

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**INFLUENCIA DE LAS DIFERENTES TENSIONES DE HUMEDAD
Y DISTANCIAMIENTO EN EL CULTIVO DE PEPINILLO
(*Cucumis sativus* L.) SOBRE EL RENDIMIENTO DEL FRUTO EN
JAYLLIHUAYA – PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

WILLIAM ABEL CHINO CHINO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO - PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

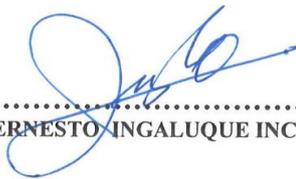
**“INFLUENCIA DE LAS DIFERENTES TENSIONES DE HUMEDAD Y
DISTANCIAMIENTO EN EL CULTIVO DE PEPINILLO (*Cucumis sativus* L.)
SOBRE EL RENDIMIENTO DEL FRUTO EN JAYLLIHUAYA – PUNO”**

**TESIS PRESENTADA POR:
WILLIAM ABEL CHINO CHINO**

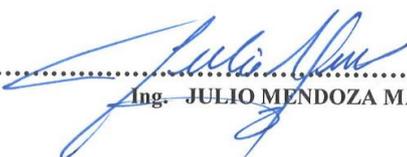
**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :

Ing. ERNESTO INGALUQUE INCACARI

PRIMER MIEMBRO :
Ing. M.Sc. ANGEL CARI CHOQUEHUANCA

SEGUNDO MIEMBRO :

Ing. JULIO MENDOZA MAICA

DIRECTOR DE TESIS :

Ing. M.Sc. ELISBAN URIEL HUANCA QUIROZ

ASESOR DE TESIS :

Dr. FELIX ALONSO ASTETE MALDONADO

Área: Ciencias agrícolas

Tema: Manejo y conservación de recursos de agua y suelos

FECHA DE SUSTENTACIÓN 15 DE JUNIO DEL 2018

DEDICATORIA

A Dios.

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi padre Walter.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi madre Justa Elena.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, por su apoyo incondicional en este camino en la vida universitaria.. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

A mi hermana Karin.

Por el apoyo incondicional que recibí de ti y de momentos difíciles; a mis tíos Cesar, Ayde, mis abuelos y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

A mis amigos.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos a todos ustedes gracias por ayudarme a realizar este trabajo.

¡Gracias a ustedes!

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mi Alma Máter la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Facultad de Ciencias Agrarias, por haberme dado la oportunidad de alcanzar uno de mis primeros objetivos.

A cada uno de los Docentes de la Facultad de Ciencias Agraria; A quienes con su experiencia, conocimiento y enseñanzas impartidas contribuyeron al enriquecimiento de mi formación profesional.

Agradezco infinitamente a los Miembros Jurados revisores de la presente Tesis, quienes me brindaron la orientación académica y la muestra de constante apoyo para la culminación de mi tesis.

Mi sincero reconocimiento al Ing. Elisban Uriel Huanca Quiroz, su acertada dirección y el haberme brindado su apoyo incondicional para la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al personal administrativo que labora en la Facultad de Ciencias Agrarias, Biblioteca Especializada y Laboratorios. → Por último y lo más importante, agradezco a Dios, por concederme salud e iluminarme con luz del conocimiento, que me permiten seguir luchando y trabajando por la vida.

A mis familiares, mi padre Walter Chino Choque y mi madre Justa Chino de Chino a mi hermana Karin Chino, a todos mis familiares que me ayudaron indirectamente con la ejecución de la tesis, a mis amigos Henry y Yuri por tanto apoyo incondicional y a ti Yuliana por ayudar indirectamente en la elaboración de la tesis.

Muchas gracias a todos.

INDICE GENERAL

RESUMEN	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCION	14
CAPITULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2 ANTECEDENTES	16
1.3 OBETIVOS.....	18
1.3.1. Objetivo General:.....	18
1.3.2 Objetivos específicos:	18
CAPITULO II	19
MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1. MARCO TEÓRICO	19
2.1.1. POTENCIAL DEL AGUA EN EL SUELO.....	19
2.1.2 RETENCION DEL AGUA POR EL SUELO.....	21
2.1.2.1 Curva característica de humedad	21
2.1.3 ESTADO HIDRICO DEL SUELO	23
2.1.3.1 Humedad de Saturación	24
2.1.3.2 Capacidad de Campo (CC):	24
2.1.3.3. Punto de Marchitez Permanente (PMP):	24
2.1.3.4. Agua Útil (AU):	25
2.1.4 EL SUELO.....	25
2.1.4.1. PROPIEDADES DEL SUELO.....	26
2.1.4.1.1. PROPIEDADES FISICAS	26

2.1.4.1.1.1. Textura del suelo.....	26
2.1.4.1.1.2. Porosidad	28
2.1.4.1.1.3. Densidad aparente.....	28
2.1.4.1.1.4. Densidad real	29
2.1.4.1.2. PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO	29
2.1.4.1.2.1. PH del suelo	29
2.1.4.1.2.2. Materia orgánica del suelo.....	30
2.1.4 EL TENSÍMETRO	30
2.1.4.1. Cómo utilizar el tensiómetro Irrometer	31
2.1.5. RIEGO POR GOTEIO	32
2.1.5.1. Ventajas y desventajas del sistema	33
2.1.5.1.1. Ventajas	33
2.1.5.1.2. Desventajas	34
2.1.5.2. Esquema de un sistema de riego por goteo	34
2.1.6. EL PEPINILLO	35
2.1.6.1. Taxonomía del cultivo	36
2.1.6.2. Aspectos botánicos	36
2.1.6.2.1. Raíz	36
2.1.6.2.2. Tallo	36
2.1.6.2.3. Hoja.....	37
2.1.6.2.4. Flor.....	37
2.1.6.2.5. Fruto.....	37
2.1.6.3. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y EDAFICOS	38
2.1.6.3.1 Requerimientos Climáticos.....	38
2.1.6.3.1.1. Temperatura	38
2.1.6.3.1.2. Humedad	39
2.1.6.4. EXIGENCIAS DEL SUELO.....	39

2.1.6.5. MANEJO DEL CULTIVO	40
2.1.6.5.1. Época de Siembra	40
2.1.6.5.2. Siembra	40
2.1.6.5.3. Distanciamiento de siembra.....	41
2.1.6.5.4. Sistema de siembra	42
2.1.6.5.4.1. Espaldera en plano inclinado	43
2.1.6.5.4.2. Espaldera tipo “A”	43
2.1.6.5.4.3. Espaldera vertical.....	43
2.1.6.5.5. Labores culturales	43
2.1.6.5.5.1. Polinización	43
2.1.6.5.5.2. Control de malezas.....	44
2.1.6.6. Cosecha.....	44
2.1.6.7. Características nutricionales del pepinillo	45
2.1.6.8. Rendimiento.....	46
2.1.7. INVERNADERO.....	46
2.1.7.1. Ventajas	47
2.1.7.2. Desventajas	47
2.1.7.3. Tipos de invernaderos.....	48
2.2. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	49
2.2.1. HIPOTESIS GENERAL.....	49
2.2.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS	49
CAPITULO III.....	50
MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.1. CARACTERZACION DEL AREA DE INVESTIGACION	50
3.1.1. LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO.....	50
3.1.2. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	50
3.1.3. CARACTERISTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	51

3.1.4. Información meteorológica.....	51
3.1.4.2 Temperatura (T°)	51
3.1.4.3 Humedad (H°).....	52
3.2 MATERIALES EN LA INVESTIGACION	53
3.2.1 Análisis de suelo	53
3.2.2 Densidad aparente.....	54
3.2.3 Análisis de agua de riego	54
3.2.4. Semilla	55
3.2.5 Invernadero	56
3.2.6 Módulo de riego.....	56
3.2.7 Instrumentos de medición.....	56
3.3. METODOLOGIA	56
3.3.1. Obtención de la curva característica de humedad en el suelo.....	57
3.3.2. Riego.....	58
3.3.2.1. Lámina neta.....	58
3.3.2.2. Lámina bruta	59
3.3.2.3. Lámina total	59
3.3.2.4. Tiempo de riego	59
3.3.3 Distanciamiento entre plantas	60
3.3.4. Producción de cultivo	60
3.3.5. Tratamiento estadístico	61
3.3.6. Diseño experimental	61
3.4 CONDUCCION DEL EXPERIMENTO.....	62
3.4.1. Preparación del terreno	62
3.4.2. División de bloques	63
3.4.3. Plantación.....	63
3.4.4. Labores culturales	63

3.5. OBSERVACIONES REALIZADAS	64
3.5.1. Plagas y enfermedades.....	64
CAPITULO IV	65
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	65
4.1 OBTENCION DE LA CURVA DE RENTENCION DE HUMEDAD	65
4.1.1. Capacidad de campo y tensiones de humedad del suelo (THS)	67
4.1.2. Programación de riego	69
4.2. INFLUENCIA DE LAS DIFERENTES TENSIONES DE HUMEDAD EN EL SUELO, SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PEPINILLO	70
4.2.1. Prueba de Tukey de los tratamientos de tensión.....	73
4.2.2. Rendimiento del fruto del pepinillo en tratamientos de tensión	74
4.3. DISTANCIAMIENTO ADECUADO ENTRE PLANTA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO	75
4.3.1. Prueba de Tukey de distanciamiento entre plantas.....	76
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFIA	81
ANEXOS.....	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fenología del cultivo de pepinillo	35
Tabla 2. Fenología y temperatura	38
Tabla 3. Composición nutritiva por 100g de producto comestible	45
Tabla 4. Temperaturas en el invernadero-Jayllihuaya (Enero a Mayo 2016).....	52
Tabla 5. Humedad relativa en el invernadero (mensual, 2016)	52
Tabla 6. Determinación de la densidad aparente y humedad del suelo	54
Tabla 7. Análisis de varianza para un diseño de parcelas divididas	62
Tabla 8. Función tensión (T) vs Θ° suelo H° ($D_a=1,4g/cm^3$)	66
Tabla 9. Niveles de humedad (Kpa) Vs H° del suelo	67
Tabla 10. Tensión humedad del suelo y lamina de riego requerido en el cultivo de pepinillo, Jayllihuaya-Puno	70
Tabla 11. Tensión de humedad del suelo y lámina de riego requerido en el cultivo de pepinillo, Jayllihuaya Puno	71
Tabla 12. Análisis de varianza para tensión y distanciamiento en el cultivo de pepinillo	73
Tabla 13. Prueba de Tukey de los tratamientos de Tensión	73
Tabla 14. Rendimiento por cada tratamiento de tensión en el cultivo del pepinillo	74
Tabla 15. Prueba de Tukey para los distanciamientos	76
Tabla 16. Rendimiento por tratamiento de tensión de humedad del suelo y distanciamiento del cultivo del pepinillo	77
Tabla 17. Promedios de la parcela de 15Kpa peso del fruto.....	84
Tabla 18. Promedios de la parcela de 15Kpa peso del fruto.....	85
Tabla 19. Promedios de parcela 40 Kpa peso del fruto	86
Tabla 20. Planilla para el cálculo del contenido de humedad (gravimetría) 20 cm de profundidad. Función tensión (T) vs Θ° suelo H° ($D_a=1,4g/cm^3$).....	87
Tabla 21. Función tensión (T) vs Θ° del suelo H° ($D_a= 1.4g/ cm^3$)	87
Tabla 22. Tensión humedad del suelo y lamina de riego requerido en el cultivo de pepinillo, Jayllihuaya-Puno	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de retención de humedad	22
Figura 2. Triangulo textural	27
Figura 3. Tensiómetro Irrrometer.....	31
Figura 4. Esquema general de un sistema de riego presurizado	34
Figura 5. Esquema general de un sistema de riego por goteo.....	34
Figura 6. Temperatura, Enero a Mayo 2016.....	52
Figura 7. Humedad mensual de Enero a Mayo (2016)	53
Figura 8. Análisis de suelos invernadero Jayllihuaya.....	53
Figura 9. Croquis del aforo de goteros	60
Figura 10. Preparación del terreno en el invernadero de Jayllihuaya - Puno	62
Figura 11. Instalación de trampas amarillas y de agua en el campo experimental.....	64
Figura 12. Curva característica de humedad invernadero Jayllihuaya- Puno.....	66
Figura 13. Efecto del tratamiento de tensiones en el cultivo de pepinillo.....	74
Figura 14. Efecto del distanciamiento en el cultivo del pepinillo	76
Figura 15. Instalación del experimento en el invernadero en Jayllihuaya	90
Figura 16. Primera fase fenológica (germinación)	90
Figura 17. Análisis gravimétrico del suelo (humedad).....	91
Figura 18. Análisis gravimétrico del suelo (humedad).....	91
Figura 19. El tensiómetro en la parcela experimental	92
Figura 20. El vacuometro marcando 43 Kpa	92
Figura 21. Tercera etapa fenológica (floración)	93
Figura 22. Floración.....	93
Figura 23. Fructificación. Parcela 3 (40 Kpa)	94
Figura 24. Fructificación parcela 2 (25 Kpa).....	94
Figura 25. Fructificación parcela 1 (15 Kpa).....	95
Figura 26. Frutos de las diferentes parcelas del experimento.....	95
Figura 27. Peso de los frutos en una balanza electrónica	96
Figura 28. Peso de los frutos en una balanza electrónica	96
Figura 29. Termómetro utilizado en el invernadero	97
Figura 30. Higrómetro utilizado en el invernadero	97

