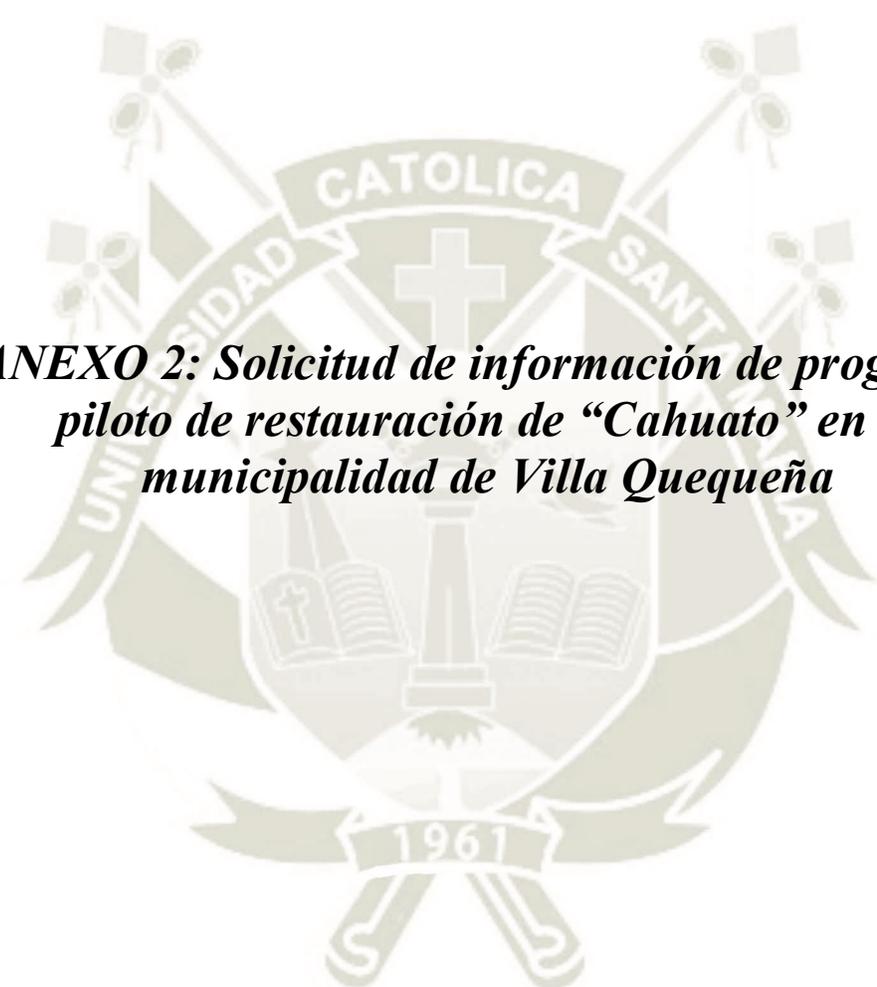
POR LO EXPUESTO:

Espero pronto aportar desde mi posición y conocimientos con el desarrollo de nuestra ciudad, agradeciendo la atención que le brinde a la presente; y sin otro particular, me despido esperando su pronta respuesta.

Arequipa, 2018, Junio 13



Fabián Mauricio Vargas Díaz  
faco4343@gmail.com  
Cel. 958497665



***ANEXO 2: Solicitud de información de programa  
piloto de restauración de “Cahuato” en la  
municipalidad de Villa Quequeña***

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LA VILLA DE QUEQUEÑA	
MESA DE PARTES	
Reg. 1105	
Fecha: 18 JUN 2018	hora: 13:25
Folios: 01	
Firma: [Firma]	

Solicito: Información sobre programa piloto  
de restauración de Cahuato

SEÑORA ESTRELLA PALOMINO RAMOS  
ALCALDESA DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LA VILLA DE QUEQUEÑA

Atención: Sub-Gerencia de Áreas Verdes

VARGAS DIAZ. Fabian Mauricio, de 22 años de edad, soltero, identificada con DNI 71902644

Reciba un cordial saludo de mi parte y esperando que todas sus actividades se estén desarrollando con éxito, les escribe Fabián Mauricio Vargas Díaz, Bachiller en Ingeniería Ambiental, egresado de la Universidad Católica De Santa María, la presente busca mostrarles mi interés por la conservación de las especies endémicas de la región Arequipa. Actualmente me encuentro realizando mi trabajo de tesis para la obtención del título profesional, y me gustaría poder desarrollar una investigación comparativa entre 2 técnicas de riego, para el manejo sostenible del recurso hídrico y el efecto que tienen sobre el desarrollo y supervivencia de plántones de cahuato (*Tecoma arequipensis*); para concluir con la estructura del trabajo de investigación me es necesaria la siguiente información que solicito:

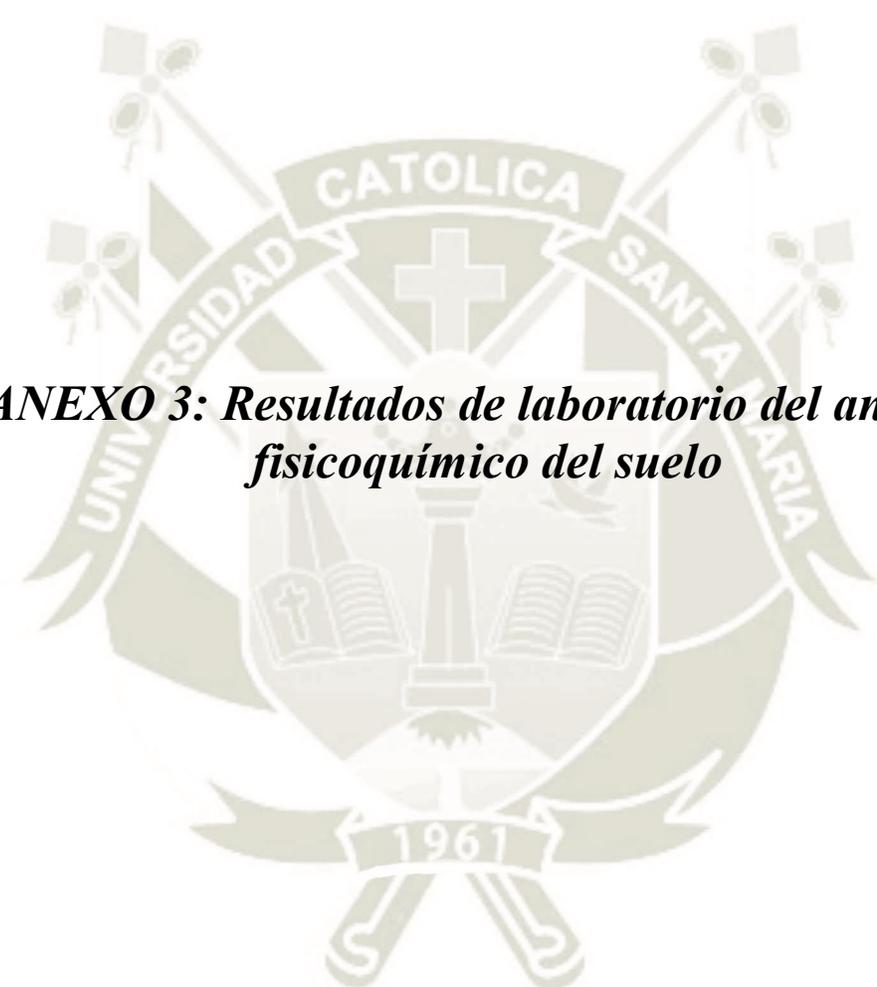
- Actividades públicas que se realizan en el vivero Municipal, así como procedimiento para la adquisición de plántones de cahuato (*Tecoma arequipensis*) que se usaron en su programa de restauración de Cahuato.
- Participación de empresas privadas si se diera el caso, cuáles son estas y cómo aportan con la organización o administración de estos programas de restauración.
- Profesionales encargados de la administración, organización y mantenimiento del Vivero Municipal y del programa de restauración de Cahuato y sus respectivas competencias.
- Áreas con las que cuenta el Vivero Municipal, referentes a administrativas, de servicio y las usadas netamente en el cuidado y producción de cahuato.

POR LO EXPUESTO:

Espero pronto aportar desde mi posición y conocimientos con el desarrollo de nuestra ciudad, agradeciendo la atención que le brinde a la presente; y sin otro particular, me despido esperando su pronta respuesta.

Arequipa, 2018, Junio 18

Fabian Mauricio Vargas Diaz  
faco4343@gmail.com  
Cel. 958497665



***ANEXO 3: Resultados de laboratorio del análisis  
fisicoquímico del suelo***



LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, AGUAS Y SEMILLAS  
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA AREQUIPA - INIA

NOMBRE O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE	DIEGO SONCCO M.
PROCEDENCIA	CHILINA-AREQUIPA
MUESTRA	SUELO

CODIGO DE LABORATORIO	FECHA DE INGRESO	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	LOTE	TIPO DE ANALISIS	Nº DE INFORME
8120	23/08/2018	CHILINA	1	CARACTERIZACION	8078

ANALISIS FISICO

ARENA (%)	Limo (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	AGUA DISPONIBLE (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)
73.2	22.2	4.6	FRANCO ARENOSO	38.0	11.3	7.9	3.4

ANALISIS QUIMICO

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	DEFICIENTE	BAJO	NORMAL	ALTO	EXCESIVO
Materia Organica	%	0.18	█				
Nitrogeno - N	%	0.01	█				
Fosforo - P	ppm	6.55	█				
Potasio - K	ppm	249.98	█				
CO3Ca	%	0.00	█				
			NO SALINO	DEBILMENTE SALINO	MODERAD. SALINO	SALINO	MUY SALINO
C.E.	dS/m extr. 1:2.5	0.14	█				
			ACIDO	MODERAD ACIDO	NEUTRO	MODERAD ALCALINO	ALCALINO
pH	1 X 1R 1:2.5	6.97	█				
BOD50	mg/kg						

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO CIC (meq/100gr de suelo)

Calcio(Ca)	Magnesio(Mg)	Sodio(Na)	Potasio(k)	CIC	Suma de Bases	PSI	Interpretacion CIC
6.400	0.800	0.148	0.487	7.835	7.835	1.889	Bajo

CULTIVO	TIPO DE SUELO REQUERIDO	INTERPRETACION
		Es un suelo de textura moderadamente gruesa, deficiente en retencion de humedad, buena capacidad de aireacion del suelo; para mejorar la calidad de suelo agricola incorporar materia organica de acuerdo al cultivo a instalar.

