

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



TRABAJO DIRIGIDO

**“ESTUDIO DEL USO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS
(PET) EN EL RIEGO POR GOTEIO SOLAR Y SU APLICACION EN LA
FORESTACION”**

ARNOLDO WALTER FLORES RIOS

LA PAZ-BOLIVIA

2016

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“ESTUDIO DEL USO DE BOTELLAS PLÁSTICAS RECICLADAS
PET (*Politereftalato de etileno*) EN EL RIEGO POR GOTEO SOLAR
Y SU APLICACIÓN EN LA FORESTACIÓN”, en el Centro
Experimental De Cota Cota**

Trabajo Dirigido presentado
comorequisito parcial para optar el
Título de Ingeniero Agrónomo

ARNOLDO WALTER FLORES RIOS

ASESOR;

Ing. Ph. D. Vladimir Orsag Céspedes

TRIBUNAL REVISOR:

Ing. M. Sc. Genaro Serrano Coronel

Ing. Ph. D. Roberto Miranda Casas

APROBADA

Presidente Del Tribunal Examinador

La Paz – Bolivia

2016

DEDICATORIA

En este mundo tan competitivo, donde el consumismo y materialismo en que vivimos nos hace olvidar de lo esencial, debemos luchar el doble para alcanzar nuestras metas.

Es por esto que en lo más profundo de nuestro ser debemos buscar la fuerza y voluntad así como la disciplina para lograr nuestros sueños.

El concluir este documento es una de esas metas que fueron difíciles pero se alcanzaron gracias al apoyo de mis seres queridos, quienes en todo momento me acompañaron, agradeciendo de todo corazón:

A mis padres Walter y Sonia, quienes con su apoyo incondicional me guiaron y llevaron donde hoy estoy.

A mis hermanos Ronald, Fabiola, Oscar, quienes confiaron en mí.

A mis hijos Alejandro, Rodrigo y Eydan quienes con su amor, sencillez y travesuras me alegran la vida para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Mayor de San Andrés, Casa de Estudio Superior que forjó mi capacidad.

Al cuerpo de Docentes de la Facultad de Agronomía, por sus conocimientos impartidos durante mis estudios, a quienes debo mi formación profesional.

Al Ing. Ph. D. Vladimir Orsag Céspedes, tutor de este documento, quien aportó con su tiempo, amistad y conocimientos.

Al Ing. Ph. D. Roberto Miranda Casas, quien dedicó su tiempo y acertadas sugerencias en el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. M. Sc. Genaro Serrano Coronel, por las correcciones oportunas y total desprendimiento para apoyar con ideas para el desarrollo del documento.

Finalmente a mis compañeros de la facultad, amigos de infancia y todos y cada uno de las personas quienes me colaboraron en este andar.

RESUMEN

Tanto las alcaldías como el gobierno han establecido programas de reforestación en el país. Todo este esfuerzo es muy destacable, pero no existen campañas de seguimiento y mantenimiento de los árboles plantados. Los cuales entran en un periodo de estrés hídrico, en época seca.

Por lo que se necesita de riegos de apoyo complementarios. Es en este sentido que se hizo el estudio inicial de la técnica de riego por goteo solar. Para su posible uso en el establecimiento de especies xerofitas forestales (para el caso hijuelos de agave americana var. marginata).

Para lo cual se estableció un experimento con cuatro tratamientos, cuyos resultados fueron: En el caso de la evaporación del depósito del komkom, es el tratamiento T3 (botella grande de 5 litros y que usa como depósito un envase de tres litros), el que presentó mayor tasa de evaporación, de **85,09 ml por semana**. Lo que nos daría una evaporación de cerca de **½ litro por mes**. Además de una resistencia de 1,1867 mega-ohmios y 26,9 % Hg (para 10 cm de profundidad) y 1,30 mega-ohmios, 26,58% Hg (para 15 cm de profundidad), por tanto más húmedo respecto a los demás.

En segundo lugar se encuentra el tratamiento T2, conformado por dos botellas de Coca Cola de 2 ½ litros (como campana) y un vaso de ½ litro (como depósito), con una tasa de evaporación de **62,22 ml por semana**. Lo que significaría una evaporación de **¼ litro de agua por mes**. Con un valor de 1,5950 mega-ohmios, 25,7 % Hg (para 10 cm de profundidad) y 1,73 mega-ohmios, 25,32 % Hg (para 15 cm de profundidad).

En tercer lugar tenemos al tratamiento T1, conformado por una sola botella de Coca Cola de 2 ½ litros y un envase de ½ litro. Con una **tasa de evaporación de 32,52 ml por semana; 1/8 de litro de agua por mes** con un valor de 2,1167 mega-ohmios, 24,19% Hg (para 10 cm de profundidad) y 2,17 mega-ohmios, 24,04% Hg (para 15 cm de profundidad). Junto al testigo (T4), presentan por tanto menor grado de humedad.

INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Justificación.....	3
1.3. Planteamiento del problema.....	5
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Metas.....	6
2. MARCO TEORICO	7
2.1. Contexto normativo	7
2.2. Fundamentación teórica	8
2.2.1 Riego.....	8
a) Riego por gravedad.....	9
b) Riego por aspersión	9
c) Riego localizado.....	9
2.2.1.3 Variaciones en las técnicas de riego.....	10
a) Los reservorios individuales de exudación subterránea (RIES),	10
b) Riego por chorrito	10
c) El riego con cápsulas porosas y/o ollas de barro enterrados	11
d) El riego por goteo subterráneo	11
e) Los sifones	11
2.2.2 Técnica de riego del goteo solar (kondenskompressor).....	11
a) Armado de un Kondenskompressor.	12
b) Funcionamiento del goteo solar.....	13
2.2.3 Re vegetación y reforestación.....	15
2.2.4 Los riegos de apoyo y de socorro en repoblaciones forestales.....	15
2.2.5 Métodos de riego usados en repoblación forestal en zonas áridas... ..	17
a) Tarros de barro.....	17
c) Botellas (recicladas) de plástico.	18
d) Otros recipientes plásticos.....	19
e) Micro riego a través de un tubo vertical.....	20
f) Riego subterráneo con drenes	20
g) Cajas de agua (Waterboxx).....	21

h) Destiladores solares para riego (kondenskompressor)	21
2.2.6 Uso del hidrogel en la repoblación forestal	22
a) Degradación del polímero	23
2.2.6 El agua en el suelo	24
2.2.6.1 Fuerzas de retención de agua en los suelos	24
2.2.6.2 Estado energético del agua en el suelo	25
2.2.6.2.1 El potencial energético	25
2.2.6.3 Concepto energético de retención de humedad	26
2.2.6.4 Almacenamiento del agua en el suelo	27
a) Capacidad de campo (CC)	27
b) Punto de marchitez permanente (PMP)	27
2.2.6.5 Clasificación física y biológica del agua en el suelo	28
2.2.6.6 Para la medición de la humedad del suelo	29
2.2.6.6.1 Métodos directos	29
2.2.6.6.2 Métodos indirectos	31
2.2.7. Botellas plásticas de politereftalato de etileno (pet)	31
2.8 Características del cultivo de Agave	33

3. DESCRIPCION Y METODOLOGIA..... 34

3.1. Ubicación del área del estudio	34
3.2. Características agroecológicas	35
3.2.1 Vegetación	35
3.2.2 Clima	35
3.2. Materiales y métodos	35
3.2.1. Material	35
3.2.1.1 Material orgánico	35
3.2.1.2 Material para la construcción del KondensKompressor	35
3.2.1.3 Materiales para la construcción de los electrodos de estuco	36
3.2.1.4 Material para instalación del experimento	36
3.2.1.4 Material para la medición de los datos	36
3.2.2 Metodología	36
3.2.2.1 Antes de la implementación del experimento	36
3.2.2.1.1 Determinación del lugar a realizar el experimento	36
3.2.2.1.2 Recolección de botellas plásticas en la ciudad de La Paz	38
3.2.2.1.3 Fabricación de electrodos de estuco	39
3.2.2.2 Primeras pruebas antes de la implementación del experimento	41
3.2.2.2.1 Método de la mecha	41
3.2.2.2.2 Primeras pruebas con la técnica del riego por goteo solar	43
3.2.2.3 Tratamiento previo del agua del río	46
3.2.2.3.1 Proceso de sedimentación	47

3.2.2.3.2 Desinfección del agua ya sedimentada	48
3.2.2.3.3 Justificación del uso de Cloro mediante la lavandina.	49
3.2.2.3 Implementación del experimento	50
3.2.2.3.1 Diseño experimental	50
3.2.2.3.2 Establecimiento en el campo	51
3.2.2.3.3 Instalación de los Komdenskompressores.....	52
3.2.2.4 Variables de respuesta	54
4. SECCION PROPOSITIVA	55
4.1 Resultados de la evaporación dentro del depósito del komkom.....	55
4,2 Resultados de la cuantificación de la evaporación de los depósitos de los komkom en términos de lámina de agua.	60
4.3 Resultados de la medición de los sensores o electrodos de estuco con el tester electrónico.	62
4.3.1 Para los electrodos colocados a 10 cm de profundidad.	63
4.3.1.2 Cálculos para determinar los valores de resistencia como porcentaje de humedad gravimétrica.....	68
4.3.2 Resultados de los electrodos colocados a 15 cm de profundidad.....	71
4.3.3 Valores de resistencia expresados en términos de conductividad	74
4.4 Resultados de la altura y cobertura de área foliar del agave.....	76
.....	77
4.5 Resultados empíricos del mantenimiento y establecimiento de los komkom	78
a) Crecimiento de hierbas dentro de la campana del komkom	78
b) Rellenado del depósito.....	78
c) Formación de depósitos de sales.....	79
d) Sombra, una bendición	80
e) Las botellas dan protección	80
f) Lo más importante las piedras o acolchado	81
g) Biol y Biosol con las botellas	82
h) La reutilización	82
5. CONCLUSIONES	83
6. RECOMENDACIONES.....	87
7. BIBLIOGRAFIA	89
8. ANEXOS.....	101

ILUSTRACIONES

Ilustración	Pág.
✓ Ilustración 1 : Campaña de reforestación realizada en la caja ferroviaria ciudad de La Paz (El buendiario, 2014)	4
✓ Ilustración 2: Fabricación de un Komdenskompresor (fabricacion del komdenskompresor, 2010)	12
✓ Ilustración 3 Instalación del komkom (fabricacion del komdenskompresor, 2010).....	13
✓ Ilustración 4 : funcionamiento del komkom (fabricacion del komdenskompresor, 2010)	14
✓ Ilustración 5 : tarros de barro interconectados (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012).....	18
✓ Ilustración 6 : sistema RIES (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012) .	19
✓ Ilustración 7: bolsas para riego (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)	19
✓ Ilustración 8: riego subterráneo por tubo (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012).....	20
✓ Ilustración 9 : sistema subterráneo (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012).....	20
✓ Ilustración 10 : sistema waterboxx (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012).....	21
✓ Ilustración 11 : diferencias entre destilador solar y komkom (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)	22
✓ Ilustración 12 : siembra de árboles programa mi árbol (RadiosLa, 2013)	24
✓ Ilustración 13 : relación entre película de agua y energía de retención de la misma. (Chilon Camacho, 1996).....	26
✓ Ilustración 14: muestra la relación física y biológica del agua en el suelo (Chilon Camacho, 1996)	28
✓ Ilustración 15 : clasificación física y biológica del agua en el suelo (Serrano Coronel, 2013)	29
✓ Ilustración 16 : como reconocer un envase pet (Características y propiedades del PET, 2005)	32
✓ Ilustración 17: agave americana var. marginata (Eliricso, 2011).....	33
✓ Ilustración 18 Cárcavas presentes en la Estación Experimental que presentan el efecto de sombra.....	37
✓ Ilustración 19 Terreno elegido para realizar el experimento de condiciones edafo-climaticas extremas.	38

- ✓ Ilustración 20 viendo la disponibilidad de formas y tamaños de botellas recicladas en la ciudad de La Paz..... 39
- ✓ Ilustración 21 : fuente de poder quemada de computadora de la que se saca los cables y a su lado el tubo berman 40
- ✓ Ilustración 22: Electrodo hecho de estuco 40
- ✓ Ilustración 23: botellas plásticas puestas en la estación experimental con el fin de favorecer el prendimiento de la sewenka (cortaderia sp) y agave (agave americana var. marginata) 41
- ✓ Ilustración 24: El método de la mecha con botellas plásticas con soporte de otra botella da un goteo continuo de una semana (fuente propia) 42
- ✓ Ilustración 25 : inicia el proceso de de evaporación en el kondenskompressor (fuente propia)..... 44
- ✓ Ilustración 26 : Se puede observar la formación de algas dentro de los depósitos de los komkom (fuente propia) 45
- ✓ Ilustración 27 : aguas contaminadas del rio Jillusaya que atraviesa la Estación Experimental de Cota Cota, con fuerte olor a heces fecales.(fuente propia)..... 45
- ✓ Ilustración 28: humedad presente luego de una semana en las pruebas previas(fuente propia) 46
- ✓ Ilustración 29 : Aguas contaminadas al lado izquierdo 2 fotos del rio jillusaya de la estación de Cota Cota y al lado derecho foto del rio que pasa por la Caja Ferroviaria en el norte de la Ciudad de la Paz.(fuente propia)..... 46
- ✓ Ilustración 30 : aguas del rio jillusaya muy sedimentada casi una tercera parte de su volumen.(fuente propia) 47
- ✓ Ilustración 31 : turril y baldes usados como tanque de sedimentación (fuente propia)..... 47
- ✓ Ilustración 32: agua contaminada luego de dos horas, los sedimentos se depositan en el fondo. (fuente propia)..... 48
- ✓ Ilustración 33 : el agua sedimentada expuesta al sol durante una semana para su desinfección.(fuente propia) 48
- ✓ Ilustración 34 : Continúa la formación de algas pese al proceso de sedimentación y desinfección solar realizada (Fuente propia)..... 49
- ✓ Ilustración 35 : Se usara lavandina para la desinfección del agua del rio jillusaya (fuente propia) 50
- ✓ Ilustración 36 : hijuelos de agave americana var. Marginata(fuente propia) 52
- ✓ Ilustración 37 : Se muestra el proceso de siembra e instalación de los Komkom (fuente propia)..... 53
- ✓ Ilustración 38 : komkom instalados, En las fotos los cuatro tratamientos ya dispuestos para el experimento (fuente propia) 54
- ✓ Ilustración 39 : Muestra el arraigo de todos los hijuelos de los tratamientos del bloque 1, al igual sucedió en todos los demas (fuente propia)..... 77

✓ Ilustración 40 : Crecimiento de hierbas dentro de la campana del komkom (fuente propia).....	78
✓ Ilustración 41 : Rellenado del deposito del komkom,con una botella y pedazo de manguera (fuente propia)	79
✓ Ilustración 42 : Luego de la evaporación, queda depósitos de sal (fuente propia).....	79
✓ Ilustración 43 : Efecto de sombra debido a las botellas (fuente propia)	80
✓ Ilustración 44 : Protección, agua, sombra y temperatura gracias a las botellas (fuente propia).....	80
✓ Ilustración 45 : Lo mas importante son las piedras (fuente propia)	81
✓ Ilustración 46 : Biol y Biosol con las botellas para fertilizar nuestras plántulas (fuente propia).....	82
✓ Ilustración 47 : los komkom se pueden reutilizar (fuente propia)	82

TABLAS

Numero de Tabla	Pag
✓ Tabla 1 equivalente de presión (Chilon Camacho, 1996)	26
✓ Tabla 2: evaporación o consumo del agua del depósito al final de dos meses (fuente propia).....	55
✓ Tabla 3: Análisis de varianza para los datos de evaporación del depósito del komkom	56
✓ Tabla 4 : prueba de significancia de la evaporación de agua del depósito del komkom(fuente propia)	56
✓ Tabla 5 : evaporación y tasa de evaporación al final de los dos meses de evaluación(fuente propia).....	57
✓ Tabla 6: evaporación del agua del depósito del komkom en el tiempo (fuente propia).....	58
✓ Tabla 7: cálculo de la evaporación en términos de lámina de agua (mm); (fuente propia).....	61
✓ Tabla 8 : Valores de resistencia en mega-ohmios de los electrodos de estuco a 10 y 15 cm por debajo de la superficie (fuente propia).	63
✓ Tabla 9 : Análisis de varianza para los datos de resistencia del electrodo a 10cm. de profundidad (fuente propia).	63
✓ Tabla 10 . Comparación de medias entre los tratamientos para valores de resistencia a 10cm de profundidad (fuente propia)	64
✓ Tabla 11 : valores de resistencia (en mega-ohmios) a 10cm. de profundidad. (Fuente propia).....	65
✓ Tabla 12 : Valores de resistencia a lo largo del periodo de realización del experimento (fuente propia)	66
✓ Tabla 13 : Equivalencias obtenidas en laboratorio entre % de humedad gravimétrica y valores de resistencia de los electrodos (fuente propia)	69
✓ Tabla 14 : Equivalencias de valores de resistencia de los electrodos y % de humedad gravimétrica (fuente propia)	70

- ✓ Tabla 15 : Muestra los valores de resistencia de los electrodos en el tiempo y las equivalencias obtenidas en laboratorio(fuente propia) 70
- ✓ Tabla 16: Análisis de varianza y prueba de comparación de medias para los valores de resistencia de electrodos colocados a 15 cm de profundidad. ... 72
- ✓ Tabla 17 : muestra los valores de la resistencia de los electrodos en el tiempo junto a las equivalencias de los coeficientes hídricos en laboratorio.72
- ✓ Tabla 18 : valores medios al 15 de octubre de las resistencias en megaohmios (fuente propia) 74
- ✓ Tabla 19 : Valores de resistencia de la tabla 7 ,expresados en términos de conductividad eléctrica..... 74
- ✓ Tabla 20: datos de cobertura foliar y altura alcanzada por los hijuelos de agave americana var. Marginata (fuente propia)..... 76
- ✓ Tabla 21 ; muestra los resultados de análisis de varianza, para cobertura foliar y altura de los hijuelos de agave americana var.marginata 76

GRAFICOS

Numero de gráficos	Pág.
✓ Grafico 1 : consumo de agua del 3 de agosto al 9 de octubre (fuente propia)	57
✓ Grafico 2: Evaporación del depósito del agua en el tiempo (fuente propia) .	59
✓ Grafico 3: evolución en el tiempo de la tasa de evaporación (fuente propia)	60
✓ Grafico 4 : valores de resistencia de electrodos a 10cm de profundidad (fuente propia).....	65
✓ Grafico 5: muestra la evolución del valor de las resistencias a lo largo del experimento (fuente propia)	67
✓ Grafico 6: Precipitación del año 2015 datos de la estación meteorológica Inacamaya de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía	67
✓ Grafico 7 : muestra la ecuacion de regresion y linea de tendencia basado en los valores a capacidad de campo y estado actual del suelo.....	69
✓ Grafico 8 : Muestra los valores de resistencia de los electrodos vs los coeficientes hídricos (fuente propia)	70
✓ Grafico 9: comparación de los valores de resistencia vs coeficientes hídricos (fuente propia).....	73
✓ Grafico 10: muestra los valores de conductividad al 15 de octubre del 2015(fuente propia).....	75

ANEXOS

- ✓ Anexo 1: Como medir las variables de respuesta
- ✓ Anexo 2: Datos de evaporación del depósito del komkom según altura en cm y luego medidas en una probeta en mililitros.
- ✓ Anexo 3 : Análisis de varianza y comparación de medias para datos de evaporación del depósito del komkom(programa SPSS-22)
- ✓ Anexo 4 : Valores medidos de los electrodos de estuco en mega-ohmios (del 3 de agosto al 15 de octubre del 2015)
- ✓ Anexo 5 : Análisis de varianza y comparacion de medias para los datos de resistencia a 10cm de la superficie del suelo (programa SPSS)
- ✓ Anexo 6 : Análisis de varianza y comparación de medias para los datos de resistencia a 15cm. de profundidad(programa SPSS-22)
- ✓ Anexo 7 : Análisis de varianza y comparación de medias para datos de altura del agave americana var. marginata (Programa SPSS-22)
- ✓ Anexo 8 : Análisis de varianza y pruebas de comparación de medias para los datos de área foliar del agave americana var. marginata (Programa SPSS-22)
- ✓ Anexo 9 : Muestra los datos de laboratorio de Suelos, para determinar el % de humedad gravimétrica del suelo en su estado actual y a capacidad de campo
- ✓ Anexo 10 : Experiencias en tunas (*Opuntia vulgaris*) y arboles de molle (*Schinus molle*) y pino (*Podocarpus cardenasii*).
- ✓ Anexo 11 : La alternativa de solución final

“ESTUDIO DEL USO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS PET (Politereftalato de etileno), EN EL RIEGO POR GOTEO SOLAR Y SU APLICACION EN LA FORESTACION” EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA

1. INTRODUCCION

En el mundo existe un gran movimiento y preocupación por los problemas ambientales. Así, desde el Foro Mundial del Agua 2003, en Kioto, ha aumentado el interés por las tecnologías de bajo costo para el agua. (Netherlands Water Partnership, 2005)

Por lo general, las opciones de bajo costo aplicadas a una gran escala tienen menos problemas, ya que la operación y el mantenimiento son responsabilidad de los usuarios. (Las nuevas tecnologías de bajo costo son diferentes a las llamadas “tecnologías apropiadas”, que en el pasado a menudo no fueron exitosas). (Netherlands Water Partnership, 2005)

Por otro lado el panorama actual de la energía está cambiando. El agujero de ozono, el efecto invernadero, el protocolo de Kioto han despertado el interés en el uso de las energías renovables. (Urkieta Lus & Urkieta Lus, 2003)

Las energías renovables son gratuitas y en cada lugar de la tierra hay alguna que se puede aprovechar con mayor facilidad. Como decía San Francisco de Asís hace casi mil años; “Las cosas verdaderamente buenas son siempre gratuitas”. (Urkieta Lus & Urkieta Lus, 2003)

En cuanto a la reducción de los gases de efecto invernadero y la conservación de suelos. Es necesaria la repoblación masiva de nuestros montes. El agua como bendice el padre de la permacultura¹, Masanobu Fukuoka, la retienen las hojas de los árboles del bosque.

¹ Permacultura :es un sistema de principios de diseño agrícolas y sociales centrada en la simulación directamente en el uso de los patrones y las características observadas en los ecosistemas naturales

En la reforestación, existe un problema muy grande, debido a la estacionalidad del clima en nuestro Departamento (con épocas muy marcadas entre seca y húmeda). Sucede pues que cuando se hacen campañas de re-poblamiento forestal en época húmeda, para aprovechar las lluvias, las plántulas sufren luego un periodo de estrés hídrico durante toda la época seca, a la cual muchas de ellas no sobreviven.

Por lo que se hace necesario riegos de socorro (o supervivencia) y de apoyo (o mantenimiento inicial) que ayuden a evitar la mayor mortandad de las plántulas por causa del estrés hídrico a la cual son sometidas.

Son técnicas diferentes de los métodos convencionales de riego, técnicas que pueden resultar muy útiles, cuando las condiciones meteorológicas y edáficas sean adversas. Algunos métodos son muy recientes y están en plena fase de ensayo y desarrollo; otros, en cambio, se conocen desde tiempos inmemoriales. (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

Son métodos que permiten aplicar mini dosis individuales periódicas, en los primeros años de vida (de uno a dos litros por mes), lo que los fortalece para poder seguir creciendo de forma autónoma en años sucesivos.

Se trata de riegos de muy baja frecuencia. Puede por ello hablarse con toda propiedad de micro irrigación o de micro riego localizado de baja frecuencia pero suficiente para especies xerofitas.

Entre estos destacamos al riego por goteo solar, también conocido con el nombre de Kondenskompressor, es una técnica de micro-riego que usa dos botellas de plástico (PET) de diferente diámetro. Su fabricación e instalación es muy sencilla y está al alcance de cualquier agricultor; basa su funcionamiento en la destilación solar haciendo posible el empleo de aguas salobres.

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

Entonces en la búsqueda de soluciones ingeniosas para la irrigación eficiente, con tecnologías innovadoras y económicas (las botellas tienen costo casi cero), basadas en energías renovables (su motor es el sol), ecológicas (reutilización de botellas). Destacamos al riego por goteo solar, como una alternativa de riego de apoyo y socorro para re-poblamiento forestales. Más aun al ser un proceso continuo y automático nos ahorra mucho trabajo, solo se llena el depósito de mucho tiempo.

Lamentablemente no existen muchos datos serios al respecto de esta tecnología por lo que el objeto de estudio del presente trabajo es la obtención de datos introductorios que permitan profundizar en estudios posteriores para el uso de esta tecnología ingeniosa.

1.1 Antecedentes.

Arti Leimbacher (2008) ha ideado un sencillo sistema para regar plantas que se basa en la destilación solar: el Kondenskompressor, el cual ensayo durante varios meses sin riego en tomate. (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

Las 24 tomateras Konkom siguen vivas. Las 12 plantas tipo 'ramallet' rebrotan y los tomates tipo 'carnoso' están a punto de madurar. Aunque las plantas han perdido muchas hojas siguen creciendo. Tenemos un primer resultado: 13 litros de agua para 12 kg de tomates (Características del Riego Solar Por Goteo, 2010)

En un principio, el Konkom ha sido ensayado con hortalizas (tomates, judías y calabacines) pero también puede llegar a ser útil en reforestación. (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

1.2 Justificación.

Actualmente cuando se hacen campañas de re-poblamiento forestal, se hace mucha propaganda, sin embargo no existe campañas de seguimiento y mantenimiento de los plantines en época seca, lo que da lugar a la pérdida de muchos de ellos.

(El buendiaro, 2014) El 03 de Noviembre del 2014, comenzó la reforestación más grande de la década, una importante campaña de forestación en una superficie aproximada de 40.000 metros cuadrados de la zona Ciudadela Ferroviaria..