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Centro poblado de Jayllihuaya, distrito, provincia y departamento de Puno en los meses de enero a abril del año 2016; siendo los objetivos específicos los siguientes: Obtener la curva característica de humedad VS Tensión de humedad del suelo en las condiciones de invernadero; determinar la influencia de los diferentes niveles de humedad sobre el rendimiento del fruto del cultivo de pepinillo bajo riego por goteo, y determinar el distanciamiento más adecuado entre plantas sobre el rendimiento de pepinillo en condiciones de invernadero-Puno, en un suelo de textura franco con pH neutro con contenido de materia orgánica media baja. Para la investigación se ha empleado semilla híbrida F1. Se hizo un análisis de suelo y medición de humedad por el método gravimétrico luego el armado de la curva característica de humedad, se utilizaron tensiómetros instalados en cada parcela para sus determinadas programaciones de riego. El diseño experimental utilizado fue el diseño completamente al azar con tratamiento de Parcelas divididas con arreglo factorial de 3x2 con tres repeticiones, siendo el factor A tratamientos de tensión y el factor B distanciamiento. La curva característica obtenida de humedad del suelo (vol%) y tensión (Kpa) en el invernadero de Jayllihuaya- Puno con el cultivo de pepinillo es acorde a las características hidrofísicas del tipo de suelo siendo para el caso de textura franco arenosa: $THS = 3E + 09H^{-5.664}$. La productividad del cultivo de pepinillo para Puno en condiciones de invernadero en Kg/m² fueron 14.01; 13.97 y 13.60 para tensiones de 15, 25 y 40 Kpa respectivamente siendo los valores de consideración buena para la situación climática de la zona de Puno. Los rendimientos bajo tensiones de humedad de 15 y 25 Kpa estadísticamente no presentaron diferencias significativas, en tanto si se observó diferencias significativas con el de tensión de 40 Kpa. El rendimiento del fruto del pepinillo deducido a Kg/m² en los de mayor densidad fueron 14.16; 14.22 y 13.71 para las tensiones de humedad del suelo de 15, 25 y 40 Kpa respectivamente. En tanto para los de menor densidad 13.86; 13.72 y 13.50 para las tensiones de humedad de 15, 25 y 40 Kpa respectivamente.

PALABRAS CLAVE: Cultivo de pepinillo; Curva de retención de humedad del suelo, Distanciamiento del cultivo.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the town center of Jayllihuaya, district, province and department of Puno in the months of January to April of the year 2016; the specific objectives being the following: Obtain the humidity characteristic curve VS Soil moisture tension under greenhouse conditions; determine the influence of different moisture levels on the yield of the gherkin crop under drip irrigation, and determine the most appropriate distance between plants on the yield of gherkin under greenhouse-Puno conditions, in a loam-textured soil with Neutral pH with low average organic matter content. For the research, F1 hybrid seed was used. A soil analysis and humidity measurement were made by the gravimetric method after the assembly of the humidity characteristic curve, tensiometers installed in each plot were used for their specific irrigation schedules. The experimental design used was the completely randomized design with treatment of divided parcels with factorial arrangement of 3x2 with three repetitions, being the factor A stress treatments and the factor B distancing. The characteristic curve obtained from soil moisture (vol%) and tension (Kpa) in the Jayllihuaya-Puno greenhouse with the gherkin cultivation is in accordance with the hydrophysical characteristics of the soil type, being for the case of sandy loam texture: $THS = 3E + [(09H)]^{-5.664}$. The productivity of the gherkin cultivation for Puno under greenhouse conditions in Kg / m² was 14.01; 13.97 and 13.60 for tensions of 15, 25 and 40 Kpa respectively. The yields under moisture tensions of 15 and 25 Kpa statistically did not present significant differences, as long as significant differences were observed with the voltage of 40 Kpa. The yield of the gherkin fruit deduced at Kg / m² in the highest density were 14.16; 14.22 and 13.71 for soil moisture stresses of 15, 25 and 40 Kpa respectively. In as much for those of lower density 13.86; 13.72 and 13.50 for the moisture tensions of 15, 25 and 40 Kpa respectively.

INTRODUCCION

En la Región Puno la escasez en oportunidad y la inadecuada gestión del recurso hídrico en el proceso de riego de cultivos agrícolas generan una baja productividad de la parcela, debido a la utilización de sistemas de riego convencionales tales como el riego por escurrimiento por gravedad en hortalizas. El agua es un recurso escaso en nuestro altiplano y existe una intensa competencia por su uso en otros sectores, y nace la necesidad de fomentar el uso eficiente de agua en los cultivos (UEAc) mediante el sistema de riego por goteo con el incremento de la eficiencia de aplicación del agua en más de un 85%, lo cual implica un ahorro considerable de este escaso recurso.

En las localidades de Puno, el consumo de hortalizas es menos que en otras regiones ya que tenemos que adquirirlas de otros lugares con mayor costo. El pepinillo es una hortaliza fruto que es importante dentro de la alimentación directa de la población humana, porque posee grandes propiedades nutricionales y medicinales, como neutralizador de la acidez del estómago y de la orina, y que también se produce en regiones cálidas como las costa y selva, en la sierra se puede desarrollar el cultivo pero no como debería de ser por diversos factores negativos como por ejemplo el clima y las precipitaciones intensas y otros factores negativos. Los invernaderos son una alternativa para producir dicha hortaliza pero también tiene un factor negativo y necesario el cual es el riego, necesariamente u obligatoriamente se debe incorporar agua al suelo ya que el área del invernadero es totalmente protegido de las precipitaciones.

El UEA no sólo aporta beneficios al sistema que lo efectúa, también significa mejoras para otros usuarios. Por ejemplo, el ahorro del líquido en zonas habitacionales implica una menor explotación de ríos y acuíferos, una mejor calidad del agua, una menor necesidad de obras hidráulicas nuevas, además, al reducirse los consumos, hay menos agua residual, menos necesidad de obras de drenaje, más facilidad de tratamiento.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la región de Puno, el consumo de hortalizas es menor que en otras regiones ya que tenemos que adquirirlas de otros lugares. El pepinillo es una hortaliza fruto que se produce en regiones cálidas como las costa y selva, en la sierra se puede desarrollar el cultivo pero no como debería de ser por diversos factores negativos como por ejemplo el clima y las precipitaciones intensas y otros factores negativos. Los invernaderos son una alternativa para producir dicha hortaliza pero también tiene un factor negativo y necesario el cual es el riego, necesariamente u obligatoriamente se debe incorporar agua al suelo ya que el área del invernadero es totalmente protegido de las precipitaciones.

El agua es un recurso escaso en nuestro altiplano y existe una intensa competencia por su uso en otros sectores, nace la necesidad de incrementar la eficiencia del agua y ha propiciado la búsqueda de mejores tecnologías de riego.

En el departamento de Puno la producción de hortalizas es casi inexistente por factores adversos para su producción, factores climáticos como las bajas temperaturas, las intensas lluvias, las granizadas, las sequias y las heladas que imposibilitan el desarrollo y la producción de las hortalizas y además el consumo de las mismas en especial del pepinillo.

El crecimiento y desarrollo de las hortalizas como pepinillo están influenciados por el clima, los procesos fisiológicos, absorción de nutrientes y de agua principalmente; por lo que en la actualidad el uso eficiente del agua en los cultivos es cada vez importante.

PREGUNTAS ESPECÍFICAS

- a) ¿Se tiene la curva característica de humedad VS Tensión de humedad del suelo en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno?
- b) ¿Cuál de los niveles de humedad del suelo para las plantas influye positivamente, sobre el rendimiento del fruto del cultivo de pepinillo bajo riego por goteo?
- c) ¿Existe reportes confiables sobre el distanciamiento más adecuado entre plantas sobre el rendimiento de pepinillo en condiciones de invernadero-Puno?

1.2 ANTECEDENTES

El pepinillo (*Cucumis sativus* L.) es una planta cultivada en casi todo el mundo, consumido en forma fresca o utilizado por las industrias para elaborar otros productos alimentarios. Es uno de los productos agrícolas insuficientes en la población que se cultiva en la época de primavera tradicionalmente porque es cuando se obtienen sus mejores resultados, aunque los rendimientos son inferiores a 4 kg.m⁻² debido a un conjunto de factores que provocan estrés, como las altas temperaturas, el pobre riego y las plagas, lo que provoca la baja floración y fructificación por lo que disminuye el rendimiento.

Estudio realizado por Reeve (1967), indican que la respuesta de las plantas de pepino a irrigación por goteo en comparación a plantas que fueron parcialmente irrigadas, tuvieron ciertos cambios fisiológicos causados mayormente por la salinidad el suelo. Los valores de iones difundidos, aminoácidos libres y azúcares reductores fueron mayores en estas plantas mientras que proteínas, pigmentos almidón y la turgidez relativa fue menor.

Existen métodos o procedimientos basados en la medida del estatus del agua en uno o más componentes del sistema suelo-planta atmósfera. Con frecuencia se lleva a cabo aplicando procedimientos basados en medidas en el suelo; cuya finalidad es determinar

la cantidad, volumen y tensión del agua en el suelo (gravimétricos, tensiómetros, TDR o Time Domain Reflectometry).

Guenkov y Coljab (1991) resaltan la importancia de conocer las necesidades hídricas del cultivo de pepino en sus diferentes etapas fenológicas, así como la influencia de un déficit hídrico sobre los rendimientos del cultivo (cantidad y calidad de los frutos producidos).

La mayoría de los cultivos son muy sensibles al régimen hídrico, pudiendo tener graves daños con pequeñas variaciones del régimen (Jones et al, 2002).

La medida del contenido de agua en el suelo es un aspecto fundamental en la programación del riego, pues dicho contenido va a influir de forma importante en el estado hídrico de las cepas y en última instancia sobre la producción y la calidad de la uva (Salón et al., 2005, Yañez-Barrau et al., Ruiz-Sánchez et al. y Hera-Orts et al.).

El contenido de humedad del suelo es un parámetro difícil pero importante de determinar, ya que está relacionado con el comportamiento de la atmósfera cerca de la superficie (modelos de predicción meteorológica), con la dinámica de las aguas superficiales (modelos hidrológicos distribuidos), con la regulación de los ecosistemas y con todo lo referente a la actividad agrícola y forestal. (Botey y Moreno 2015)

La producción en el altiplano de Puno en cuanto al pepinillo fluctúa entre 6 kg y 12 kg /m² en invernadero, esto con la variedad palomar en las provincias de Chucuito, Juli. (Chino, 2009)

1.3 OBETIVOS

1.3.1. Objetivo General:

- Determinar la respuesta de diferentes niveles de humedad y distanciamiento en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) sobre el rendimiento del fruto en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Obtener la curva característica de humedad VS Tensión de humedad del suelo en condiciones de invernadero en Jayllihuaya-Puno.
- Determinar la influencia de los diferentes niveles de humedad (15, 25, 40 Kpa) en el suelo para las plantas, sobre el rendimiento del fruto del cultivo de pepinillo bajo riego por goteo.
- Determinar el distanciamiento más adecuado entre plantas sobre el rendimiento de pepinillo en condiciones de invernadero-Puno.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. POTENCIAL DEL AGUA EN EL SUELO

Fuentes (1996) Las moléculas de agua en estado líquido se encuentran en continuo movimiento, debido a fuerzas de atracción y repulsión mutuas, por cuyo motivo el agua se comporta como un poderoso disolvente, en donde las moléculas de otras sustancias pueden moverse y reaccionar químicamente. Esta movilidad de las moléculas depende de su energía libre, es decir de la fracción de su energía total que puede transformarse en trabajo.