ANALISIS QUIMICO : INTERPRETACIONES

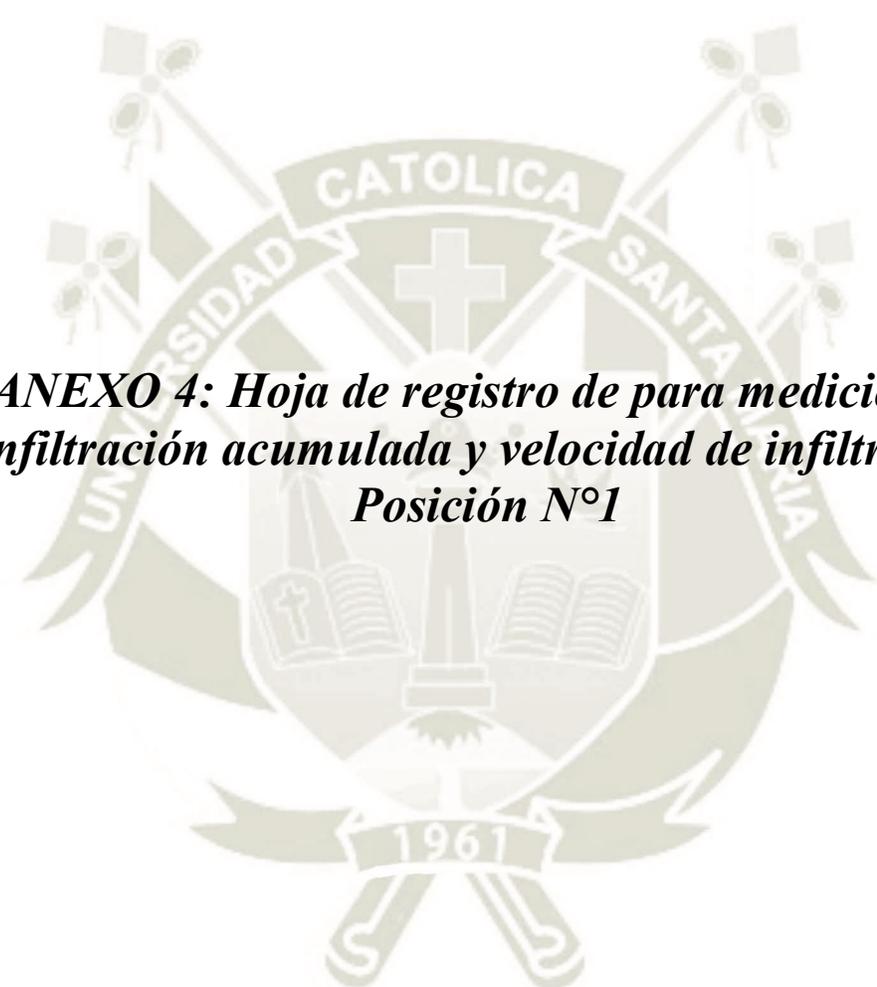
CULTIVO	VALORES OPTIMOS	INTERPRETACION
		Es un suelo con reaccion neutro en pH, no salino en conductividad electrica, deficiente en contenido de materia organica y nitrogeno, bajo en concentracion de fosforo y alto en potasio respectivamente; para hacer la recomendacion de nutrientes considerar los fertilizantes en base de calcio de acuerdo a los resultados de analisis, con respecto a la capacidad de intercambio cationico CIC (la interpretacion es Bajo)

MINISTERIO DE AGRICULTURA  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION  
ENC. LABORATORIO DE SUELOS Y SUELOS  
EE. AREQUIPA - INIA

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA  
Ing. Msc. VALERIANO JUAN SACACHIPANA  
DIRECTOR  
EEA AREQUIPA

Calle Saco Olivares 402 Cerro Juli  
José Luis Bustamante y Rivero - Arequipa  
T: (054) 421338  
www.inia.gob.pe  
www.minagri.gob.pe

Trabajando para todos los peruanos



***ANEXO 4: Hoja de registro de para medición de  
infiltración acumulada y velocidad de infiltración  
Posición N°1***

**HOJA DE REGISTRO PARA MEDICION DE INFILTRACION ACUMULADA Y VELOCIDAD DE INFILTRACION**

Posición N°: 1

Lugar: Parque Ecológico Alto Selva Alegre

Fecha: 11-11-2018

Lectura N°	Hora	Intervalo de medición (min.)	Tiempo acumulado (min.)	Lecturas parciales (cm)	Infiltración parcial (cm)	Infiltración acumulada (cm)	Velocidad de infiltración promedio (cm./hora)
1	8.13	0	0	20.6	0	0.0	0.00
2	8.14	1	1	19.8	0.8	0.8	12.0
3	8.15	1	2	19.4	0.4	1.2	36.0
4	8.16	1	3	19.0	0.4	1.6	32.0
5	8.17	1	4	18.5	0.5	2.1	31.5
6	8.18	1	5	17.9	0.6	2.7	32.4
7	8.23	5	10	15.7	2.2	4.9	29.4
8	8.28	5	15	13.7	2.0	6.9	27.6
9	8.33	5	20	12.5/22.8	1.2	8.1	24.0
10	8.38	5	25	20.9	1.9	10.0	24.0
11	8.43	5	30	19.2	1.7	11.7	23.4
12	8.53	10	40	15.8	3.4	15.1	22.6
13	9.03	10	50	12.7/22.8	3.1	18.2	21.8
14	9.13	10	60	19.7	3.1	21.3	21.3
15	9.28	15	75	14.2	5.5	26.8	21.4
16	9.43	15	90	10.5/21.8	3.7	30.5	20.3
17	9.58	15	105	13.3	8.5	39.0	22.3
18	10.13	15	120	9.4/23.8	3.9	42.9	21.5
19	10.43	30	150	12.1/17.1	11.7	54.6	21.8
20	11.13	30	180	8.8	8.3	62.9	20.97

Promedio de infiltración 26.0 cm./ hora

Que a los 25 minutos se ha infiltrado 10.0 cm. que equivale a 100 lt / m<sup>2</sup> o a 1000 m<sup>3</sup> / Ha.

PROMEDIO.

1. 1ra hora inicio 26.0 cm.
2. 2da hora 21.38 cm.
3. 3ra hora 21.39 cm



***ANEXO 5: Hoja de registro de para medición de  
infiltración acumulada y velocidad de infiltración  
Posición N°2***

**HOJA DE REGISTRO PARA MEDICION DE INFILTRACION ACUMULADA Y VELOCIDAD DE INFILTRACION**

Posición N°: 2

Lugar: Parque Ecológico Alto Selva Alegre

Fecha: 11-11-2018

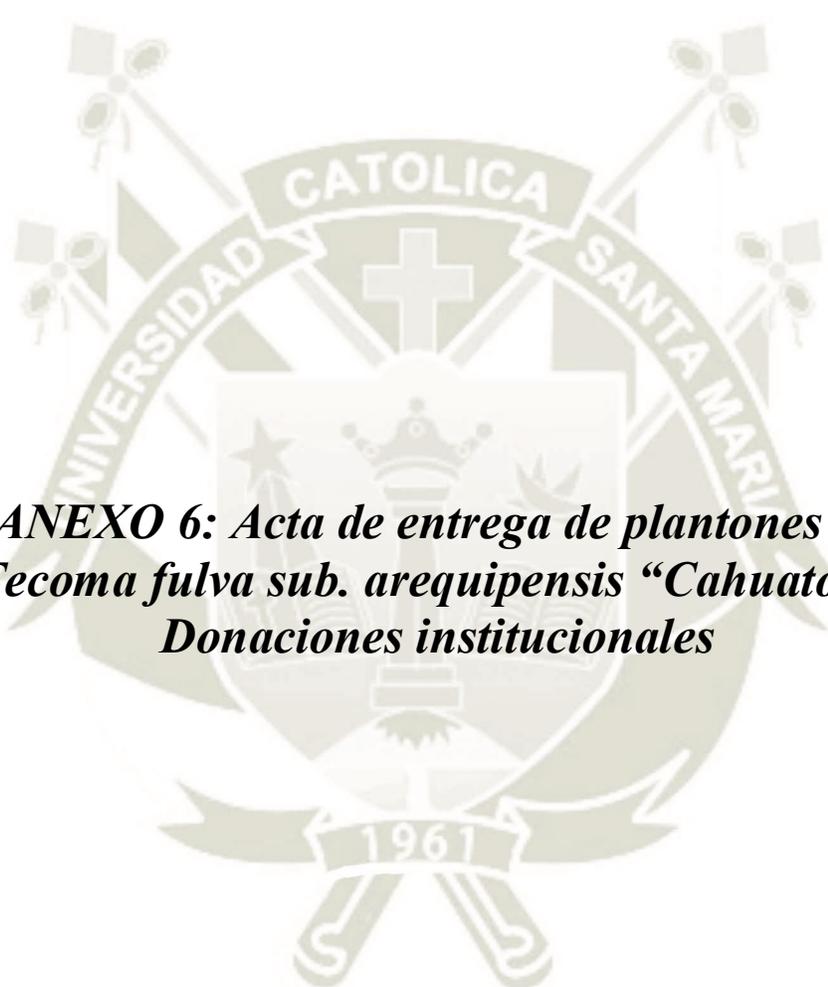
Lectura N°	Hora	Intervalo de medición (min.)	Tiempo acumulado (min.)	Lecturas parciales (cm)	Infiltración parcial (cm)	Infiltración acumulada (cm)	Velocidad de infiltración promedio (cm./hora)
1	8.25	0	0	20.9	0	0.0	0.00
2	8.26	1	1	19.7	1.2	1.2	72.0
3	8.27	1	2	19.4	0.3	1.5	45.0
4	8.28	1	3	18.5	0.9	2.4	48.0
5	8.29	1	4	18.2	0.3	2.7	40.5
6	8.30	1	5	17.9	0.3	3.0	36.0
7	8.35	5	10	16.6	1.3	4.3	25.8
8	8.40	5	15	11.5	5.1	9.4	38.8
9	8.45	5	20	14.6	3.1	12.5	37.5
10	8.50	5	25	13.4	1.2	13.7	32.9
11	8.55	5	30	12.9/23.5	0.5	14.2	28.4
12	9.05	10	40	21.3	2.2	16.4	24.6
13	9.15	10	50	18.9	2.4	18.8	22.6
14	9.25	10	60	17.0	1.9	20.7	20.6
15	9.40	15	75	14.7	2.3	23.0	18.4
16	9.55	15	90	11.7/22.5	3.0	26.0	17.33
17	10.10	15	105	15.9	6.6	32.6	18.62
18	10.25	15	120	13.7/18.4	2.2	34.8	17.4
19	10.55	30	150	12.2/17.7	6.2	41.0	16.4
20	11.25	30	180	12.7	5.0	46.0	15.33

Promedio de infiltración 36.32cm/ hora

Que a los 25 minutos se ha infiltrado 32.9.cm. que equivale a 329.0 lt / m<sup>2</sup> o a 3290 m<sup>3</sup> / Ha.

PROMEDIO.

1. 1ra hora inicio 36.36 cm.
2. 2da hora 17.94 cm.
3. 3ra hora 15.86 cm.



***ANEXO 6: Acta de entrega de plántones de  
Tecoma fulva sub. arequipensis “Cahuato” –  
Donaciones institucionales***



Cerro Verde

**ACTA/CONSTANCIA DE ENTREGA DE PLANTONES  
DONACIONES INSTITUCIONALES**

Pág. 1 de 1

AREA RESPONSABLE	SUPERINTENDENCIA DE RELACIONES COMUNITARIAS
FUNCIONARIO	EDWIN BUSTAMANTE SALAS
FECHA Y HORA	miércoles, 27 de junio de 2018 11:13:32 a.m.