Ilustración 1 : Campaña de reforestación realizada en la caja ferroviaria ciudad de La Paz (El buendiaro, 2014)

“Miles de plantines colocados en 2014 y 2015 murieron abandonados en diferentes zonas de la ciudad y poblaciones de las provincias, por falta de agua y cuidado, de parte de los funcionarios de la Gobernación del Departamento de Oruro”. (El Diario, 2015).

“En el Distrito 1, 2 y 3 del Alto, el resultado obtenido sobre el porcentaje de sobrevivencia de las especies arbóreas es del 42 % de sobrevivencia” (Mamani, 2007)

Como observamos luego de una gran propaganda, existe poco seguimiento, lo que ocasiona gran pérdida de plantines. Al igual que la pérdida de recursos económicos, pues cada plantín y su transporte tiene un costo al igual que de los voluntarios y personal que realiza la plantación.

En lo social queda claro que un manejo eficiente del agua permite aliviar en gran medida periodos largos de sequía. Además de ahorro de mucha mano de obra y tiempo ya que el agua al ser poco disponible tiene un costo de uso y transporte.

Tecnologías innovadoras como esta, sería una alternativa para el incremento de la cobertura vegetal sobre el suelo y disminuir el trabajo de mantenimiento.

En lo económico estas tecnologías son de bajo costo puesto que el precio de las botellas descartables (PET), es casi cero, al igual que la fabricación, instalación y mantenimiento del KondensKompressor.

Por lo que además de cumplir con las premisas ecológicas de reciclaje, cambio al uso energías renovables, también cumple con el enfoque VLOM (operación y mantenimiento al nivel local), lo que permitiría la rápida adaptación de esta tecnología en las áreas rurales.

1.3. Planteamiento del problema.

Estas tecnologías de bajo costo pese a tener varios beneficios buscados, son métodos muy recientes y están en plena fase de ensayo y desarrollo.

Así en el caso de las ollas de barro, que aunque son conocidas de mucho tiempo, todo conocimiento de estas, en la mayoría de los casos, es de carácter testimonial existiendo poca documentación seria sobre las mismas.

Acerca del riego por goteo solar o kondensKompressor, le queda todavía mucho camino por andar, ya que ofrece de momento más preguntas que respuestas: ¿Qué tipos de plantas, qué tipos de clima, qué tipos de suelos son adecuados al riego por goteo solar? ¿Cómo regular la dosis de riego? ¿Cada cuánto tiempo hay que rellenar el destilador? ¿ la profundidad del área de infiltración) los materiales, su transparencia y color, la posición relativa y orientación del destilador con respecto a la planta, y un largo camino de preguntas. (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

1.4. Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

- El objetivo del presente trabajo es el estudio inicial del uso de botellas plásticas recicladas (PET) en el riego por goteo solar y su aplicación durante las primeras etapas de arraigo y crecimiento de las plántulas, para asegurar un mejor re-poblamiento forestal.

1.4.2 Objetivos específicos.

- a) Determinar la cantidad de agua evaporada dentro del depósito del kondensKompressor. Por tanto cuanto se aporta al suelo (sistema cerrado).
- b) Determinar cada cuanto tiempo se debe llenar el depósito del kondensKompressor.
- c) Identificar el efecto del diámetro de la botella, el tamaño del depósito y la cantidad de kondensKompressores en la dosis de riego y grado de humedad del suelo.
- d) Establecer el grado de humedad del suelo que puede mantener el kondensKompressor.

1.5 Metas

- a) Al finalizar el estudio se podrá determinar, cuánto de agua en mililitros (ml), se evapora del depósito del komkom, lo que nos daría cuanto se aporta al suelo en agua en milímetros (claro previa transformación de mililitros en milímetros de agua).
- b) Determinar en qué tiempo (ml/Semana) se vacía el depósito. Sabiendo cual es la tasa de evaporación del komkom podremos establecer cada cuanto tiempo se debe rellenar el depósito.
- c) Estableceremos qué efecto tiene el diámetro de la botella y el tamaño del depósito en la tasa de evaporación y si al aumentar la cantidad de komkom se aumenta la dosis de riego.
- d) El efecto de los komkom en la humedad del suelo. como % de humedad gravimétrica.

2. MARCO TEORICO

2.1. Contexto normativo

El Protocolo de Kioto sobre el cambio climático, que es un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), y los otros tres son gases industriales fluorados: hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆),

Establece en su Artículo 2:

ii) promoción de prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación;

iv) investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono y detecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales. (Naciones Unidas, 1998)

Por su parte la legislación Boliviana en la ley N° 1333 Ley del Medio Ambiente establece:

ARTÍCULO 5º.- La política nacional del medio ambiente debe contribuir a mejorar la calidad de vida de la población, sobre las siguientes bases:

4. Optimización y racionalización del uso de aguas, aire suelos y otros recursos naturales renovables garantizando su disponibilidad a largo plazo.

ARTÍCULO 37º.- Constituye prioridad nacional la planificación, protección y conservación de las aguas en todos sus estados y el manejo integral y control de las cuencas donde nacen o se encuentran las mismas.

ARTÍCULO 51º.- Declarase de necesidad pública la ejecución de los planes de forestación y agro forestación en el territorio nacional, con fines de recuperación de suelos, protección de cuencas, producción de leña, carbón vegetal, uso comercial e industrial y otras actividades específicas. (Ministerio de Medio Ambiente, 2011)

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1 Riego

2.2.1.1 Concepto

Consiste en la aplicación artificial de agua para que las plantas crezcan y se desarrollen. Básicamente, permite controlar los efectos de las heladas y sequías, así como optimizar el uso del agua. (Intermediate Technology Development Group, ITDG , 2011)

El riego es el suministro oportuno de la cantidad adecuada de agua a los cultivos de tal manera que estos no sufran disminución en sus rendimientos y sin causar daño al medio ambiente. (Chipana Rivera, 2003)

(Chipana Rivera, 2003) Para la aplicación de agua a las plantas varios métodos de riego son utilizados y la manera más común de clasificarlos es en:

- Superficial
- Subterráneo
- Aspersión
- Localizado

Los cuales a su vez pueden ser subdivididos en varios tipos o variaciones

Usualmente un método de riego comprende por lo menos, los siguientes elementos: Red de conducción, red de distribución e infraestructura adicional de distribución y aplicación (Intermediate Technology Development Group, ITDG , 2011).

2.2.1.2 Tipos y características de los métodos de riego

a) Riego por gravedad, que se caracteriza por la aplicación de una lámina de agua que se mueve por gravedad y se desliza en el suelo siguiendo la pendiente, sin requerir energía extra para moverse. En éste metodo de riego el agua discurre a través de grandes canales hasta los centros de distribución que la reparten a las parcelas por acequias medianas y pequeñas; el agua se reparte y direcciona utilizando tablillas, piedras con barro o compuertas.

El riego por inundación permite una irrigación rápida sin exigir grandes costos adicionales pero a largo plazo puede resultar insostenible. (Intermediate Technology Development Group, ITDG , 2011)

b) Riego por aspersión. Un metodo que aplica el agua en forma de rociado simulando la lluvia, de forma controlada en tiempo e intensidad.

El riego por aspersión además de permitir manejar la cantidad de agua a emplear, ayuda a prevenir las heladas y mitigar los efectos de las sequías. Permite también añadir al agua fertilizantes o productos fitosanitarios. (Intermediate Technology Development Group, ITDG , 2011)

c) Riego localizado Es la aplicación del agua al suelo, en una zona más o menos restringida del volumen radicular.

Según (Rodrigo Lopez & otros, 1997) se caracteriza por:

- 1) No moja, en general, la totalidad del suelo aplicando el agua sobre o bajo su superficie.
- 2) Utiliza pequeños caudales a baja presión.
- 3) Aplica agua cerca de la planta a través de variables números de puntos de emisión.
- 4) Riego de alta frecuencia con el fin de mantener la humedad del suelo.

Riego por goteo, es un tipo o modificación del riego localizado, con un caudal no mayor a 16l/h por punto de emisión o metro lineal de manguera de goteo. (Rodrigo Lopez & otros, 1997)

El Riego por goteo, proporciona gotas de agua de forma localizada y constante a las raíces de las plantas, a través de emisores comúnmente denominados “goteros”.

Su descarga fluctúa en el rango de 2 a 4 litros por hora y por gotero. La aplicación de pequeñas cantidades de agua permite mantener un nivel estable de humedad minimizando así el consumo de agua y las pérdidas por evaporación y filtración. El riego por goteo garantiza por lo menos un ahorro del 60% del agua. (Intermediate Technology Development Group, ITDG , 2011)

2.2.1.3 Variaciones en las técnicas de riego.

a) Los reservorios individuales de exudación subterránea (RIES), constituyen un método de riego apropiado para ganar tierras en el desierto. Básicamente constan de botellas plásticas acopladas e interconectadas por sus bases con pequeñas mangueras para que se llenen simultáneamente y luego el agua se libere lentamente por medio de uno o dos goteros ubicados en la base del conjunto.

Los micros reservorios deben recargarse cada 25 ó 30 días. Es decir, se trata de una técnica particularmente útil para zonas áridas y para situaciones de sequía. (Intermediate Technology Development Group, ITDG , 2011)

b) Riego por chorrillo, es una combinación del riego por goteo y los surcos por gravedad. Se mejora el transporte de agua utilizando tuberías a presión que van desde los reservorios hasta la cabecera de los surcos; esto permite eliminar las pérdidas de agua debido a la evaporación y la infiltración. Además, permite controlar la cantidad de agua que se envía a las parcelas, de tal manera que el sistema puede estar en funcionamiento las 24 horas del día, pero con un caudal mínimo. (Intermediate Technology Development Group, ITDG , 2011)

c) El riego con cápsulas porosas y/o ollas de barro enterrados, es un antiguo sistema cuyo principio de funcionamiento se da cuando las plantas retiran agua del suelo, generando una diferencia de potencial entre éste y el recipiente poroso, lo que provoca un flujo de agua. Se utiliza ollas de arcilla no expandible; se les agrega aproximadamente 5 litros de agua por unidad/día, pero esto varía según el tipo de cultivo. Además de redujo en 75% la periodicidad del riego. (Intermediate Technology Development Group, ITDG , 2011)

d) El riego por goteo subterráneo, consiste en colocar bajo la superficie del terreno, el tubo o cinta de polietileno donde están los goteros. Se viene utilizando hace más de 40 años con distintos cultivos, como olivos, frutales, hortalizas, pasturas,. Sin embargo, requiere que el productor maneje minuciosamente el sistema y que se realice con cuidado algunas labores.

e) Los sifones, que constituyen una mejora al sistema de riego por gravedad (en surcos), que permiten reducir la pérdida de agua. Se trata de mangueras cortas que comunican el canal de riego principal con los surcos y así hacen innecesarios los canales auxiliares, incrementan la eficiencia del riego y controlan el volumen de agua que entra a cada surco.

2.2.2 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. (fabricacion del komdenskompresor, 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. (fabricacion del komdenskompressor, 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.

a) 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).

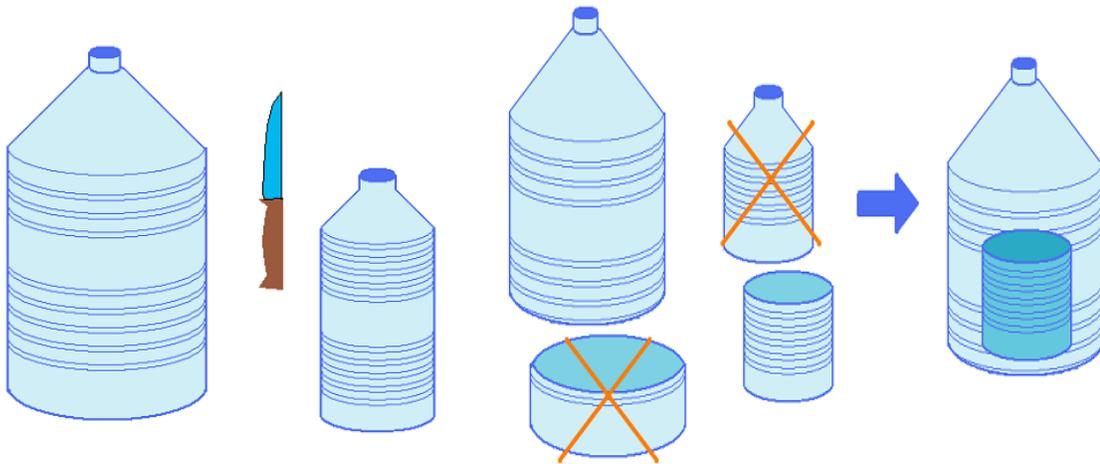


Ilustración 2: Fabricación de un Komdenskompressor(fabricacion del komdenskompressor, 2010)

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.

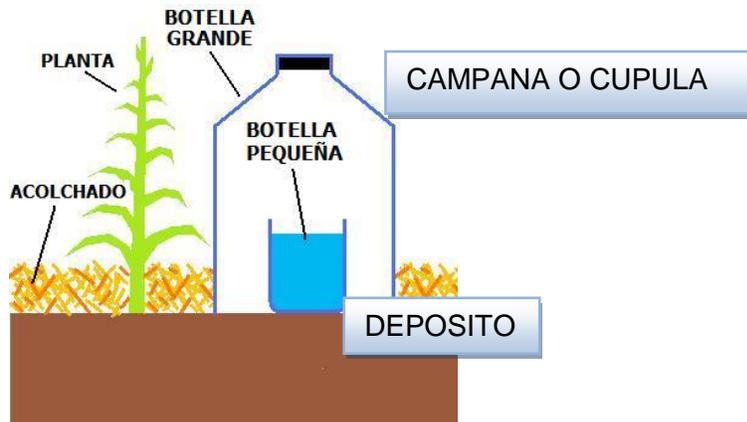


Ilustración 3 Instalación del komkom (fabricación del kondenskompressor, 2010)

Ambas botellas así dispuestas (Elkondenskompressor) se ha de colocar junto a la planta que queremos regar. Alrededor de la planta y del Kondenskompressor se pone heno, paja u hojas secas, piedras etc.

b) 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.

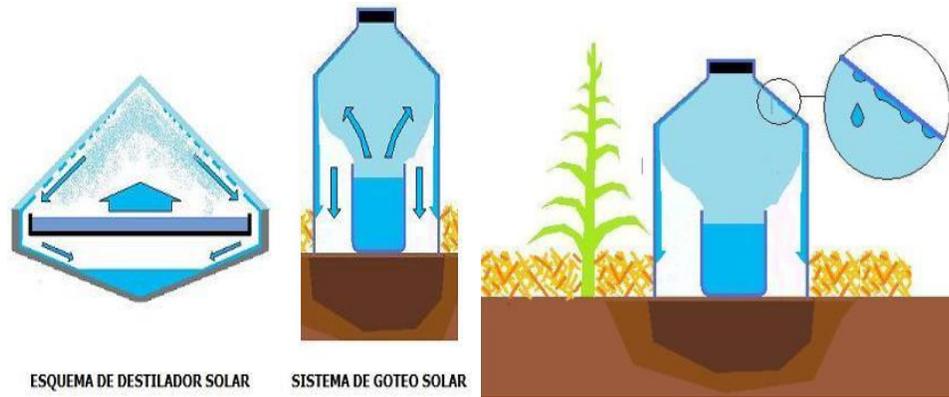


Ilustración 4 : funcionamiento del komkom (fabricación del kondenskompressor, 2010)

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 kondenskompressor, 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.

2.2.3 Re vegetación y reforestación

Esta práctica consiste en establecer o restablecer la vegetación (según sea el caso), en superficies expuestas a la erosión. Esto permite estabilizar taludes, e incluso moderar microclimas, lo que implica que se trata de técnicas que permiten reducir la ocurrencia de amenazas por geodinámica externa y moderar el impacto de los fenómenos hidrometeorológicos, clima y microclima. La fluctuación y estacionalidad de las lluvias, temperatura del aire, radiación solar y de los vientos, ya que cada especie tiene una tolerancia distinta a dichas condiciones.

Las hojas de las plantas interceptan las lluvias, e impiden que éstas erosionen el suelo. Para que la protección funcione bien se requiere varios estratos de vegetación (árboles altos, árboles medianos, arbustos, hierbas de hojas anchas, pastos, etc.) puesto que así el agua irá drenando lentamente a través de las hojas y la energía de las gotas de lluvia se irá disipando. (Intermediate Technology Development Group, ITDG , 2011)

2.2.4 Los riegos de apoyo y de socorro en repoblaciones forestales

Se trata de sistemas de riego que permiten aplicar mini dosis de agua individuales periódicas. Estos riegos de socorro (o supervivencia) y de apoyo (o mantenimiento inicial) ayudan a evitar mayor mortandad de las plántulas por causa del estrés hídrico a la cual son sometidas al inicio del establecimiento de repoblaciones forestales, de áreas críticas en zonas áridas o por la variabilidad del clima.

Estos riegos localizados de apoyo y supervivencia evitan muchas marras y aceleran el crecimiento de los brinzales (Bainbridge, 2002, 2007; Sánchez et al., 2004), lo que los fortalece para poder seguir creciendo de forma autónoma en años sucesivos. Pueden llegar a ser imprescindibles en zonas recalcitrantes, en secarrales, en áreas críticas de casi imposible restauración, en desiertos.. (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012).

Pero se trata de una técnica casi testimonial, utilizada en situaciones muy especiales y locales.

La dosis de riego suele relacionarse con el objetivo de conseguir buenas cosechas. Entonces se persigue que la vegetación **transpire** a sus anchas, todo lo que desee, para maximizar así su crecimiento y producción.

Pero esto no es aplicable a los riegos forestales de apoyo y supervivencia. Aquí basta con aplicar mini dosis de agua (pues no se pretende satisfacer la evapotranspiración real máxima de una especie derrochadora del líquido elemento, sino que aquí tratamos con especies frugales, xerófitas, especialistas en ahorrar agua). (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

Un pequeño brinzal² de dos sábilas tiene unas necesidades de 1 o 2 litros de agua al mes (en julio y agosto). Así, con solo 2 a 5 litros por brinzal y temporada puede ser más que suficiente. La frecuencia del riego también difiere respecto del patrón seguido por los agricultores. (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

Se trata de riegos de muy baja frecuencia (por ejemplo: un riego en julio y otro en agosto; o un único riego en mitad del verano). Puede por ello hablarse con toda propiedad de micro irrigación o de micro riegos localizados.

Dado que el agua suele ser un recurso escasísimo para las repoblaciones forestales (especialmente en zona árida), la eficiencia de aplicación del agua deberá extremarse: para que no haya pérdidas en el transporte del líquido desde la fuente hasta las plantas, para que las mini dosis sean precisas y uniformes y para que los brinzales aprovechen el riego al máximo (que casi toda el agua sea transpirada, que 'ninguna' gota se pierda por evaporación directa o percolación).

²Brinzal. Término utilizado en las ciencias forestales para referirse a cualquier árbol silvestre de muy poca edad, de un tamaño inferior a la altura de las rodillas. Recientemente también se le utiliza para referirse a los árboles pequeños cultivados.

En este sentido tenemos los siguientes tipos de riego:

Establecimiento o arraigo Es el primer riego (nada más al plantar o sembrar; o al poco tiempo de realizada la implantación).

Apoyo mantenimiento Son riegos previstos, proyectados y presupuestados (hasta que los brinzales alcancen su autonomía hídrica).

Socorro supervivencia Son riegos imprevistos, excepcionales (actuación urgente de rescate hídrico ante sequías extremas) (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012).

2.2.5 Métodos de riego usados en repoblación forestal en zonas áridas.

Ni el riego por pie ni el riego por aspersion son sistemas adecuados para regar las pequeñas plantas de una repoblación, ya que estas se encuentran dispersas en un amplio espacio de terreno. Hay que acudir a métodos de riego localizado para no malgastar agua.

a) Tarros de barro Este método pasa por ser el más antiguo de los sistemas de riego localizado que ha practicado el hombre, siglos antes de Cristo.

Cualquier recipiente de barro cocido tiene tendencia a rezumar agua. Si se entierra el recipiente, irá cediendo lentamente el agua que contiene al suelo. De esta forma se consigue un riego localizado, lento, prolongado y seguro que es muy efectivo para evitar marras³ en zonas subdesérticas.

Así pues, enterrando un pequeño recipiente de barro cocido (de entre 1 y 3 litros de capacidad) junto a cada brinzal y llenándolo de agua una vez al mes y dejarlo fácil de localizar y bien tapado para evitar que el agua se evapore, que los animales lo puedan utilizar

.b) Cápsulas porosas interconectadas. Investigadores brasileños (da Silva et al., 1981, 1985; Silva et al., 1982) han perfeccionado el sistema anterior con el fin de poder conectar los recipientes de barro a una red de tuberías (al estilo

³Marras. = Perdidas

del riego por goteo, pero sustituyendo los emisores típicos (que se atrapan mucho) por cápsulas porosas fabricadas al efecto (que no se atrapan tanto y que actúan de reserva durante varios días o semanas, sin tener que volver a regar). (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

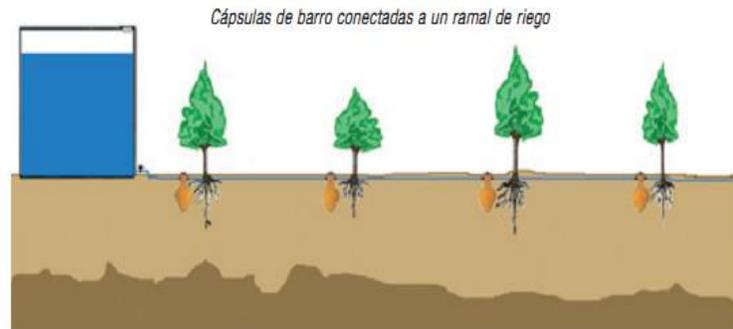


Ilustración 5 : tarros de barro interconectados (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

c) Botellas (recicladas) de plástico.

Ensayada con éxito en Perú, denominado RIES (Reservorios Individuales de Exudación Subterránea), consiste en conectar dos, tres o cuatro botellas de 1,5 litros (o de 3 litros) por su parte inferior mediante pequeñas mangueritas plásticas (para permitir su llenado y vaciado conjunto por vasos comunicantes) e instalar dos goteritos (dos filtros de fibra plástica) en una de las botellas y a dos niveles (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012).

El paquete de botellas (con una capacidad comprendida entre 3 y 12 litros) debe ir enterrado junto a la zona radicular de la planta quedando solo los tapones visibles. El agua se va liberando lentamente a través de los goteritos. Antes de su completo vaciado (a las 3 o 4 semanas), las botellas deben recargarse.



Arriba, reservorio individual de exudación subterránea con los dos goteritos (flechas rojas)

Ilustración 6 : sistema RIES (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

d) Otros recipientes plásticos

El Treegator, es una bolsa de polietileno permeable, en su fondo va entregando 'lentamente' el líquido elemento al terreno. La capacidad del saco Treegator es de 75 litros y se vacía en 5 a 9 horas a través de dos puntos permeables existentes en su base.

El Eco Bag. Tiene una capacidad de 20 litros, ocupa 0,6 x 0,6 m² alrededor de la planta y entrega el agua por medio de una mecha a una tasa aproximada de 1 litro/día. Por lo tanto, se ha de rellenar cada tres (o cuatro) semanas. Esta eco-bolsa se instala en superficie.



*Saco regador Treegator®
(fuente: <http://www.treegator.com/>)*



*Depósito de riego Eco Bag®
(fuente: <http://www.ecobagindustries.com.au/>)*

Ilustración 7: bolsas para riego (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

e) Micro riego a través de un tubo vertical. Se trata de un pequeño tubo vertical, enterrado unos 25 a 50 cm y que asoma 2 o 3 cm. De esta manera, el agua se sitúa en profundidad, junto a las raíces del arbolito. Son tubo de PVC o de PE de reducido diámetro (5 a 3 cm), también pueden utilizarse tallos huecos (de caña, de bambú, etc.), Las dosis ensayadas han sido de 1 litro hasta 3 litros por planta y riego.

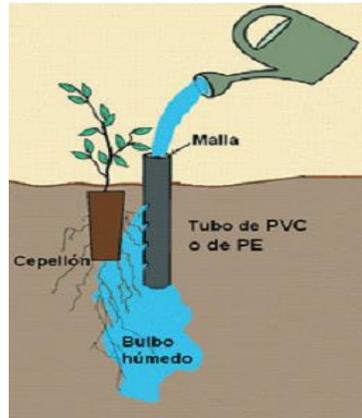


Figura 1: Riego subterráneo por medio de un tubo vertical

Ilustración 8: riego subterráneo por tubo (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

f) Riego subterráneo con drenes

Para este fin se utilizan las tuberías corrugadas de PVC usadas habitualmente para drenaje y que incluyen pequeñas ranuras a lo largo y ancho de toda su extensión. Se entierran a la profundidad deseada (unos 30 a 50 cm, o incluso más).

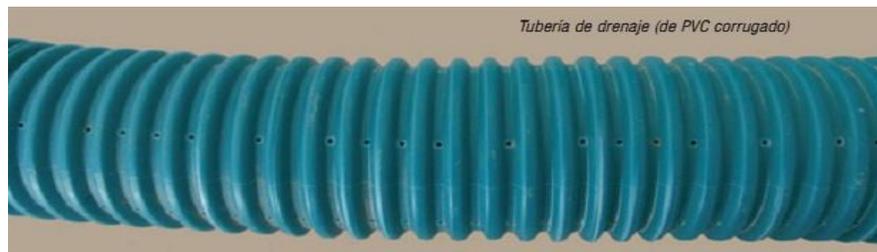


Ilustración 9 : sistemasubterráneo (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

g)Cajas de agua (Waterboxx)

Consiste en una caja de polipropileno con forma cilíndrica (ligeramente troncocónica) de 0,5 m de diámetro y 0,25 m de altura (aprox.), que rodea y protege a los brinzales o a las semillas que encierra en su seno. Incluye en su interior un depósito amplio y generoso de unos 17 litros de capacidad, se riegan por capilaridad a través de una mecha instalada al efecto en su fondo.