El potencial de agua o potencial hídrico es una magnitud que expresa la energía libre del agua cuando esta entra a formar parte de diversos sistemas, tales como suelo, planta, atmosfera, etc. se mide en unidades de presión: pascal (Pa), (MPa), atmosferas (atm), Kg/cm² o metros de columna de agua (mca) en la práctica se considera:

$1 \text{ atm} = 1,033 \text{ Kg/cm}^2 = 1,013 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0,1 \text{ Mpa} = 10 \text{ mca}$ (Fuentes, 1996).

El potencial del agua viene determinado por: la presión a que está sometida su actividad y la gravedad. Se mide con relación a un potencial de referencia que vale cero y que corresponde al agua pura, libre y a la presión atmosférica

La gravedad tiene una influencia prácticamente nula en el sistema suelo-planta-atmosfera por lo que el potencial hídrico en dicho sistema está determinado por la presión y actividad del agua. Esta depende de dos factores:

- Efecto osmótico, debido a la presencia de sustancias en disolución.

- Efecto matricial, debido a la interacción del agua con la matriz sólida del suelo.

Las sustancias disueltas reducen la energía libre del agua, ya que alrededor de cada partícula de soluto se forma una fina capa de moléculas de agua con menos movilidad.

Cuanto mayor sea la concentración de solutos, menor será la energía libre del agua.

Cuando el agua se pone en contacto con una superficie sólida se forma una fina capa de moléculas de agua más o menos adheridas a ella y por tanto se reduce la movilidad del agua y su energía libre.

Todos estos factores actúan independientemente, por lo que sus efectos se suman. El potencial hídrico por tanto se expresa de la siguiente forma:

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_0 + \Psi_m$$

Ψ = Potencial total

Ψ_p = Potencial de presión

Ψ_0 = Potencial osmótico

Ψ_m = potencial matricial

El potencial de presión es positivo para presiones superiores a la atmósfera y negativo a las presiones inferiores.

El potencial osmótico representa la disminución de la movilidad del agua debido a la presencia de sustancias disueltas. Tiene un valor nulo para el agua pura y un valor negativo cuando hay sustancias disueltas.

El potencial matricial representa la disminución de movilidad del agua debido a interacciones con la matriz sólida del suelo. Tiene un valor nulo cuando no hay interacciones y negativo cuando las hay.

El agua se desplaza espontáneamente desde los sitios de mayor potencial hacia los sitios de menor potencial, siendo el flujo directamente proporcional a la diferencia de potencial, salvo que haya algún obstáculo en el camino.

La absorción del agua del suelo por la raíz se produce en un suelo normal cuando este contiene una adecuada cantidad de agua. Si está muy escasa, su potencial matricial se hace muy negativo en cuyo caso el potencial del agua en el suelo puede alcanzar valores más bajos que el potencial del agua en la raíz con lo cual la absorción no se produce.

En ocasiones con el fin de evitar el empleo de valores negativos se utiliza el concepto de tensión que es la succión necesaria para librear agua del suelo. Su valor es igual al del potencial pero con signo cambiado. Desde el punto de vista de absorción del agua por las plantas no se consideran las tensiones por gravedad y de presión. Se denomina tensión del agua del suelo a la suma de tensiones matricial y osmótica.

2.1.2 RETENCION DEL AGUA POR EL SUELO

Fuentes (1996) La relación entre el contenido de humedad y la tensión matricial del agua de un suelo se expresa gráficamente mediante la curva característica de humedad que depende de la textura y de la estructura del suelo ya que viene influida por el número y el tamaño de poros.

2.1.2.1 Curva característica de humedad

La curva característica es la relación que existe entre el contenido de agua del suelo (grado de saturación, contenido de agua volumétrico) y la succión (tensión del agua) del suelo

(ver figura). Esta relación también se llama curva de retención del suelo, curva de succión, etc, dependiendo del área de aplicación.

La naturaleza de la curva característica está directamente asociada a la composición granulométrica y estructura del suelo; por tanto, la relación puede variar para diferentes tipos de suelos (ver figura). Nótese que para el caso de suelos finos (arcillas), estos se desaturan en forma gradual; mientras que para suelos granulares, la pérdida de agua ocurre en forma muy rápida.

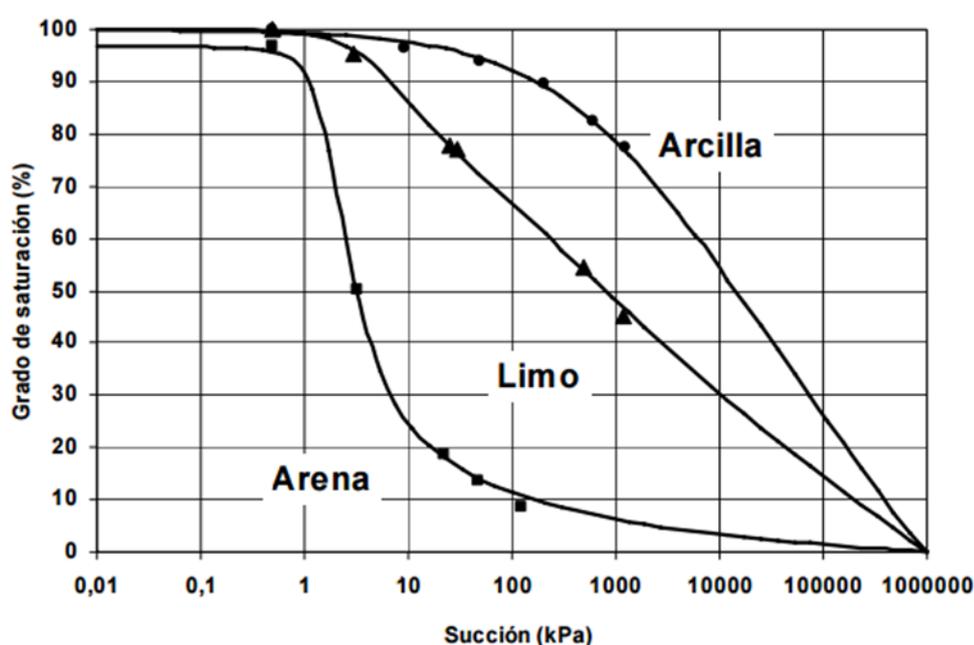


Figura 1. Curva de retención de humedad

En otras palabras, la curva característica no es más que una representación de la capacidad de un suelo para retener agua, bajo cierto valor de succión aplicada. Por ejemplo, refiriéndonos a la figura anterior, se observa que para arcillas el grado de saturación es cerca de 92 % para una succión de 100 kPa; para limos, el grado de saturación disminuye a 68 % (mismo valor de succión); y el caso extremo es la arena, que para el valor de 100 kPa de succión, sólo presenta un grado de saturación de 10 %. Como ya se mencionó, una forma de presentar la curva característica es en términos de contenido de agua gravimétrico; sin embargo, la desventaja es que esta forma no refleja el cambio de

volumen que sufre la muestra durante el incremento o reducción de la succión. Por tanto, es deseable que la curva característica se reporte como una relación entre succión y grado de saturación.

Vasquez (1988) El suelo es un sistema o cuerpo poroso. Se encuentra formado por elementos o partículas sólidas de diferentes diámetros, tamaños y diferente composición química que tienen o forman espacios porosos entre ellas y se encuentran ocupados y sea por aire agua o por ambos elementos. Cuando un suelo ha recibido aporte abundante de agua, ya sea proveniente de lluvia o riego, el agua recibida se infiltrará y se distribuirá en la masa del suelo. Parte de agua es utilizada en la evapotranspiración y el resto percola a mayor profundidad.

Conocer la cantidad de agua que hay en el suelo sin saber sus otras características es de poca utilidad en problemas de agua-suelo-planta. El agua es retenida por el suelo a través de los poros existentes, pues a medida que un suelo se va secando ya sea debido a las pérdidas por percolación, drenaje, evaporación y por la misma evapotranspiración de la planta esta absorbe el agua del suelo a través de su sistema radicular. El agua es extraída con mayor facilidad de los poros más grandes y de allí se va dificultando la extracción de agua de los poros cada vez más pequeños debido a que en ellos está el agua más fuertemente retenida.

2.1.3 ESTADO HIDRICO DEL SUELO

Según Pagan (2012) El agua en el suelo se halla alojada en los macro y micro poros y adsorbida en las partículas de suelo. Para un determinado momento, la cantidad de agua contenida por un suelo podrá definirse según las siguientes condiciones:

2.1.3.1 Humedad de Saturación: es el contenido de agua de un suelo en el que todos sus poros están llenos de agua. Esta situación puede observarse inmediatamente después de una lluvia o riego abundante.

2.1.3.2 Capacidad de Campo (CC): también conocido como límite máximo, es el contenido de agua presente en un suelo luego de drenar libremente durante los 2 o 3 días posteriores a una lluvia o riego intenso. Se estima que corresponde al agua retenida a un potencial mátrico que puede variar entre 0.1 bar para suelos arenosos hasta 0.5 bares para suelos arcillosos. Se puede tomar como valor medio 0.3 bar.

La estimación de la CC en condiciones naturales puede lograrse provocando la saturación del suelo y cubriéndolo con plástico para evitar la evaporación. Se espera entre 24 y 72 horas (más tiempo en los suelos arcillosos) y se toma una muestra para determinar su contenido de humedad.

Otra forma de estimación es en laboratorio a través de la determinación de la humedad equivalente, considerando la muestra de suelo disturbada. En esta determinación hay influencias significativas de la granulometría, los suelos de textura arenosa pierden más agua que los de textura fina. Dada la estrecha relación entre el contenido de fracciones texturales finas y el contenido de humedad equivalente este valor también puede estimarse a través de ecuaciones predictivas, ajustadas a las condiciones edáficas regionales.

2.1.3.3. Punto de Marchitez Permanente (PMP): También conocido como límite mínimo, es el contenido de agua de un suelo retenida tan firmemente que las plantas no pueden extraerla causándoles una marchitez irreversible. En este estado se admite, en general, que el agua está retenida con potenciales menores a -15 bares.

Para la estimación de la cantidad de agua que un suelo posee en el PMP se emplean metodologías más complejas (biológicas u ollas de placas o membranas de Richards). En general se puede asumir que el valor de PMP de un suelo es aproximadamente el 50 % de la CC del mismo.

No todas las especies vegetales tiene la misma capacidad para extraer agua del suelo, incluso esta capacidad puede variar según el estado fenológico de la planta; por lo tanto el valor del PMP no será un punto constante, para todos los casos.

Además el PMP depende también de características propias del suelo como la granulometría del suelo, su compactación, el contenido de materia orgánica, la profundidad del perfil, entre otros factores.

2.1.3.4. Agua Útil (AU): o disponible. Es la diferencia entre los contenidos de agua a CC y PMP. Es la que se considera como agua utilizable o potencialmente extractable por las plantas en la zona de crecimiento radical. Esta es la fracción del agua del suelo que puede perderse por evaporación o variar por el consumo de las plantas.

2.1.4 EL SUELO

El suelo está constituido por capas dominadas por dos tipos de fracciones: mineral y orgánica. En la fracción mineral se encuentra el material producto del proceso de meteorización física y química de la roca madre, como la arena, el limo y la arcilla. La fracción orgánica es dinámica puesto que los organismos vivos intervienen para hacer posible el crecimiento de las plantas. Ambas fracciones evolucionan según diversos factores durante el proceso de edafogénesis: clima, relieve, biota, material parental, tiempo, influencia antropogénica, etc. Así se compone el recurso más importante para la agricultura y uno de los más importantes a nivel mundial por la generación de productos.