**MOTIVO, PROPÓSITO, CAMPAÑA**

PROGRAMA	FORESTACION PARTICIPATIVA PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA
----------	--

**DATOS DEL RECEPTOR**

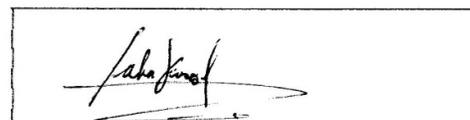
RAZÓN SOCIAL	UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
RUC	---
DOMICILIO	URB SAN JOSE S/N UMACOLLO

FRUTALES		O FORESTALES		32
Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción	
		32	CAHUATO	

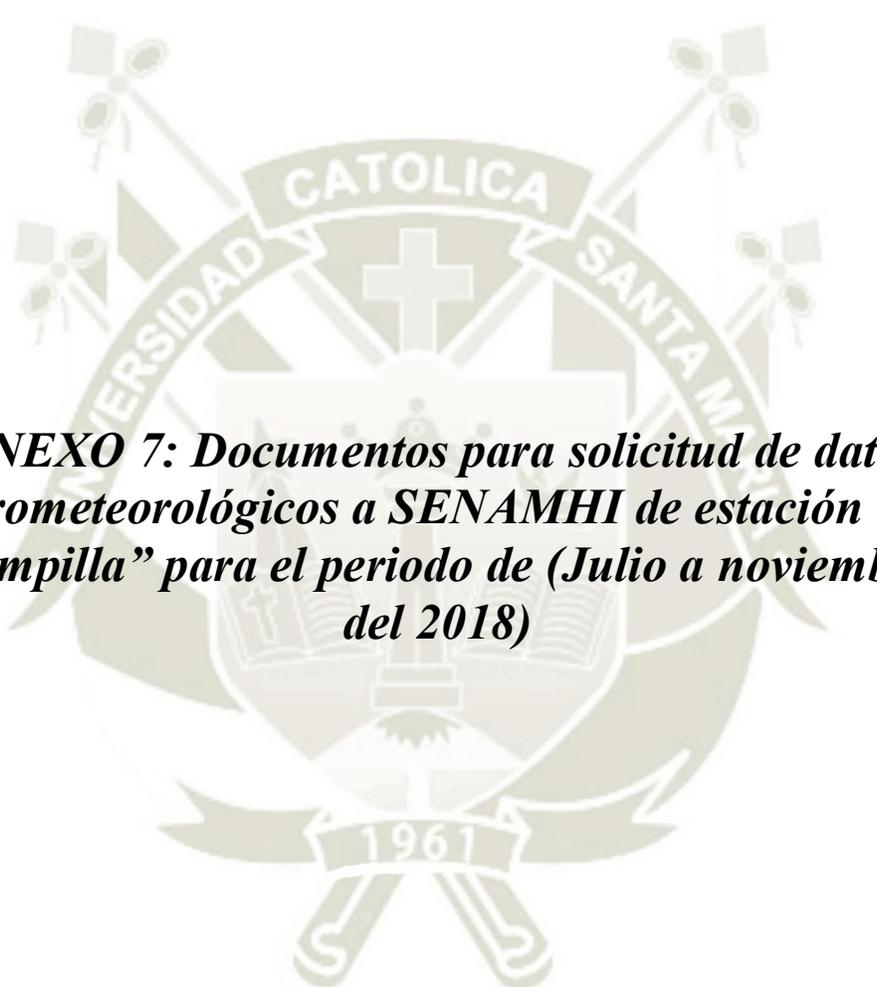
TOTAL PLANTONES	32
CÓDIGO	440U18
ENTREGADO POR	MARIA MARISOL CABRERA TACO



FIRMA  
FUNCIONARIO DE SMCV



FIRMA Y SELLO  
FABIAN MAURICIO VARGAS DIAZ  
BACHILLER EN INGENIERIA AMBIENTAL  
71902644



***ANEXO 7: Documentos para solicitud de datos hidrometeorológicos a SENAMHI de estación “La Pampilla” para el periodo de (Julio a noviembre del 2018)***



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ucsm@ucsm.edu.pe 🌐http://www.ucsm.edu.pe Apartado:1350

AREQUIPA - PERÚ

**"IN SCIENTIA ET FIDE ERIT FORTITUDO NOSTRA"**  
(En la Ciencia y en la Fe está nuestra Fortaleza)

Arequipa, 11 de diciembre del 2018

**CARTA N° 085-EPIA-2018**

Señor M. Sc. Blgo.  
**GUILLERMO GUTIÉRREZ PACO**  
Director Zonal 6 - SENAMHI  
Presente.-

De mi especial consideración:

Tengo a bien dirigirle el presente para llevarle el saludo Institucional de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, y en especial de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, y a la vez presentarle al señor bachiller:

**DIEGO FRANCO SONCCO MOSCOSO**

El mencionado, se encuentra desarrollando el plan de tesis titulado: **"EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO SOLAR Y EL USO DE HIDROGEL HIDRATADO EN LA SUPERVIVENCIA DE TECOMA FULVA SUB AREQUIPENSIS "CAHUATO" EN EL PARQUE ECOLÓGICO REGIONAL LAS ROCAS DE CHILINA - AREQUIPA 2018"**.

Además, solicitan recopilar información de datos hidrometeorológicos.

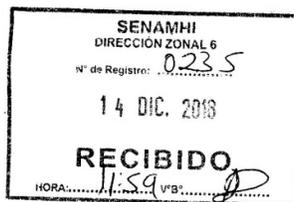
Por la atención que le merezca la presente y por las facilidades que brinde a nuestro señor bachiller para el cumplimiento de su cometido, desde ya, le manifiesto mi agradecimiento.

Concedora de su amplio espíritu de colaboración, hago propicia la ocasión para reiterar los sentimientos de mi mayor consideración y deferencia personal.

Atentamente.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
*Guillermo*  
Ing. MIGUEL SUAREZ GUILLEN MALAGA  
DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA AMBIENTAL

MGM/DEPIA  
C.c. Arch.  
C.v.



**ANEXO 02: FORMATO DE SOLICITUD ESTUDIANTES/ TESISTAS - DIRECCIÓN ZONAL**

Señor Guillermo Gutiérrez Paco

DIRECTOR ZONAL 6 DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ - SENAMHI

Presente.-

Yo, Diego Franco Soncco Moscoso, con domicilio en Calle Piura 109 Cerro Colorado, con DNI N° 72220664, Teléfono 941040240, Email Soncco.diego@gmail.com, de la Universidad Católica de Santa María, bachiller en Ingeniería Ambiental.

Ante usted me presento y expongo;

Que, me encuentro realizando el proyecto de investigación denominado: "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO SOLAR Y EL USO DE HIDROGEL HIDRATADO EN LA SUPERVIVENCIA DE *Tecoma fulva sub. arequipensis* "CAHUATO" EN EL PARQUE ECOLÓGICO REGIONAL LAS ROCAS DE CHILINA – AREQUIPA 2018" para obtener el grado de Ingeniero Ambiental. Por lo que es necesario para poder desarrollar mi investigación con éxito contar con información hidrometeorológica proporcionada por el servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú – SENAMHI.

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN/ZONA	PARAMETROS	PERIODOS
La Pampilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura Máxima</li> <li>- Temperatura Mínima</li> <li>- Temperatura Promedio</li> <li>- Radiación UV</li> <li>- Precipitación</li> <li>- Humedad %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Julio 2018</li> <li>- Agosto 2018</li> <li>- Septiembre 2018</li> <li>- Octubre 2018</li> <li>- Noviembre 2018</li> <li>(Desde Julio hasta Noviembre del 2018).</li> </ul>

La información solicitada deberá ser remitida al correo electrónico: Soncco.diego@gmail.com

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

13 de Diciembre del 2018

Firma del Usuario

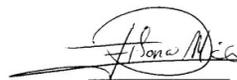
**ANEXO 03: FORMATO DE DECLARACIÓN JURADA DECLARACIÓN JURADA**

Yo, Diego Franco Soncco Moscoso identificado con DNI N° 72220664, con domicilio en Calle Piura 109 en el Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

**DECLARO BAJO JURAMENTO, QUE**

La información hidrometeorológica proporcionada por SENAMHI, será de uso exclusivo de mi tesis titulada "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO SOLAR Y EL USO DE HIDROGEL HIDRATADO EN LA SUPERVIVENCIA DE *Tecoma fulva sub. arequipensis* "CAHUATO" EN EL PARQUE ECOLÓGICO REGIONAL LAS ROCAS DE CHILINA – AREQUIPA 2018" de la Universidad Católica de Santa María.

13 de Diciembre del 2018



Firma del Usuario

**ANEXO 04: FORMATO DE CARTA DE COMPROMISO CARTA DE COMPROMISO**

Yo, Diego Franco Soncco Moscoso identificado con DNI N° 72220664, con domicilio en Calle Piura 109 en el Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa, Bachiller en Ingeniería Ambiental, me comprometo a cumplir con lo siguiente:

Entrega de un (01) ejemplar de mi trabajo de Tesis a la Biblioteca del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, al término y debida sustentación del mismo.

13 de Diciembre del 2018



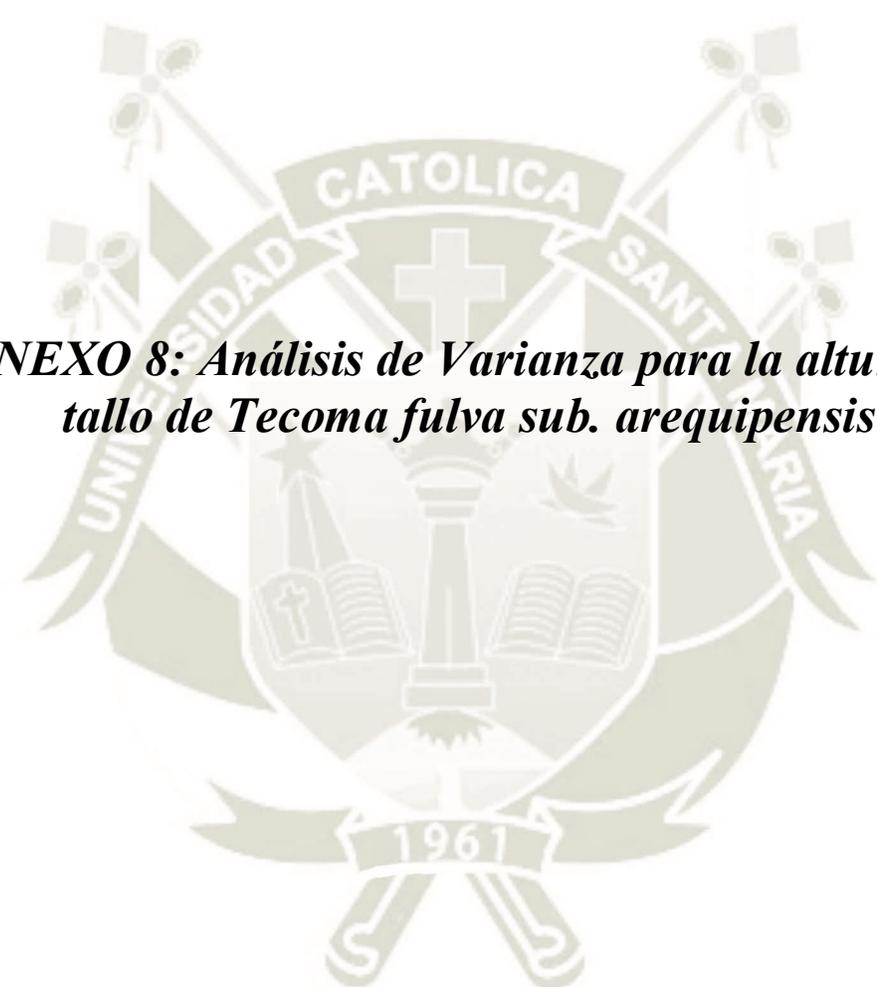
Firma del Usuario

**Resumen del proyecto: “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO SOLAR Y EL USO DE HIDROGEL HIDRATADO EN LA SUPERVIVENCIA DE *Tecoma fulva sub. arequipensis* “CAHUATO” EN EL PARQUE ECOLÓGICO REGIONAL LAS ROCAS DE CHILINA – AREQUIPA 2018”**

El presente trabajo se realizó en el parque ecológico regional “Las rocas de Chilina” ubicado en el distrito de Alto Selva Alegre en la ciudad de Arequipa, la cual posee características únicas del ecosistema de matorral desértico, el cual está afrontando una serie de impactos negativos causados por el cambio climático y las actividades antropogénicas en la ciudad, de tal forma que están siendo condicionadas muchas especies animales y vegetales, llevándolas a estados de vulnerabilidad en vías de una posible extinción.