Ilustración 10 : sistema waterboxx (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

h)Destiladores solares para riego (kondenskompressor)

Los destiladores solares reproducen a pequeña escala y de manera acelerada y simplificada el ciclo del agua en la Tierra: En un recinto cerrado, el sol evapora agua de un recipiente, este vapor asciende y se condensa en el techo transparente e inclinado del destilador. Allí, las gotitas van aumentando de tamaño hasta que terminan por escurrir adheridas al techo, y alimentan así con agua destilada a la planta. El Kondenskompressor (Konkom). Este aparato incorpora en su ciclo hidrológico particular una componente adicional, la infiltración hacia el suelo.

En un principio, el Konkom ha sido ensayado con hortalizas (tomates, judías y calabacines) pero también puede llegar a ser útil en reforestación. Este

aparato brinda a la planta un riego por goteo de coste nulo y sincronizado con sus necesidades, pues se intensifica cuando el sol incide de plano sobre el destilador, es decir cuando más transpiran las plantas. Se puede lograr por ello un aprovechamiento óptimo del agua, empleando la energía del sol como elemento motor gratuito del proceso de riego.

Para aumentar la eficiencia en el aprovechamiento del agua, interesa acolchar (con paja, piedras, etc.) alrededor del Konkom y de la planta, de manera que no asome el bulbo húmedo directamente a la atmósfera.

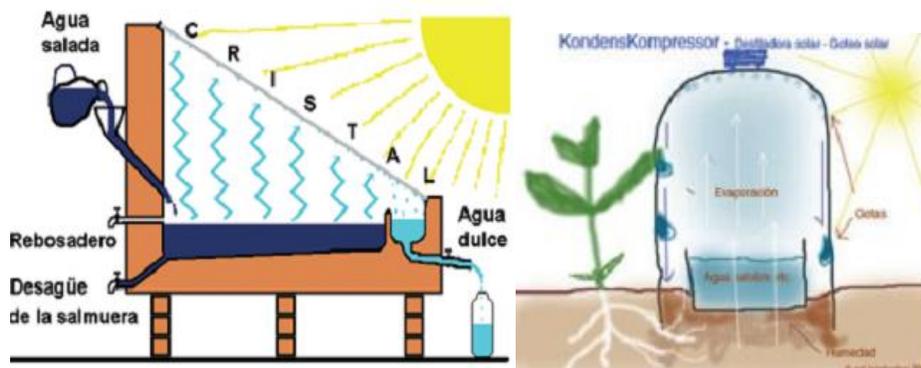


Ilustración 11 : diferencias entre destilador solar y komkom (Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2012)

2.2.6 Uso del hidrogel en la repoblación forestal

Es un polímero súper absorbente capaz de absorber hasta 500 veces su peso en agua. A medida que el suelo va requiriendo de ésta, el polímero libera hasta un 95 % del agua inicialmente absorbida.

El Poliacrilato de Potasio es un sólido blanco, su granulometría depende del área de aplicación. Una vez que es hidratado se vuelve un gel, capaz de liberar el agua paulatinamente de acuerdo a la necesidad.

Principales ventajas:

- Aumenta la capacidad de retención de agua de los suelos. La frecuencia de riego puede disminuir hasta en un 50%
- Disminuye las pérdidas de agua y nutrientes por lixiviación

- Reduce la evaporación
- Puede usarse como único sustrato para el crecimiento de raíces
- Reduce el estrés durante el trasplante
- Al evitar el estrés por déficit hídrico disminuye la presencia de enfermedades y por ende aumenta la cantidad de plantas que sobreviven
- Una vez aplicado mantiene sus propiedades hasta 8 años
- No contamina el suelo, plantas o agua. Se vuelve inerte una vez finalizada su vida útil
- Es biodegradable

a) Degradación del polímero

El poliacrilato de Potasio es un compuesto fotosensible, debido a la acción de los rayos ultravioleta se genera la ruptura de enlaces provocando una segmentación del polímero. De esta forma se obtienen moléculas más pequeñas, las cuales son mucho más sensibles a la degradación microbológica.

Los elementos resultantes de la degradación del polímero son: Carbono, Potasio y agua.

La Paz - Bolivia.- El Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT), realiza investigaciones para sembrar árboles frutales con hidrogel, compuesto que permite sembrar en zonas donde hay déficit de agua. El hidrogel es un producto orgánico sintético con una alta capacidad de absorción de agua. (RadiosLa, 2013)

Asimismo, explicó que el hidrogel se emplea 4 gramos en un litro de agua, se lo deja reposar unos minutos hasta que tome la forma de un cuerpo gelatinoso para posteriormente ser usado. Dependiendo de la calidad del producto, este dura hasta tres meses. (RadiosLa, 2013)

Esto significa que las plantas solo requieren riego 12 veces al año. El costo de este producto es de 50 centavos por árbol.



Ilustración 12 :siembra de árboles programa mi árbol (RadiosLa, 2013)

2.2.6 El agua en el suelo

El agua es uno de los constituyentes más importantes del suelo ya que es el principal aportante de agua para las plantas. Disuelve y transporta elementos nutritivos y contaminantes, presentando un comportamiento muy dinámico.

2.2.6.1 Fuerzas de retención de agua en los suelos. La succión o tensión puede expresarse en términos de la altura en cm. de una unidad de columna de agua, cuyo peso es igual a la tensión bajo consideración. Cuanto mayor sea la tensión que se mide, mayor la altura en cm.

- Atmosfera es la presión negativa ejercida por una columna de 1033cm de agua.
- BAR. Es la presión negativa ejercida por una columna de 1020cm de agua.
- pF. Es el logaritmo del número de cm. de la columna de agua en cada caso. (Chilon Camacho, 1996)

Las unidades para expresar el potencial de agua y sus componentes energéticos, son de energía por cantidad unitaria de agua,

- En base a volumen potencial = $\text{ergio/cm}^3 = \text{dina /cm}^2 = \text{Mpa}$
- En base a masa potencial = $\text{ergio/gramo} = \text{cm}^2/\text{seg}^2$

- En base a peso $\psi = \text{ergio/dina} = \text{cm}$ (Miranda Casas, 2002)

La retención del agua por el suelo se debe a la acción de fuerzas:

- i) Fuerza Matricas
 - a) Adhesión
 - b) Doble capa difusa
 - c) Enlaces de Hidrogeno
 - d) Fuerzas de VanderWalls
- ii) Fuerzas Osmóticas
 - a) A mayor cantidad de sales, mayor la presión osmótica, menor energía libre del agua, mayor capacidad de movimiento, mayor fuerza para que las plantas absorban el agua. (Chilon Camacho, 1996)

2.2.6.2 Estado energético del agua en el suelo

2.2.6.2.1 El potencial energético

Del agua es una forma de describir el status del agua en el suelo y el movimiento del agua.

El potencial energético del agua del suelo depende principalmente de la adsorción del agua, o sea de las fuerza matrices y en el caso de suelos salinos de la concentración de electrolitos en la solución suelo que determinan las fuerzas osmóticas.

El agua en estado libre tiene un alto potencial energético, que por convención es igual a cero (0), este máximo valor disminuye cuando la presencia de solutos diluye la concentración del agua, determinando que el agua fluya de una zona de alto potencial energético a una de bajo potencial energético, o sea de una zona de bajo pF a una zona de alto pF. (Chilon Camacho, 1996)

Altura de la columna de agua en cm.	Atm; Bar	pF
1	1/1000	0
10	1/100	1
100	1/10	2
346	1/3	2,54
1000	1	3
10000	10	4
15849	15	4,2
31623	31	5,4
1000000	100	7

Tabla 1 equivalente de presión (Chilon Camacho, 1996)

El potencial energético total del agua del suelo está determinado por los siguientes potenciales:

$$\psi_{total} = \psi_m + \psi_o + \psi_p + \psi_g + \psi_\Omega \dots \dots \dots$$

- ψ_m = Potencial matricio (suelos normales)
- ψ_o = Potencial osmótico (suelos salinos)
- ψ_p = Potencial de depresión (suelos inundados)
- ψ_g = potencial gravitacional
- ψ_Ω = potencial de sobrecarga hidrostática

2.2.6.3 Concepto energético de retención de humedad

En el sistema siguiente se presentan las relaciones entre espesor de la película de agua y energía de retención en el borde de esta película de agua.

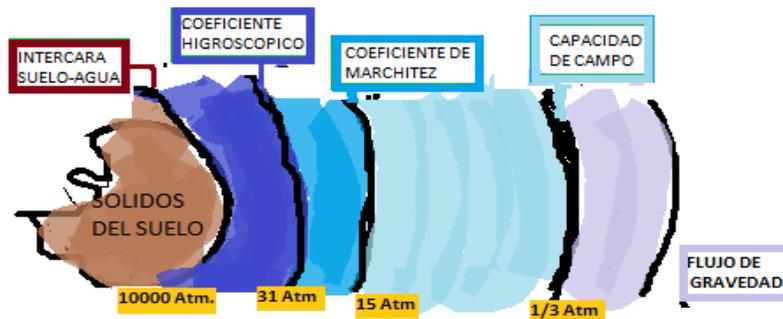


Ilustración 13 : relación entre película de agua y energía de retención de la misma. (Chilon Camacho, 1996)

2.2.6.4 Almacenamiento del agua en el suelo

El almacenamiento de la humedad de agua del suelo y su racional distribución en el área de las raíces es de suma importancia para el manejo de los cultivos.

La humedad del suelo se expresa en forma de humedad en base a peso y volumen, además es importante conocer los coeficientes hídricos del suelo.

a) Capacidad de campo (CC). Definido desde el punto de vista físico, corresponde al contenido de humedad de un suelo profundo, permeable y con buenas condiciones de drenaje, luego de 48 horas después de haberse aplicado un riego pesado y luego se haya perdido toda el agua gravitacional. También se define como el contenido de humedad del suelo a una tensión de $1/3$ de atm. (Chilon Camacho, 1996)

El uso del término de Capacidad de Campo, (CC) debe restringirse para expresar una zona de contenido de humedad, y no en el sentido estricto como una constante de humedad del suelo; si se necesitan valores más precisos, se suele recurrir a porcentajes de agua a un potencial determinado, tales como -0.33 y -0.10 bares para suelos pesados y livianos respectivamente. (Serrano Coronel, 2013)

b) Punto de marchitez permanente (PMP) Se define desde un punto de vista fisiológico y representa el contenido de humedad del suelo, bajo el cual la planta presenta marchitez ya sea temporal o permanente. También se define como contenido de humedad del suelo a una tensión de 15 atm. (Chilon Camacho, 1996)

De acuerdo con Pizarro (1990), el Punto de Marchitez Permanente (PMP), se caracteriza por que las plantas absorben el agua del suelo con mucha dificultad y experimentan una marchitez irreversible. Esta marchitez no depende sólo de la humedad del suelo, ya que intervienen también las condiciones meteorológicas, densidad de raíces, condiciones osmóticas de la solución del suelo, etc. Sin embargo, numerosas mediciones han mostrado que ese estado corresponde a un

potencial mátrico comprendido entre -10 y -20 bares, con un valor medio aproximado de -15 bares. (Serrano Coronel, 2013)

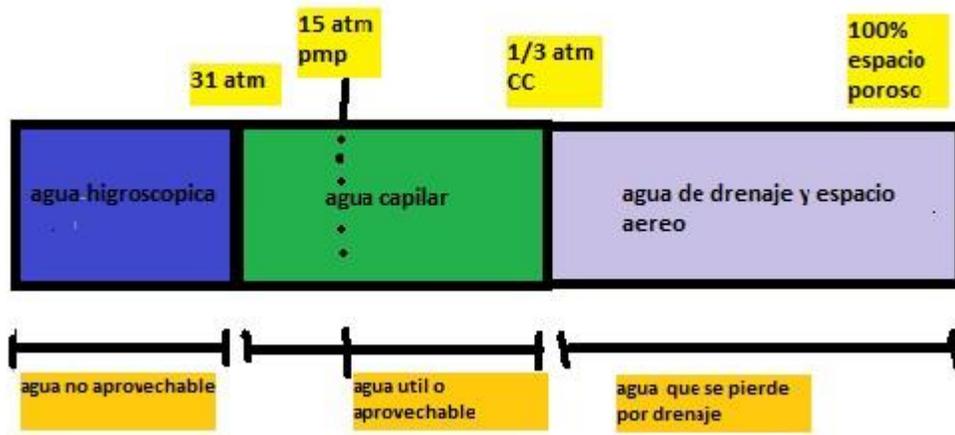


Ilustración 14: muestra la relación física y biológica del agua en el suelo (Chilon Camacho, 1996)

2.2.6.5 Clasificación física y biológica del agua en el suelo

“Agua gravitacional”:

Es aquella que momentáneamente llena los grandes poros del suelo, pero que es arrastrada por la acción de la gravedad en los suelos correctamente drenados.

“Agua capilar”:

Es el agua retenida en los poros del suelo venciendo la acción de la gravedad. De ésta una parte es más móvil y disponible por las plantas y otra está unida con más fuerza a las partículas del suelo.

“Agua higroscópica”:

Es el agua fuertemente fijada por las partículas del suelo. No es disponible por las plantas.

La cantidad de agua almacenada o retenida en el suelo, varía de forma constante, desde el punto de vista de su utilización por las plantas puede ser: Agua superflua (por demás); Agua útil (se puede aprovechar); Agua Inútil (no se puede

aprovechar), ubicándose entre las cuatro constantes hídricas tal como se muestra en la Figura. (Serrano Coronel, 2013)

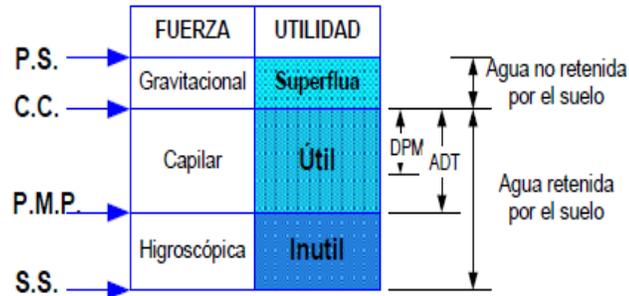


Figura 2.2. Estados de agua en el suelo.

Ilustración 15 : clasificación física y biológica del agua en el suelo(Serrano Coronel, 2013)

2.2.6.6 Para la medición de la humedad del suelo

2.2.6.6.1 Métodos directos Se tienen métodos de laboratorio y métodos de campo. Los métodos de laboratorio se caracterizan por que determinan directamente la humedad del suelo.

a) Método gravimétrico. Este método determina el contenido de humedad del suelo como el peso del agua dentro de la matriz del suelo. Se evalúa como la diferencia de peso entre una muestra de suelo húmeda y seca.

Este método implica la recolección de la muestra del suelo, pesándola de ser posible en ese momento para determinar su peso húmedo. Luego se lleva al laboratorio donde se seca en un horno a 105 °C, durante 24 horas, momento en que es pesada nuevamente. La humedad de la muestra y por ende del suelo se determina como:

Ecuación (Nº1)
$$\%Hg = \frac{Msh}{Mss} * 100$$

$\%Hg$ = % de humedad gravimétrica

Msh = masa de suelo húmedo

Mss = masa de suelo seco

b) Método volumétrico. Este método se relaciona con el anterior. Expresa el contenido de humedad del suelo en función del volumen que esta ocupa dentro de la matriz del suelo. Para su cálculo :

Ecuación (Nº2)
$$\%Hv = \frac{Va}{Vs} * 100$$

$\%Hv$ = % de humedad volumétrica

Va = volumen de agua del suelo

Vs = volumen de suelo

Para convertir la humedad gravimétrica en volumétrica se tiene:

Ecuación (Nº3)
$$\%Hv = \%Hg * \frac{\delta a}{\delta_{H_2O}}$$

δa = densidad aparente del suelo (g/cc)

δ_{H_2O} = densidad del agua (1)

Densidad aparente Es el peso del suelo por unidad de volumen total, este volumen incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso. La Dap es importante desde el punto de manejo del suelo ya que permite conocer sobre:

- La compactación del suelo
- Permite inferir las dificultades para la germinación, enraizamiento. Y circulación del agua y aire.
- Se halla relacionada con la textura del suelo (Miranda Casas, 2002)

2.2.6.6.2 Métodos indirectos

a) Bloques cerámicos, bloques de yeso o bloques de resistencia eléctrica. Esta forma para medir la humedad del suelo, se fundamenta en la propiedad que tiene el agua de conducir la corriente eléctrica.

Bloques de humedad en suelo 227 y 223 Los bloques de yeso proporcionan un método práctico y económico de estimación del potencial hídrico del suelo. La resistencia varía entre 3000 Ω (seca) y 1 Ω (húmeda). (SCIENTIFIC, CAMPBELL, 2004)

Utilizan para su funcionamiento el principio de la resistencia eléctrica variable. Disuelto en agua, el yeso es un conductor de electricidad bastante eficaz. Por eso, cuando el sensor contiene mucha agua, la corriente eléctrica fluye bien. Cuando hay mucha agua en el suelo, también hay mucha agua en el sensor. Mientras va secándose el suelo, el sensor también se seca, y la resistencia al flujo de electricidad aumenta.

Determina la humedad al medir la resistencia de un bloque de yeso introducido en el suelo. La resistencia del suelo varía con su contenido de humedad, así si el suelo se seca, también lo hará el bloque y su resistencia aumentará en el tiempo. (Chilon Camacho, 1996)

b) Método del tensiómetro se basa en el uso del tensiómetro, el cual es un tubo básicamente sellado con agua; en uno de sus extremos tiene una capsula porosa de cerámica y en el otro extremo lleva un nanómetro o medidor de vacío.

El tubo se instala en el suelo con la punta de cerámica a la profundidad deseada y el nanómetro a cierta altura de la superficie. (Chilon Camacho, 1996)

2.2.7. Botellas plásticas de politereftalato de etileno (pet)

La botella de plástico es muy utilizada en la comercialización de líquidos en productos como de lácteos, bebidas o limpieza hogares. Dentro de estas el politereftalato de etileno (pet) se usa habitualmente para bebidas carbonatadas y botellas de agua. Las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir

diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que el material haya alcanzado un desarrollo relevante. (Características y propiedades de las botellas PET, 2005)

Propiedades principales

- Cristalinidad y transparencia, aunque admite cargas de colorantes
- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes
- Alta resistencia al desgaste
- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- Totalmente reciclable
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios

La manera más fácil de saber si un envase está fabricado con resina PET, es buscar en el fondo un símbolo de un triángulo (a) formado por flechas con el número "1" en el centro y bajo este, las siglas "PET" o "PETE" (en inglés). Este símbolo se forma en el proceso de fabricación y algunas veces se imprime en la etiqueta.

Otra forma es buscar un punto opaco en el centro del fondo (b), que es el resultado del punto de inyección en la fabricación de la preforma



Ilustración 16 : como reconocer un envase pet (Características y propiedades de las botellas PET, 2005)

2.8 Características del cultivo de Agave

Agave americana, el **agave amarillo** o **pita**, es una planta perenne perteneciente a la familia Agaváceae



Ilustración 17: agave americana var. marginata (Eliricso, 2011)

Es una planta perenne acaulescente a terrenos áridos. Las hojas crecen desde el suelo, grandes, lanceoladas y carnosas de color blanco-azulado o blanco-grisáceo, saliendo todas desde el centro donde permanecen enrolladas a un tallo central

Las hojas se van formando desde el cayote en forma creciente y tienen espinas en su borde de casi 2 cm, muy agudas y finas. Todas las hojas terminan en el ápice, una aguja fina de unos 5 cm de longitud y de hasta 1 cm de ancho en su parte menos extrema.

Florece una sola vez en su vida y muere tras esta floración, un fenómeno conocido como monocarpismo. Deja a su muerte una copiosa descendencia (en hijuelos o retoños de raíz) en un tallo de unos ocho o diez metros y una anchura superior a los 10 cm de diámetro; de él y desde más de la mitad de su longitud van saliendo pequeñas ramas en forma de pirámide, terminando cada una en un grupo de flores de color amarillo-verdoso. Cada flor tiene un tamaño de unos 5 a 10 cm, y son

polinizadas habitualmente por murciélagos. El fruto es una cápsula trígona y alargada.

Usos

Seguramente su uso más conocido es la producción de un licor destilado llamado Mezcal, del que existen numerosas variedades, entre las que figura un mezcal conocido en todo el mundo, el Tequila. El zumo azucarado extraído de la savia del tallo floral antes de la floración se fermenta para producir una bebida alcohólica, llamada pulque, que a su vez se destila para obtener el mezcal.

El agave se cultiva aún por la fibra textil de sus hojas, llamada pita, para producir cuerda, redes y otros objetos. Su elaboración consiste en machacar las hojas de la planta hasta hacer que se desprenda su parte verde y húmeda. Así se logran las fibras que hay en su interior. Luego se encordan éstas hasta fabricarse cuerdas de textura áspera de varios grosores y de un color casi blanco. Actualmente se emplean medios mecánicos y su uso es más escaso.

Algunas variedades se utilizan en jardinería, especialmente la *marginata* (con el borde de las hojas de color blanco amarillento). (Eliricso, 2011)

3. DESCRIPCION Y METODOLOGIA

3.1. Ubicación del área del estudio

El presente estudio se realizó en las dependencias del Centro Experimental de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, situada a 15 kilómetros del centro de La Paz. Geográficamente se encuentra entre las siguientes coordenadas 16°32'04" Latitud Sur 68°03'44" Longitud oeste una altitud de 3400 m.s.n.m.

3.2. Características agroecológicas

3.2.1 Vegetación

Guzmán (2000), menciona que el Centro Experimental de Cota Cota presenta las siguientes especies; acacia negra (*Acacia melanoxylon*), acacia floribunda (*Acacia retinoides*), aroma (*Acacia dealbata*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), retama (*Spartiumjunceum*), queñua (*Polylepisincana*), ligustro (*Ligustrussinensis*), chillca (*Baccharissp*) y cultivos agrícolas. Citado por (Chuquimia Quiroz, 2013)

3.2.2 Clima

SENAMHI (2005), indica que las características de esta región es templada por considerarse cabecera de valle con una temperatura máxima de (32°C) y una temperatura media (11.5°C) y una mínima temperatura de (-3°C); con una precipitación pluvial media anual (380mm); Humedad relativa(58%); la velocidad máxima promedio de los vientos es de 1.4 m/s. (Chuquimia Quiroz, 2013)

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Material

3.2.1.1 Material orgánico

- Hijuelos de Agave Americana (*Agave americana* var. *Marginata*), usados solo como bio-indicadores.

3.2.1.2 Material para la construcción del KondensKompressor

- 18 Botellas recicladas de 2 ½ L. de Coca Cola.
- 24 botellas de Coca Cola de 300mL. para los depósitos de agua.
- 12 botellas de Pepsi de 3 L.
- 6 botellas de Tampico de 5 L.
- Vasos plásticos de ½ L. (costo de 50 unidades por 12Bs)

- Un estilete grueso

Nota: todas las botellas deben estar intactas y no aplastadas puesto que al perder su forma no serán útiles.

3.2.1.3 Materiales para la construcción de los electrodos de estuco

- Tuboberman de ¼ de pulg.
- 1 Kg de estuco (se usó marca Bedoya)
- Cables de distintos colores sacados de la fuente de computadoras

3.2.1.4 Material para instalación del experimento

- Picota
- Agua llevada en botellas
- Electrodo hechos de estuco
- Barra de un metro de fierro de construcción de ¼ de pulg.
- Tiza para marcar las medidas de 10cm. y 15cm.
- Lavandina, una botellita

3.2.1.4 Material para la medición de los datos

- Tablero de madera para tomar apuntes
- Tester electrónico con cocodrilos para medir las resistencias eléctricas
- Lápiz
- Yurex grueso
- Papel milimetrado 2 hojas
- Tijera

3.2.2 Metodología

3.2.2.1 Antes de la implementación del experimento

3.2.2.1.1 Determinación del lugar a realizar el experimento

De lo visto por la revisión bibliográfica sabemos que estos métodos de riego deberían ser usados en lugares donde las condiciones de suelo, agua y clima sean extremos.

Buscamos dentro del área de centro de investigación de Cota Cota el lugar más adecuado.



Ilustración 18 Cárcavas presentes en la Estación Experimental que presentan el efecto de sombra.

Uno de los primeros lugares para realizar tareas de conservación de suelos y reforestación son las cárcavas, pero lamentablemente cuando ya existe vegetación alrededor, se crea un efecto de sombra que no permitiría, que este método de riego por goteo solar, se aproveche y exprese en su máximo. Esto hace que busquemos otro lugar de pleno sol.



Ilustración 19 Terreno elegido para realizar el experimento de condiciones edafo-climaticas extremas.

El lugar elegido para realizar la prueba fue un área de fuerte pendiente con terrenos áridos, muy pesados, sin mucha estructura y con problemas de salinidad lo que debido a tales condiciones hace que el esfuerzo de transporte de cada gota de agua sea muy elevado.

Es así que en condiciones reales se tratara de ver las dificultades que se pueden atravesar al implementar este método de riego localizado. Siendo la única ventaja que existe mayor exposición al sol.

3.2.2.1.2 Recolección de botellas plásticas en la ciudad de La Paz

Simultáneamente me puse a recoger botellas plásticas de la ciudad de La Paz, para ver con qué tipo y tamaño de botellas contamos, el costo de estas botellas es cero.