El suelo está constituido por capas llamadas horizontes; el arreglo de los horizontes en el suelo se llama perfil edáfico. Los horizontes se definen como una capa de suelo aproximadamente paralela a la superficie, con características producidas por los procesos de formación, la textura, el espesor, el color, la naturaleza química y la sucesión de los diferentes horizontes que caracterizan un suelo y determinan su calidad. Los niveles que resultan de los procesos de formación de un suelo se clasifican en seis grupos u horizontes principales O, A, B, C. La mayoría de los suelos desarrollados poseen al menos los horizontes A, B, C, otros suelos no tan desarrollados carecen de estos horizontes. (Porta et al 2003)

2.1.4.1. PROPIEDADES DEL SUELO

2.1.4.1.1. PROPIEDADES FISICAS

2.1.4.1.1.1. Textura del suelo

La textura de un suelo está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que contiene. La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica. Las partículas de arena son comparativamente de tamaño grande (0.05-2mm) y, por lo tanto, exponen una superficie pequeña comparada con la expuesta por un peso igual de partículas de arcilla o de limo. La función que ésta tiene en las actividades físicas y químicas de un suelo es casi insignificante, las arenas aumentan el tamaño de los espacios de los poros entre las partículas, facilitando el movimiento del aire y del agua de drenaje. El tamaño de partícula de los limos va de 0.002 a 0.05mm, tiene una velocidad de intemperización más rápida y

una liberación de nutrimentos solubles para el crecimiento vegetal mayor que la arena. Los suelos limosos tienen gran capacidad para retener agua disponible para el crecimiento vegetal. Las partículas de limo se sienten suaves, semejantes a un polvo y tienen poca tendencia a reunirse o a adherirse a otras partículas (Buckman y Brady, 1966). El tamaño de partícula de los suelos arcillosos es menor a 0.002mm; tienen la capacidad de retener agua contra la fuerza de gravedad. La fracción de arcilla, en la mayoría de los suelos, está compuesta de minerales que difieren grandemente en composición y propiedades en comparación con la arena y el limo. El componente arcilloso de un suelo es fundamental para determinar muchas características de éste, debido a que las partículas de arcilla tienen un área superficial Licenciada en Biología: Hilda Edith Huerta Cantera 8 mayor. Cada partícula de arcilla tiene cargas eléctricas negativas en su superficie externa que atraen y retienen cationes de manera reversible. Muchos cationes como potasio (K^+) y magnesio (Mg), son esenciales para el crecimiento vegetal y son retenidos en el suelo por las partículas de arcilla.

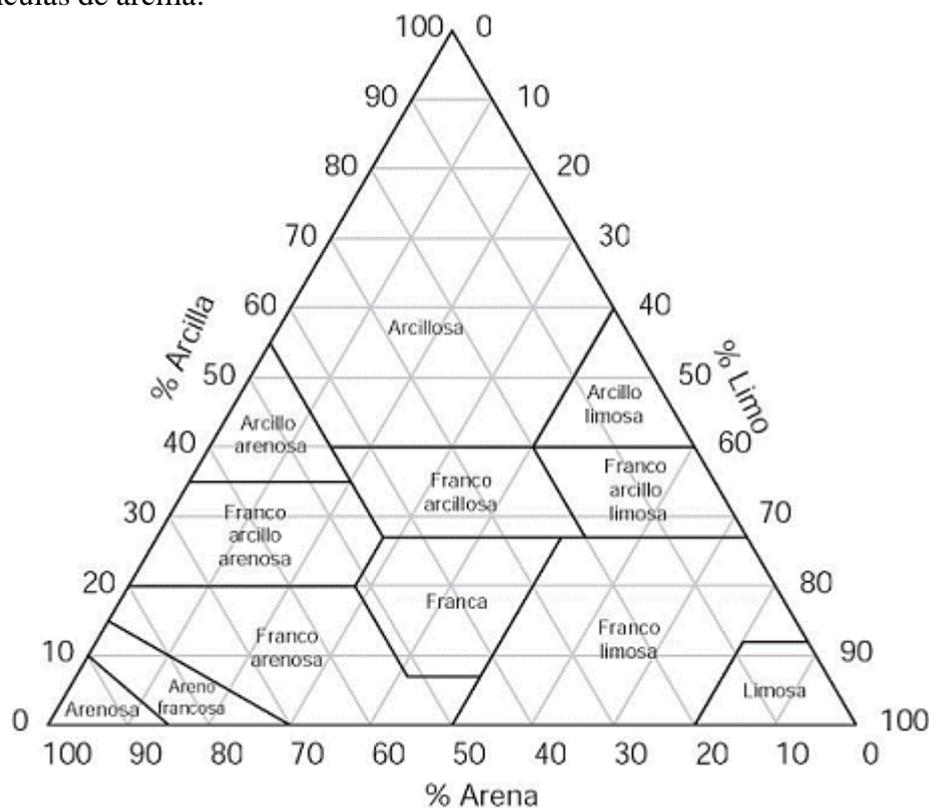


Figura 2. Triángulo textural

2.1.4.1.1.2. Porosidad

Fracción agua/gases. Los espacios o poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, contienen diversas cantidades de dos componentes inorgánicos clave: el agua y el aire. El agua es el principal componente líquido de los suelos y contiene sustancias minerales, oxígeno (O₂) y bióxido de carbono (CO₂) en disolución, mientras que la fase gaseosa en los suelos está constituida por aire. Dependiendo del contenido de humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire (Aguilera, 1989).

2.1.4.1.1.3. Densidad aparente

La densidad aparente, es la medida en peso del suelo por unidad de volumen (g/cc), se analiza con suelos secados al aire o secados en la estufa a 110°C. La densidad aparente está relacionada con el peso específico de las partículas minerales y las partículas orgánicas así como por la porosidad de los suelos. Si se considera cierto volumen de suelo en sus condiciones naturales, es evidente que solo cierta proporción de dicho volumen está ocupada por el material del suelo (Aguilera, 1989). El resto lo constituyen espacios intersticiales que, en condiciones ordinarias de campo, están ocupados en parte por agua y en parte por aire. El peso de la unidad de volumen de suelo con espacios intersticiales es lo que da la densidad aparente (Wooding, 1967). Casi todos los suelos minerales tienen una densidad aparente que varía de 0.4 a 2.0 g/cc. La densidad aparente es importante para estudios cuantitativos de suelo. Los resultados de las densidades aparentes son fundamentales para calcular los movimientos de humedad, los grados de formación de arcilla y la acumulación de los carbonatos en los perfiles de suelo, Los suelos orgánicos tienen muy baja densidad aparente en comparación con los suelos minerales (Aguilera, 1989).

2.1.4.1.1.4. Densidad real

Un medio de expresión del peso del suelo se manifiesta según la densidad de las partículas sólidas que lo constituye. Normalmente se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de sólidos del suelo y es llamada densidad de la partícula; aunque pueden observarse variaciones considerables en la densidad de los suelos minerales, individuales; la mayor parte de los suelos normales varían entre los límites estrechos de 2,60 a 2,7 g/cc. Debido a que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de partículas. Como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo. La densidad más alta en estas condiciones, suele ser de 2,4g/cc. También se le define como el peso de un volumen conocido comparado con el peso de volumen igual de agua (Buckman y Brady, 1966).

2.1.4.1.2. PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO

2.1.4.1.2.1. PH del suelo

Se refiere al grado de acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo, dado por la proporción de iones de hidrógeno (H^+) y de oxidrilos (OH^-). Químicamente, se define como el logaritmo del inverso de la actividad de iones de hidrógeno (H^+), bajo la forma de hidronio (H_3O^+), presentes en la solución suelo. (Jaramillo, 2002: 346)

El pH revela la concentración de iones H^+ y OH^- . Cuando hay mayor presencia de H^+ , la reacción del suelo es ácida, con pH menor a 7; mientras que con mayor presencia de OH^- , la reacción es alcalina, con pH mayor a 7; si la concentración de ambos iones está en proporciones iguales, la reacción es neutra, y el pH es igual a 7 (Liu, 2012: 1).

2.1.4.1.2.2. Materia orgánica del suelo

Son todos los residuos de origen animal y vegetal descompuestos por los microorganismos del suelo. Su contenido es variable y está condicionado principalmente por el clima, la fisiografía del medio local y el sistema de manejo (Zavaleta, 1992: 132). Las propias plantas son una fuente principal de materia orgánica, y su calidad y cantidad están en función del tipo de vegetación. La presencia de ella se mide en porcentaje, y constituye un almacén de energía y de alimento disponible para las plantas y otros organismos, así como una fuente de formación de los coloides orgánicos (humus) que se acumulan en el suelo (Jaramillo, 2002). Cada una de las propiedades mencionadas tiene un aporte importante para la fertilidad. Sus actuaciones no son independientes; por el contrario, actúan en armónica interrelación, de forma que suministran las condiciones óptimas para el asentamiento y crecimiento de las plantas (MINAG, 2011: 6).

2.1.4 EL TENSIOMETRO

A diferencia de los demás sistemas de medición de la humedad de la tierra, el Irrometer le indica el esfuerzo que han de realizar las raíces para extraer del suelo la humedad que necesita el cultivo. No mide el porcentaje de humedad en la tierra, sino que actúa como una verdadera raíz artificial. La tierra seca extrae líquido del Irrometer produciendo un vacío parcial en el instrumento que queda reflejado en el vacuómetro. Cuanto más seca la tierra, más alto el valor registrado en el dial del vacuómetro. (Manual Irrometer Company, 2015)

Al humedecerse la tierra, como consecuencia de la lluvia o de un riego, el Irrometer vuelve a absorber humedad del suelo con lo que se reduce la tensión y el vacuómetro señala un valor inferior hasta llegar a cero, lo que indica que la tierra ha alcanzado otra vez su máxima capacidad de retención de humedad que denominamos "capacidad del campo". (Manual Irrometer Company, 2015)



Figura 3. Tensiómetro Irrometer

2.1.4.1. Cómo utilizar el tensiómetro Irrometer

Ya que el tensiómetro Irrometer hace las veces de una raíz artificial, nos indica la humedad disponible con independencia de las características del suelo. No ha de calibrarse anteriormente para ajustarse a un suelo arenoso y otro arcilloso, sino que sus lecturas son iguales de precisas en todo tipo de suelo. Recomendamos la utilización de al menos dos instrumentos en cada estación. Cuando se trata de cultivos de raíces muy profundas, es recomendable el empleo de tres instrumentos. La elección de un lugar representativo de la parcela cuyo control pretendemos, es de fundamental importancia. (Manual Irrometer Company, 2015)

Interpretación de las lecturas:

El dial del vacuómetro Irrometer abarca toda la gama de tensiones correspondientes a los distintos niveles de humedad que pueden encontrarse normalmente en el suelo. El usuario aprende rápidamente a interpretar las lecturas y a iniciar y terminar sus ciclos de riego de la forma más eficaz. (Manual Irrometer Company, 2015)

Lecturas 0-10.

Indican un suelo saturado.

Pueden ser normales por un período de 24 horas posteriores a un riego. Si perduran, indican un exceso de humedad que puede dar lugar a asfixia de las raíces.

Lecturas 10-20.

Indican que la humedad está a la disposición de la planta con un esfuerzo mínimo.

Se suspenden los riegos por aspersión para evitar pérdidas, tanto de agua como de fertilizantes. Con el riego por goteo se procura mantener las lecturas del instrumento superficial dentro de esta gama.

Lecturas 30-60.

En esta gama de lecturas está asegurada una buena oxigenación de las raíces.

En zonas cálidas y cuando se trate de regar tierras muy arenosas con poco poder de retención, se recomienda iniciar los riegos con lecturas de 30 a 45 cb.

Lecturas de 70 y más.

Indican que la planta está padeciendo stress y se acerca al punto de marchitamiento.

Puede ser que exista todavía humedad en el suelo, pero a la planta le resulta muy difícil extraerla.