La investigación consiste en encontrar la tecnología de riego y de manejo del recurso hídrico que se adapte a las condiciones ambientales del lugar, acondicionando el lugar para el correcto desarrollo del “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis* y de esta forma asegurar su supervivencia a lo largo del tiempo, y se inició la investigación en esta planta endémica de nuestra región Arequipa.

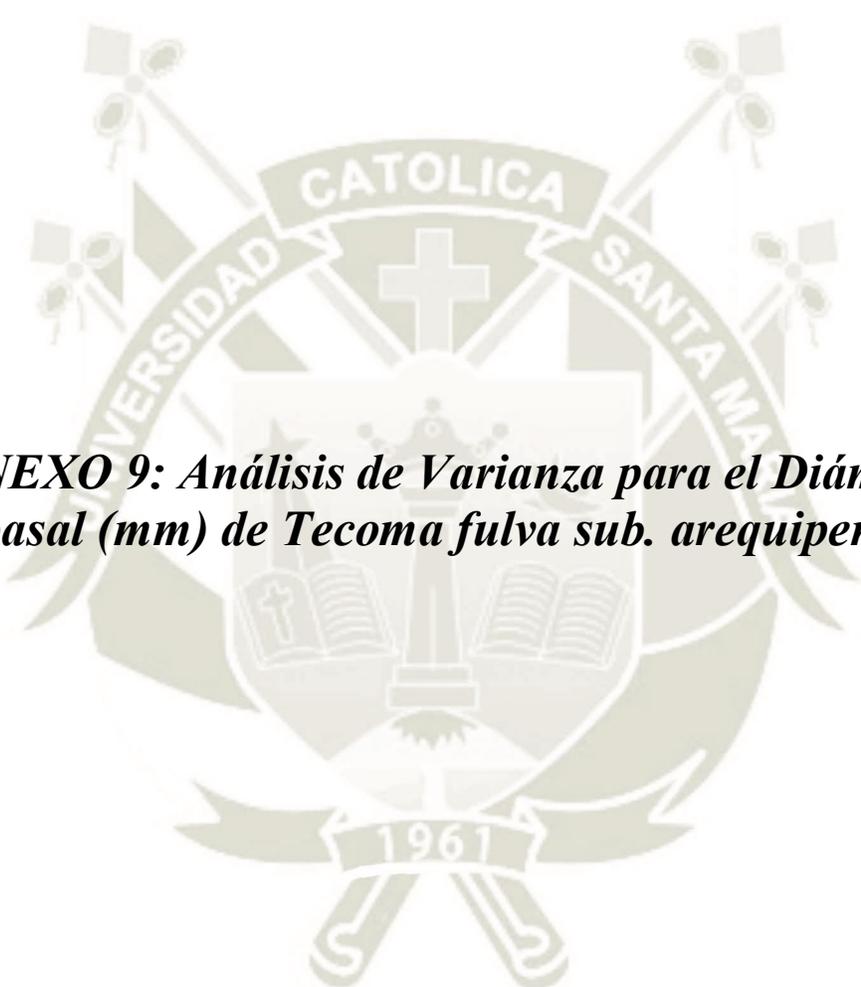
Para lograr el inicio de la conservación de este arbusto se evaluó 2 tratamientos en un periodo de 5 meses (Julio-Noviembre), para ver cuál es el que se adapta de mejor forma y que permita trabajar la conservación de la especie, los resultados serán analizados profundamente junto a la caracterización morfológica de cada unidad experimental y las condiciones hidrometeorológicas presentadas en la ciudad de Arequipa, por ello se planteó un esquema experimental que nos permita realizar todo lo requerido.



***ANEXO 8: Análisis de Varianza para la altura de tallo de *Tecoma fulva sub. arequipensis****

**Análisis de Varianza para la altura de tallo de *Tecoma fulva sub. arequipensis***

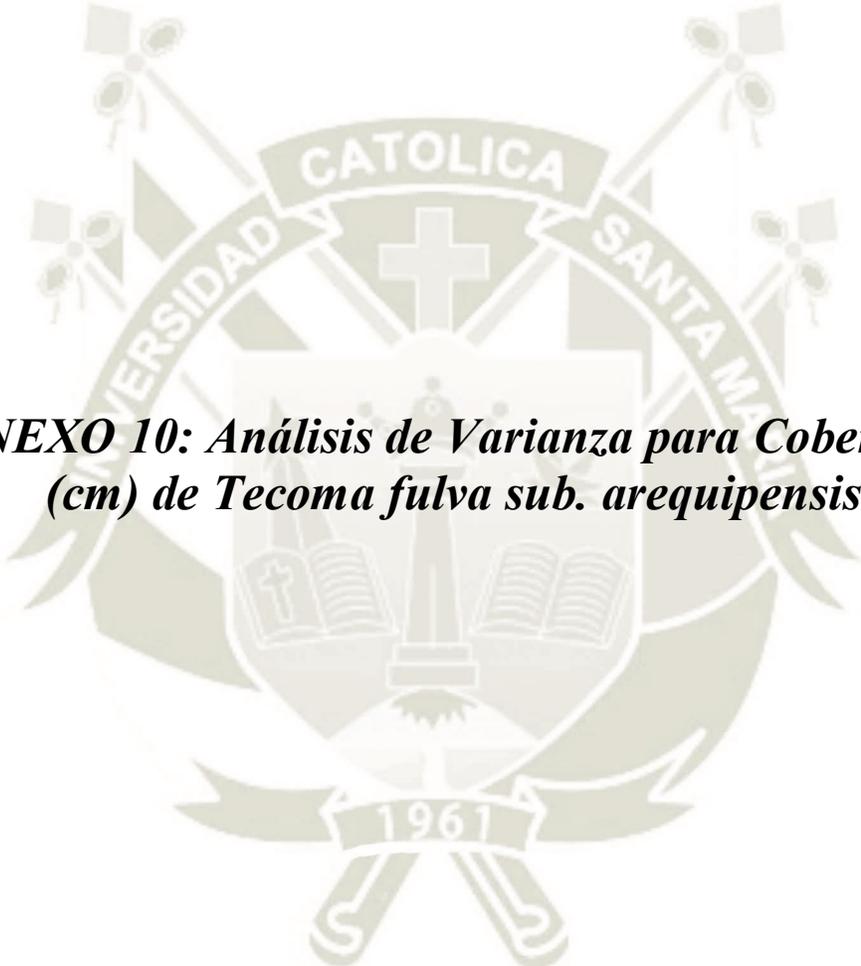
<b>PARAMETRO</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>TIPO DE RIEGO</b>	127.56	2	63.78	9.327	0.001007 *
<b>VOLUMEN DE RIEGO</b>	256.77	1	256.77	37.551	0.000002 *
<b>TIPO DE RIEGO*VOLUMEN</b>	42.06	2	21.03	3.076	0.064689
<b>ERROR</b>	164.11	24	6.84		



***ANEXO 9: Análisis de Varianza para el Diámetro basal (mm) de Tecoma fulva sub. arequipensis***

**Análisis de Varianza para el Diámetro basal (mm) de *Tecoma fulva sub. arequipensis***

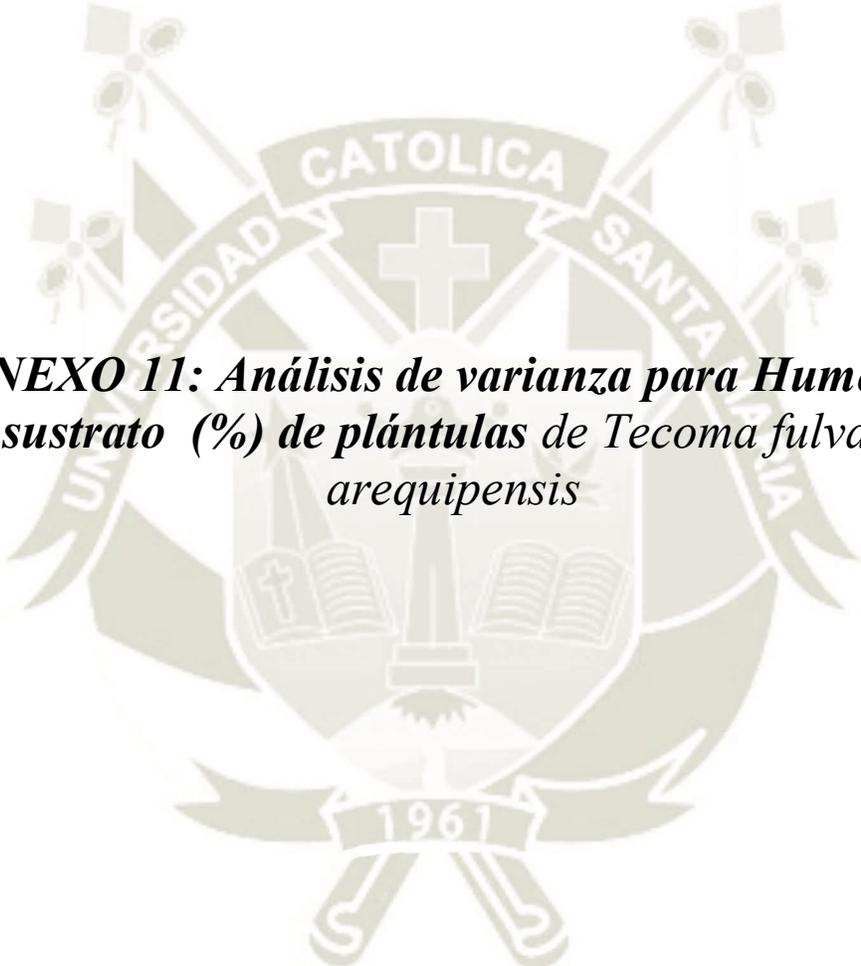
<b>PARAMETRO</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>TIPO DE RIEGO</b>	<b>1.11</b>	<b>2</b>	<b>0.555</b>	<b>0.382</b>	<b>0.686433</b>
<b>VOLUMEN DE RIEGO</b>	<b>1.633</b>	<b>1</b>	<b>1.633</b>	<b>1.125</b>	<b>0.299477</b>
<b>TIPO DE RIEGO*VOLUMEN</b>	<b>1.072</b>	<b>2</b>	<b>0.536</b>	<b>0.369</b>	<b>0.695197</b>
<b>ERROR</b>	<b>34.855</b>	<b>24</b>	<b>1.452</b>		