Lo malo es que para realizar el experimento las mismas deben estar sincambiar su forma, por lo que ocupan mayor volumen ocasionando un costo de transporte, de cada saco de botellas, de 1,5 Bs aprox. 0,20ctvs de dólar.



Ilustración 20 viendo la disponibilidad de formas y tamaños de botellas recicladas en la ciudad de La Paz

De los distintos tamaños y formas de botellas disponibles, son las más adecuadas y comunes las de Coca Cola de 2 ½ litros y las de refrescos y licores de 3 litros. Las más adecuadas serían las más grandes de 5 litros, pero son muy escasas y tienen un costo.

3.2.2.1.3 Fabricación de electrodos de estuco

También en los primeros días de julio del 2015 se fabricó los electrodos de estuco a partir de 2 fuentes de poder quemadas de computadora (cada una a 5bs). De las cuales se sacó los cables de diferentes colores junto con sus terminales metálicas.



Ilustración 21 : fuente de poder quemada de computadora de la que se saca los cables y a su lado el tubo Berman

La ventaja de los cables de colores es que permitirá un mejor control en el campo de las medidas a tomar.

Se usó un tubo de $\frac{1}{4}$ de pulg. (costo de 3bs). Para darle forma a los electrodos hechos con estuco (marca bedoya).

La literatura nos recomienda que sea de yeso pero actualmente ya no se consigue ni en las farmacias, puesto que para las fracturas se usan férulas que vienen con yeso incorporado.

Se cortó el tubo en pedazos y se puso el estuco junto a los cables, para armar los electrodos.

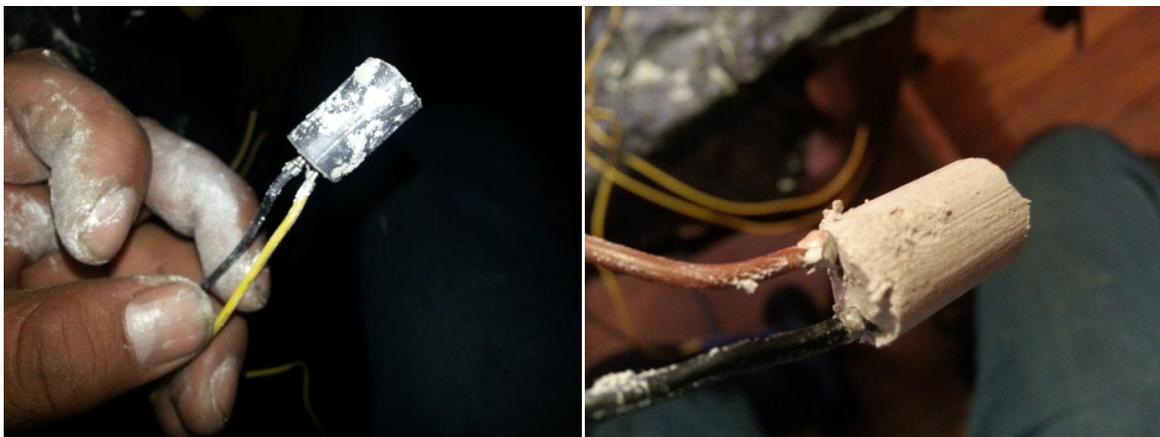


Ilustración 22: Electrodo hecho de estuco (fuente propia)

Pasado unos minutos, se saca el tubo dejando el electrodo ya formado, teniendo cuidado que los cables deben estar separados, para lo cual se mide la continuidad con el tester una vez seco el electrodo. No debería haber continuidad lo que aseguraría que los cables están separados.

Se armó electrodos con cable (rojo-negro) y otros (amarillo-negro), para la toma de medidas a diferentes profundidades (10cm. y 15cm.) y de esta manera no confundirnos en el campo.

3.2.2.2 Primeras pruebas antes de la implementación del experimento

Como no existe mucha información sobre esta técnica de riego, tuvimos que necesariamente hacer pruebas piloto, antes de establecer el experimento.

3.2.2.2.1 Método de la mecha

Es así que primero observamos, que los estudiantes de la facultad de agronomía en su intento de lograr el arraigo de matas de Sewenka (*Cortaderiasp*) en las cárcavas presentes en la estación experimental, hicieron uso de botellas plásticas con el fin de mantener la humedad de la siguiente manera.



Ilustración 23: botellas plásticas puestas en la estación experimental con el fin de favorecer el prendimiento de la sewenka (*cortaderiasp*) y agave (*agave americana var. marginata*)

Motivados por esto se procedió a realizar experimentos previos para ver la utilidad de esta técnica.



Ilustración 24: El método de la mecha con botellas plásticas con soporte de otra botella da un goteo continuo de una semana (fuente propia)

Luego de varias pruebas hechas, con diferentes tipos de goteros, pudimos establecer, que se obtenía el mejor resultado con un gotero de mecha (trapo de lana) y una piedra pequeña colocada en la tapa, como se muestra en las fotografías.

La ventaja que se vio era que no importando si el agua es limpia o con sedimentos el gotero sigue funcionando.

No se debe olvidar que para que esta técnica funcione, se necesita que la botella que contiene el agua, en su parte superior deba llevar **un pequeño agujero** hecho con algún clavo o gancho.

También, el hecho de usar una botella (cortada en ambos lados), como base permite dar más estabilidad a esta técnica.

La desventaja o ventaja, según sea el punto de vista, es que el agua del recipiente se agota en una semana (2 a 3 litros por semana), por lo que daría al regante la opción de volver con una frecuencia de una semana.

Pero en lugares lejanos con condiciones extremas, con suelos de elevada pendiente donde el transporte del agua tiene un costo; difícilmente el regante volverá cada semana y peor aún si se trata de grandes áreas.

Es por eso que en la búsqueda de nuevas técnicas que nos permita asegurar el prendimiento y mantenimiento de las plantas en sus primeras etapas de vida, reduciendo los esfuerzos de mantenimiento, hicimos las primeras pruebas con nuestra técnica de riego en estudio.

3.2.2.2 Primeras pruebas con la técnica del riego por goteo solar

En las primeras pruebas piloto hechas en el 07 de julio del 2015, con la técnica del riego por goteo solar.

Se pudo observar que colocando el komkom, a la profundidad de los dedos de la mano, era suficiente para asegurar el proceso de evaporación. Puesto que al ser un suelo pesado, se sellaba de tal manera que era difícil que se pueda mover por cualquier agente externo.



**Ilustración 25 : inicia el proceso de evaporación en el kondenskompressor
(fuente propia)**

Es importante mencionar que al momento de la instalación del komkom, se debe vaciar una botella de agua para humedecer el suelo, esto ayuda a la formación de una columna de agua y humedecer la tierra, para facilitar en gran manera el trabajo de instalación.

También muy importante es que al instalar el komkom, se debe poner alrededor muchas piedras, que no permitan que el agua se evapore del suelo.

Luego de una semana de instalada la prueba piloto, se pudo observar:

La formación de algas, al interior de los depósitos, que afecta la tasa de evaporación del agua.



Ilustración 26 :Se puede observar la formación de algas dentro de los depósitos de los komkom (fuente propia)

La formación de estas algas, se debe al uso de las aguas muy contaminadas por sedimentos del río Jillusaya. El cual atraviesa por el medio de la Estación Experimental de Cota Cota.



Ilustración 27 : aguas contaminadas del río Jillusaya que atraviesa la Estación Experimental de Cota Cota, con fuerte olor a heces fecales. (Fuente propia)

También en estos experimentos previos se puede observar que bajo el depósito del komkom, existe humedad pasada una semana.



Ilustración 28: humedad presente luego de una semana en las pruebas previas(fuente propia)

La cual se debe más a la capacidad del suelo para mantener la humedad, que al aporte hecho por el komkom. Esto se verifica, con el hecho, de que al levantar las piedras alrededor del komkom presentan la misma humedad.

3.2.2.3 Tratamiento previo del agua del río

En la realidad son varios ríos de nuestra ciudad de la Paz que presentan las mismas condiciones de contaminación del agua del río jillusaya, por tanto para evitar la formación de algas se realizara previos tratamientos de sedimentación y desinfección.



Ilustración 29 : Aguas contaminadas al lado izquierdo 2 fotos del río jillusaya de la estación de Cota Cota y al lado derecho foto del río que pasa por la Caja Ferroviaria en el norte de la Ciudad de la Paz.(fuente propia)

3.2.2.3.1 Proceso de sedimentación

Como podemos ver el agua del rio jillusaya tiene mucho sedimento, esto puede ser una gran desventaja o tal vez una ventaja como veremos más adelante.



Ilustración 30 : aguas del rio jillusaya muy sedimentada casi una tercera parte de su volumen (fuente propia)

En 350 mL.de agua el contenido de sedimento es casi la tercera parte de su volumen, entonces con el fin de mejorar la calidad de nuestra agua uno de los procesos a seguir es la sedimentación.

Para este fin usamos primero un turril pequeño al igual que baldes de plástico, como tanques de sedimentación para mejorar nuestra agua.



Ilustración 31 : turril y baldes usados como tanque de sedimentación (fuente propia)

Pero fruto de la práctica, y con el espíritu que todo debe ser lo más fácil y practico posible para que el voluntario y regante se sienta motivado. Pudimos aprender que colocando las botellas sin mover durante dos horas el sedimento se depositaba en el fondo y que de ahí con el cuidado correspondiente se podía obtener un agua de mejor calidad.



Ilustración 32: agua contaminada luego de dos horas, los sedimentos se depositan en el fondo. (Fuente propia)

3.2.2.3.2 Desinfección del agua ya sedimentada

Ya con el agua sedimentada, se tenía que desinfectar, exponiendo al sol en botellas plásticas durante seis horas, como lo recomiendan mediante el tratamiento SODIS (Netherlands Water Partnership, 2005), pero las dejamos expuestas durante una semana.



Ilustración 33 : el agua sedimentada expuesta al sol durante una semana para su desinfección. (Fuente propia)

3.2.2.3.3 Justificación del uso de Cloro mediante la lavandina.

El 28 de julio del 2015 en una segunda prueba piloto que se realizó con el uso del agua sedimentada y desinfectada por el sol, se pudo observar que continuaba la formación de algas, aunque no en la magnitud de las primeras pruebas.



Ilustración 34 :Continúa la formación de algas pese al proceso de sedimentación y desinfección solar realizada (Fuente propia).

Primero debemos decir que el proceso de sedimentación es necesario, puesto que como vimos ocupa casi un tercio del volumen del agua, lo que restaría volumen al agua del depósito del komkom, algo que claramente no queremos.

Vemos que la desinfección solar no fue útil, tal vez sea porque no hicimos el proceso de filtración como lo recomienda el tratamiento SODIS (Netherlands Water Partnership, 2005).

Pero en el espíritu en el cual trabajamos donde buscamos soluciones prácticas y fáciles de implementar, nos preguntamos si el voluntario y/o regante se tomaría

todo el trabajo de filtrar y esperar las seis horas de desinfección que se recomienda.

Entonces en este mismo espíritu como alternativa recurrimos al uso del cloro, comercializado comúnmente en la lavandina (que recomienda 2 gotas por litro de agua).



Ilustración 35 : Se usara lavandina para la desinfección del agua del rio jillusaya (fuente propia)

3.2.2.3 Implementación del experimento

3.2.2.3.1 Diseño experimental

Terminadas las pruebas piloto, para la implementación de la presente investigación se utilizara un diseño de Bloques al Azar aplicando cuatro tratamientos y seis repeticiones. La comparación de medias propuesta es la prueba de rango múltiple Duncan y la de Tukey, ambas al 5% de significancia (Little & Jackson Hills, 1991)

El Factor de estudio es: Las variaciones a la técnica de micro riego localizado (por goteo solar) según la cantidad y tipo de envases de botellas PET

Modelo lineal aditivo (M.A.L.)

$$X_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

X_{ij} =Una observación cualquiera

μ = Media general

β_j = Efecto del j-esimo bloque

α_i = Efecto del i-esimotratamiento (variaciones de la técnica de micro riego)

ϵ_{ij} = Efecto debido al error experimental

3.2.2.3.2 Establecimiento en el campo

“ESTUDIO DEL USO DE BOTELLAS PLASTICAS RECICLADAS (PET) EN EL RIEGO POR GOTEO SOLAR Y SU APLICACIÓN EN LA FORESTACION”

CROQUIS DEL EXPERIMENTO
(Fecha.....)

	T2	T8	T3	T1
Bloque1	T8	T4	T1	T5
Bloque2	T5	T1	T7	T6
Bloque3	T8	T2	T6	T3
Bloque4	T4	T6	T8	T7
Bloque5	T2	T8	T3	T1
Bloque6				

FACTOR A

TRATAMIENTOS

VARIACIONES TECNICA DE MICRORIEGO (POR GOTEO SOLAR)

UNA BOTELLA (2 ½ litros) =V1

DOS BOTELLAS (2 ½ litros)= V2

BOTELLA DE 5 LITROS = V3

SIN TRATAMIENTO (TESTIGO)= T

AGAVE = A

TRATAMIENTO 1 = A*V1

TRATAMIENTO 2 = A*V2

TRATAMIENTO 3 = A*V3

TRATAMIENTO 4 = A*V4

3.2.2.3.3 Instalación de los Komdenskompressores

El 3 de agosto del 2015 se procedió a la siembra de los hijuelos de agave americana var. marginata, los cuales se recolectaron al pie de cada agave de alrededores de la Estación Experimental de Cota Cota, donde existen bastantes hijuelos para su propagación.



Ilustración 36 : hijuelos de agave americana var. Marginata(fuente propia)

Para cada punto de siembra e instalación de los komkom se procedió de la siguiente manera:

- Se llevó dos botellas de agua, una de las cuales tiene un previo proceso de sedimentación y desinfección con lavandina.
- Se hizo un pequeño hoyo donde se vacía el agua de la botella sin sedimentar. Esto es muy importante para que se pueda formar una columna de agua y se facilite el trabajo de instalación del komkom.
- Como depósito de los komkom, para los tratamientos uno y dos, se usaron vasos desechables de $\frac{1}{2}$ litro (en los que se venden refrescos). Para el tratamiento tres, como depósito se usó una botella de 3 litros.
- A todos los depósitos de los komkom se les pego papel milimetrado para poder realizar las medidas.



Ilustración 37 : Se muestra el proceso de siembra e instalación de los Komkom (fuente propia)

Como cúpula de los komkom se usaron en los tratamientos uno y dos, botellas de Coca Cola de 2 ½ litros y en el tratamiento tres una botella de 5 litros de Tampico.

Los komkom quedaron instalados con mucha facilidad, usando solo las manos para poner tierra alrededor de la cúpula del komkom, que al secarse lo sellara para que se realice el proceso de evaporación.

Alrededor de los komkom se pone piedras con el fin de evitar la evaporación desde el suelo hacia la atmosfera.



Ilustración 38 : komkom instalados, En las fotos los cuatro tratamientos ya dispuestos para el experimento (fuente propia)

Una vez instalados los tratamientos, con una barra de un metro aproximadamente y diámetro de 1/4 pulg. Se hicieron hoyos al lado de los komkom a una profundidad de 10cm. y 15 cm. donde se introdujeron los electrodos de estuco, es importante apisonar el suelo para que los electrodos tengan pleno contacto.

3.2.2.4 Variables de respuesta

- a) Cantidad de agua evaporada por unidad de tiempo (mililitros/semana)
- b) valores de resistencia en (ohmios) a 10 y 15cm por debajo de la superficie (con el tester), para determinar la con ello el grado de humedad del mismo.
- c) Capacidad de mantenimiento de humedad como % de humedad gravimétrica.

- d) Altura y área foliar del agave (agave americana var.marginata).en centímetros.

4. SECCION PROPOSITIVA

4.1 Resultados de la evaporación dentro del depósito del komkom

De los resultados obtenidos para la evaporación o consumo acumulado del depósito del komkom (Por favor remitirse a anexo1 y anexo 2).Se tiene que desde el 3 de agosto, al 9 de octubre del 2015 el consumo de agua del depósito fue el siguiente:

FECHA	DEL 3 DE AGOSTO AL 09 DE OCTUBRE			
EVAPORACION del depósito de agua				
CONSUMO EN (ml)				
	UNA BOTELLA	DOS BOTELLAS	BOTELLA GRANDE	TESTIGO
BLOQUE I	325,00	630,00	874,00	0,00
BLOQUE II	305,00	610,00	774,00	0,00
BLOQUE III	305,00	580,00	634,00	0,00
BLOQUE IV	305,00	580,00	634,00	0,00
BLOQUE V	275,00	460,00	974,00	0,00
BLOQUE VI	325,00	660,00	924,00	0,00
	306,67	586,67	802,33	0,00

Tabla 2: evaporación del depósito al final de dos meses (fuente propia)

Con el fin de validar si los resultados son estadísticamente confiables y no se deben al azar se sometió los datos a un análisis de varianza y prueba de comparación de media de Duncan y Tukey, a un nivel de significancia de 0,05.El mismo se realizó en el programa estadístico SPSS-22 de donde se tiene los siguientes resultados. (Por favor remitirse a anexo 3)

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: EVAPORACION

Origen	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	6607986,000 ^a	9	734220,667	117,916	,000
BLOQUES	28233,333	5	5646,667	,907	,502
TRATAMIENTOS	2215804,500	3	738601,500	118,619	,000
Error	93400,000	15	6226,667		
Total	6701386,000	24			

a. R al cuadrado = ,986 (R al cuadrado ajustada = ,978)
 Cv = 18% Media =426,4167

Tabla 3: Análisis de varianza para los datos de evaporación del komkom

Como se puede observar en el análisis de varianza en la columna de significación (sig), se tiene que si existe diferencias significativas entre los tratamientos (sig es menor a 0,05.).

Entonces concluimos que si existe diferencias significativas entre las diferentes variaciones de la técnica de riego por goteo solar. Para la evaporación del depósito del komkom.

Comparación de medias para la EVAPORACION						
PRUEBA	TRATAMIENTOS	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
HSD Tukey ^{a,b}	TESTIGO	6	,0000			
	UNA BOTELLA	6		306,6667		
	DOS BOTELLAS	6			590,0000	
	BOTELLA GRANDE	6				809,0000
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Duncan ^{a,b}	TESTIGO	6	,0000			
	UNA BOTELLA	6		306,6667		
	DOS BOTELLAS	6			590,0000	
	BOTELLA GRANDE	6				809,0000
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 4 : prueba de significancia de la evaporación de agua del depósito del komkom(fuente propia)

De la tabla 4, se puede establecer que el tratamiento que dio mayor cantidad de evaporación en el depósito, (por lo tanto mayor aporte como agua de riego), fue el de la botella grande de 5 litros y que usa como depósito un envase de tres litros (T3). **Con una evaporación en dos meses de 809 mL de agua.**

Que en segundo lugar se encuentra el tratamiento T2 conformado con dos botellas de Coca Cola de 2L. (como campana) y un vaso desechable de ½ L.(como depósito), con una **evaporación de 590,0 mL en dos meses.**

En tercer lugar tenemos al tratamiento T1, conformado por una sola botella de Coca Cola de 2 ½ L y un envase de ½ L .Dando una **evaporación de 306,67mL en dos meses.**

Bien una vez establecida la validez de nuestros datos hagamos un análisis más detallado. Así de los resultados obtenidos para la evaporación del depósito del komkom (Por favor remitirse a anexo1 y anexo 2).Se tiene el consumo de agua y tasa de evaporación del depósito.

FECHA	DEL 3 DE AGOSTO AL 09 DE OCTUBRE				Tasa de evaporación en mL./semana		
	EVAPORACION del depósito de agua						
	CONSUMO EN (mL)						
	UNA BOTELLA	DOS BOTELLAS	BOTELLA GRANDE	TESTIGO	UNA BOTELLA	DOS BOTELLAS	BOT. GRANDE
BLOQUE I	325,00	630,00	874,00	0,00	34,46	66,8	92,7
BLOQUE II	305,00	610,00	774,00	0,00	32,35	64,7	82,09
BLOQUE III	305,00	580,00	634,00	0,00	32,35	61,51	67,24
BLOQUE IV	305,00	580,00	634,00	0,00	32,35	61,51	67,24
BLOQUE V	275,00	460,00	974,00	0,00	29,1	48,78	103,3
BLOQUE VI	325,00	660,00	924,00	0,00	34,26	70	98
promedios	306,67	586,67	802,33	0,00	32,52	62,22	85,09

Tabla 5 : evaporación y tasa de evaporación al final de los dos meses de evaluación (fuente propia)

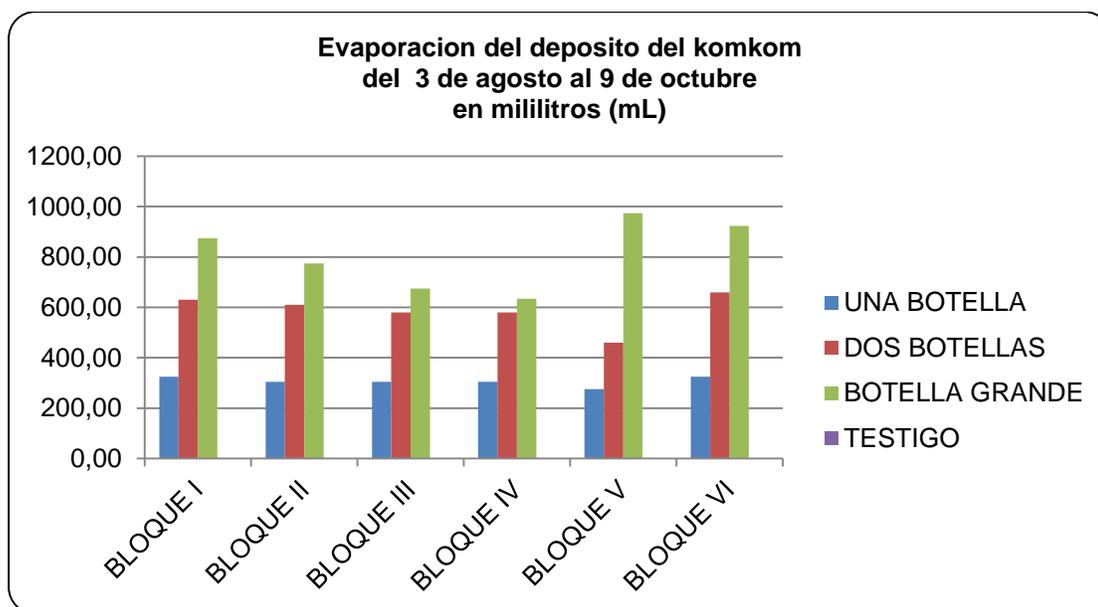


Grafico 1 : consumo de agua del 3 de agosto al 9 de octubre (fuente propia)

Del cuadro 1 y grafico1 se desprende que el tratamiento con la botella grande de 5 litros usada como campana y una botella de tres litros usada como

depósito (T3), se tiene que presenta una evaporación de **802,33mL** de agua en dos meses, con una tasa de evaporación de **85,09mL por semana**. Lo que nos daría una evaporación de cerca de **½ litro por mes**.

En cambio en el tratamiento con dos botellas de Coca Cola de 2½ L, usadas como campana y dos envases de plástico desechables de ½ L, como depósitos del komkom(T2), se tiene que la evaporación o consumo del agua del depósito es de **586,67 mL** de agua en dos meses con una tasa de evaporación de **62,22 mL por semana**. Lo que significaría una evaporación de **¼ litro de agua por mes**

En el caso del tratamiento que corresponde a una botella de Coca Cola de 2 ½ L usada como campana y un vaso plástico de ½ L usado como depósito (T1), observamos que la evaporación o consumo de agua en cerca de dos meses es de **306,67 mL de agua**, y una tasa de evaporación de 32,52mL por semana. Lo cual nos permite indicar una evaporación de **1/8 de litro de agua por mes**.

También de los resultados obtenidos de la evaporación o consumo de agua del depósito del komkomse tiene el siguiente cuadro y grafico en base a como fue la evaporación respecto al tiempo.