2.1.5. RIEGO POR GOTEO

Su origen se remonta a finales de los años 30, generando un avance en tecnología de riego debido a la disminución de costos de producción de equipos. El riego localizado se define como la aplicación puntual de agua a las plantas en la zona de raíces, mediante dispositivos o emisores que la distribuyen a cada uno de los puntos que se desee irrigar (Vélez, 2005).

Se le denomina así porque permite la aplicación del agua y fertilizantes al cultivo, en forma de gotas de manera localizada, en cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno. Este sistema aplica la dosis requerida de agua directamente a la zona

radicular de la planta, a intervalos regulares para mantener el suelo con una humedad apropiada y pueda ser aprovechada ventajosamente por la planta. Bajo este sistema de riego se encuentran otros tipos de riego localizado solo que varía el elemento del emisor que se emplea. Ellos son el sistema de riego por goteo con cintas de riego y el sistema de riego por exudación. Entre los componentes que se utilizan para este sistema tenemos a la unidad de presión, elemento que se encarga de proporcionar el adecuado nivel de presión que se requiere en el mencionado sistema; las tuberías de conducción; los laterales de riego; el cabezal de riego, donde se encuentran los elementos que se encargan del proceso de filtrado, también cuenta con el equipo de fertilización y control, en caso que el sistema presente un grado de sofisticación alto y pueda ser accionado remotamente a través de una computadora. Por último, los emisores que son los dispositivos que suministran el agua al suelo, los cuales pueden ser goteros, cintas de riego y mangueras de exudación.

2.1.5.1. Ventajas y desventajas del sistema

Según SAGARPA (2012) las ventajas y desventajas del riego localizado son:

2.1.5.1.1. Ventajas

- ✓ Ahorro de agua, minimiza pérdidas por conducción y aplicación.
- ✓ Disminución de la mano de obra necesaria para la explotación de los sistemas.
- ✓ Posibilidad de automatizar parcial o total el equipo, facilitando la operación.
- ✓ Aumento del rendimiento del cultivo por unidad de área.
- ✓ Permite fertilización junto al riego.

- ✓ Puede ser usado en topografía variada.
- ✓ Ahorro de energía en comparación con otros sistemas.

2.1.5.1.2. Desventajas

- ✓ Necesidad de filtrar el agua para evitar taponamiento de emisores.
- ✓ Requiere manejo de personal calificado.
- ✓ Incremento de costos de inversión inicial en comparación a otros sistemas.
- ✓ Algunos de los elementos del sistema pueden ser susceptibles al ataque de los roedores.

2.1.5.2. Esquema de un sistema de riego por goteo

- Fuente de abastecimiento de agua (toma de pozo directo o desde un reservorio).
- Cabezal de riego: compuesto por la bomba, filtros, unidad de fertirriego, válvulas y aparatos de control y medición).
- Tuberías de conducción (primaria, secundaria y/o terciaria).
- Válvulas de campo, Laterales de riego (de pared gruesa o cintas) con sus emisores.

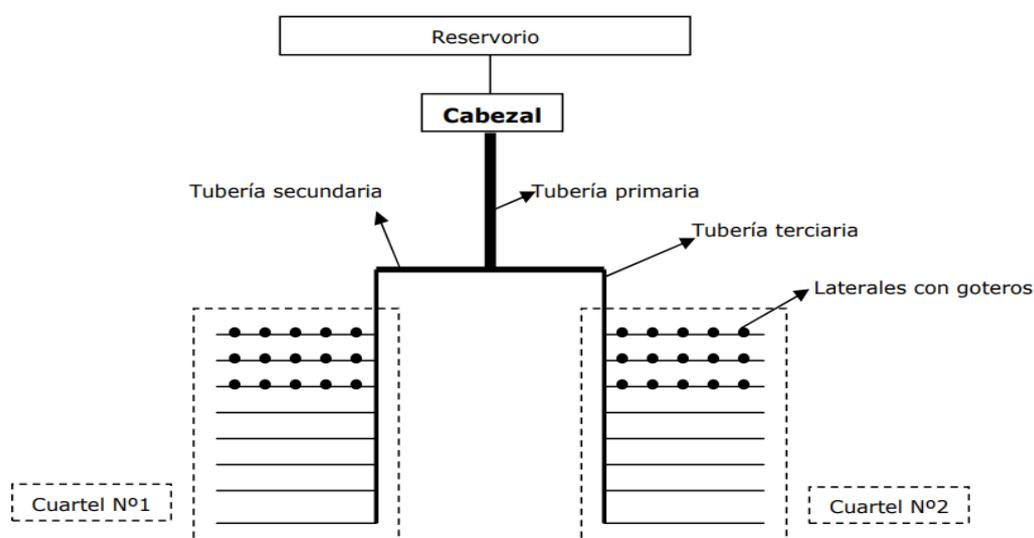


Figura 4. Esquema general de un sistema de riego presurizado

2.1.6. EL PEPINILLO

No se conoce con certeza el origen del cultivo del pepino. Parece ser que comenzó a cultivarse en el sudeste y este del continente asiático, China y Japón, desde donde se extendió por numerosos países cálidos, entre ellos Grecia y Roma, por ser un cultivo exigente en calor y sus frutos muy apreciados en épocas calurosas. (Reche, 2011)

El pepino es una planta herbácea, anual, rastrera o trepadora si se le facilita un entutorado apropiado mediante zarcillos sencillos que nacen en las axilas de las hojas, junto a los brotes en formación y que se enrollan en las mallas o hilos dispuestos para el entutorado. En estado adulto la planta de pepino puede alcanzar los 2 metros de altura aunque, a veces, las exigencias del cultivo determinan que la planta tenga menor tamaño. La planta de pepino tiene una gran envergadura, con frondosidad aún mayor que las plantas de berenjena debido al enorme tamaño de sus hojas tan apetecibles por los parásitos.

Es agradable a la vista contemplar a las plantas en su mayor desarrollo cuando los brotes terminales cruzan los alambres y forman al poco tiempo túneles semicerrados de miles de colgaduras verdes e inmóviles con una gran capacidad de producción.

Tabla 1. Fenología del cultivo de pepinillo

ESTADO FENOLOGICO	DIAS DESPUES DE SIEMBRA
Emergencia	4 – 6
Inicio de emisión de guías	15 – 24
Inicio de floración	27 – 34
Inicio de cosecha	43 – 50
Fin de cosecha	75 – 90

2.1.6.1. Taxonomía del cultivo

Según (Reche, 2011) la clasificación es:

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

ORDEN: Curcubitales

FAMILIA: Cucurbitáceas

GÉNERO: Cucumis

ESPECIE: *C. sativus* L.

NOMBRE COMUN: Pepinillo, Pepino

2.1.6.2. Aspectos botánicos

Según (Reche. 2011).

2.1.6.2.1. Raíz

El sistema radicular consiste en una fuerte raíz principal que alcanza de 1.0-1.20 metros de largo, ramificándose en todas las direcciones principalmente entre los primeros 25 a 30 centímetros del suelo.

2.1.6.2.2. Tallo

Sus tallos son rastreros, postrados y con zarcillos, con un eje principal que da origen a varias ramas laterales principalmente en la base, entre los 20 y 30 primeros centímetros. Son trepadores, llegando a alcanzar de longitud hasta 3.5 metros en condiciones normales.

2.1.6.2.3. Hoja

Las hojas son simples, acorazonadas, alternas, pero opuestas a los zarcillos. Posee de 3 a 5 lóbulos angulados y triangulares, de epidermis con cutícula delgada, por lo que no resiste evaporación excesiva.

2.1.6.2.4. Flor

Es una planta monoica, dos sexos en la misma planta, de polinización cruzada. Algunas variedades presentan flores hermafroditas. Las flores se sitúan en las axilas de las hojas en racimos y sus pétalos son de color amarillo. Estos tres tipos de flores ocurren en diferentes proporciones, dependiendo del cultivar. Al inicio de la floración, normalmente se presentan sólo flores masculinas; a continuación, en la parte media de la planta están en igual proporción, flores masculinas y femeninas y en la parte superior de la planta existen predominantemente flores femeninas. En líneas generales, los días cortos, temperaturas bajas y suficiente agua, inducen la formación de mayor número de flores femeninas y los días largos, altas temperaturas, sequía, llevan a la formación de flores masculinas.

La polinización se efectúa a nivel de campo principalmente a través de insectos (abejas). En los cultivares híbridos de tendencia ginoica, al haber cruce por abejas, pero insuficiente polinización, se producen deformaciones de los frutos, volviéndose no comercializables.

2.1.6.2.5. Fruto

Se considera como una baya falsa (pepónide), alargado, mide aproximadamente entre 15 y 35 cm de longitud. Además es un fruto carnoso, más o menos cilíndrico, exteriormente de color verde, amarillo o blanco e interiormente de carne blanca.

Contiene numerosas semillas ovaladas de color blanco amarillento. En estadíos jóvenes, los frutos presentan en su superficie espinas de color blanco o negro.

2.1.6.3. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y EDAFICOS

2.1.6.3.1 Requerimientos Climaticos

Según Reche (2011) El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

2.1.6.3.1.1. Temperatura

Tabla 2. Fenología y temperatura

Etapa de desarrollo	Temperatura (°C)	
	Diurna	Nocturna
Germinación	27	27
Formación de planta	21	19
Desarrollo del fruto	19	16

Las temperaturas que durante el día oscilen entre 20 °C y 30 °C apenas tienen incidencia sobre la producción, aunque a mayor temperatura durante el día, hasta 25 °C, mayor es la producción precoz. Por encima de los 30 °C se observan desequilibrios en las plantas y temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17 °C ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12 °C y a 1°C se produce la helada de la planta.

El empleo de dobles cubiertas en invernaderos tipo parral supone un sistema útil para aumentar la temperatura y la producción del pepino.

2.1.6.3.1.2. Humedad

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70 % y durante la noche del 70-90 %. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación es infrecuente.

2.1.6.3.1.3. Luminosidad

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción.

2.1.6.4. EXIGENCIAS DEL SUELO

RECHE J. (2011). El pepino puede cultivarse en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica.

Es una planta medianamente tolerante a la salinidad (algo menos que el melón), de forma que si la concentración de sales en el suelo es demasiado elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento es más lento, el tallo se debilita, las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos obtenidos serán torcidos. Si la concentración de sales es demasiado baja el resultado se invertirá, dando plantas más frondosas, que presentan mayor sensibilidad a diversas enfermedades. El pH óptimo oscila entre 5,5 y 7.

2.1.6.5. MANEJO DEL CULTIVO

2.1.6.5.1. Época de Siembra

El pepino puede cultivarse todo el año, tanto en época seca (si se cuenta con riego), como lluviosa, para mantener la oferta al mercado local; pero con fines de exportación la época va de noviembre a enero.

Las siembras de la época lluviosa presentan menos problemas de virosis, pero pueden aumentar las enfermedades causadas por hongos. Debe considerarse programar las siembras para cosechar el producto en aquellos meses del año cuando los precios en el mercado nacional son elevados, es decir en mayo y entre los meses de noviembre y diciembre para lo cual las siembras deberán realizarse en los meses de marzo (para cosechar en mayo) y en los meses de septiembre y octubre (cosechar en noviembre y diciembre).

2.1.6.5.2. Siembra

El éxito del establecimiento del cultivo está determinado por la calidad de la semilla, condiciones del suelo y la propia labor de siembra. Al momento de la siembra, el suelo debe estar bien mullido, con suficiente humedad y lo suficientemente firme para que la semilla quede en estrecho contacto con la tierra húmeda. Puede hacerse en forma mecánica o manual; En el país ésta última es la practicada. Se utiliza entre 2 y 3 libras de semilla por manzana. La semilla debe colocarse a una profundidad no mayor de un centímetro.

La ubicación de la línea de siembra sobre el camellón o la cama dependerá del sistema de riego, de la infiltración lateral y del ancho de las camas mismas. Si se está regando por goteo, la línea de siembra deberá estar cercana a la línea de riego para que el bulbo de mojado abastezca las necesidades hídricas de las plantas; si el sistema de riego es por

surco, la ubicación de las líneas de siembra dependerán del ancho de las camas y de la capacidad de infiltración lateral del suelo. Generalmente se pretende que éstas queden en el centro de la cama, sin embargo, si no se pudiesen satisfacer así las necesidades hídricas de las plantas, especialmente en sus primeros estados, la línea de siembra debe desplazarse hasta un costado del surco o la cama.