***ANEXO 10: Análisis de Varianza para Cobertura  
(cm) de *Tecoma fulva* sub. *arequipensis****

**Análisis de Varianza para Cobertura (cm) de *Tecoma fulva sub. arequipensis***

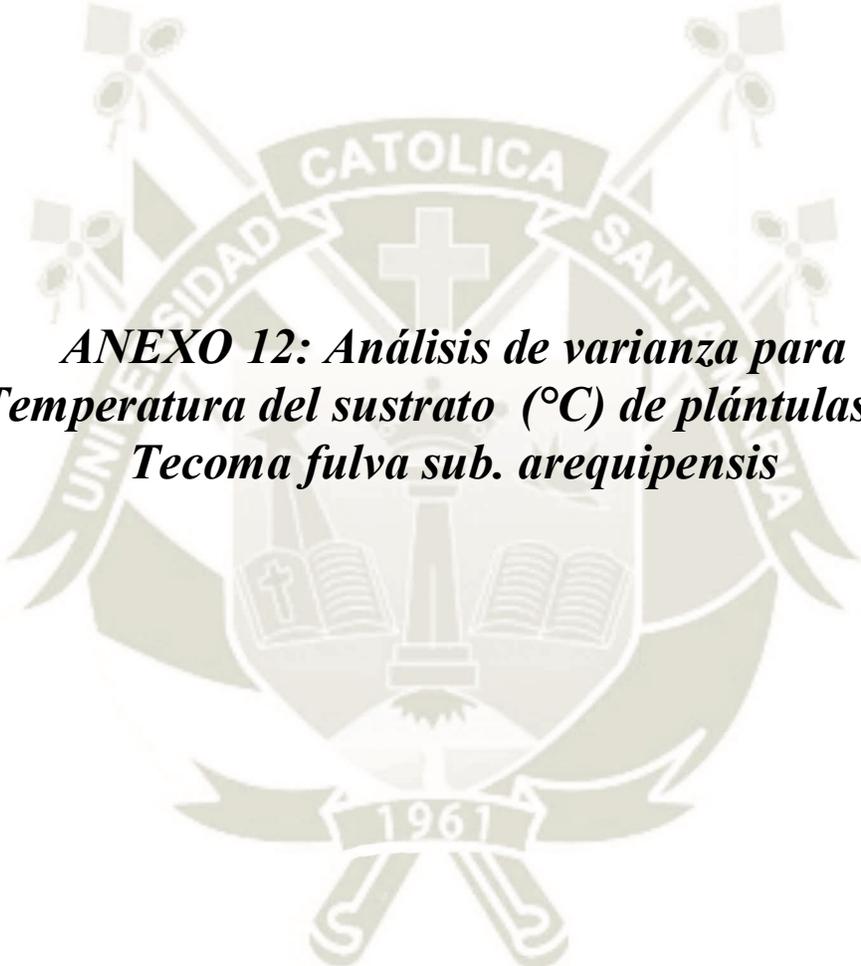
<b>PARAMETRO</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>TIPO DE RIEGO</b>	5.943	2	2.972	1.682	0.207216
<b>VOLUMEN DE RIEGO</b>	0.112	1	0.112	0.063	0.803326
<b>TIPO DE RIEGO*VOLUMEN</b>	2.271	2	1.135	0.643	0.534704
<b>ERROR</b>	42.403	24	1.767		



***ANEXO 11: Análisis de varianza para Humedad  
de sustrato (%) de plántulas de *Tecoma fulva* sub.  
*arequipensis****

**Análisis de varianza para Humedad de sustrato (%) de plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis***

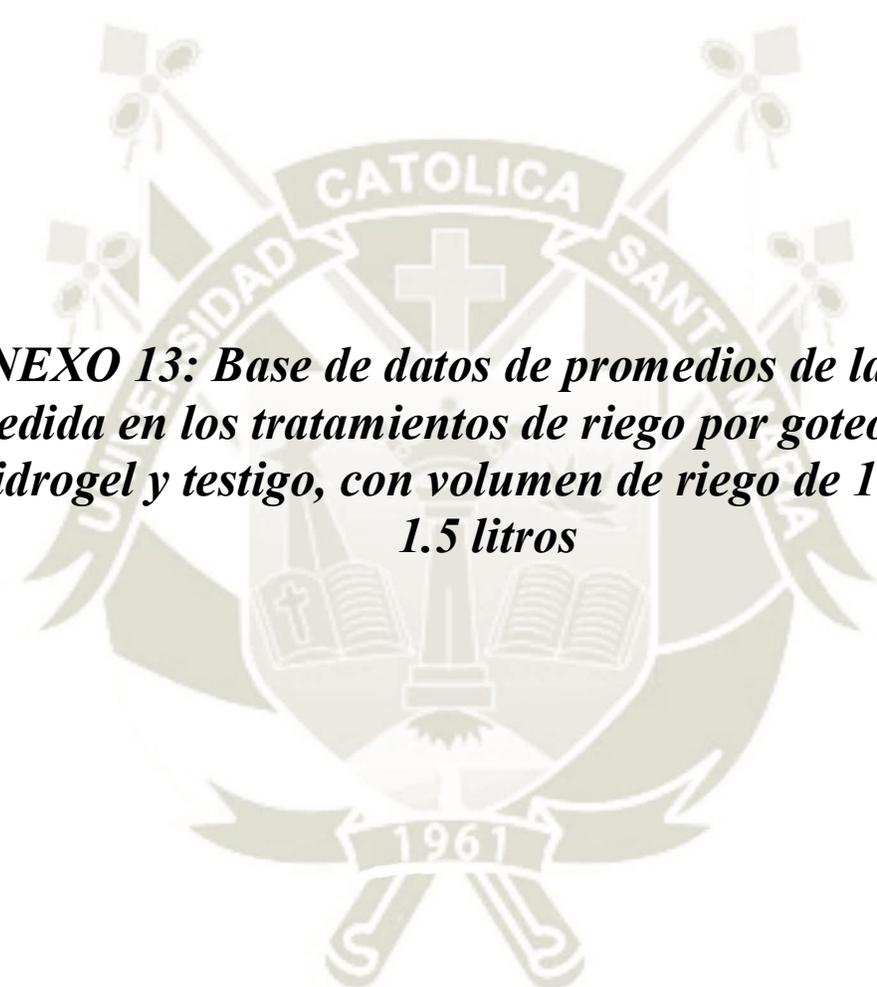
PARAMETRO	SC	GL	CM	F	P
<b>TIPO DE RIEGO</b>	45.55	2	22.78	21.5	0 *
<b>VOLUMEN DE RIEGO</b>	2.41	1	2.41	2.28	0.138906
<b>TIPO DE RIEGO*VOLUMEN</b>	15.47	2	7.74	7.3	0.0019*
<b>ERROR</b>	44.5	42	1.06		



***ANEXO 12: Análisis de varianza para  
Temperatura del sustrato (°C) de plántulas de  
Tecoma fulva sub. arequipensis***

**Análisis de varianza para Temperatura del sustrato (°C) de plántulas de *Tecoma fulva sub. arequipensis***

<b>PARAMETRO</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>TIPO DE RIEGO</b>	122.13	2	61.07	17.3	0.000003 *
<b>VOLUMEN DE RIEGO</b>	11.51	1	11.51	3.26	0.078203
<b>TIPO DE RIEGO*VOLUMEN</b>	9.21	2	4.61	1.3	0.282029
<b>ERROR</b>	148.27	42	3.53		



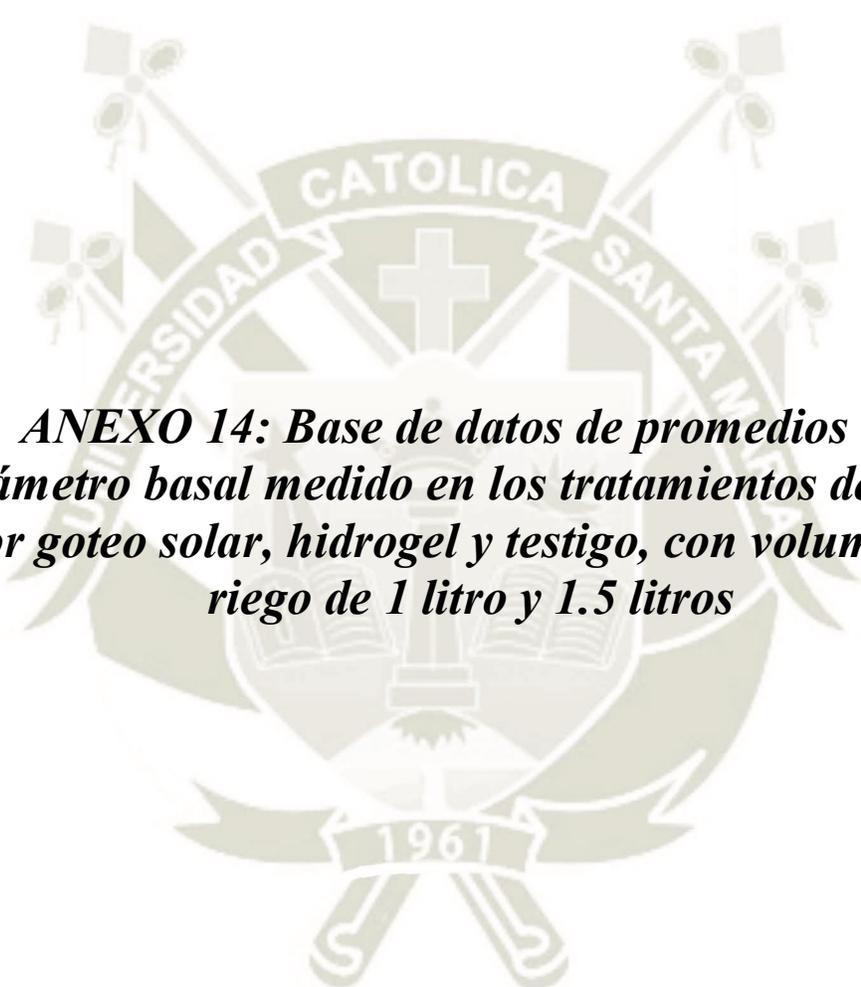
***ANEXO 13: Base de datos de promedios de la altura  
medida en los tratamientos de riego por goteo solar,  
hidrogel y testigo, con volumen de riego de 1 litro y  
1.5 litros***

Volumen de 1 litro

Trat.	Mediciones Semanal de Altura cm																			
	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4
<b>Testigo</b>	40.5	41.5	41.9	42.3	42.6	42.9	43.2	43.5	44.1	44.8	45.8	46.0	46.3	46.8	47.0	47.1	47.3	47.4	47.6	47.9
<b>Solar</b>	31.8	32.4	32.7	33.4	33.8	35.1	35.9	36.0	37.5	38.1	38.4	38.5	39.1	39.3	40.0	40.4	40.6	41.3	41.3	41.8
<b>Hidrogel</b>	36.9	37.1	37.3	37.5	37.8	37.9	38.0	38.7	38.9	40.1	40.6	41.0	42.7	43.9	44.6	44.8	45.2	45.8	46.0	46.4