FECHA	DEL 3 DE AGOSTO AL 09 DE OCTUBRE				tasa de evaporación en mL /díaconsumo no acumulado		
EVAPORACION del depósito de agua en el tiempo							
CONSUMO EN (mL)							
FECHA	UNA BOTELLA	DOS BOTELLAS	BOTELLA GRANDE	TESTIGO	UNA BOTELLA	DOS BOTELLAS	BOTELLA GRANDE
3 de agos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11 deagos	28,17	52,00	42,67	0,00	3,52	6,50	5,33
25 de agos	93,33	164,50	187,33	0,00	4,65	8,04	10,33
1 de sep	137,83	268,33	281,50	0,00	7,42	17,31	15,69
30 de sep	259,00	489,00	660,67	0,00	4,04	7,36	12,64
9 de octb	306,67	586,67	802,33	0,00	4,77	9,77	14,17
					4,07	8,16	9,69

Tabla 6: evaporación del agua del depósito del komkom en el tiempo (fuente propia)

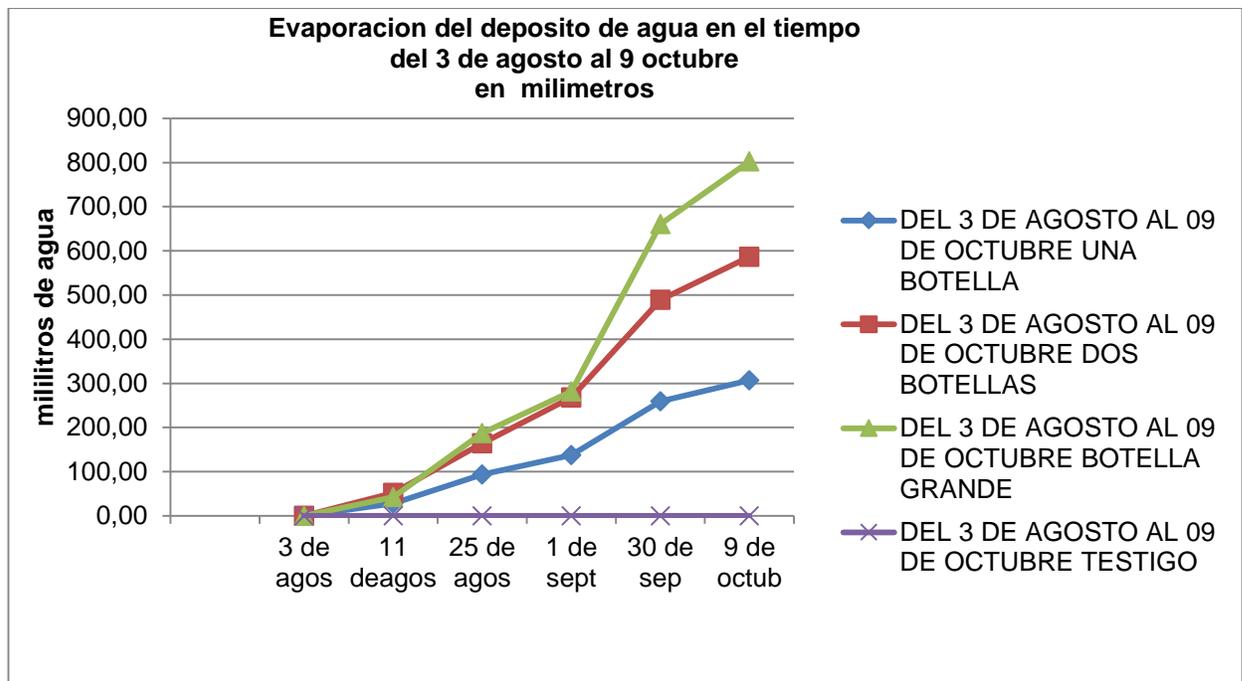


Grafico2: Evaporación del depósito del agua en el tiempo (fuente propia)

Aquí observamos (cuadro 2y grafico 2), que el tratamiento (**T2**), con dos botellas de Coca Cola de 2½L, usadas como campana y dos envases de plástico desechables de ½ L, como depósitos del komkom, presenta un consumo del agua de 586,67mL, que es casi el doble del tratamiento(**T1**), con una botella de Coca Cola de 2 ½ L, usada como campana y un vaso plástico de ½ L, usado como depósito, igual a 306,67mL.

Es decir que el T1 es casi el doble del T2, en cuanto a la evaporación o consumo del agua del depósito del komkom debido al uso de campanas (botellas) y depósitos del mismo tamaño. **Lo que nos permite indicar que para poder aumentar la dosis de riego, basta con aumentar la cantidad de botellas (campanas) del mismo tipo y se duplicara la dosis de riego.**

También es muy importante indicar que si se observa la gráfica 2 y sus datos correspondientes además de la gráfica 3.

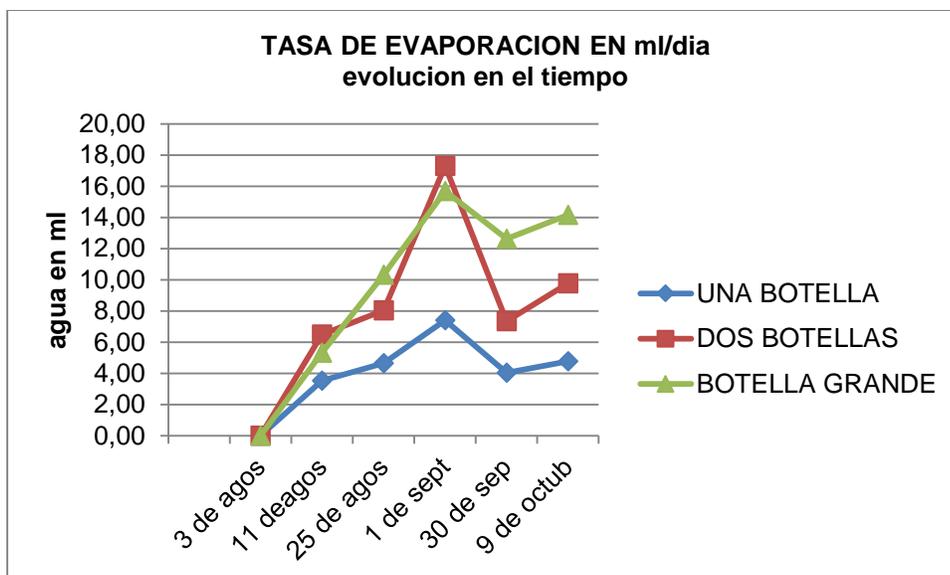


Grafico 3: evolución en el tiempo de la tasa de evaporación (fuente propia)

Observamos en el mes de septiembre la tasa de evaporación del tratamiento T2 tiene una brusca baja de su tasa de evaporación diaria y algo moderada del tratamiento T1. Esto se debe a que el depósito de agua al ser pequeño y haberse perdido ya casi la mitad del agua de los depósitos, hace que el proceso de evaporación sea afectado.

Esto nos indica que el volumen de agua que se expone al sol afecta al proceso de evaporación, por ende cuanto más grande sea el depósito del komkom mayor evaporación. Como sucede en el tratamiento T3.

4,2 Resultados de la cuantificación de la evaporación de los depósitos de los komkom en términos de lámina de agua.

De los resultados de la tabla 2, tomamos los promedios de evaporación de los depósitos del komkom, para los diferentes tratamientos.

Sabemos que el agua evaporada, cae al suelo en forma de gotas, como si fuera una lluvia y que al ser el komkom un sistema cerrado, toda el agua evaporada es tomada como lluvia.

La lluvia o precipitación se mide en lámina de agua, por convención cuánta agua cae en un metro cuadrado de superficie, de donde se obtiene la siguiente relación:

$$1\text{mm} = 1 \text{ litro/m}^2 = 1\text{m}^3/\text{ha}$$

Con el uso de la anterior relación y determinando el diámetro de la botella de Coca Cola de 2 ½ litros, (d=11cm) y de la botella grande de 5 litros (d= 14cm), tenemos los cálculos de la siguiente tabla.

Calculo de la evaporación (ml) , En términos de lámina de agua (mm)					
tratamientos	unidades de medicion	una botella	dos botellas	Botella Grande	testigo
promedios de evaporación del depósito en dos meses	mililitros	306,67	586,67	809,00	0,00
evaporación aprox. por mes	mililitros	153,33	293,33	404,50	0,00
evaporación expresada en litros	litros	0,15	0,29	0,40	0,00
radio de las botella usadas como cúpula	cm	5,50	5,50	7,00	0,00
aéreas de las botellas	cm ²	95,03	195,00	153,94	0,00
evaporación de los depósitos expresada en lamina de agua	mm	16,13	16,04	26,28	0,00
cuantas botellas necesitamos por m ² o 100cm ²	unidades	105,00	105,00	65,00	0,00
si usamos como área el valor de30cm ² y no el de las botellas tenemos	cm ²	900	900	900	0,00
la nueva lamina de agua seria	mm	1,70	1,70	4,49	0,00
cuantas variaciones de las técnica de riego por goteo necesitamos por m ²	numero	11,00	6,00	11,00	

Tabla 7: cálculo de la evaporación en términos de lámina de agua (mm); (fuente propia)

Del análisis de la tabla 7, tenemos que la evaporación de los depósitos expresada en términos de lámina de agua (mm), para el tratamiento T3 (botella grande) fue de 26,28 mm.

Lo que significa que aporta con 26,28 litros por metro cuadrado. Y que para poder cumplir con este volumen se necesitaría disponer de 65 unidades de botellas de 5 litros.

En el caso de los tratamientos T1 (una botella) y T2 (dos botellas), la lámina de agua es casi la misma, de 16,13mm y 16,04mm respectivamente. Esto nos indica que aportan con aproximadamente 16litros por metro cuadrado y que para cumplir con este volumen se necesitaría de 105 botellas de 2 ½ litros por metro cuadrado.

Pero por que el T1 (una botella) y el T2 (dos botellas), dan láminas de agua similares, Esto se debe a que la relación litros/m² nunca cambio. Así es, si nosotros

tenemos 1 litro por metro cuadrado y aumentamos a 2 litros, pero por 2 metros cuadrados la relación seguirá siendo 1 litro/m².

Es por esto que decidimos tomar un área de 30cm² en donde se pondría la especie forestal junto a las botellas. De esta manera tenemos lo siguiente.

Con un área de 30cm² la lámina de riego del tratamiento T1 (una botella) es de 1,7 mm. Lo que nos indica que aportaría con 1,7 litros por metro cuadrado y que para cubrir este volumen se necesitaría de 11 botellas por metro cuadrado.

Para el tratamiento T2 (dos botellas), se tiene un valor de 1,170mm, es decir que este tratamiento aportaría 1.70 litros por metro cuadrado. Además para cumplir con este volumen se necesita 6 variaciones de esta técnica o lo que lo mismo 12 botellas de 2 ½ litros.

En el caso del tratamiento T3 (botella grande), se tiene un valor de 4,49mm. Es decir que este tratamiento aportaría con 4,49mm de lámina de agua o lo que es lo mismo, aportaría 4,49 litros por metro cuadrado y que para cumplir con este volumen se necesita de 11 botellas de cinco litros.

Pero no debemos olvidar que las especies forestales tienen densidades de siembra muy grandes, por tanto el número de botellas por metro cuadrado se reduciría.

4.3 Resultados de la medición de los sensores o electrodos de estuco con el tester electrónico.

De los resultados obtenidos con el tester electrónico, a partir de los electrodos de estuco colocados a 10cm. y 15 cm. por debajo de la superficie se tiene los siguientes resultados en mega-ohmios. (Por favor remitirse al anexo 4).

FECH A	15 DE OCTUBRE DEL 2015			
Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)				
Resistencia medida en Mega-ohmios				
Bloqu e	T1	T2	T3	T4
I	2,14	1,21	1,32	3,26
II	2,12	1,43	1,04	2,80
III	2,10	1,80	1,05	2,90
IV	2,18	1,44	1,43	3,09
V	2,08	1,75	1,14	3,25
VI	2,08	1,94	1,14	3,64
medias	2,12	1,60	1,19	3,16

FECH A	15 DE OCTUBRE DEL 2015			
Profundidad del electrodo 15 cm(cables amarillo-negro)				
Resistencia medida en Mega-ohmios				
Bloqu e	T1	T2	T3	T4
I	1,54	1,61	1,03	2,12
II	1,61	1,70	1,10	2,10
III	2,40	1,73	1,23	2,08
IV	2,27	1,67	1,21	1,97
V	2,53	1,68	1,46	2,06
VI	2,68	1,99	1,79	1,87
medias	2,17	1,73	1,30	2,03

Tabla 8 :Valores de resistencia en mega-ohmios de los electrodos de estuco a 10 y 15 cm por debajo de la superficie (fuente propia).

Los dos cuadros de datos, se sometieron a pruebas de análisis de varianza y comparación de medias, mediante prueba de Duncan y Tukey, en el programa estadístico SPSS-22, con los siguientes resultados.

4.3.1 Para los electrodos colocados a 10 cm de profundidad.

Variable dependiente: RESISTENCIA

Origen	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	110,654 ^a	9	12,295	266,581	,000
BLOQUES	,272	5	,054	1,181	,364
TRATAMIENTOS	13,058	3	4,353	94,372	,000
Error	,692	15	,046		
Total	111,346	24			

a. R al cuadrado = ,994 (R al cuadrado ajustada = ,990)

b. Cv=10,6 Media =2,0138

Tabla 9 : Análisis de varianza para los datos de resistencia de el electrodo a 10cm. de profundidad (fuente propia).

Como se puede observaren la columna de significancia (sig) de la tabla 9, muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos, a un nivel del 0,05.

Subconjuntos homogéneos

RESISTENCIA

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	
HSD Tukey ^{a,b}	BOTELLA GRANDE	6	1,1867			
	DOS BOTELLAS	6		1,5950		
	UNA BOTELLA	6			2,1167	
	TESTIGO	6				3,1567
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Duncan ^{a,b}	BOTELLA GRANDE	6	1,1867			
	DOS BOTELLAS	6		1,5950		
	UNA BOTELLA	6			2,1167	
	TESTIGO	6				3,1567
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,046.

c. Alfa = 0,05.

d. Cv=10,6

Media =2,0138

Tabla 10 . Comparación de medias entre los tratamientos para valores de resistencia a 10cm de profundidad (fuente propia)

Como podemos observar en la tabla 10, es el tratamiento T4 (testigo), el que presenta valores más altos de resistencia, con un valor promedio de 3,1567 mega-ohmios.

Le sigue el tratamiento de una botella de Coca cola de 2 ½L como cúpula (T1), con un valor de 2,1167 mega-ohmios. Luego está el tratamiento de dos botellas de Coca Cola, como cúpula (T2), con un valor de 1,5950 mega-ohmios y en último lugar el tratamiento de la botella grande (T3), con un valor de 1,1867 mega-ohmios.

Esto nos indica que el tratamiento de la botella grande de 5 litros, (T3), al ser de menores valores de resistencia es el que mantiene mejor la humedad del suelo.

Bien ahora que sometimos nuestro datos a las pruebas estadísticas correspondientes, analizamos los resultados con más detenimiento, para entender su significado.

FECHA	15 DE OCTUBRE DEL 2015			
Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)				
Resistencia medida en Mega-ohmios				
	1 botella	2 botellas	bot.grande	testigo
Bloque I	2,14	1,21	1,32	3,26
Bloque II	2,12	1,43	1,04	2,80
Bloque III	2,10	1,80	1,05	2,90
Bloque IV	2,18	1,44	1,43	3,09
Bloque V	2,08	1,75	1,14	3,25
Bloque Vi	2,08	1,94	1,14	3,64
medias	2,12	1,60	1,19	3,16

**Tabla 11 : valores de resistencia (en mega-ohmios) a 10cm. de profundidad.
(Fuente propia)**

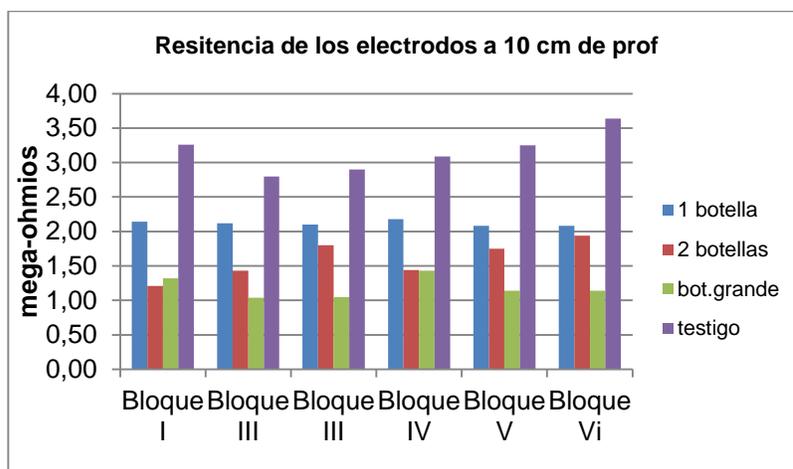


Grafico 4 : valores de resistencia de electrodos a 10cm de profundidad (fuente propia)

Del análisis de la tabla 10 y del grafico 4, se desprende que el tratamiento T1 (testigo), es el que presenta mayores valores de resistencia, lo que para nosotros significa que al momento de medir la resistencia el suelo se encontraba más seco o menos húmedo respecto a los demás tratamientos. Con un valor promedio de resistencia de 3,16 mega-ohmios.

Si observamos el tratamiento que usa una botella grande de cinco litros como cúpula y una botella de tres litros como depósito del komkom (T3), es el que menores valores de resistencia presenta. Lo que para nosotros significa que al momento de la medición se encontraba más húmedo o menos seco con respecto a los demás tratamientos, con un valor promedio de 1,19 mega-ohmios.

También observamos que el tratamiento con dos botellas de Coca Cola de 2 ½ litros usados como cúpula (T2), presenta valores de resistencia promedio de 1,6 mega-ohmios, que son más bajos que el tratamiento T1 y T4 (testigo). Lo que nos indica que para los tratamientos T3 (botella grande) y T2 (dos botellas), mantienen al momento de la medición, mejor la humedad del suelo con respecto al tratamiento T1 (una botella) y T4 (testigo).

4.3.1.1 Comportamiento de los valores de resistencia a los largo del tiempo

El anterior análisis no nos indica como fue el comportamiento de la humedad del suelo a lo largo del tiempo, respecto de los tratamientos o variaciones de la técnica de riego por goteohechas en el experimento.

Para esto tomamos los valores de resistencia promedio medidos a lo largo del tiempo teniendo los siguientes resultados. (Por favor remitirse al anexo 4).

FECHA	Del 3 de agosto al 15 de octubre 2015			
	Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)			
	Resistencia medida en Mega-ohmios			
	1 botella	dos bot	grande	testigo
3 de agosto	0,85	0,93	0,87	0,87
11 de agos	0,80	0,78	0,80	0,80
14 de agos	0,32	0,32	0,18	0,21
25 de agos	0,46	0,55	0,46	0,56
1 de sep	0,82	0,83	0,57	1,09
30 de sep	0,65	0,68	0,57	0,71
9 de octu	2,08	1,07	0,85	1,74
15 de octub	2,00	1,76	1,19	2,41

Tabla 12 : Valores de resistencia a lo largo del periodo de realización del experimento (fuente propia)

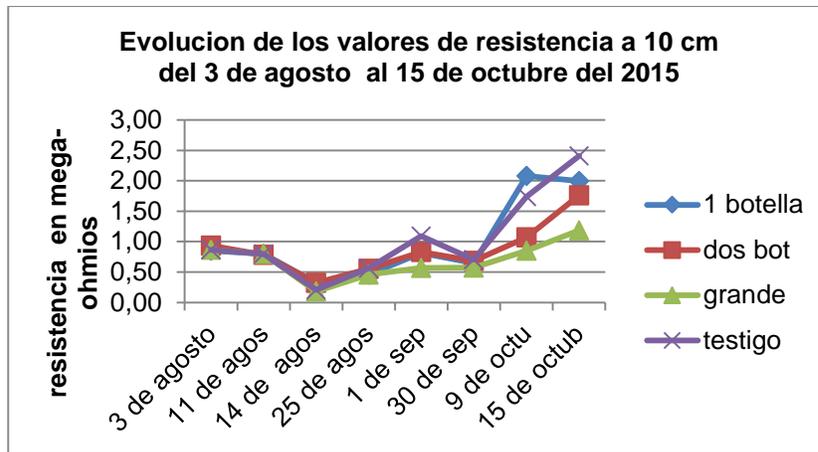
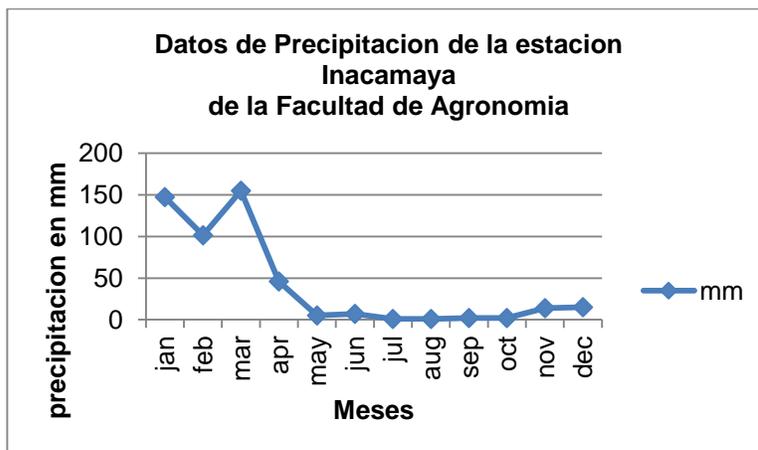


Grafico 5: muestra la evolución del valor de las resistencias a lo largo del experimento (fuente propia)

Podemos ver que en la tabla 11 y grafico 5, que desde el 3 de agosto al 30 de septiembre los valores de resistencia casi no pasan el valor de 1 mega-ohmio y que los cuatro tratamientos presentan valores similares. Siendo solo en los primeros 15 días del mes de octubre cuando los tratamientos presentan valores diferentes de resistencia, por tanto diferentes grados de humedad. Esto porque fue solo en estos últimos 15 días que no llovió, permitiendo que el suelo se seque y así observar cual el efecto en el tiempo de los tratamientos respecto a la humedad del suelo.

Si recurrimos a los datos de la estación meteorológica Inacamaya dependiente de la Facultad de agronomía de la UMSA. Presente en Cota-cota, tenemos:



meses	mm
jan	147,2
feb	101,5
mar	155
apr	46
may	5
jun	7
jul	1
aug	1
sep	2
oct	2

Grafico 6: Precipitación del año 2015 datos de la estación meteorológica Inacamaya de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía

Podemos ver que según los datos de la estación y por testimonio propio anotado en el anexo 4, de los datos de precipitación. Este año fue particularmente más lluvioso que otros, esto debido a los cambios climáticos que venimos atravesando como los fenómenos de la niña.

Como se entenderá este aporte de lluvia fue malo para el desarrollo del experimento puesto que hizo que las mediciones de resistencia no mostraran cambios a lo largo del tiempo como era de esperarse, lo que hubiera permitido indicar si alguno de los tratamientos era capaz de mantener mejor el grado de humedad con respecto de los otros tratamientos (valores bajos de resistencia).

Es decir si en el transcurso del periodo del experimento no hubiese llovido, el único aporte de humedad hubiese sido el hecho por nuestros komkom (mediante el riego por goteo solar), pudiendo de esta manera establecer el efecto que tendrían en el tiempo nuestros diversos tratamientos, respecto a mantener la humedad del suelo.

4.3.1.2 Cálculos para determinar los valores de resistencia del suelo en su estado actual, a capacidad de campo y punto de marchites permanente, como porcentaje de humedad gravimétrica.

Para profundizar en nuestro análisis tuvimos que recurrir al Laboratorio de Suelos dependiente de la Facultad de Agronomía de la UMSA; donde:

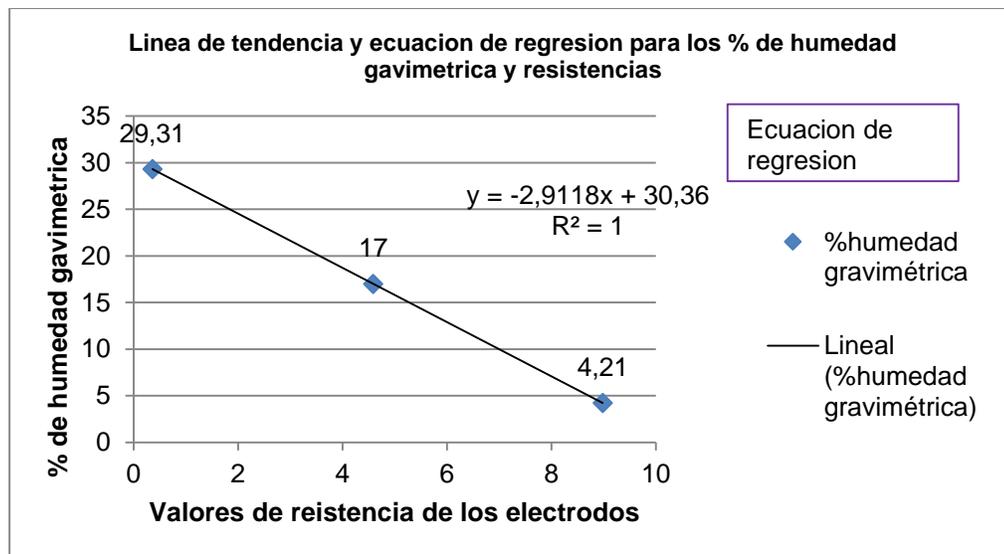
Primeramente del lugar del experimento se recogió muestras compuestas de los seis bloques que conformaban nuestro diseño.

Según los métodos establecidos indicados por (Miranda Casas & Caballero Mamani, Métodos y Análisis del Suelo, 2015), se tienen los siguientes resultados de equivalencias se obtuvieron. (Por favor remitirse anexo 9)

Equivalencia entre valores de resistencia y % de humedad del suelo				
	% humedad gravimétrica a CC	resistencia a CC	% Hg suelo en estado actual	resistencia suelo en estado actual
bloque 1	20,73	0,43	4,16	7,00
bloque 2	25,91	1,01	3,12	4,00
bloque 3	38,85	0,07	3,93	17,70
bloque 4	25,30	0,19	5,05	8,00
bloque 5	35,06	0,11	5,33	2,20
bloque 6	30,00	0,35	3,67	15,00
Promedios	29,31	0,36	4,21	8,98

Tabla 13 : Equivalencias obtenidas en laboratorio entre % de humedad gravimétrica y valores de resistencia de los electrodos (fuente propia)

Muy bien ahora trabajando con los promedios de la tabla 13 obtenemos en Excel la siguiente gráfica y ecuación de regresión.