Es recomendable que inmediatamente después de sembrar se aplique un insecticida nematocida alrededor de las posturas como medida de control contra las plagas del suelo.

2.1.6.5.3. Distanciamiento de siembra

En pepino los distanciamientos de siembra varían de acuerdo al sistema de siembra utilizado, al cultivar, textura del suelo, sistema de riego, ambiente, prácticas culturales locales y época. Una buena recomendación deberá estar basada en experimentación local y desarrollarse para cada caso en particular.

Los distanciamientos entre hileras pueden variar entre 0.80 metros y 1.50 metros; por lo que el distanciamiento entre postura y/o plantas oscilan entre 0.15 m y 0.50 metros.

La generalidad de agricultores siembras dos semillas por postura. La densidad de población dependerá entonces de los distanciamientos utilizados.

Para cultivos tempranos con intención de quitarlos pronto para realizar posteriormente un cultivo de primavera, los marcos suelen ser más pequeños (1,5 m x 0,4 m ó 1,2 m x 0,5 m). La densidad de plantación en las condiciones del sureste español puede oscilar entre 11.000 y 13.000 pl/ha. Si el cultivo es más tardío o se pretende alargar la producción cubriendo los meses de invierno, habrá que ampliar los marcos para reducir la densidad de plantación, con el fin de evitar la competencia por la luz y proporcionar aireación. (Infoagro, 2015)

2.1.6.5.4. Sistema de siembra

Este cultivo es una planta guiadora que puede extender su follaje libremente sobre el suelo, como también puede trepar ayudada por sus zarcillos.

Comúnmente se le cultivaba sobre el suelo en ambas épocas, por el desconocimiento de técnicas adecuadas de manejo en la mayoría de los casos y en otros por el costo adicional que significa una estructura para sostenerlo. Sin embargo hoy en día se han visto las ventajas de un cultivo tutorado que compensan ese mayor costo y en algunas situaciones solo así se ha hecho viable su producción.

La siembra sobre el suelo se recomienda solamente durante la época seca y se hace necesario utilizar un camellón firme y uniforme, sobre el cual se disponga la línea de siembra, así es posible una cama alta, para que el follaje no entre en contacto con el agua de riego o la excesiva humedad del suelo en la parte baja (espacio entre camellones o camas).

El cultivo con espaldera o tutorado es el más recomendado, y sobre todo en época lluviosa. Su uso se traduce en una mejor disposición de las hojas para aprovechar la energía lumínica y una mayor ventilación, que se traduce en altos rendimientos, menor incidencia de plagas y enfermedades; mejor calidad de frutos en cuanto a forma y color; además facilita la cosecha y permite usar mayores poblaciones de plantas. El uso de ésta práctica depende en gran medida de la disponibilidad de recursos económicos del agricultor.

Existen 3 tipos de espalderas que han sido experimentados tanto por CENTA como por FUSADES y que han sido adoptados por nuestros agricultores: espalderas en plano inclinado, espaldera tipo A y espaldera vertical.

2.1.6.5.4.1. Espaldera en plano inclinado

Utiliza tutores de bambú o madera de 2.50 metros de longitud; el tutor vertical se entierra 0.50 metros. La distancia de los tutores en la hilera es de 4 metros; La primera hilera de alambre galvanizado # 18 o pita nylon se coloca a una altura de 0.30 m y la distancia entre las hileras siguientes es de 0.40 m. La hechura de las espalderas debe iniciarse antes de que las plantas comiencen a formar guía.

2.1.6.5.4.2. Espaldera tipo “A”

Con tutores unidos en un extremo y separados entre 1-1.30 m en el suelo. La siembra se efectúa a ambos lados de la espaldera.

2.1.6.5.4.3. Espaldera vertical

Los tutores llevan una hilera de alambre o pita nylon en la parte superior, se amarran las plantas con pita y en el otro extremo se sujeta a la hilera de alambre.

Algunas veces se incluye otra hilera de alambre en la parte inferior de los tutores y con la pita se forma una red entre las 2 hileras de alambre, donde se colocan las plantas.

2.1.6.5.5. Labores culturales

2.1.6.5.5.1. Polinización

Se ha comprobado en investigaciones realizadas en diferentes centros de investigación, que no es posible lograr buenas producciones comerciales de frutos sin la presencia de insectos polinizadores. Entre los insectos, las abejas son los mejores agentes de polinización, ya que son especializadas en esta labor y normalmente se puede disponer de ellas, son fáciles de manejar y se pueden ubicar donde se desean.

2.1.6.5.5.2. Control de malezas

Las malezas disminuyen el rendimiento y desarrollo del cultivo ya que compiten por agua, luz y nutriente; además son hospederas de plagas y enfermedades. La competencia es más crítica en los primeros 45 días del cultivo.

El control de malezas se puede efectuar en forma manual, mecánica y química.

Debido a que hay muchas clases de malezas, a veces no se pueden controlar con un solo método; es por eso que con frecuencia es necesario combinar el control manual con el químico. El control manual se realiza utilizando cuna o azadón, siendo preferible el uso del azadón ya que con este implemento se arranca y voltea la maleza, lográndose un buen control. El uso de la cuna es mejor en la cercanía de la planta. El control mecánico debe iniciar con las labores de preparación de suelo.

2.1.6.6. Cosecha

Para consumo fresco o para encurtido, el período de cosecha se extiende a un mes o más. El fruto para ser cosechado deberá alcanzar el color verde deseado y el tamaño y formas característicos del cultivar. En el caso del pepino para consumo fresco, los diferentes cultivares alcanzan varios tamaños cuando han llegado a la madurez comercial.

El rango fluctúa entre 20 y 30 cm. de largo y 3 a 6 cm. de diámetro. El color del fruto depende del cultivar sembrado, sin embargo, debe ser verde oscuro o verde, sin signos de amarillamiento. Los días a cosecha varían de 45 a 60 días, dependiendo del cultivar y las condiciones ambientales. Los frutos se cosechan en un estado inmaduro, próximos a su tamaño final, pero antes de que las semillas completen su crecimiento y se endurezcan.

En lo referente al pepino de encurtir, los frutos son más cortos y su relación largo diámetro debe ser entre 2.9 a 3.1. Su color debe alcanzar una tonalidad verde claro.

Durante la labor de cosecha, los frutos son separados de la planta con sumo cuidado a fin de prolongar la vida del fruto. Una vez cosechado se debe limpiar y embalar para su comercialización. En algunos casos, y cuando el mercado lo permite, los frutos son encerados con la finalidad de mejorar apariencia y prolongar su vida útil, ya que la cera, reduce la pérdida de agua por evaporación.

La cosecha se debe de realizar cortando el fruto con tijeras de podar en lugar de arrancarlo.

El tallo jalado es el efecto que se clasifica por grados de calidad.

2.1.6.7. Características nutricionales del pepinillo

Los pepinos son una de esas verduras que tienen al agua, como elemento crucial en su composición. Por esa misma razón puede decirse que son un vegetal con escasas calorías, pocos hidratos de carbono, pero con muchos aportes vitamínicos y de minerales. Nunca estará de más, que incorpores al pepino a tu alimentación diaria.

Contiene gran cantidad de agua y pocas calorías. Sin embargo tiene grandes propiedades diuréticas, depurativas, nutritivas y refrescantes.

Tabla 3. Composición nutritiva por 100g de producto comestible

Prótidos	1,6 g
Lípidos	0,2 g
Glúcidos	2,4 g
Fibra	1,2 g
Vit. A	250 UI
Vit. B1	30 mcg
Vit. B2	40 mcg
Vit. C	8 mg
Acido oxálico	27 mg
Fosfato	33 mg
Potasio	200 g
Calcio	16 mg
Azufre	12 mg
Magnesio	12 mg
Valor energético	17 calorías

Fuente: Sagarpa

2.1.6.8. Rendimiento

El rendimiento del cultivo del pepinillo depende de muchos factores ya sean de riego, fertilización, variedades de los mismos y otros pero hay un promedio de todos los rendimientos que es $10 \text{ kg/m}^2 = 100 \text{ Tn/ha}$

2.1.7. INVERNADERO

Según Chino (2009), los invernaderos son estructuras construidas para disponer áreas acondicionadas con características técnicas favorables que disminuyen los riesgos de pérdidas de producción de hortalizas por efectos ambientales negativos principalmente heladas y granizadas

Las estructuras que se han diseñado en el altiplano de Puno se caracterizan por: aprovechar los recursos propios de la zona para su construcción captar y acumular el calor de día para proteger el cultivo de las bajas temperaturas (heladas en las madrugadas).

Según Sagarpa (2012). En un invernadero rústico se pueden cultivar flores, hortalizas y otras plantas, que le permitan al productor lograr un mayor ingreso familiar en la unidad de producción; es una alternativa que se puede realizar en pequeñas superficies dentro de su traspatio con buenos resultados. Un invernadero es una instalación dentro de la cual se suministran de manera racional todos los factores que intervienen en el desarrollo de las plantas (luz, agua, temperatura y nutrimentos) , proporcionando buenas condiciones para el logro de resultados económicos favorables. Hoy en día, los invernaderos son una de las grandes alternativas para la producción de alimentos en general.

2.1.7.1. Ventajas

Control de heladas y bajas temperaturas

El invernadero protege a las plantas en las épocas en que las temperaturas son más bajas o se presentan heladas; estas instalaciones pueden contar con equipo de calefacción para darle al cultivo temperaturas adecuadas para su desarrollo

Control de vientos fríos e intensos

Estas estructuras presentan armazones, soporte y materiales de recubrimiento, así como una orientación adecuada para proteger y aislar el ambiente interior de los vientos fríos e intensos.

Control de excesos de humedad

Al utilizar cubiertas impermeables para proteger la superficie sembrada, se eliminan los riesgos derivados de los excesos de agua provenientes de las altas precipitaciones pluviales.

Control de plagas

El invernadero sirve como barrera física para las plagas y reduce la incidencia de las mismas. Es importante reducir a un mínimo los sistemas de acceso al invernadero para evitar la entrada de plagas y enfermedades.

2.1.7.2. Desventajas

- ✓ Una de las desventajas sería como mencionamos anteriormente no hay ingreso de las lluvias que hay en el altiplano por tanto requiere riego
- ✓ Otra desventaja sería el espacio pequeño en el cual se puede construir un invernadero

2.1.7.3. Tipos de invernaderos

Estructuras En general existen dos tipos básicos de invernaderos modulares que son: 1) el de dos aguas y 2) el de techumbre parabólica o de arco parabólico. Estos invernaderos se deben instalar apoyados en una edificación, quedando al abrigo de ésta, de donde se obtiene luz eléctrica y agua para reducir los costos de operación.

Estructura

La estructura de un invernadero es uno de los factores más importante, ya que la resistencia que tenga ésta va a estar relacionada con la economía del proyecto de construcción. La estructura está conformada por el conjunto de elementos verticales, horizontales y curvos, que son los que le otorgan la forma y resistencia al invernadero y su función es soportar la carga y esfuerzos que ocasionan los materiales de cubierta, los aparatos de climatización o de riego, el viento, el granizo, etc.; las plantas y los frutos, cuando se realiza el tutoreado, pueden producir cargas de hasta 14-16 kg/m. Los materiales más comunes que constituyen un invernadero son la madera y el hierro o acero, todos asentados en cuerpos de concreto o de ladrillo.

2.2. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

2.2.1. HIPOTESIS GENERAL

La influencia de los niveles humedad del suelo para las plantas y el distanciamiento adecuado entre plantas, sobre el rendimiento de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) es diferente en condiciones de invernadero, Jayllihuaya-Puno.