Volumen de 1.5 litros

Trat.	Mediciones Semanal de Altura cm																			
	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4	s. 1	s. 2	s. 3	s. 4
<b>Testigo</b>	33.1	33.5	33.7	34.0	34.3	34.5	34.6	34.6	34.8	35.3	35.9	36.0	36.7	36.8	37.0	37.2	38.0	38.6	38.8	39.0
<b>Solar</b>	29.9	30.5	31.0	31.1	31.4	32.5	32.8	33.2	34.0	34.4	34.0	34.4	34.7	34.9	34.9	35.0	34.7	34.9	35.0	35.3
<b>Hidrogel</b>	31.8	35.1	35.6	35.8	36.0	36.2	36.3	36.3	36.8	37.3	37.3	37.6	38.0	38.2	38.3	38.5	38.8	39.2	39.3	39.4



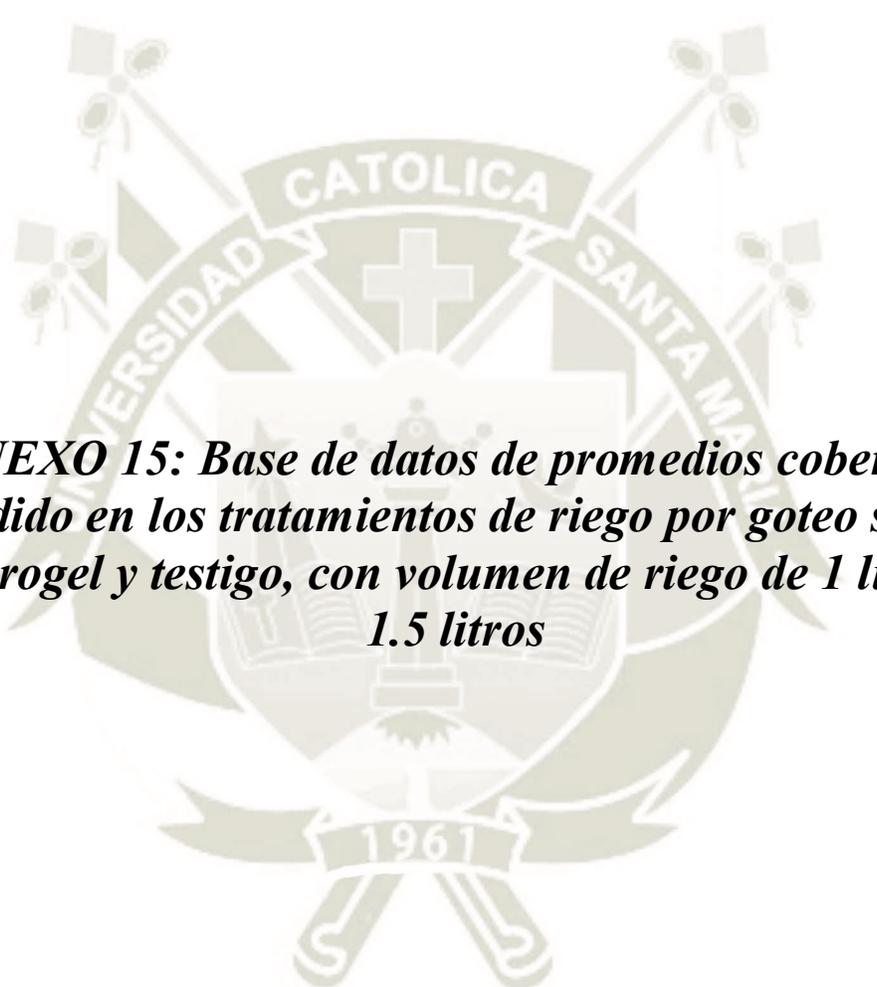
***ANEXO 14: Base de datos de promedios del  
diámetro basal medido en los tratamientos de riego  
por goteo solar, hidrogel y testigo, con volumen de  
riego de 1 litro y 1.5 litros***

Volumen de 1 litro

Trat.	Mediciones Semanal de diametro basal mm																			
	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4
<b>Testigo</b>	6.6	7.0	7.5	7.8	8.0	8.4	8.5	8.6	8.8	9.0	9.1	9.2	9.4	9.5	9.6	9.7	9.9	10.0	10.1	10.2
<b>Solar</b>	6.0	6.1	6.3	6.4	7.0	7.3	7.7	8.3	8.6	8.6	9.2	9.5	9.6	9.9	10.0	10.3	10.3	10.5	10.6	10.7
<b>Hidrogel</b>	6.6	6.7	7.1	7.2	8.0	7.9	8.0	8.0	8.6	8.3	9.0	9.2	9.5	9.8	9.9	10.0	10.2	10.4	10.6	10.7

Volumen de 1.5 litros

Trat.	Mediciones Semanal de diametro basal mm																			
	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4
<b>Testigo</b>	7.2	7.4	8.3	8.6	8.9	9.1	9.3	9.3	9.4	9.2	9.6	9.8	9.9	10.0	10.1	10.3	10.4	10.5	10.7	10.8
<b>Solar</b>	6.3	6.5	7.4	7.5	7.7	7.9	8.3	8.4	8.8	8.9	9.0	9.0	9.2	9.3	9.6	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2
<b>Hidrogel</b>	6.2	7.2	8.1	8.5	8.8	8.9	9.2	9.2	9.3	9.5	9.8	9.9	10.0	10.1	10.3	10.5	10.6	10.7	10.9	11.0



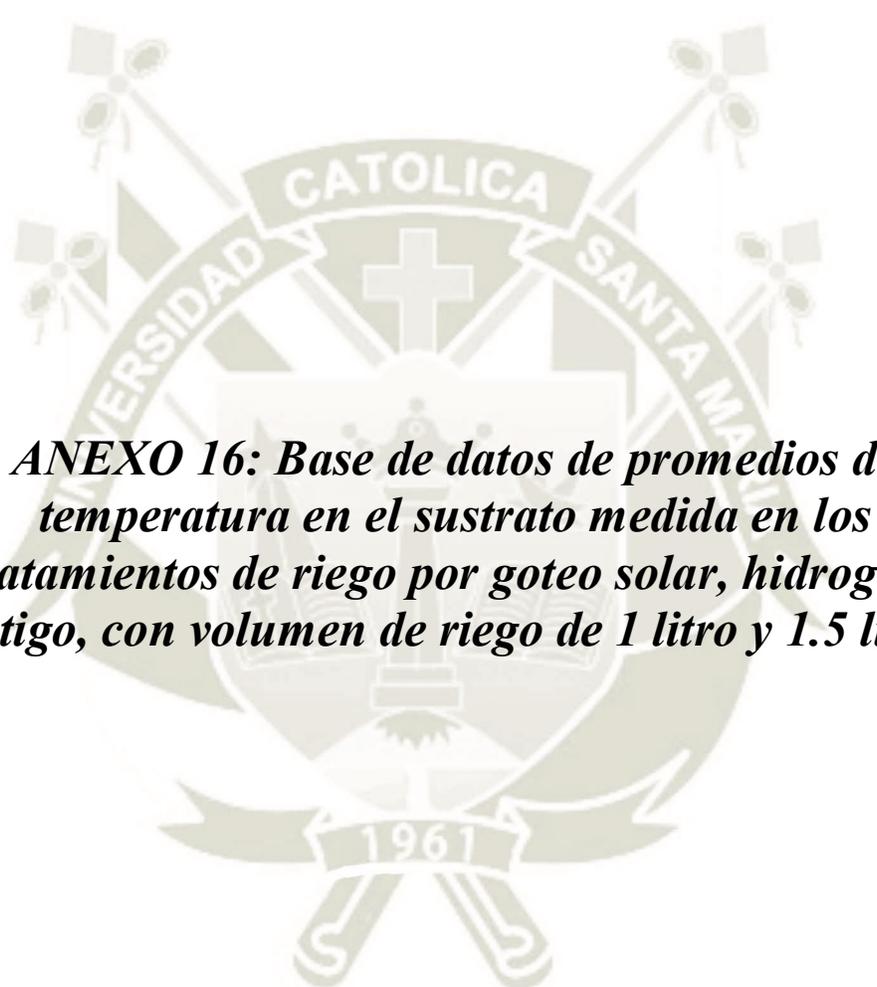
***ANEXO 15: Base de datos de promedios cobertura  
medido en los tratamientos de riego por goteo solar,  
hidrogel y testigo, con volumen de riego de 1 litro y  
1.5 litros***

**Volumen de 1 litro**

<b>Mediciones Semanal de Cobertura cm</b>																			
<b>Julio</b>				<b>Agosto</b>				<b>Septiembre</b>				<b>Octubre</b>				<b>Noviembre</b>			
sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4
14.3	11.4	10.3	12.2	10.0	11.3	12.1	10.6	11.0	9.6	10.5	10.6	9.5	9.6	10.3	9.2	10.6	10.9	8.9	10.5
13.8	10.1	11.5	12.1	11.7	10.4	10.9	11.2	9.6	9.1	9.6	10.0	9.2	9.4	9.9	9.8	10.5	10.1	10.0	12.6
9.9	8.9	9.5	9.9	9.2	8.3	9.1	8.5	8.7	9.3	9.4	10.1	9.1	9.2	9.3	9.0	8.8	9.9	9.9	10.1

**Volumen de 1.5 litros**

<b>Mediciones Semanal de Cobertura cm</b>																			
<b>Julio</b>				<b>Agosto</b>				<b>Septiembre</b>				<b>Octubre</b>				<b>Noviembre</b>			
sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4
11.2	13.0	12.0	13.0	10.0	10.1	10.4	11.0	7.6	9.9	10.7	9.8	10.1	9.4	10.5	9.8	10.0	9.5	9.8	10.9
21.1	13.8	12.3	13.9	11.4	11.4	11.6	10.5	9.1	10.8	8.6	9.7	9.2	9.3	8.5	9.0	9.3	8.9	9.4	9.6
11.7	12.0	12.2	11.9	10.3	10.7	10.7	11.3	8.5	10.8	9.6	8.8	9.1	9.1	9.0	9.1	9.2	9.1	9.0	10.0