	CC	PMP	Estado actual
%humedad gravimétrica	29,31		4,21
resistencias	0,36		8,98

Grafico7 : muestra la ecuacion de regresion y linea de tendencia basado en los valores a capacidad de campo y estado actual del suelo

Sabiendo que según (Chilon Camacho, 1996), el punto de marchites permanente de un suelo arcilloso se encuentra en promedio entre un 11 a 19 % de humedad gravimétrica. Por iteración usando la ecuación de regresión encontramos los

valores de humedad gravimétrica y resistencia correspondientes al punto de marchitez permanente. Teniendo finalmente la siguiente tabla:

	CC	PMP	Estado actual
Resistencias(mega ohmios)	0,36	4,589	8,98
%humedad gravimétrica(porcentaje)	29,31	17	4,21

Tabla 14 : Equivalencias de valores de resistencia de los electrodos y % de humedad gravimétrica (fuente propia)

Bien ahora con los valores de la tabla 12, transformados en % de humedad gravimétrica mediante la ecuación de regresión encontrada y colocada de la siguiente manera tenemos:

FECHA	Del 3 de agosto al 15 de octubre 2015				De los resultados de laboratorio de suelos % de humedad gav.		
	Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)						
	% de humedad gravimétrica (en porcentajes)						
	1 botella	dos bot	grande	testigo	Cc %	estado actual	Pmp%
3 de agosto	27,89	27,65	27,83	27,83	29,31	4,22	17,00
11 de agos	28,03	28,09	28,03	28,03	29,31	4,22	17,00
14 de agos	29,43	29,43	29,84	29,75	29,31	4,22	17,00
25 de agos	29,02	28,76	29,02	28,73	29,31	4,22	17,00
1 de sep	27,97	27,94	28,70	27,19	29,31	4,22	17,00
30 de sep	28,47	28,38	28,70	28,29	29,31	4,22	17,00
9 de octu	24,31	27,25	27,89	25,29	29,31	4,22	17,00
15 de octub	24,54	25,24	26,90	23,34	29,31	4,22	17,00

Tabla 15 : Muestra los valores en el tiempo, expresados en porcentajes de humedad gravimétrica y las equivalencias obtenidas (fuente propia)

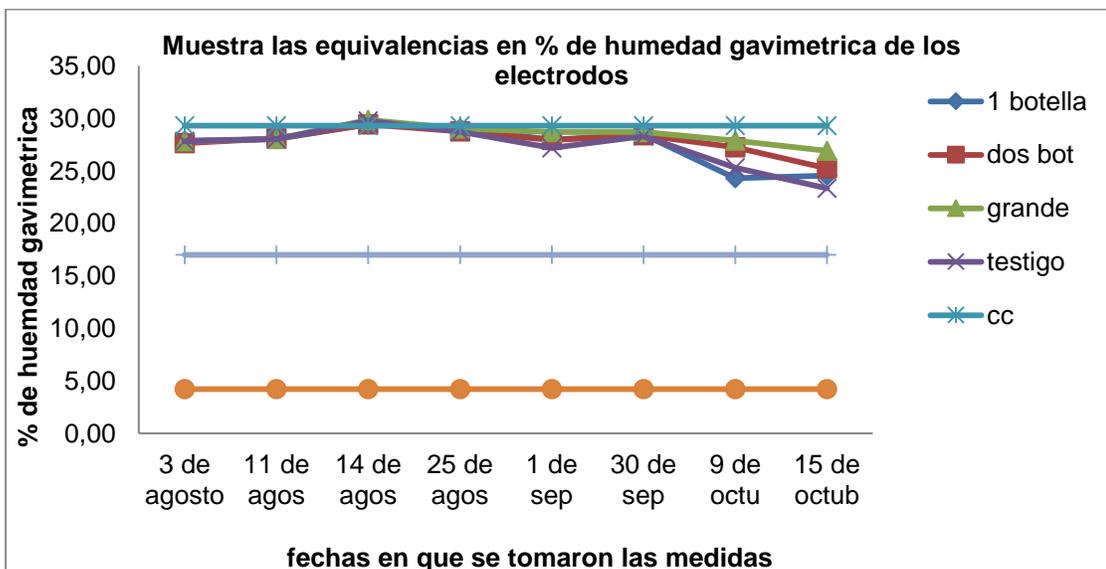


Grafico 8 : Muestra los valores de resistencias, expresados en % humedad de gravimétrica vs los coeficientes hídricos(fuente propia)

Lo más importante de la tabla 15 y del gráfico 8, es el hecho de que los valores de % de humedad gravimétrica, nunca llegaron a bajar hasta el punto de marchitez permanente, cuyo valor es de 4,589 mega-ohmios.

Esto para nosotros indica que el suelo se mantuvo húmedo, pero no fue efecto de los tratamientos, si no, principalmente por el aporte de agua como lluvia que se dio a lo largo del periodo del experimento, Por lo que las lecturas del tester casi nunca bajaron hasta un 17% de humedad gravimétrica (no pasaron de 1 mega-ohmio). Hasta los primeros 15 días de octubre donde no hubo lluvia.

Tampoco podemos olvidar el efecto que tiene las sales en suelo húmedo sobre las lecturas de los electrodos y también el problema del par sensor (el cual indica que para que dos electrodos sean considerados eficientes deben dar las mismas lecturas cuando están presentes en el mismo medio). (SCIENTIFIC, CAMPBELL, 2004)

4.3.2 Resultados de los electrodos colocados a 15 cm de profundidad

Siguiendo en la misma línea de análisis, se tiene que para los datos de los sensores colocados a 15cm de profundidad (tabla 7), se hizo el correspondiente análisis de varianza y sus pruebas de comparación de medias con los siguientes resultados. (Por favor remitirse al anexo 6).

Análisis univariado de varianza

Variable dependiente: RESISTENCIA

Origen	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	81,978 ^a	9	9,109	141,676	,000
BLOQUES	,725	5	,145	2,255	,102
TRATAMIENTOS	2,663	3	,888	13,805	,000
Error	,964	15	,064		
Total	82,942	24			

a. R al cuadrado = ,988 (R al cuadrado ajustada = ,981)

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto		
		1	2	3
HSD Tukey ^{a,b}				
BOTELLA GRANDE	6	1,3033		
DOS BOTELLAS	6		1,7300	
TESTIGO	6		2,0333	2,0333
UNA BOTELLA	6			2,1717
Sig.		1,000	,207	,782
Duncan ^{a,b}				
BOTELLA GRANDE	6	1,3033		
DOS BOTELLAS	6		1,7300	
TESTIGO	6		2,0333	2,0333
UNA BOTELLA	6			2,1717
Sig.		1,000	,056	,360

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,064.

a. Alfa = 0,05.

b. Media =1,8096 CV =0,1398

Tabla 16: Análisis de varianza y prueba de comparación de medias para los valores de resistencia de electrodos colocados a 15 cm de profundidad.

Se desprende de la tabla de análisis de varianza, que al ser la columna de significancia (sig) menor a 0,05 para tratamientos .Si existe diferencia significativas entre los mismos y que de la tabla de comparación de medias nos establece que el tratamiento T4 (testigo) junto al tratamiento T1 (una botella), son los que presentan valores más elevados de resistencia (2,17 mega-ohmios y 2,033 mega-ohmios respectivamente). Lo que significa que están más secos o menos húmedos.

Siendo el tratamiento T3 (botella grande), el que presenta menores valores de resistencia, con un promedio de 1,3 mega-ohmios. Por tanto en ese momento está más húmedo o menos seco respecto de los demás tratamientos.

FECHA	Del 3 de agosto al 15 de octubre 2015				De los resultados de laboratorio de suelos		
	Profundidad del electrodo 15 cm(cables rojo-negro)						
	% de humedad gravimétrica						
	1 botella	dos bot	grande	testigo	cc	estado actual	pmp
3 de agosto	26,95	27,68	27,59	27,07	29,31	4,22	17,00
11 de agos	28,03	27,97	28,09	27,89	29,31	4,22	17,00
14 de agos	27,51	27,83	27,83	27,48	29,31	4,22	17,00
25 de agos	27,51	27,83	27,83	27,48	29,31	4,22	17,00
1 de sep	27,51	27,83	27,83	27,48	29,31	4,22	17,00
30 de sep	27,51	27,83	27,83	27,48	29,31	4,22	17,00
9 de octu	25,59	26,69	28,03	24,86	29,31	4,22	17,00
15 de octub	24,04	25,96	26,58	25,06	29,31	4,22	17,00

Tabla 17 : muestra los valores expresados en % de humedad gravimétrica, en el tiempo y a las equivalencias de los coeficientes hídricos en laboratorio.

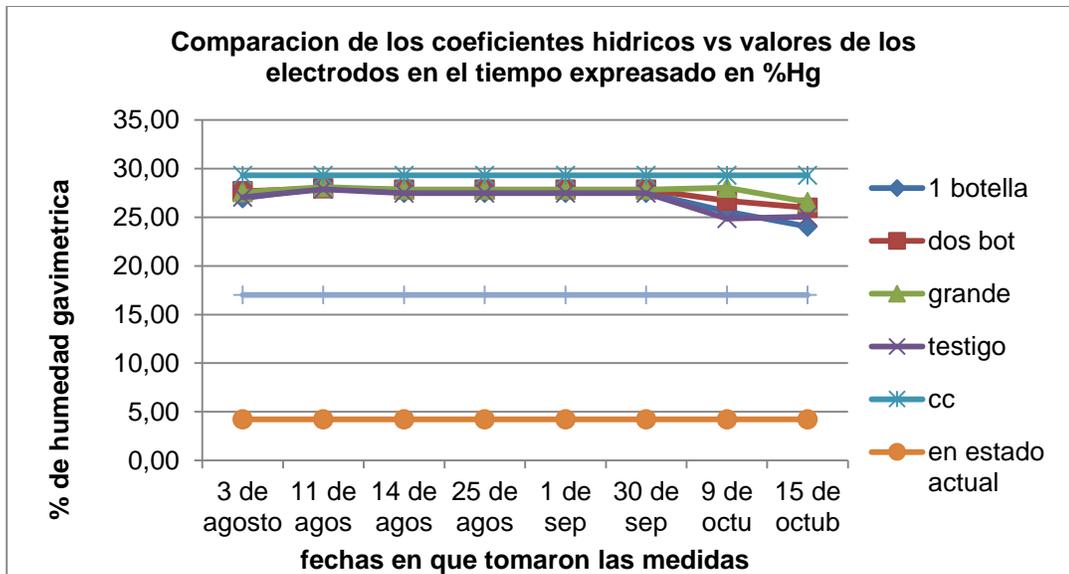


Grafico 9: comparación de los valores de resistencia expresados como % de humedad gravimétrica vs coeficientes hídricos(fuente propia)

Al observar la tabla 17 y el grafico 9, se presenta el mismo hecho que en los resultados de valores de resistencia a 10 cm.de profundidad. Expresados como % de humedad gravimétrica. En los meses de agosto y septiembre para los cuatro tratamientos no presentan diferencias, además de que las lecturas son muy erráticas.

Es solo en los primeros 15 días del mes de octubre (días en que no llovieron) donde se presenta diferencias entre las lecturas de los tratamientos.

Estos valores de no llegan a valores del punto de marchitez permanente por lo que el suelo se encontraba lo suficientemente húmedo para mantener a un cultivo.

El efecto de las lluvias que se presentaron, hicieron que las lecturas no muestren muchas diferencias puesto que los electrodos no son muy sensibles y permiten solo establecer diferencias amplias (ejemplo entre suelo húmedo y mojado) y no pequeñas.

La única diferencia importante que se puede observar respecto de los electrodos colocados a 10cm, es que tienen valores medios más altos que los electrodos colocados a 15cm, que presentan en general valores más bajos.

Valores de electrodos a 10cm de profundidad					Valores de electrodos a 15cm de profundidad				
	T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4
En mega ohmios	2,12	1,6	1,19	3,16	En mega ohmios	2,17	1,73	1,3	2,03
En % de humedad gravimétrica	24,19	25,70	26,90	21,16	En % de humedad gravimétrica	24,04	25,32	26,58	24,45

Tabla 18 : valores medios al 15 de octubre de las resistencias en mega-ohmios y % humedad gravimétrica (fuente propia)

Esto se debe a que la evaporación del agua se presenta más rápidamente en las capas superficiales del suelo que en las profundas, donde se conserva mejor la humedad. De ahí la importancia de colocar piedra o paja alrededor de los komkom para evitar la evaporación.

4.3.3 Valores de resistencia expresados en términos de conductividad

La resistencia eléctrica (RE) es la inversa de la conductividad eléctrica (CE), en la cual la resistencia eléctrica esta expresada en ohmios (Ω), y la conductividad en mhos/cm. (Chilon Camacho, 1996)

Tenemos: $RE = \frac{1}{CE}$ además; $1\Omega=1/\text{mhos}$; $1\text{mhos}=1000\text{mmhos}$

Usando los datos de la tabla 7, se tiene los siguientes datos en términos de conductividad.

FECHA	15 DE OCTUBRE DEL 2015				FECHA	15 DE OCTUBRE DEL 2015			
	Profundidad del electrodo 10 cm (cables rojo-negro)					Profundidad del electrodo 15 cm (cables amarillo-negro)			
	Conductividad en mega-mhos					Conductividad en mega-mhos			
	1 botella	2 botellas	bot.grande	testigo		1 botella	2 botellas	bot.grande	testigo
Bloque I	0,47	0,83	0,76	0,31	Bloque I	0,65	0,62	0,97	0,47
Bloque III	0,47	0,70	0,96	0,36	Bloque III	0,62	0,59	0,91	0,48
Bloque III	0,48	0,56	0,95	0,34	Bloque III	0,42	0,58	0,81	0,48
Bloque IV	0,46	0,69	0,70	0,32	Bloque IV	0,44	0,60	0,83	0,51
Bloque V	0,48	0,57	0,88	0,31	Bloque V	0,40	0,60	0,68	0,49
Bloque Vi	0,48	0,52	0,88	0,27	Bloque Vi	0,37	0,50	0,56	0,53
promedio	0,47	0,64	0,85	0,32	promedio	0,48	0,58	0,79	0,49

Tabla 19 :Valores de resistencia de la tabla 7, expresados en términos de conductividad eléctrica

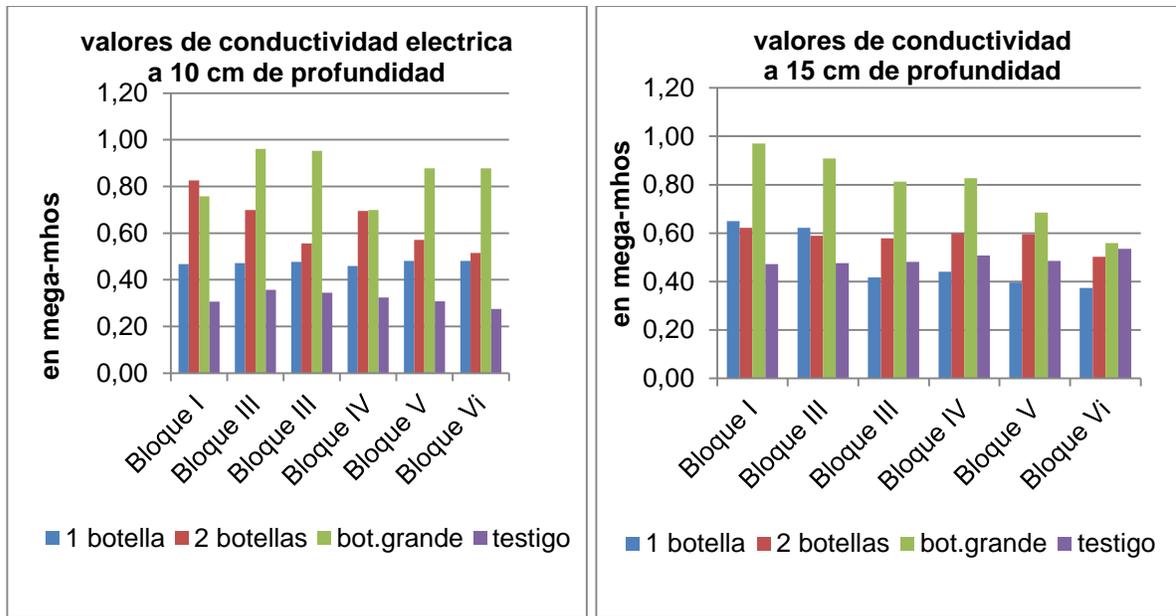


Grafico10: muestra los valores de conductividad al 15 de octubre del 2105(fuente propia)

Al analizar las gráficas de conductividad eléctrica, reafirma lo dicho anteriormente, respecto a que fue el tratamiento T3 (botella grande), el que mejor mantuvo el grado de humedad del suelo.

Que el tratamiento T2 (dos botellas), presenta un comportamiento regular respecto al mantenimiento del grado de humedad.

4.4 Resultados de la altura y cobertura de área foliar del agave.

AREA DE COBERTURA DEL AGAVE					ALTURA ALCANZADA POR LOS AGAVES				
Diametro en (cm)					Diametro en (cm)				
	T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4
I	15.5	14,00	14,00	17,00	I	10,00	9,00	12,00	10,00
II	12.3	12.4	17.5	13,00	II	8.5	9.8	10.4	10.2
III	8.1	6.4	16.4	10.6	III	4.5	7.3	9.6	5.5
IV	12.5	13.2	7.5	15.2	IV	10.4	9.9	6.8	11.3
V	17,00	15,00	15,00	13,00	V	12,00	10,00	15,00	8,00
VI	17,00	9,00	13,00	8,00	VI	12,00	7.5	12,00	8,00
	17,00	12,67	14,00	12,75		11,33	9,50	13,00	8,67

Tabla 20: datos de cobertura foliar y altura alcanzada por los hijuelos de agave americana var. Marginata (fuente propia)

Los datos de la tabla 20, fueron sometidos a pruebas de análisis de varianza mediante el programa de SPSS-22, (por favor remitirse a anexos 7 y 8).

Análisis univariado de varianza
Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: ALTURA

Origen	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	2261,929 ^a	9	251,325	61,942	,000
BLOQUES	45,987	5	9,197	2,267	,101
TRATAMIENTOS	17,521	3	5,840	1,439	,271
Error	60,861	15	4,057		
Total	2322,790	24			

Análisis univariado de varianza
Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: COBERTURA

Origen	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	4359,453 ^a	9	484,384	45,764	,000
BLOQUES	66,593	5	13,319	1,258	,332
TRATAMIENTOS	10,178	3	3,393	,321	,810
Error	158,767	15	10,584		
Total	4518,220	24			

a. R al cuadrado = ,965 (R al cuadrado ajustada = ,944)

Tabla 21 ; muestra los resultados de análisis de varianza, para cobertura foliar y altura de los hijuelos de agave americana var. marginata

En la tabla: 21, se observa que tanto, para la altura y cobertura foliar de los hijuelos de agave americana var. Marginata, no existe diferencias significativas, a un nivel del 0,05.

Esto a primera vista nos indica que no existe efecto de los tratamientos (variaciones de la técnica de riego por goteo solar), en el arraigo o prendimiento de los hijuelos de agave.

Pero los resultados de la cantidad de agua evaporada del depósito de los diferentes tratamientos y del grado de humedad del suelo medido a través de de la resistencia en los electrodos nos dice que si hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Entonces la pregunta es porque el efecto de estas diferencias no se expresó en las variables de respuesta (altura y cobertura) tomadas en los hijuelos del agave.

Mas a un al realizar una inspección en el área del experimento, vemos que todos los hijuelos de agave prendieron o arraigaron, como se muestra en las fotografías,



Ilustración 39 : Muestra el arraigo de todos los hijuelos de agave en los 4 tratamientos del bloque 1, al igual sucedió en todos los demás (fuente propia)

La explicación de por qué los efectos de los tratamientos no se manifestaron en los hijuelos de agave, está en el análisis de la tabla 15 y grafico 8, el cual nos permite

entender el hecho que debido al aporte de lluvias, en este año en particular por efecto del cambio climático, permitió para el bien de los hijuelos del agave, mantener el grado de humedad por encima del punto de marchites permanente.

Este fenómeno permitió que los hijuelos del agave arraiguen sin problema, claro que esta situación fue en desmedro del experimento, puesto que afecto a los valores de resistencia de los electrodos, que al no ser muy sensibles no permiten establecer el comportamiento del grado de humedad, a lo largo del periodo del experimento.

4.5 Resultados empíricos del mantenimiento y establecimiento de los komkom

a) Crecimiento de hierbas dentro de la campana del komkom



Ilustración 40 : Crecimiento de hierbas dentro de la campana del komkom (fuente propia)

Dentro de la campana del komkom, se observa que por el efecto invernadero (como si fuera carpa solar), las hierbas que crecen dentro, presentan un excelente estado de desarrollo.

Claramente esto es perjudicial para el proceso de evaporación, entonces debemos de buscar la manera de evitar este crecimiento, porque el quitarlas implica remover la campana de su lugar, algo incómodo y moroso.

b) Rellenado del depósito

Luego de un tiempo (dependiendo del tamaño del depósito), se procede al relleno del depósito fácilmente destapando tan solo la tapa rosca.



Ilustración 41 :Rellenado del depósito del komkom,con una botella y pedazo de manguera (fuente propia)

c) Formación de depósitos de sales



Ilustración 42 : Luego de la evaporación, queda depósitos de sal (fuente propia)

Vemos en las fotos, prueba clara que la calidad del agua era mala y que si observamos el suelo también presenta problemas de salinidad, pero que hacer con estas sales? Podrían usarse de alguna manera, una vez recogida de los depósitos.

d) Sombra, una bendición



Ilustración 43 : Efecto de sombra debido a las botellas (fuente propia)

Algo muy importante visto a lo largo del desarrollo del experimento, fue la sombra generada por las botellas, que si las disponemos, en orientación a la salida y entrada del sol, generaría sombra a las plántulas durante periodos de sol fuerte.

Este detalle es importante en zonas como la nuestra, recordemos que si ponemos una mano al sol y la otra a la sombra, al mismo tiempo. Una mano se congelaría y otra se quemaría; debido a la sequedad del aire.

e) Las botellas dan protección



Ilustración 44 : Protección, agua, sombra y temperatura gracias a las botellas (fuente propia)

También observamos que las botellas colocadas en el suelo arcilloso, al secarse luego de instaladas, se afianzaban tanto al suelo que podían dar mejor **protección** que las llantas u otro tipo de protección usados tradicionalmente.

Además (remitirse anexo 10), al colocar el komkom alrededor de la plántula **nos daría agua**, y si también colocamos botellas llenas de agua, los depósitos al **calentarse en el día, darían calor al bajar la temperatura**, claro que de preferencia, las botellas deberían ser de color, para generar sombra y no efecto de lupa.

f) Lo más importante las piedras o acolchado

Debido a que en esta técnica, la evaporación de alrededor de los komkom es algo muy importante, como se comprobó a lo largo del experimento. Debemos insistir en que se debe poner piedras o algún acolchado, alrededor de los mismos, para mantener la humedad.

Un problema grande es que conforme se ponían más komkom, la falta de piedras se hacía más notoria y como el traslado de las mismas también es un trabajo pesado, podemos recomendar el uso de otras alternativas, ejemplo poner bolsas biodegradables alrededor de los komkom (como ponchillos), para facilitar la instalación y evitar la evaporación.



Ilustración 45 : Lo más importante son las piedras (fuente propia)

g) Biol y Biosol con las botellas



Ilustración 46 : Biol y Biosol con las botellas para fertilizar nuestras plántulas (fuente propia)

Recordemos que un problema que teníamos, era la alta contaminación por materia orgánica del Rio Jillusaya, pero que pasa si más bien lo tomamos como una ventaja. Puesto que si se dispone botellas con agua contaminada, lo mas llena de sedimentos y bien cerradas, junto a los komkom.

Aparte de los beneficios de sombra, etc. Tendríamos la fermentación anaeróbica para la formación de fertilizante orgánico que al inicio de las lluvias se podría implementar.

h) La reutilización



Ilustración 47 : los komkom se pueden reutilizar (fuente propia)

Luego del uso de los komkom, estos se recolectan para su posterior uso o bien los podemos reciclar, pero no dejarlos en el lugar para no contaminar.

5. CONCLUSIONES

En este estudio inicial del uso de la técnica de micro riego localizado por goteo solar, más conocido como: riego por goteo solar, komdenskompressor o komkom.

Y en la búsqueda de tecnologías innovadoras, basadas en el enfoque VLOM (operación y mantenimiento al nivel local), que permita el establecimiento de tecnologías innovadoras de forma fácil en áreas rurales.

Pudimos establecer que:

Usando como factor de estudio. Las variaciones a la técnica de micro riego localizado (por goteo solar) según la cantidad y tipo de envases de botellas PET.

Tenemos que para la evaporación de los depósitos del komkom, si existen diferencias significativas entre los tratamientos (sig es menor a 0,05).

Que el tratamiento que dio mayor cantidad de evaporación del depósito del komkom (por lo tanto mayor aporte como agua de riego), fue el de la botella grande de 5 litros y que usa como depósito un envase de tres litros (T3).

Con una evaporación en dos meses de 802,33 ml de agua, con una tasa de evaporación de **85,09ml por semana**. Lo que nos daría una evaporación de cerca de **1/2 litro por mes**

Que en segundo lugar se encuentra el tratamiento T2, conformado con dos botellas de Coca Cola de 2 ½ L (como campana) y un vaso desechable de ½ L (como depósito), con una **evaporación de 586,67 ml en dos meses** y con una tasa de evaporación de **62,22 mL por semana**. Lo que significaría una evaporación de **1/4 litro de agua por mes**.

En tercer lugar tenemos al tratamiento T1, conformado por una sola botella de Coca Cola de 2 ½ L y un envase de ½ L. Dando una **evaporación de 306,67mL en dos meses** y una **tasa de evaporación de 32,52mL por semana**. Lo cual nos permite indicar una evaporación de **1/8 de litro de agua por mes**.

En cuanto a cómo evolucionó en el tiempo la tasa de evaporación, se pudo determinar que la tasa de evaporación del agua para los tratamientos T1 y T2 disminuye conforme el agua del depósito se evapora hasta 4,77 mL/día y 9,77 mL/día respectivamente. En cambio en el tratamiento T3, la tasa de evaporación se mantiene y llega a subir a 14,17 mL/día, en los días más calurosos.

Esto nos indica que el volumen de agua que se expone al sol afecta al proceso de evaporación, por ende cuanto más grande sea el depósito del komkom mayor evaporación. Como sucede en el tratamiento T3.