2.2.2. HIPOTESIS ESPECÍFICAS

- 1) La curva característica de humedad VS Tensión de humedad del suelo en condiciones de Jayllihuaya-Puno, es de acuerdo a reportes bibliográficos.
- 2) La influencia de los diferentes niveles de humedad del suelo para las plantas (15, 25, 40 Kpa) sobre el rendimiento del fruto del cultivo de pepinillo bajo riego por goteo es significativo.
- 3) El distanciamiento entre plantas sobre el rendimiento del pepinillo en condiciones de invernadero-Puno, es diferente.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.1. CARACTERIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION

3.1.1. LOCALIZACION DEL EXPERIMENTO

El desarrollo del proyecto fue conducido en el Centro Poblado de Jayllihuaya que se encuentra ubicado en:

a) Políticamente:

- Región : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno

b) Geográficamente:

- Latitud : 15°53'07.2" S
- Longitud : 69°58'20.13" O
- Altitud : 3825 m.s.n.m.

c) Vías de comunicación y acceso.

- El acceso principal al área del proyecto la constituye la carretera panamericana sur km 5 desvío Jayllihuaya , camino a desagadero.

3.1.2. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

- Campaña 2014 : cultivo de lechuga
- Campaña 2015 : cultivo de acelga

3.1.3. CARACTERISTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Área del campo experimental:

- Largo : 18 m
- Ancho : 6.5m

Área de la parcela C/U:

- Largo : 4 m
- Ancho : 2.60 m
- Área : 10.4 m²

Espacio entre calles y entre bloques

El espacio entre calles es 1 m y entre bloques es 2 m

3.1.4. Información meteorológica

3.1.4.1 Climatología

Según ONERN – CORPUNO (1965), ecológicamente el área del Centro Poblado de Jayllihuaya Puno pertenece a la zona ecológica de Bosque Húmedo Montaña sub tropical, caracterizada por presentar temperaturas de 6 a 15°C, precipitación pluvial anual de 650mm. y humedad relativa media, que dan como resultado un clima frío y seco en invierno, templado frío y semi-seco, el resto del año, en forma general.

3.1.4.2 Temperatura (T°)

Los datos obtenidos en el campo experimental fueron gracias a los instrumentos de medición directa uno de ellos el termómetro de campo. Se registró diariamente la temperatura durante los meses de enero, febrero, marzo y abril donde finalizó la última fase fenológica del cultivo, en las siguientes tablas mostramos las diferentes temperaturas en resumen de cada mes.

Tabla 4. Temperaturas en el invernadero-Jayllihuaya (Enero a Mayo 2016)

Temperatura °C			
Mes	Mínima	Media	Máxima
Enero	7.5	16.25	25
Febrero	8	17.5	27
Marzo	6.5	17.25	28
Abril	5.5	16.25	27
Mayo	-2	10.5	23

Fuente. Elaboración propia

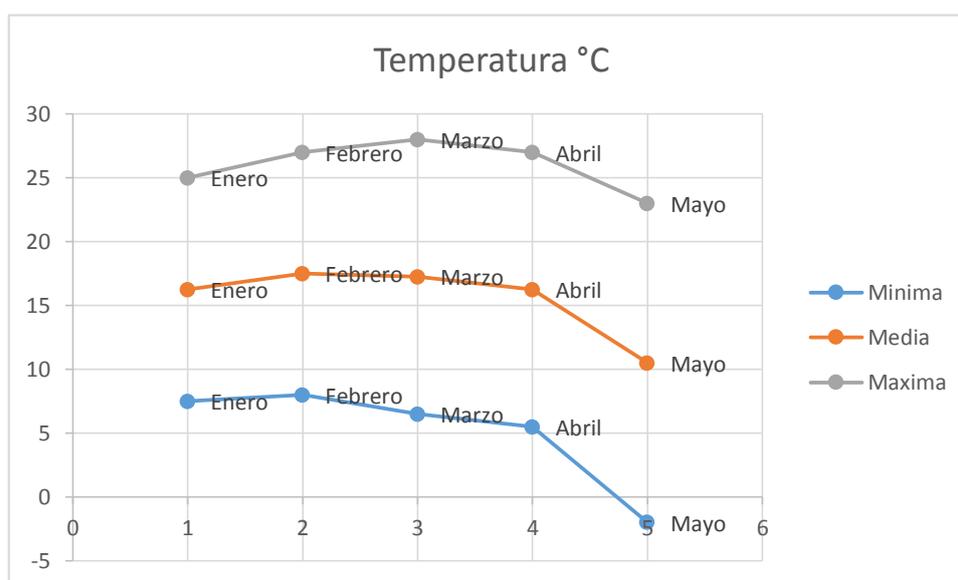


Figura 6. Temperatura, Enero a Mayo 2016

3.1.4.3 Humedad (H°)

La humedad se obtuvo con el instrumento llamado higrómetro donde se pudo medir diariamente la humedad relativa en el interior del invernadero a continuación tenemos la tabla y el gráfico correspondiente.

Tabla 5. Humedad relativa en el invernadero (mensual, 2016)

Humedad (%)

Mes	Mínima	Media	Máxima
Enero	50	60	70
Febrero	53	62.5	72
Marzo	52	60	68
Abril	48	57	66
Mayo	47	56	65

Fuente. Elaboración propia

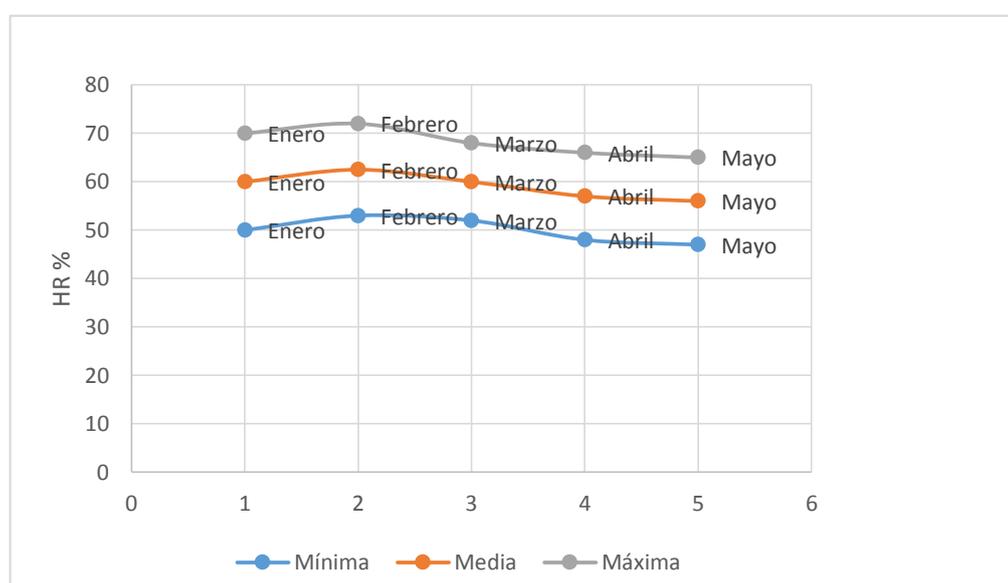


Figura 7. Humedad mensual de Enero a Mayo (2016)

3.2 MATERIALES EN LA INVESTIGACION

3.2.1 Análisis de suelo

COD. USUARIO	ANALISIS MECANICO				N %	P (ppm)	K (ppm)	Suelo: Agua 1:2.5		M.O. %	Al (meq/100 gr)	CO ₂ Ca %
	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura				pH	C.E. mmhos/cm			
MI Jallihuaya Invernaderos.	61	9	30	FA	0,05	10,00	146,03	6,87	0,452	1,29	0,00	0,00

Figura 8. Análisis de suelos invernadero Jayllihuaya

Antes del inicio del trabajo experimental se muestreó el suelo experimental obteniéndose 2 muestras que se analizó en el Laboratorio de Agua y Suelo INIA - Salcedo, cuyos resultados se muestran en la siguiente figura.

La segunda semana después de la siembra del pepinillo o instalación del cultivo se hizo las previas mediciones para el armado de la curva de retención de humedad:

el análisis de suelo respectivo que se hizo al invernadero donde se llevó a cabo la investigación, fue un análisis básico de fertilidad donde podemos ver la clase textural es de arena un 61%, arcilla 9% y limo 30% relacionando y llevado al triángulo textural se pudo clasificar el suelo de textura franco arenosa por las proporciones ya mencionadas.

3.2.2 Densidad aparente

En la tabla 8 se muestra los resultados de la determinación de la densidad aparente y humedad del suelo con propiedades hidrofísicas principales para el presente trabajo de investigación. Aquí se observa que el suelo presenta una densidad aparente promedio de 1.4 g/cm³ y un contenido de humedad de humedad a capacidad de campo (CC) 22.4 masa %, los cuales son coherentes de acuerdo a la textura del suelo franco arenoso.

Tabla 6. Determinación de la densidad aparente y humedad del suelo

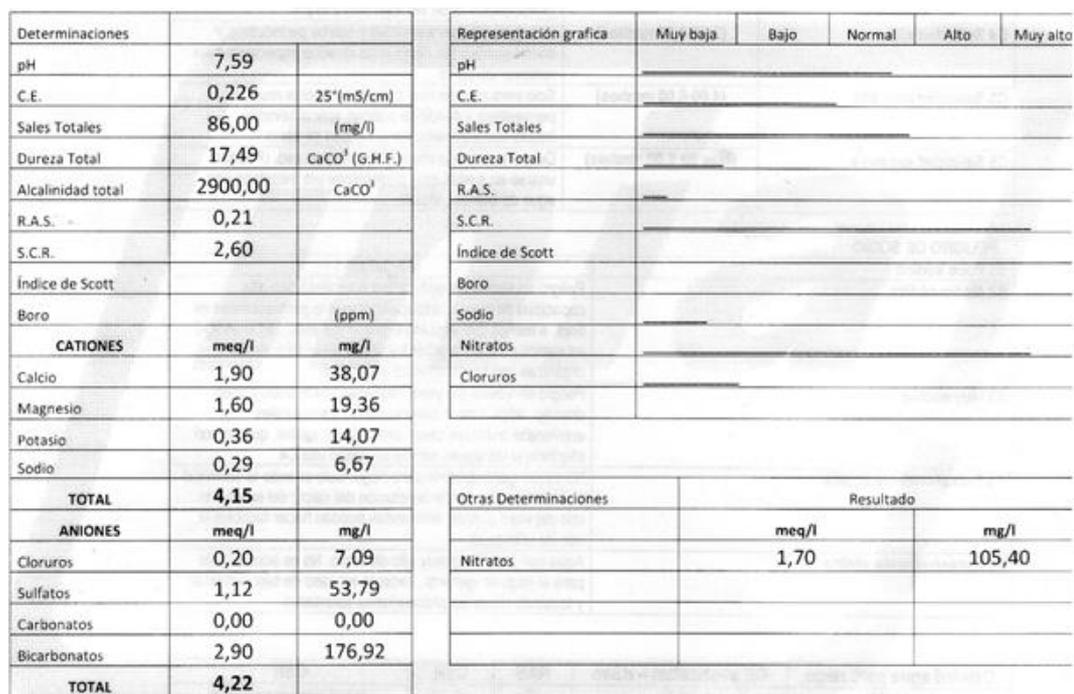
Profundidad	Densidad aparente			Humedad gravimétrica (%)
	R1	R2	Prom.	CC
20 cm	1.39	1.41	1.4	22.4

3.2.3 Análisis de agua de riego

El agua de riego al cultivo se ha proveído del subsuelo (pozo) extraído por una bomba sumergible que luego se depositó en un tanque de 5 m³, luego pasar al sistema de

distribución del módulo de riego establecido en el invernadero (tubería primaria, secundaria y terciaria o portalateral, cintas de riego emisores y finalmente llegar al suelo.

Antes del inicio del trabajo experimental se muestreó el agua de riego obteniéndose 1 muestra que se analizó en el Laboratorio de Agua y Suelo INIA - Salcedo, cuyos resultados se muestran en la siguiente figura.



En el análisis de agua que se hizo nos dice que son aguas de buena calidad aptas para

Figura 6. Análisis de agua de riego invernadero Jayllihuaya - Puno

riego, tipo de agua semiblanda, agua de buena clasificación admisible.

3.2.4. Semilla

Se trabajó con la semilla de pepinillo híbrida F1, Pepino tipo europeo, de atractivo color verde oscuro. Planta fuerte, semi-abierta y bien balanceada, produce frutos rectos y largos (aprox. 30 cm). Es rápida para entrar en cosecha.