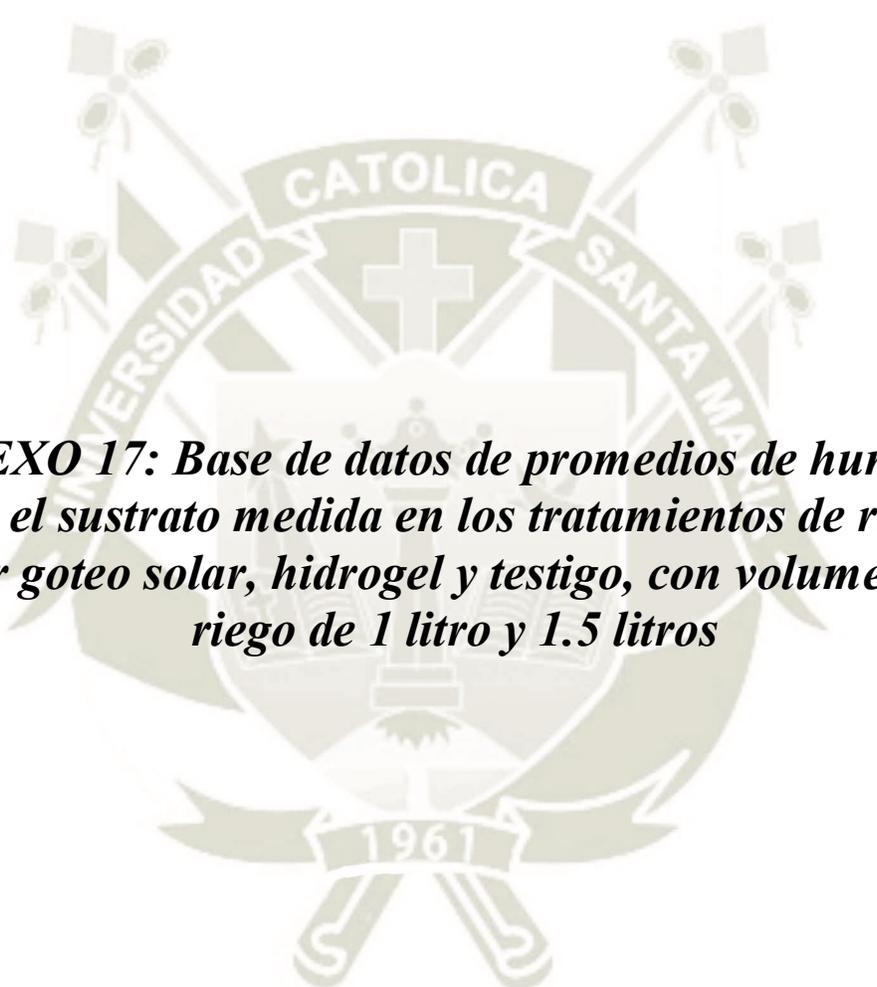
***ANEXO 16: Base de datos de promedios de temperatura en el sustrato medida en los tratamientos de riego por goteo solar, hidrogel y testigo, con volumen de riego de 1 litro y 1.5 litros***

Volumen de 1 litro

Trat.	Mediciones Semanal de Temperatura °C							
	Octubre				Noviembre			
	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4
Testigo	30.4	32.4	31.6	34.2	35.8	34.5	33.2	34.8
Solar	29.1	32.1	29.7	34.1	33.9	34.6	31.5	34.9
Hidrogel	27.9	26.1	29.1	30.8	29.2	31.1	28.8	27.2

Volumen de 1.5 litros

Trat.	Mediciones Semanal de Temperatura °C							
	Octubre				Noviembre			
	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4
Testigo	30.5	33.9	32.2	34.4	35.9	33.1	36.9	34.9
Solar	29.4	32.2	30.5	33.5	34.1	35.4	33.8	32.1
Hidrogel	28.8	32.6	29.8	31.9	32.4	29.8	30.9	31.5



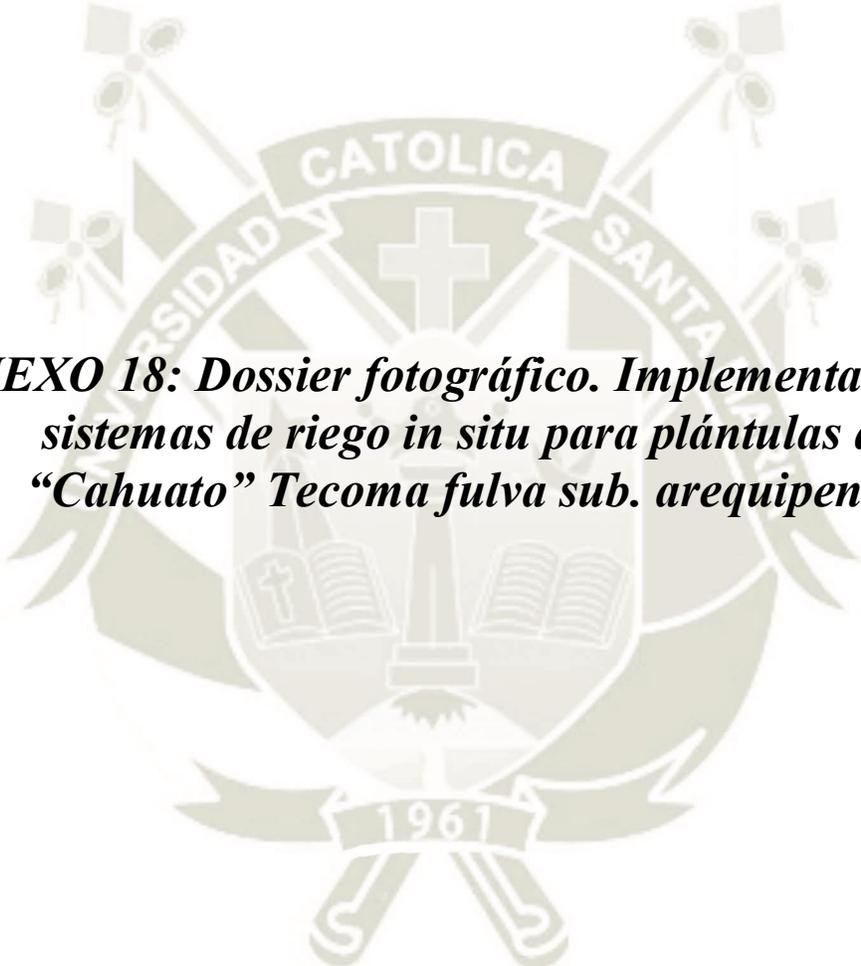
***ANEXO 17: Base de datos de promedios de humedad en el sustrato medida en los tratamientos de riego por goteo solar, hidrogel y testigo, con volumen de riego de 1 litro y 1.5 litros***

**Volumen de 1 litro**

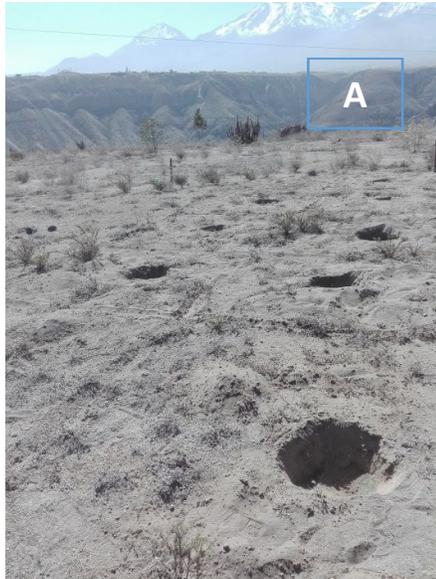
Trat.	Mediciones Semanal de Humedad %							
	Octubre				Noviembre			
	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4
<b>Testigo</b>	18.2	18.9	19.8	19.9	17.8	19.3	19.1	19.5
<b>Solar</b>	18.2	20.0	19.6	21.6	19.1	18.9	19.4	19.4
<b>Hidrogel</b>	20.0	21.1	21.7	25.7	22.9	23.0	21.9	23.5

**Volumen de 1.5 litros**

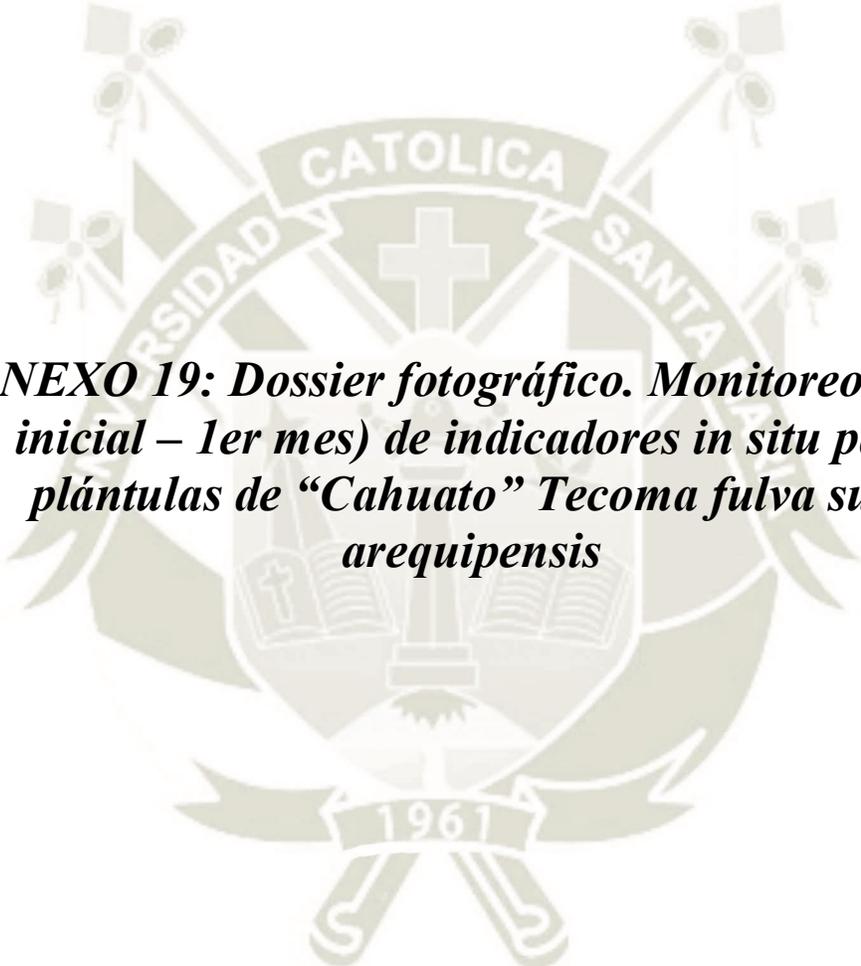
Trat.	Mediciones Semanal de Humedad %							
	Octubre				Noviembre			
	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4	sem. 1	sem. 2	sem. 3	sem. 4
<b>Testigo</b>	18.5	18.6	19.8	20.3	18.5	18.7	19.2	20.0
<b>Solar</b>	19.1	19.8	19.9	21.3	20.0	20.1	19.8	20.5
<b>Hidrogel</b>	19.9	19.9	21.8	21.9	19.6	19.6	19.9	20.7



***ANEXO 18: Dossier fotográfico. Implementación de  
sistemas de riego in situ para plántulas de  
“Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis****