Que el tratamiento T4 (testigo), presenta valores más bajos de % de humedad gravimétrica, con un valor promedio de 21.16 %, (para 10cm de profundidad) además de 24.45 % (para 15 cm de profundidad) .Esto para nosotros significa al momento de medir la resistencia el suelo se encontraba más seco o menos húmedo respecto a los demás tratamientos.

Le sigue el tratamiento de una botella de Coca cola de 2 ½ L como cúpula (T1), con un valor de 24.19% (para 10cm de profundidad) y 24.04 % (para 15 cm de profundidad). Luego está el tratamiento de dos botellas de Coca Cola, como cúpula (T2), con un valor de 25.7 %, (para 10cm de profundidad) y 25.32%, (para 15 cm de profundidad) y en último lugar el tratamiento de la botella grande (T3), con un valor de 26.9 %Hg, (para 10cm de profundidad) y 26.58% (para 15 cm de profundidad).

Esto nos indica que el tratamiento de la botella grande de 5 L (T3), al momento de la medición, presenta valores bajos de resistencia respecto de los demás Lo que para nosotros significa que al momento de la medición se encontraba más húmedo o menos seco con respecto a los demás tratamientos. Como muestra sus% de humedad gravimétrica.

La única diferencia importante que se puede observar respecto de los electrodos colocados a 10cm, es que tienen valores medios más bajos en términos de % humedad gravimétrica, que los electrodos colocados a 15 cm. Esto se debe a que la evaporación del agua se presenta más rápidamente en las capas superficiales

del suelo que en las profundas, donde se conserva mejor la humedad. De ahí la importancia de colocar piedra o paja alrededor de los komkom para evitar la evaporación.

El comportamiento de los valores de resistencia a los largo del tiempo, nos muestra que desde el 3 de agosto al 30 de septiembre los valores de resistencia casi no pasan el valor de 1 mega-ohmio y que los cuatro tratamientos presentan valores similares. Siendo solo en los primeros 15 días del mes de octubre cuando los tratamientos presentan valores diferentes de resistencia, por tanto diferentes grados de humedad.

Esto se debe a que hubo un aporte inusual de lluvia debido a los cambios climáticos, esto afecto a las lecturas, no pudiendo establecerse cómo se comporta en el tiempo la humedad en el suelo debido al efecto de los diferentes tratamientos.

Es decir si en el transcurso del periodo del experimento no hubiese llovido, el único aporte de humedad hubiese sido el hecho por nuestros komkom (mediante el riego por goteo solar), pudiendo de esta manera establecer el efecto que tendrían en el tiempo nuestros diversos tratamientos, respecto a mantener la humedad del suelo.

Esto se evidencia en los resultados obtenidos en la altura y área de cobertura foliar del agave americana var. Marginata, de los cuatro tratamientos.

Los que presentaron no tener diferencias significativas al nivel de 0,05. Puesto que todos los hijuelos de agave de todos los tratamientos arraigaron sin problemas. Debido al aporte de lluvia, fenómeno que permitió que los hijuelos del agave arraiguen, claro que esta situación fue en desmedro del experimento,

Finalmente decir que para el uso de esta técnica de riego por goteo solar, lo más conveniente es usar botellas de 3 litros, como campana y botellas de base ancha y delgada en la parte de encima como las botellas de 2 ½ litros de jugos frutales.

Para la campana es mejor usar las botellas de tres litros que son fáciles de encontrar, aunque las de mejor resultado hayan sido las de 5 litros, pero estas últimas son difíciles de hallar y tiene un costo de 5,2 Bs.

Para el depósito usar botellas transparentes (no de color), lo más grandes posibles, para aumentar el proceso de evaporación y el tiempo de rellenado del komkom.

Así una botella de 2 litros, bajo una campana de una botella de 3 litros. Permitiría que el depósito se llene a 1 ½ litros una vez cortada. Esto nos daría una autonomía de aproximadamente seis meses. (1/4 litro por mes aprox.)

Mejor si son de base ancha y por encima delgadas como las de jugos frutales, aguas minerales, etc. Esto porque al ser su base ancha no dejaría crecer mucha hierba, y aumentaría el volumen de agua del depósito (ver anexo 11).

También aprendimos que las campanas de los komkom se pueden usar como protección y sombra y que además crean un microclima que al calentarse, el agua de las botellas termo-regulan la temperatura.

En lo económico, esta técnica tiene un costo casi cero, excepto el de transporte de las botellas. Pero tiene la desventaja que solo es adecuada para pequeñas áreas, donde las condiciones edafo-climaticas sean muy adversas. Esto por el hecho de que para repoblar un área forestal grande, la contaminemos de botellas, por falta de conciencia para recogerlas luego de su uso.

Estas botellas deberían estar durante dos épocas secas (casi dos años), para que la especie xerofita forestal tenga tiempo de arraigar y tener autonomía hídrica. Teniendo que llenar los depósitos cada inicio de época seca y que se necesitarían de dos a más komkom por plantin sembrado. Claro queda que se necesita más pruebas para determinar si estos komkom tiene la suficiente capacidad para mantener el grado de humedad del suelo, a un nivel necesario para la sobrevivencia de la especie xerofita a establecer.

En lo social esta técnica permitiría al regante olvidarse de la necesidad de riego y al ser fácil de implementar aumenta la capacidad de una persona para repoblar un área más grande.

En lo educativo esta técnica despierta gran interés y curiosidad por lo que la recomendamos para poder aplicar en programas ecológicos y educativos.

6. RECOMENDACIONES

Sabemos ahora cuánto de agua podemos aportar con los komkom, pero lamentablemente por el clima, no pudimos determinar cómo afecta al grado de humedad del suelo en el transcurso del tiempo.

Es decir si en los seis meses de época seca los komkom podrían mantener la humedad necesaria para el arraigo y sobrevivencia de las plántulas (para el caso mejor especies xerofitas).

Es por ello que recomendamos el establecimiento del experimento en un invernadero para poder ver este efecto.

Además el uso de tensiómetros u otros sensores mejor calibrados. Puesto que los hechos de estuco no dan la sensibilidad en las mediciones. Aparte de ser afectadas por diferentes factores y el hecho de no cumplir con el principio de par sensor (mediante el cual dos sensores, en igual condición deben dar las mismas lecturas).

Actualmente nuestro gobierno, mediante el programa de reforestación "Mi Árbol" está haciendo uso de los hidrogeles, como técnica para aprovisionar a los arboles de humedad. En nuestra ciudad podría usarse una combinación de los komkom con los hidrogeles, no solo para dar humedad sino también para aprovechar ventajas como la protección, sombra, termorregulación y se podrían usar las botellas para la fabricación de abono orgánico.

También sería interesante probar los siguientes experimentos.

El uso de los komkom en especies arbóreas, ya que sabemos que al aumentar la cantidad de komkom podemos aumentar la dosis de riego. No solo eso vimos que el uso de las botellas da infinidad de ventajas que podrían aprovecharse en el establecimiento de árboles.

El experimento se hizo en suelo arcilloso que permitía mantener mejor el grado de humedad, pero como se comportara en suelo arenoso o tal vez necesitaría de algún complemento, como el uso de hidrogeles para mantener mejor la humedad.

7. BIBLIOGRAFIA

- Andrés Martínez de Azagra Paredes, J. d. (14 de diciembre de 2012). Riegos de apoyo y socorro en repoblaciones forestales. Recuperado el 12 de julio de 2015, de Revista Foresta Universidad De Valladolid: <http://www.oasification.com/archivos/Riegos%20de%20apoyo%20y%20soco%20rro.pdf>
- Características del Riego Solar Por Goteo. (13 de Noviembre de 2010). Recuperado el 16 de agosto de 2015, de La tienda del sitio solar: Sitio Solar.com
- Características y propiedades de las botellas PET. (3 de septiembre de 2005). Recuperado el 4 de julio de 2015, de <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/pet/Propiedades.html>
- Chilon Camacho, E. (1996). Manual De Edafología Practicas de Campo Y Laboratorio (Primera ed.). (U. CIDAT - Fac. De Agronomía, Ed.) La Paz, Bolivia: Talleres Graficos Hisbol.
- Chipana Rivera, R. (2003). Principios de Riego y Drenaje. (IRTEC, Ed.) La Paz-Bolivia: Universidad mayor De San Andres Facultad de Agronomía.
- Chuquimia Quiroz, Y. L. (2013). Comportamiento Agronomico de Dos Variedades de Pimenton (*Capsicum annuum* L.) Con Podas De Desarrollo bajo un sistema Hidroponico en el Centro Experimental de Cota Cota. Tesis de Grado Para obtener título de ingeniero Agronomo, Universidad Mayor San Andres. La Paz, Bolivia.
- El buendiarío. (4 de diciembre de 2014). Noticias el Buendiarío. Recuperado el 12 de julio de 2015, de <http://www.buendiarío.com/la-paz-comenzo-reforestacion-mas-grande-de-la-decada/>
- El Diario. (08 de SEPTIEMBRE de 2015). Miles de plantines abandonados mueren por falta de agua en Oruro. El Diario.
- Eliricso. (2011). como cultivar agave. (Italia) Recuperado el 13 de agosto de 2015, de http://www.eliricso.it-es-como_cultivar-agave-fabricacion-del-komdenskompresor
- fabricación del komdenskompresor. (2010). Recuperado el 3 de junio de 2015, de sitio solar: www.sitiosolar.com

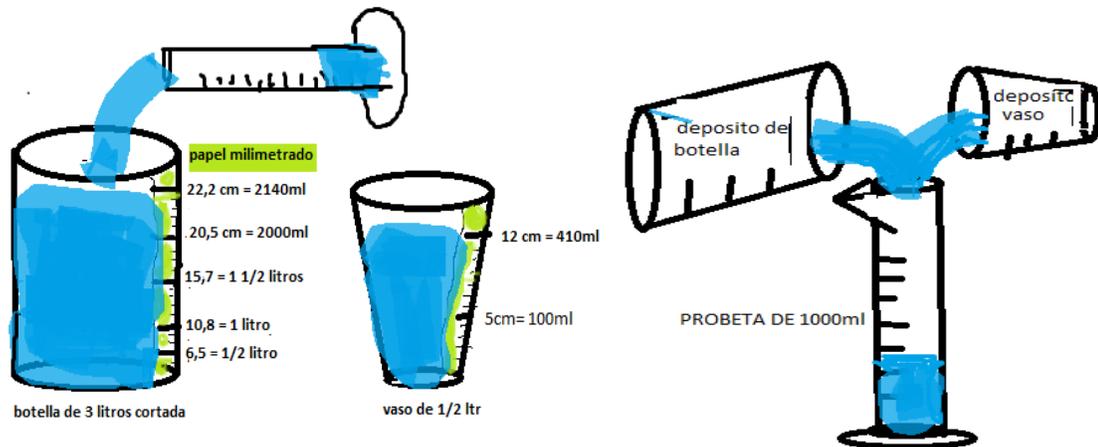
- Intermediate Technology Development Group, ITDG . (2011). doc413_3d.pdf
Tecnologías respondiendo a desastres. (S. P. ITDG, Ed.) Recuperado el julio de 2015, de http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc413/doc413_3d.pdf
- Little, T. M., & Jacson Hills, F. (octubre de 1991). Metodos Estadisticos para la Investigacion en la Agricultura (2º reimpression ed.). Mexico: trillas.
- Mamani, R. C. (2007). Evaluacion del Prendimiento de especies forestales. LA PAZ: FACULTAD DE AGRONOMÍA.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2011). Marco Normativo de La ley N° 1333. Recuperado el 9 de julio de 2015, de <http://www.aaps.gob.bo/?p=334>
- Miranda Casas, R. (2002). Propiedades Fisicos y quimicos del suelo- Edafologia (Vol. 2º parte). La Paz , Bolivia: Facultad de Agronomia,UMSA, apuntes de catedra.
- Miranda Casas, R., & Caballero Mamani, A. R. (2015). Metodos y Analisis del Suelo. La Paz, Bolivia: Facultad de Agronomia- UMSA, Laboratorio de Suelos y Aguas.
- Naciones Unidas. (1998). PROTOCOLO DE KYOTO . Recuperado el 11 de julio de 2015, de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Netherlands Water Partnership. (2005). smart water solutions (3ra. Edicion ed.). Paises Bajos, Holanda: NWP.
- RadiosLa. (18 de Marzo de 2013). Realizan experimentos con el uso del hidrogel. Recuperado el enero de 2016, de Noticias -RadiosLa.
- Rodrigo Lopez, J., & otros. (1997). Riego Localizado (2da. Edicion ed.). (M. D. Alimentacion, Ed.) Madrid, España: Mundi-Prensa.
- SCIENTIFIC, CAMPBELL. (DICIEMBRE de 2004). Sensores para medidas de humedad . Recuperado el JUNIO de 2015, de www.campbellsci.es
- Serrano Coronel, G. (2013). Dinamica del agua en Suka Kollus bajo condiciones de drenaje subsuperficial, en la Estacion Experimental de Kallutaca-Laja. La Paz, Bolivia: Facultad de Agronomia , UMSA; Tesis de Maestria para obtener el grado de Magister.
- Urkia Lus, S., & Urkia Lus, I. (2003). Energia Renovable Practica (PRIMERA ed.). Navarra, Navarra, ESPAÑA: Pamiela.

8. ANEXOS

Anexo 1: Como medir las variables de respuesta

Para la evaporación de los depósitos.

Primero Se coloca papel milimetrado en los envases numerados en cm, luego con la probeta se nivela a volúmenes deseados para saber su equivalencia.



Segundo a diferentes fechas se toma solo las medidas de a cuantos cm, bajo el nivel del agua.

Tercero al final una vez recogidos los envases, se nivela a la lectura de una fecha anterior y se vacía a un nivel de lectura de la fecha a la que se quiere saber cuánto se consumió. El contenido vaciado en una probeta nos da el volumen de agua que se consumió del depósito por evaporación.

Para medir las resistencias. Se hace uso del tester electrónico al cual se le coloco unos cocodrilos en las puntas para que agarren el cable mientras se toma la lectura.



Anexo 2: Datos de evaporación del depósito del komkom según altura en cm y luego medidas en una probeta en mililitros.

FECH A	3 DE AGOSTO 2015					
EVAPORACION del depósito de agua						
Altura en (cm)						
	T1	T2		T3	T4	
		envase 1	envase 2			
I	12,0 0	12,00	12,00	22,2 0	0,0 0	
II	12,0 0	12,00	12,00	22,2 0	0,0 0	
III	12,0 0	12,00	12,00	22,2 0	0,0 0	
IV	12,0 0	12,00	12,00	22,2 0	0,0 0	
V	12,0 0	12,00	12,00	22,2 0	0,0 0	
VI	12,0 0	12,00	12,00	22,2 0	0,0 0	
	12,0 0	12,00	12,00	22,2 0	0,0 0	

FECH A	3 DE AGOSTO 2015									
EVAPORACION del depósito de agua										
Volumen en (ml)										
	T1	CONSUM O	T2				TOTA L	T3	CONSUM O	T4
			envase 1	consumo	envase 2	consumo				
I	410,0 0	0,00	410,00	0,00	410,00	0	0	2140,0 0	0,00	0,0 0
II	410,0 0	0,00	410,00	0,00	410,00	0	0	2140,0 0	0,00	0,0 0
III	410,0 0	0,00	410,00	0,00	410,00	0	0	2140,0 0	0,00	0,0 0
IV	410,0 0	0,00	410,00	0,00	410,00	0	0	2140,0 0	0,00	0,0 0
V	410,0 0	0,00	410,00	0,00	410,00	0	0	2140,0 0	0,00	0,0 0
VI	410,0 0	0,00	410,00	0,00	410,00	0	0	2140,0 0	0,00	0,0 0

FECH A	11 DE AGOSTO 2015					
EVAPORACION del depósito de agua						
Altura en (cm)						
	T1	T2		T3	T4	
		envase 1	envase 2			
I	10,7 0	10,50	10,70	21,9 0	0,0 0	
II	11,0 0	11,00	11,00	21,6 0	0,0 0	
III	11,1 0	11,00	11,20	21,9 0	0,0 0	
IV	10,8 0	10,50	10,80	21,7 0	0,0 0	
V	11,0 0	11,20	11,40	21,4 0	0,0 0	
VI	10,2 0	10,60	10,90	21,6 0	0,0 0	
	10,8 0	10,80	11,00	21,6 8	0,0 0	

FECH A	11 DE AGOSTO 2015									
EVAPORACION del depósito de agua										
Volumen en (ml)										
	T1	CONSUM O	T2				TOTA L	T3	CONSUM O	T4
			envase 1	CONSUM O	envase 2	CONSUM O				
I	375,0 0	35,00	370,00	40,00	375,00	35,00	75,00	2118,0 0	22,00	0,0 0
II	391,0 0	19,00	391,00	19,00	391,00	19,00	38,00	2092,0 0	48,00	0,0 0
III	391,0 0	19,00	391,00	19,00	399,00	11,00	30,00	2118,0 0	22,00	0,0 0
IV	375,0 0	35,00	370,00	40,00	375,00	35,00	75,00	2092,0 0	48,00	0,0 0
V	391,0 0	19,00	399,00	11,00	402,00	8,00	20,00	2072,0 0	68,00	0,0 0
VI	388,0 0	42,00	370,00	40,00	392,00	34,00	74,00	2092,0 0	48,00	0,0 0
	385,1 7	28,17	381,83	28,17	389,00	23,67	52,00	2097,3 3	42,67	

FECH A	25 DE AGOSTO 2015					
EVAPORACION del depósito de agua						
Altura en (cm)						
	T1	T2		T3	T4	
		envase 1	envase 2			
I	9,30	8,60	9,40	20,1 0	0,0 0	
II	9,50	9,70	10,30	20,4 0	0,0 0	
III	10,0 0	9,90	10,10	20,5 0	0,0 0	
IV	9,00	9,10	9,70	19,8 0	0,0 0	
V	9,90	10,30	10,50	20,0 0	0,0 0	
VI	8,50	8,90	9,00	20,0 0	0,0 0	
	9,37	9,42	9,83	20,1 3	0,0 0	

FECH A	25 DE AGOSTO 2015									
EVAPORACION del depósito de agua										
Volumen en (ml)										
	T1	CONSUM O	T2				TOTA L	T3	CONSUM O	T4
			envase 1	CONSUM O	envase 2	CONSUM O				
I	311,0 0	99,00	275,00	135,00	311,00	99,00	234,0 0	1951,0 0	189,00	0,0 0
II	313,0 0	97,00	313,00	97,00	368,00	42,00	139,0 0	1975,0 0	165,00	0,0 0
III	353,0 0	57,00	353,00	57,00	368,00	42,00	99,00	1987,0 0	153,00	0,0 0
IV	298,0 0	112,00	298,00	112,00	313,00	97,00	209,0 0	1921,0 0	219,00	0,0 0
V	350,0 0	60,00	368,00	42,00	370,00	40,00	82,00	1941,0 0	199,00	0,0 0
VI	275,0 0	135,00	298,00	112,00	298,00	112,00	224,0 0	1941,0 0	199,00	0,0 0
	316,6 7	93,33	317,50	92,50	338,00	72,00	164,5 0	1952,6 7	187,33	

FECH A	01 DE SEPTIEMBRE					
EVAPORACION del depósito de agua						
Altura en (cm)						
	T1	T2		T3	T4	
		envase 1	envase 2			
I	9,20	7,20	8,40	18,8 0	0,0 0	
II	8,40	8,50	9,30	19,3 0	0,0 0	
III	9,00	8,90	9,30	19,6 0	0,0 0	
IV	7,70	8,00	8,40	19,3 0	0,0 0	
V	9,00	9,70	9,80	18,7 0	0,0 0	

FECH A	01 DE SEPTIEMBRE									
EVAPORACION del depósito de agua										
Volumen en (ml)										
	T1	CONSUM O	T2				TOTA L	T3	CONSUM O	T4
			envase 1	CONSUM O	envase 2	CONSUM O				
I	298,0 0	112,00	227,00	183,00	280,00	130,00	313,0 0	1836,0 0	304,00	0,0 0
II	280,0 0	130,00	280,00	130,00	298,00	112,00	242,0 0	1871,0 0	269,00	0,0 0
III	298,0 0	112,00	310,00	100,00	298,00	112,00	212,0 0	1901,0 0	239,00	0,0 0
IV	247,0 0	163,00	257,00	153,00	280,00	130,00	283,0 0	1871,0 0	269,00	0,0 0
V	298,0 0	112,00	313,00	97,00	313,00	97,00	194,0 0	1836,0 0	304,00	0,0 0

VI	6,80	7,20	7,20	18,70	0,00
	8,35	8,25	8,73	19,07	0,00

VI	212,00	198,00	227,00	183,00	227,00	183,00	366,00	1836,00	304,00	0,00
	272,17	137,83	269,00	141,00	282,67	127,33	268,33	1858,50	281,50	0,00

FECH A	30 DE SEPTIEMBRE				
EVAPORACION del depósito de agua					
Altura en (cm)					
	T1	T2		T3	T4
		envase 1	envase 2		
I	4,20	3,00	4,70	14,70	0,00
II	4,50	4,50	5,30	15,80	0,00
III	4,40	4,60	5,40	16,00	0,00
IV	6,00	5,00	6,00	16,50	0,00
V	5,50	7,00	7,00	14,80	0,00
VI	3,00	4,30	3,20	14,40	0,00
	4,60	4,73	5,27	15,37	0,00

FECH A	30 DE SEPTIEMBRE									
EVAPORACION del depósito de agua										
Volumen en (ml)										
	T1	CONSUMO	T2				TOTA L	T3	CONSUMO	T4
			envase 1	CONSUMO	envase 2	CONSUMO				
I	135,00	275,00	105,00	305,00	151,00	259,00	564,00	1406,00	734,00	0,00
II	151,00	259,00	151,00	259,00	180,00	230,00	489,00	1536,00	604,00	0,00
III	135,00	275,00	151,00	259,00	175,00	235,00	494,00	1556,00	584,00	0,00
IV	200,00	210,00	164,00	246,00	200,00	210,00	456,00	1606,00	534,00	0,00
V	180,00	230,00	234,50	175,50	234,50	175,50	351,00	1406,00	734,00	0,00
VI	105,00	305,00	135,00	275,00	105,00	305,00	580,00	1366,00	774,00	0,00
	151,00	259,00	156,75	253,25	174,25	235,75	489,00	1479,33	660,67	0,00

FECH A	09 DE OCTUBRE				
EVAPORACION del deposito de agua					
Altura en (cm)					
	T1	T2		T3	T4
		envase 1	envase 2		
I	2,70	2,00	3,00	13,40	0,00
II	3,20	3,20	3,70	14,30	0,00
III	3,00	3,60	4,60	15,50	0,00
IV	3,50	3,60	4,40	15,50	0,00
V	4,00	5,60	5,60	12,50	0,00
VI	2,00	1,50	2,00	13,00	0,00
	3,07	3,25	3,88	14,03	0,00

FECH A	09 DE OCTUBRE									
EVAPORACION del deposito de agua										
Volumen en (ml)										
	T1	CONSUMO	T2				TOTA L	T3	CONSUMO	T4
			envase 1	CONSUMO	envase 2	CONSUMO				
I	85,00	325,00	85,00	325,00	105,00	305,00	630,00	1266,00	874,00	0,00
II	105,00	305,00	105,00	305,00	105,00	305,00	610,00	1366,00	774,00	0,00
III	105,00	305,00	105,00	305,00	135,00	275,00	580,00	1506,00	634,00	0,00
IV	105,00	305,00	105,00	305,00	135,00	275,00	580,00	1506,00	634,00	0,00
V	135,00	275,00	180,00	230,00	180,00	230,00	460,00	1166,00	974,00	0,00
VI	85,00	325,00	75,00	335,00	85,00	325,00	660,00	1216,00	924,00	0,00
	103,33	306,67	109,17	300,83	124,17	285,83	586,67	1337,67	802,33	0,00

Anexo 3 : Análisis de varianza y comparación de medias para datos de evaporación del depósito del komkom(programa SPSS-22)

variable dependiente: EVAPORACION

Origen	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	6607986,000 ^a	9	734220,667	117,916	,000
BLOQUES	28233,333	5	5646,667	,907	,502
TRATAMIENTOS	2215804,500	3	738601,500	118,619	,000
Error	93400,000	15	6226,667		
Total	6701386,000	24			

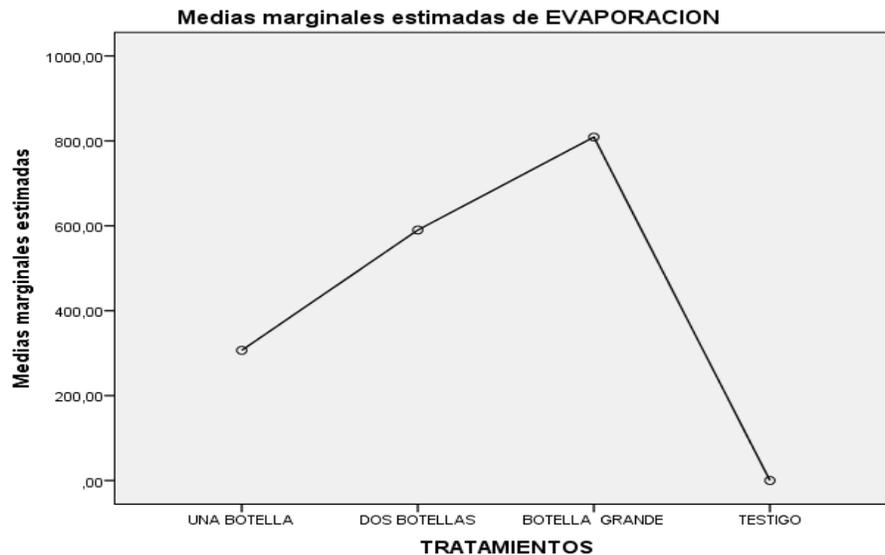
. R al cuadrado = ,986 (R al cuadrado ajustada = ,978)