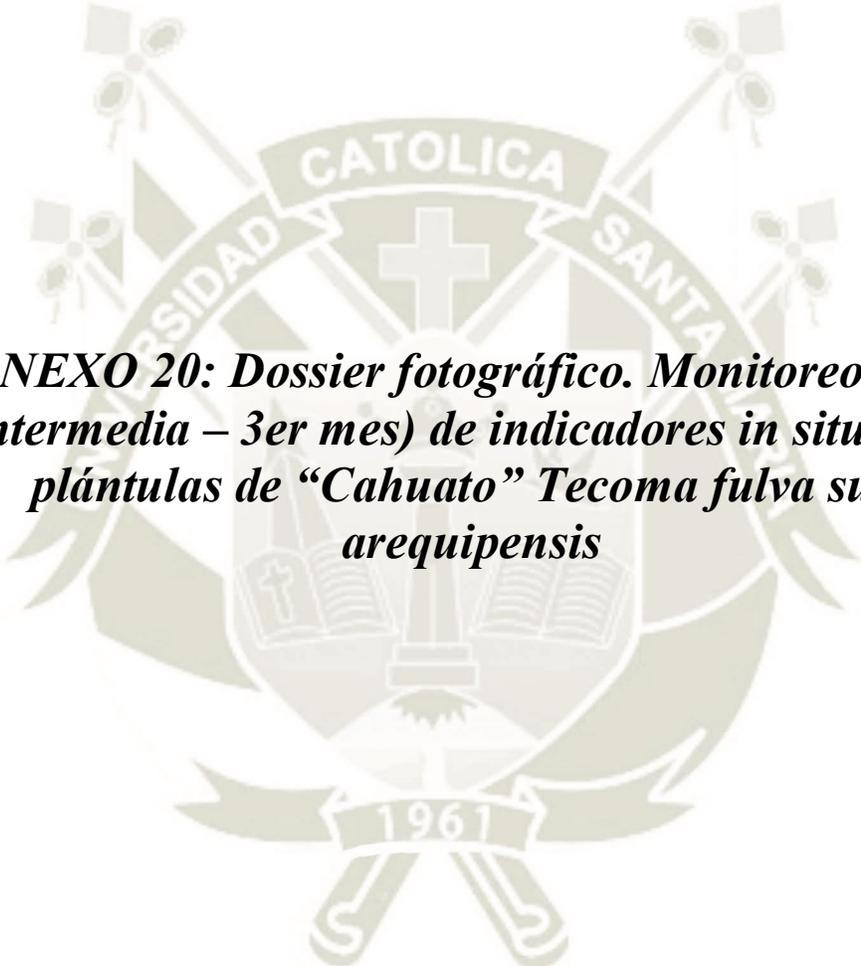
**A. Preparación de terreno, B. Preparación de hidrogel hidratado, C. Implementos para sistemas de riego, D. Implementación de hidrogel hidratado, E. Implementación de testigo, F. Implementación de sistema de goteo solar.**



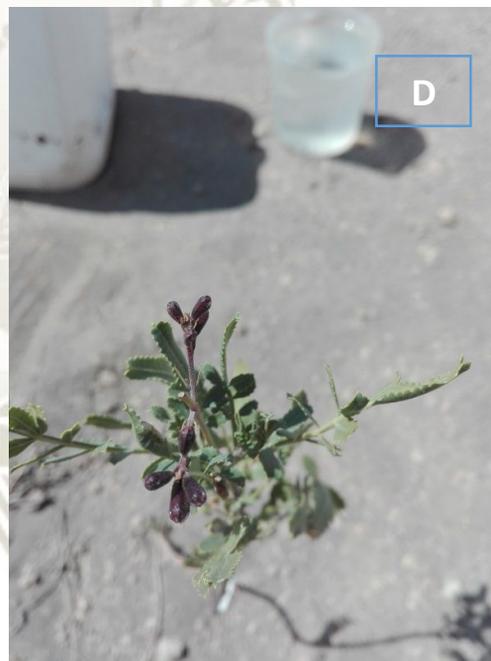
***ANEXO 19: Dossier fotográfico. Monitoreo (fase inicial – 1er mes) de indicadores in situ para plántulas de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis****



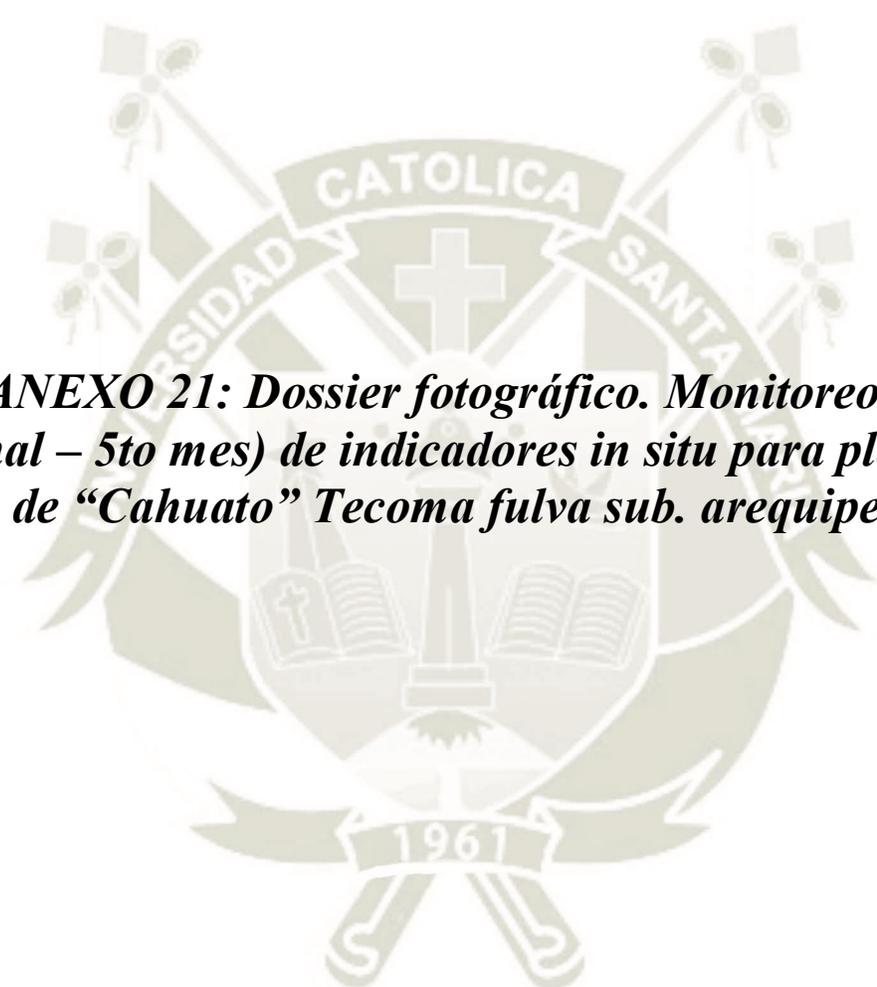
**A. Esquema experimental con nubosidad, B. Sistema de goteo solar con presencia de nubosidad, C. Sistema de hidrogel hidratado con nubosidad**



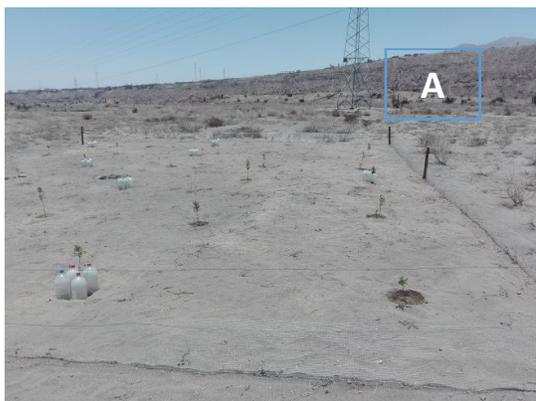
***ANEXO 20: Dossier fotográfico. Monitoreo (fase intermedia – 3er mes) de indicadores in situ para plántulas de “Cahuato” *Tecoma fulva* sub. *arequipensis****



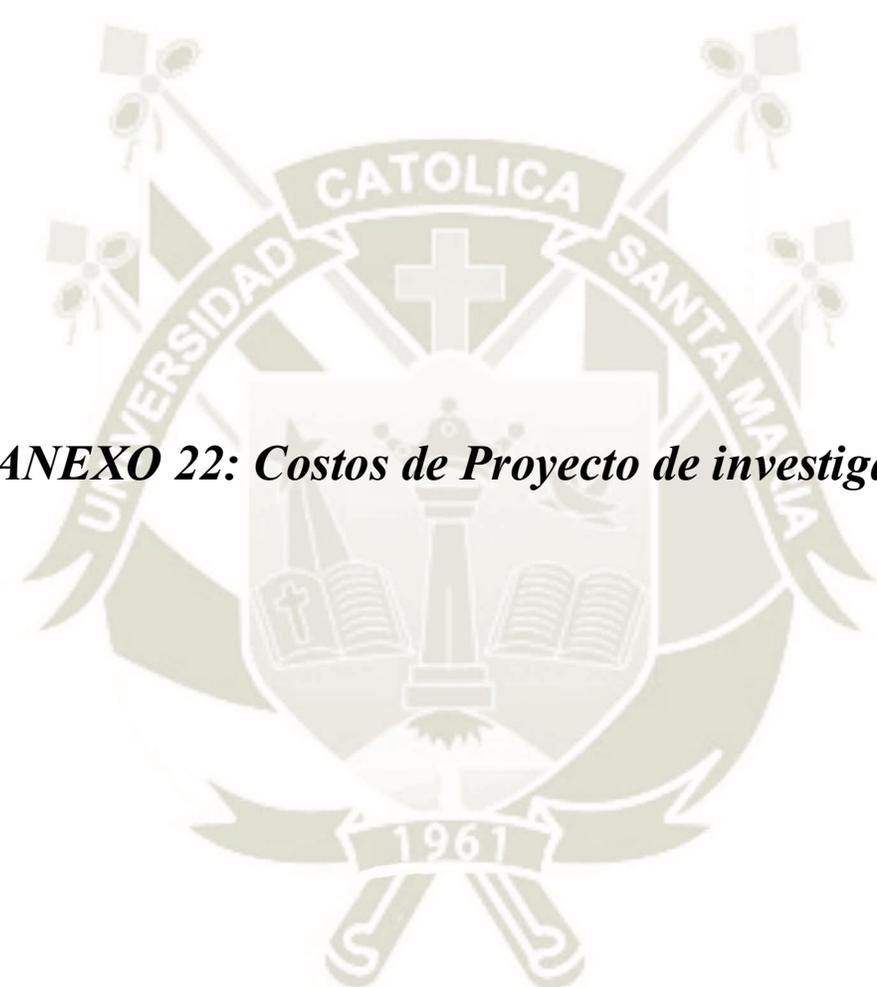
**A. Flores en plántulas al tercer mes Septiembre, B. Crecimiento de brote (rama) en tallo principal, C. Plántula cortado por agente externo (fauna), D. Aparición de brotes de flores en plántulas**



***ANEXO 21: Dossier fotográfico. Monitoreo (fase final – 5to mes) de indicadores in situ para plántulas de “Cahuato” *Tecoma fulva sub. arequipensis****



- A. Esquema experimental en fase final, B. Plántula con sistema de goteo solar en fase final, C. Plántula con sistema de hidrogel hidratado en fase final, D. Plántula con sistema convencional en fase final**



***ANEXO 22: Costos de Proyecto de investigación***

### Costos aproximados de la investigación

Item	Costo S/.
Material Biológico “Cahuato” <i>Tecoma fulva sub. arequipensis</i>	Sin costo - Donación
1 Higrómetro Digital marca EUROTECH ®	600.00
1 Termómetro Digital marca Celsius ®	70.00
1 Calibre Vernier marca Hilda ®	50.00
1 Flexómetro de 10 metros	15.00
1 Regla metálica de 60 centímetros	04.00
2 Guantes de cuero	20.00
1 Lampa metálica	80.00
1 Pico metálico	80.00
2 Bateas de plástico	15.00
6 Estacas de madera	40.00
55 metros de alambre para cerco perimetral	60.00
30 metros de cerco perimetral	140.00
1 Kilo de Hidrogel marca Aquagel ®	35.00
64 Botellas plásticas de 500ml	Sin costo - Reciclado
64 Botellas plásticas de 3L	Sin costo - Reciclado
1 Tijera de acero	10.00
800 L. de agua (para los 5 meses de trabajo en campo)	Sin costo estimado
2 Baldes plásticos de 20 L. de capacidad	20.00
2 Libretas de campo	02.00
Transporte al área de trabajo	320.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/.1561</b>