Subconjuntos homogéneos

EVAPORACION

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
HSD Tukey ^{a,b}					
TESTIGO	6	,0000			
UNA BOTELLA	6		306,6667		
DOS BOTELLAS	6			590,0000	
BOTELLA GRANDE	6				809,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Duncan ^{a,b}					
TESTIGO	6	,0000			
UNA BOTELLA	6		306,6667		
DOS BOTELLAS	6			590,0000	
BOTELLA GRANDE	6				809,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Gráfico de comparación de media



Anexo 4 : Valores medidos de los electrodos de estuco en mega-ohmios (del 3 de agosto al 15 de octubre del 2015)

FECHA	3 DE AGOSTO 2015				
Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)					
Resistencia medida en Mega-ohmios					
	T1	T2	T3	T4	
I	0,80	0,90	0,80	0,90	
II	0,90	0,80	0,90	0,90	
III	0,90	0,80	0,80	0,80	
IV	0,80	1,20	0,90	0,90	
V	0,90	1,10	0,90	0,80	
VI	0,80	0,80	0,90	0,90	
	0,85	0,93	0,87	0,87	

FECHA	3 DE AGOSTO 2015					
Profundidad del electrodo 15 cm(cables amarillo-negro)						
Resistencia medida en Mega-ohmios						
	T1	T2	T3	T4		
I	1,20	0,80	1,10	1,10		
II	1,30	1,10	0,80	1,30		
III	1,20	0,80	1,00	1,10		
IV	1,20	0,80	1,10	1,10		
V	1,30	1,10	0,80	1,30		
VI	0,80	0,90	0,90	0,90		
	1,17	0,92	0,95	1,13		

FECHA	11 DE AGOSTO 2015				
Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)					
Resistencia medida en Mega-ohmios					
	T1	T2	T3	T4	
I	0,80	0,80	0,80	0,80	
II	0,80	0,80	0,80	0,80	
III	0,80	0,80	0,80	0,80	
IV	0,80	0,70	0,80	0,80	
V	0,80	0,80	0,80	0,80	
VI	0,80	0,80	0,80	0,80	
	0,80	0,78	0,80	0,80	

FECHA	11 DE AGOSTO 2015					
Profundidad del electrodo 15 cm(cables amarillo-negro)						
Resistencia medida en Mega-ohmios						
	T1	T2	T3	T4		
I	0,80	0,80	0,80	0,90		
II	0,80	0,80	0,80	0,90		
III	0,80	0,80	0,80	0,80		
IV	0,80	0,80	0,80	0,90		
V	0,80	0,80	0,70	0,80		
VI	0,80	0,90	0,80	0,80		
	0,80	0,82	0,78	0,85		

VIERNES 14 DE AGOSTO DEL 2015 LUEGO DE 2 DIAS DE INTENSA LLUVIA Y NIEVE SE TOMO LAS MEDICIONES

FECHA	14 DE AGOSTO 2015				
Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)					
Resistencia medida en Mega-ohmios					
	T1	T2	T3	T4	
I	0,16	0,64	0,07	0,08	
II	0,14	0,07	0,13	0,06	
III	0,15	0,12	0,37	0,10	
IV	0,09	0,08	0,18	0,16	
V	0,64	0,91	0,30	0,64	
VI	0,76	0,11	0,06	0,19	
	0,32	0,32	0,18	0,21	

FECHA	14 DE AGOSTO 2015					
Profundidad del electrodo 15 cm(cables amarillo-negro)						
Resistencia medida en Mega-ohmios						
	T1	T2	T3	T4		
I	0,62	0,04	0,09	0,03		
II	0,07	0,08	0,07	0,07		
III	0,13	0,09	0,08	0,13		
IV	0,04	0,08	0,15	0,30		
V	0,11	0,16	0,09	0,12		
VI	0,10	0,05	0,07	0,46		
	0,18	0,08	0,09	0,19		

25 DE AGOSTO DEL 2015 LUEGO DE VARIOS DIAS SECOS Y UN CHUBASCO LIGERO DOS DIAS ANTES DE TOMAR LAS MEDICIONES

FECHA	25 DE AGOSTO 2015				
Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)					
Resistencia medida en Mega-ohmios					
	T1	T2	T3	T4	
I	0,44	0,87	0,31	1,27	
II	0,55	0,20	0,49	0,23	
III	0,23	0,38	0,45	0,42	
IV	0,55	0,67	0,61	0,19	
V	0,55	0,46	0,48	0,58	
VI	0,42	0,74	0,40	0,68	
	0,46	0,55	0,46	0,56	

FECHA	25 DE AGOSTO 2015					
Profundidad del electrodo 15 cm(cables amarillo-negro)						
Resistencia medida en Mega-ohmios						
	T1	T2	T3	T4		
I	0,64	1,00	0,57	0,17		
II	0,20	0,51	1,00	0,11		
III	0,36	0,68	0,18	0,70		
IV	0,46	0,70	0,89	0,56		
V	0,37	0,53	0,11	0,50		
VI	0,83	0,96	0,11	0,29		
	0,48	0,73	0,48	0,39		

01 DE SEPTIEMBRE DEL 2015 LUEGO DE VARIOS DIAS SECOS ANTES DE TOMAR LAS MEDICIONES

FECHA	01 DE SEPTIEMBRE 2015				
Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)					
Resistencia medida en Mega-ohmios					
	T1	T2	T3	T4	
I	0,63	1,00	0,47	1,04	
II	1,35	0,35	0,60	0,90	
III	0,80	0,50	0,50	0,40	
IV	0,85	1,12	0,78	0,51	
V	0,70	0,45	0,75	2,30	
VI	0,56	1,55	0,30	1,40	
	0,82	0,83	0,57	1,09	

FECHA	01 DE SEPTIEMBRE 2015					
Profundidad del electrodo 15 cm(cables amarillo-negro)						
Resistencia medida en Mega-ohmios						
	T1	T2	T3	T4		
I	0,65	1,77	0,67	0,52		
II	0,98	0,49	0,65	0,60		
III	0,47	0,90	0,50	0,50		
IV	1,16	0,80	0,68	0,66		
V	0,58	0,60	0,20	2,40		
VI	0,54	0,63	0,57	0,68		
	0,73	0,87	0,54	0,89		

30 DE SEPTIEMBRE DEL 2015 LUEGO DE VARIOS DIAS LLUVIOSOS ANTES DE TOMAR LAS MEDICIONES

FECHA	30 DE SEPTIEMBRE 2015			
Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)				
Resistencia medida en Mega-ohmios				
	T1	T2	T3	T4
I	0,35	0,59	0,20	0,60
II	0,35	1,30	0,45	0,60
III	0,53	0,55	0,52	0,48
IV	3,41	2,90	0,50	1,02
V	0,89	0,55	0,24	0,98
VI	0,63	0,45	0,17	1,70
	1,03	1,06	0,35	0,90

FECHA	30 DE SEPTIEMBRE 2015			
Profundidad del electrodo 15 cm(cables amarillo-negro)				
Resistencia medida en Mega-ohmios				
	T1	T2	T3	T4
I	0,25	0,69	0,33	0,96
II	0,35	0,46	0,50	0,60
III	0,25	0,62	0,44	0,31
IV	3,70	5,50	0,40	0,45
V	0,99	0,54	0,10	0,51
VI	0,81	0,76	0,55	1,85
	1,06	1,43	0,39	0,78

09 DE OCTUBRE DEL 2015 LUEGO DE VARIOS DIAS SECOS ANTES DE TOMAR LAS MEDICIONES

FECHA	09 DE OCTUBRE DEL 2015			
Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)				
Resistencia medida en Mega-ohmios				
	T1	T2	T3	T4
I	1,22	1,22	0,65	0,73
II	1,20	0,30	0,75	2,20
III	5,10	3,50	1,15	0,90
IV	1,75	0,40	0,99	0,94
V	2,00	0,49	0,95	1,42
VI	1,20	0,50	0,60	4,24
	2,08	1,07	0,85	1,74

FECHA	09 DE OCTUBRE DEL 2015			
Profundidad del electrodo 15 cm(cables amarillo-negro)				
Resistencia medida en Mega-ohmios				
	T1	T2	T3	T4
I	1,08	1,76	0,30	3,10
II	0,75	0,60	0,84	1,76
III	2,90	2,80	0,57	1,26
IV	2,78	0,80	0,30	0,60
V	0,41	0,53	2,11	2,70
VI	1,90	1,06	0,65	1,90
	1,64	1,26	0,80	1,89

15 DE OCTUBRE DEL 2015 LUEGO DE VARIOS DIAS DE AHOGANTE SOL ANTES DE TOMAR LAS MEDICIONES

FECHA	15 DE OCTUBRE DEL 2015			
Profundidad del electrodo 10 cm(cables rojo-negro)				
Resistencia medida en Mega-ohmios				
	T1	T2	T3	T4
I	1,40	1,21	0,32	2,26
II	1,12	1,43	1,04	2,40
III	2,10	3,80	1,05	1,04
IV	0,48	1,44	0,43	0,99
V	3,80	0,75	2,14	1,25
VI	3,08	1,94	2,14	6,53
	2,00	1,76	1,19	2,41

FECHA	15 DE OCTUBRE DEL 2015			
Profundidad del electrodo 15 cm(cables amarillo-negro)				
Resistencia medida en Mega-ohmios				
	T1	T2	T3	T4
I	0,54	1,61	1,03	1,62
II	0,61	0,70	1,10	2,10
III	2,40	2,43	1,23	0,80
IV	0,27	0,67	0,21	0,67
V	6,53	0,68	2,46	3,26
VI	2,68	2,99	1,79	2,46
	2,17	1,51	1,30	1,82

Anexo 5 : Análisis de varianza y comparación de medias para los datos de resistencia a 10cm de la superficie del suelo (programa SPSS)

Análisis de Varianza

Variable dependiente: RESISTENCIA

Origen	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	110,654 ^a	9	12,295	266,581	,000
BLOQUES	,272	5	,054	1,181	,364
TRATAMIENTOS	13,058	3	4,353	94,372	,000
Error	,692	15	,046		
Total	111,346	24			

c. R al cuadrado = ,994 (R al cuadrado ajustada = ,990)

d. Cv=10,6 Media =2,0138

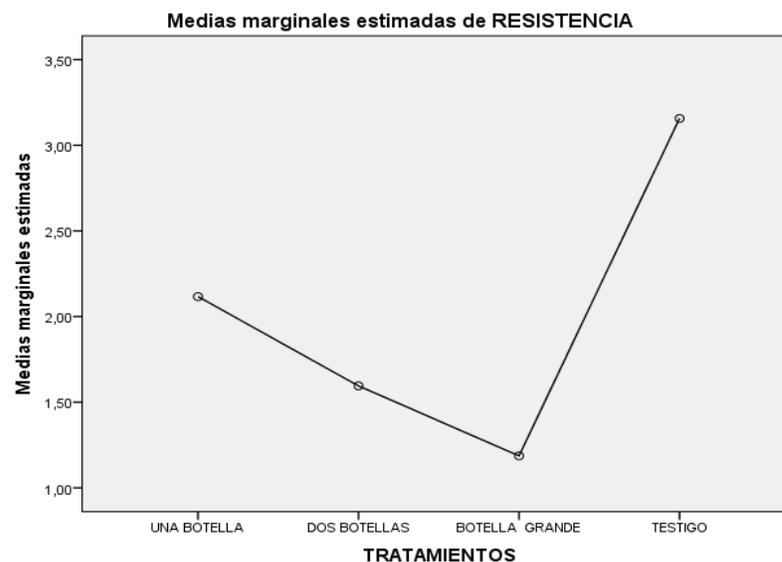
Subconjuntos homogéneos

		RESISTENCIA				
TRATAMIENTOS	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	
HSD Tukey ^{a,b}	BOTELLA GRANDE	6	1,1867			
	DOS BOTELLAS	6		1,5950		
	UNA BOTELLA	6			2,1167	
	TESTIGO	6				3,1567
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Duncan ^{a,b}	BOTELLA GRANDE	6	1,1867			
	DOS BOTELLAS	6		1,5950		
	UNA BOTELLA	6			2,1167	
	TESTIGO	6				3,1567
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,046.

b. Alfa = 0,05.

Gráficos de perfil



Anexo 6 : Análisis de varianza y comparación de medias para los datos de resistencia a 15cm. de profundidad (programa SPSS-22)

Análisis univariado de varianza

Variable dependiente: RESISTENCIA

Origen	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	81,978 ^a	9	9,109	141,676	,000
BLOQUES	,725	5	,145	2,255	,102
TRATAMIENTOS	2,663	3	,888	13,805	,000
Error	,964	15	,064		
Total	82,942	24			

a. R al cuadrado = ,988 (R al cuadrado ajustada = ,981)

Subconjuntos homogéneos RESISTENCIA

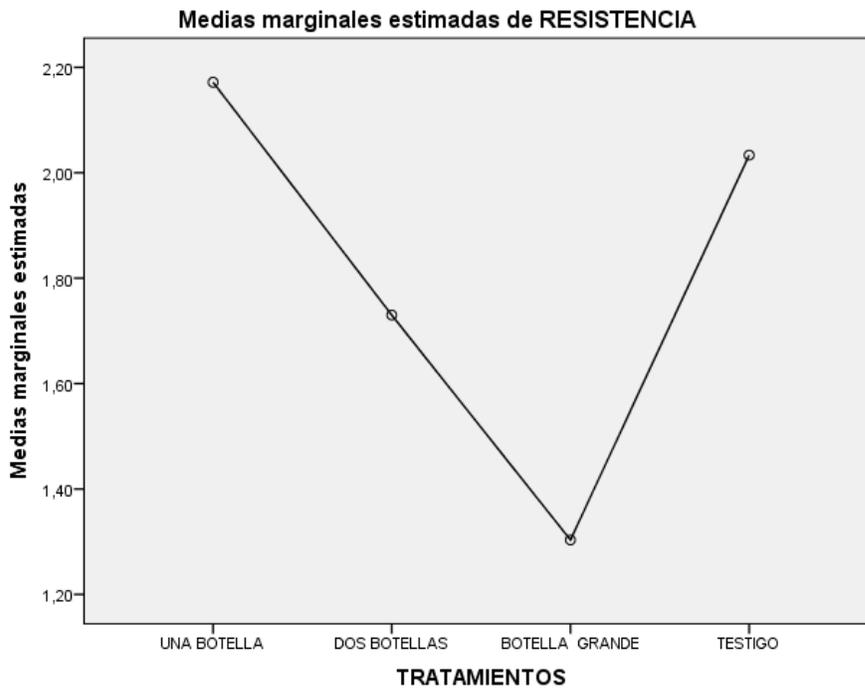
TRATAMIENTOS	N	Subconjunto		
		1	2	3
HSD Tukey ^{a,b}				
BOTELLA GRANDE	6	1,3033		
DOS BOTELLAS	6		1,7300	
TESTIGO	6		2,0333	2,0333
UNA BOTELLA	6			2,1717
Sig.		1,000	,207	,782
Duncan ^{a,b}				
BOTELLA GRANDE	6	1,3033		
DOS BOTELLAS	6		1,7300	
TESTIGO	6		2,0333	2,0333
UNA BOTELLA	6			2,1717
Sig.		1,000	,056	,360

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,064.

e. Alfa = 0,05.

f. Media = 1,8096 CV = 0,1398

Gráficos de perfil



Anexo 7 : Análisis de varianza y comparación de medias para datos de altura del agave americana var. marginata (Programa SPSS-22)

Análisis univariado de varianza

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: ALTURA

Origen	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	2261,929 ^a	9	251,325	61,942	,000
BLOQUES	45,987	5	9,197	2,267	,101
TRATAMIENTOS	17,521	3	5,840	1,439	,271
Error	60,861	15	4,057		
Total	2322,790	24			

Subconjuntos homogéneos

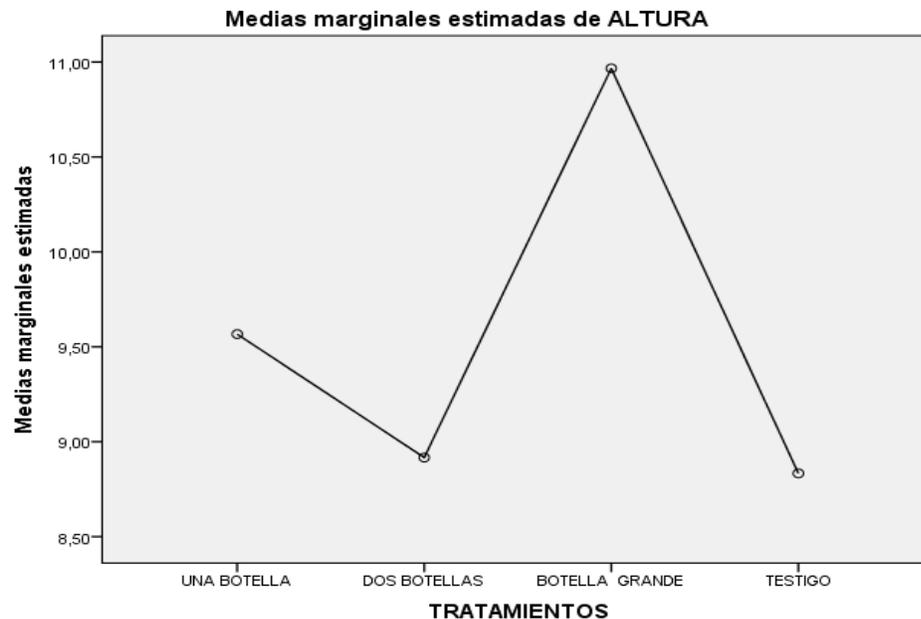
ALTURA

		N	Subconjunto
TRATAMIENTOS			1
HSD Tukey ^{a,b}	TESTIGO	6	8,8333
	DOS BOTELLAS	6	8,9167
	UNA BOTELLA	6	9,5667
	BOTELLA GRANDE	6	10,9667
	Sig.		,296
Duncan ^{a,b}	TESTIGO	6	8,8333
	DOS BOTELLAS	6	8,9167
	UNA BOTELLA	6	9,5667
	BOTELLA GRANDE	6	10,9667
	Sig.		,111

El término de error es la media cuadrática (Error) = 4,057. Media = 9,5708 CV=0,21

b. Alfa = 0,05.

Gráficos de perfil



Anexo 8 : Análisis de varianza y pruebas de comparación de medias para los datos de área foliar del agave americana var. marginata (Programa SPSS-22)

Análisis univariado de varianza

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: COBERTURA

Origen	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	4359,453 ^a	9	484,384	45,764	,000
BLOQUES	66,593	5	13,319	1,258	,332
TRATAMIENTOS	10,178	3	3,393	,321	,810
Error	158,767	15	10,584		
Total	4518,220	24			

a. R al cuadrado = ,965 (R al cuadrado ajustada = ,944)

Subconjuntos homogéneos

COBERTURA

		N	Subconjunto
TRATAMIENTOS			1
HSD Tukey ^{a,b}	DOS BOTELLAS	6	12,6667
	TESTIGO	6	12,8000
	UNA BOTELLA	6	13,7333
	BOTELLA GRANDE	6	14,2333
	Sig.		,838
Duncan ^{a,b}	DOS BOTELLAS	6	12,6667
	TESTIGO	6	12,8000
	UNA BOTELLA	6	13,7333
	BOTELLA GRANDE	6	14,2333
	Sig.		,454

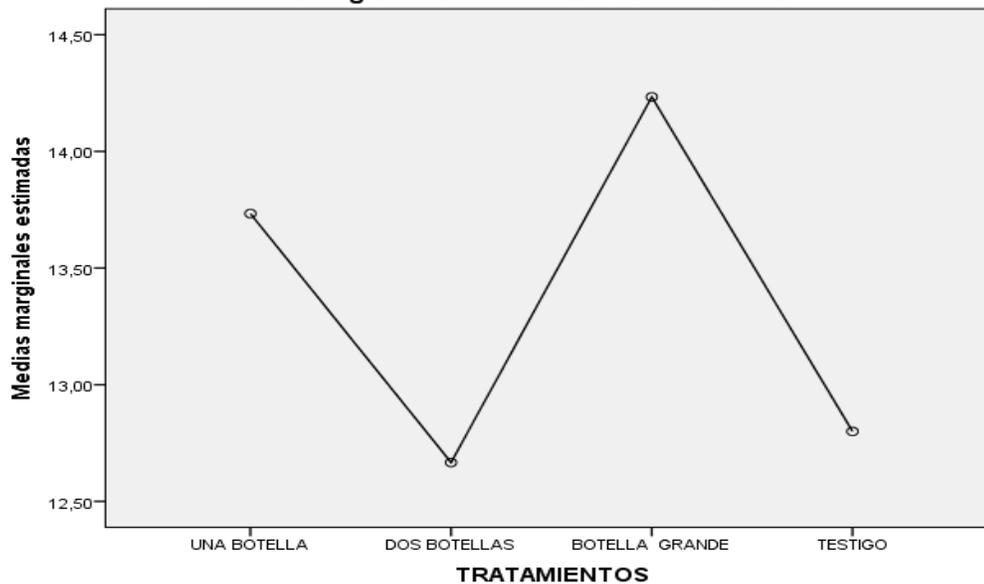
El término de error es la media cuadrática (Error) = 10,584. Media = 13,3583

CV=0,24

b. Alfa = 0,05.

Gráficos de perfil

Medias marginales estimadas de COBERTURA



Anexo 9 : Muestra los datos de laboratorio de Suelos, para determinar el % de humedad gravimétrica del suelo en su estado actual y a capacidad de campo

PARA DETERMINAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA DE LOS ELECTRODOS EN UN SUELO EN SU ESTADO ACTUAL HUMEDAD							
	bloque 1	bloque 2	bloque 3	bloque 4	bloque 5	bloque 6	Promedios
valor electrodo en suelo(mega-ohmios)	7,00	4,00	17,70	8,00	2,20	15,00	8,98
peso de la capsula de aluminio en (gr)	22,66	22,85	19,65	19,83	25,56	23,66	
capsula + peso de tierra	122,60	122,85	119,65	119,83	125,56	123,66	
tierra -capsula	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
peso de suelo seco luego de la mufla	118,67	119,82	115,87	115,02	120,50	120,12	
peso de suelo seco a la mufla-capsula	96,01	96,97	96,22	95,19	94,94	96,46	
% humedad gravimétrica	4,16	3,12	3,93	5,05	5,33	3,67	4,21
Densidad aparente Método de la Parafina	1,3	1,32	1,27	1,33	1,35	1,33	1,31

PARA DETERMINAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA DE LOS ELECTRODOS EN UN SUELO EN SU ESTADO A CAPACIDAD DE CAMPO							
	bloque 1	bloque 2	bloque 3	bloque 4	bloque 5	bloque 6	Promedios
valor del electrodo a CC en mega-ohmios	0,43	1,01	0,07	0,19	0,11	0,35	0,36
PESO DE LA CAPSULA DE ALUMINIO (gr)	24,73	21,01	24,61	26,84	22,26	23,73	
capsula + peso de tierra a CC	81,22	104,83	114,78	85,04	99,96	104,73	
suelo a CC-capsula	56,49	83,82	90,17	58,20	77,70	81,00	
peso de suelo seco luego de la mufla	71,52	87,58	89,55	73,29	79,79	86,04	
peso de suelo seco a mufla - capsula	46,79	66,57	64,94	46,45	57,53	62,31	
Humedad gravimétrica a capacidad de campo (%)	20,73	25,91	38,85	25,30	35,06	30,00	29,31

Anexo 10 : Experiencias en tunas (*Opuntia vulgaris*) y arboles de molle (*Schinus molle*) y pino (*Podocarpus cardenasii*).



Ilustración 48 Se colocaron tunas, con dos komkom y sin komkom (fuente propia)



Ilustración 49 : Se establecieron arboles de pino y molle con komkom y sin komkom

Como se ve en las fotografías, establecimos pencas de tuna (*Opuntia vulgaris*), con dos komkom al lado y las base de las botellas cortadas que nos quedaron, como si fueran piedras.

También se pusieron komkom alrededor de arboles recién plantados de molle (*Schinus molle*) y pino (*Podocarpus cardenasii*) y junto a ellos se colocaron dos botellas llenas de agua contaminada para aprovechar todas las ventajas de protección, sombra y termorregulación que los komkom y botellas llenas ofrecen al crear un microclima.

Al inicio de la próxima época de lluvias se piensa vaciar el contenido de las botellas llenas, como fertilizante orgánico..

Anexo 11 : La alternativa de solución final

Para las campanas de los komkom, se recomienda el uso de las botellas de 3 litros, ya sea de bebida o gaseosa.



Ilustración 50 : botellas de tres litros de gaseosa o bebida, adecuadas como campanas del komkom(fuente propia)

Para los depósitos son recomendables las botellas de aguas minerales, jugos frutales o cualquiera que sea transparente y mejor si es de base ancha y cuello delgado.



Ilustración 51 : Botellas de aguas minerales o jugos, adecuadas para depósitos del komkom(fuente propia)

El tratamiento que dio mejor resultado, fue el de la botella de 5 litros (como campana) y botella de tres litros (como deposito), esta sería la alternativa de solución óptima, pero como las botellas de cinco litros son escasas en nuestro medio (aunque se pueden comprar a Bs 5,2), la alternativa más viable y económica es la de, una botella de tres litros (como campana) y de 2 ½ litros (como deposito), siendo lo importante que entre dentro la campana dejando espacio para que las gotas caigan al suelo.



Ilustración 52 : Alternativa de solución óptima vs alternativa de solución viable (fuente propia)

Para las plantas xerofitas debería experimentarse a partir del uso mínimo de dos komkom colocados a sus lados



Ilustración 53 : Para plantas Xerofitas se recomienda experimentar con mínimo dos komkom (fuente propia)