3.2.5 Invernadero

El invernadero donde se realizó el experimento tiene un área de 114 m², donde las paredes son de cemento (bloquetas), techo con tijerales de madera y de plástico Agrofilm cubierto en toda el área del invernadero.

3.2.6 Módulo de riego

Para el experimento se utilizó el riego por goteo que constó de una tubería principal, tubería primaria, tubería secundaria, cinta de riego por goteo, los emisores estuvieron a 40cm y 60cm cubriendo un total de 90 m². El momento de riego fue de acuerdo a la indicación del tensiómetro (Curva característica de θH° del suelo VS Tensión de humedad).

3.2.7 Instrumentos de medición

Los instrumentos que se utilizó en el experimento fueron:

- Tensiómetros IRROMETER - Modelo SR humedad del suelo de 2 de 15 cm, 1 de 30 cm y una bomba de vacío, para poder medir la humedad y la tensión de humedad del suelo que ejerce la planta .
- Termómetro para medir la temperatura diurna y nocturna.
- Higrómetro para medir la humedad en el ambiente del invernadero.

3.3. METODOLOGIA

El presente trabajo de investigación se condujo en 3 parcelas de experimentos evaluados tres tratamientos de tensiones y dos marcos de plantación uno de ellos es de 40 cm entre plantas y el otro de 60 cm entre plantas, el área total del invernadero de 6 m x 19 m haciendo un total de 114 m².

3.3.1. Obtención de la curva característica de humedad en el suelo

(Contenido de humedad θ_H° VS Tensión del agua en el suelo)

La obtención de la curva característica se siguió una serie de pasos que nos cita según (Radulovich, 2009). Todo el análisis se hizo una semana antes de la instalación del cultivo de pepinillo.

Se determinó el lugar de muestreo que fue en la parte intermedia del invernadero donde se llevó el experimento, luego de señalar el lugar de muestreo, se paso al riego abundante mediante el método de inundación despues se espero 12 horas de reposo del suelo esto de acuerdo a la bibliógrafa que nos indica que el suelo intermedio (franco arenoso) llega a capacidad de campo en un promedio de 12 horas después del riego profundo. Se pasó a muestrear el suelo e inmediateamnte se llevo al laboratio de aguas y suelos de la FCA de la UNA-Puno.

En el laboratorio se peso la muestra de suelo húmedo a continuación se puso la muestra en la estufa a 105 °C durante 24 horas, al día siguiente se paso a pesar el suelo seco y se determinó la diferencia entre los pesos de suelo húmedo y seco, luego de determinar la humedad del suelo en el laboratorio, se procedio al procesamiento de datos y construir la curva de retención de humedad.

Contenido de agua en el suelo en m% y Vol %

Humedad gravimétrica (m%)

Es la relación entre masa de agua y la masa de suelo una vez seco, (Vasquez, 2017).

$$\theta_g (\%) = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa suelo seco}} \cdot 100 = \frac{Ma}{Ms} \cdot 100$$

Humedad volumétrica (%)

Es la relación entre el contenido de humedad en m% y la densidad aparente, (Vasquez, 2017).

$$\theta_v = \theta_m * D_{ap}$$

Donde:

θ_v = % de humedad en volumen

θ_m = % de humedad en masa

D_{ap} = Densidad aparente del suelo (g/cm³)

3.3.2. Riego

El momento de riego de los tratamientos fue de acuerdo a la lectura de los tensiómetros IRROMETER – Modelo SR instalado a 15 cm de profundidad en cada tratamiento. Para medir la humedad actual, se instaló el tensiómetro a 5 cm de radio de la planta representativa, para luego lecturar en centibares de acuerdo a la curva característica de humedad en el suelo obtenido (ΘH° del suelo VS tensión de humedad) aplicándose un tiempo de riego hasta alcanzar a nivel capacidad de campo. También se obtuvo el volumen consumido de agua por cada tratamiento a efectos de determinar eficiencia de uso del agua en el cultivo como un agregado.

3.3.2.1. Lámina neta

Para determinar la lámina neta tenemos la siguiente fórmula:

$$\text{Lámina neta} = \frac{(CC - PMP)}{100} \cdot da \cdot P$$

Donde:

CC = Capacidad de campo

PMP = Punto de marchitez permanente

da = Densidad aparente del suelo (g/cm³)

P = Profundidad del suelo de raíces en el suelo

3.3.3.2. Lámina bruta

Para determinar la lámina bruta tenemos la siguiente formula:

$$\text{Lámina Bruta} = \text{Lám.Neta} \frac{1}{E_f}$$

Donde:

E_f = Eficiencia de aplicación

3.3.2.3. Lámina total

La lamina total es el resultado de.

$$\text{Lámina total} = \text{lámina neta} \times \text{número de riegos}$$

3.3.3.4. Tiempo de riego

$$q = \frac{v}{t} = \frac{An.Lr}{t}$$

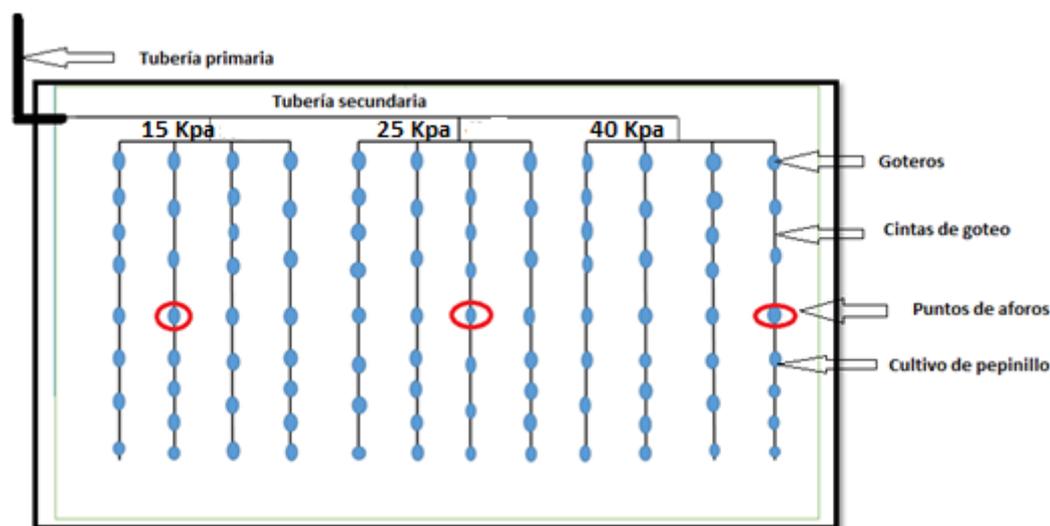
An = Area neta de riego

3.3.2. Aforo de goteros

El aforo se llevó a cabo 2 días antes de la instalación del cultivo, se aforó en tres partes del experimento esto para poder ver el volumen de agua a aplicarse en el suelo. Los detalles se observa en la figura 9.

3.3.3 Distanciamiento entre plantas

De acuerdo a lo planteado en el perfil de investigación tenemos dos tipos de distanciamiento entre plantas o también llamado marcos de plantación los cuales fueron 40 cm entre plantas y 60 cm entre plantas, me midió con una regla paso a paso en la siembra del cultivo.



; **Figura 9.** Croquis del aforo de goteros

3.3.4. Producción de cultivo

Numero de frutos por planta: se registró 15 frutos por planta en la primera cosecha (15 de abril del 2016) y segunda cosecha (02 de mayo de 2016) de todas las unidades experimentales para posteriormente pesarlos y determinar el rendimiento del cultivo.

Peso del fruto: se realizó la evaluación de las características de cada uno de las unidades experimentales en cada una de las cosechas que se dio en el experimento.

Rendimiento: se determinó el peso total de los frutos en cada uno de las parcelas y se expresó en kg/m² y kg/ha.

3.3.5. Tratamiento estadístico

a) Factores de estudio

- Tensiones de humedad en el suelo fácilmente disponible para las plantas
 - 15 Kpa
 - 25 Kpa
 - 40 Kpa
- Distanciamiento entre plantas
 - 40 cm
 - 60 cm

b) Variables de respuesta

- Producción de pepinillo
 - Peso del fruto (kg, g)
 - Rendimiento de fruto de pepinillo (kg/m², kg/ha)

3.3.6. Diseño experimental

Es un experimento factorial en parcelas divididas, tensión humedad del suelo en parcelas y distanciamiento entre plantas en subparcelas con diseño completo al azar con 4 repeticiones.

En la parcela (Factor A) consintió en área de 10.4 m² cada bloque en los cuales se evaluaron A1: 15 Kpa, A2: 25 Kpa y A3: 40Kpa. En la subparcela (Factor B) consintió en área de 4m² cada línea, en los cuales se evaluaron los distanciamientos de siembra 40

cm entre plantas y el otro de 60cm entre plantas, el área fue un invernadero de 6m x 19m haciendo un total de 114 m².

Tabla 7. Análisis de varianza para un diseño de parcelas divididas

Variación	Libertad	Medio	Calculado
Tratamiento A	$gl_A = a - 1$	$CM_A = \frac{SC_A}{gl_A}$	$F = \frac{CM_A}{CME_{(a)}}$
Error (a) (Repeticiones dentro del Factor A)	$glE_{(a)} = n_a = a (r - 1)$	$CME_{(a)} = \frac{SCE_{(a)}}{glE_{(a)}}$	
Tratamiento B	$gl_B = b - 1$	$CM_B = \frac{SC_B}{gl_B}$	$F = \frac{CM_B}{CME_{(b)}}$
Interacción (A x B)	$gl_{AB} = (a - 1) (b - 1)$	$CM_{AB} = \frac{SC_{AB}}{gl_{AB}}$	$F = \frac{CM_{AB}}{CME_{(b)}}$
Error (b)	$glE_{(b)} = n_b = a (r - 1)(b - 1)$	$CME_{(b)} = \frac{SCE_{(b)}}{glE_{(b)}}$	
Total	$Gl = abr - 1$		

3.4 CONDUCCION DEL EXPERIMENTO

3.4.1. Preparación del terreno

Primero se limpió el terreno, para hacer el movimiento de tierra que se realizó utilizando la lijuana, picos y rastrillos, luego se hizo una limpieza general de todo el invernadero.



Figura 10. Preparación del terreno en el invernadero de Jayllihuaya - Puno

3.4.2. División de bloques

La división de bloques se hizo según las dimensiones establecidas, los bloques se nivelaron para así trazar y/o delimitar las unidades experimentales y calles con una wincha y cordeles.

3.4.3. Plantación

La siembra se realizó el 15 de enero del 2016, Fue por el método de siembra directa de acuerdo a los marcos de plantación y ubicación de los goteros.

3.4.4. Labores culturales

Las labores culturales a parte del riego el cual estuvo en investigación el deshierbo de las malas hierba, La poda del cultivo de pepinillo y otros.

3.5. OBSERVACIONES REALIZADAS

3.5.1. Plagas y enfermedades

Durante la investigación se presentaron dos especies de plagas uno de ellos más incidente que el otro, el primero fue la mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) el cual fue el de mayor incidencia en el cultivo afectando la hojas tiernas en la primera fase fenológica, se tomó acciones de inmediatas para que no pueda afectar al cultivo en mayores proporciones, el control de la plaga se hizo instalando trampas amarillas que redujo al 100 % a la mosca minadora.



Figura 11. Instalación de trampas amarillas y de agua en el campo experimental

CAPITULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 OBTENCION DE LA CURVA DE RENTENCION DE HUMEDAD

El potencial indica la energía o el trabajo que debe gastarse para extraer una unidad de agua del suelo a ese correspondiente nivel de humedad. El potencial total del agua en el suelo o la tensión de agua es una presión negativa que se relaciona con la presión atmosférica. La curva de retención tiene dos límites bien definidos:

El **límite húmedo** que está determinado por el nivel freático (10 Kpa). En esta condición, todos los poros se encuentran llenos de agua o también llamado capacidad de campo.

El **límite seco** que está definido por el punto correspondiente de tierra seca; es decir, por el nivel de humedad correspondiente en estos casos del experimento fue 100 Kpa . La curva de retención de agua de un suelo está influenciada por características texturales, estructurales y químicas del sistema suelo así como por la temperatura del agua del suelo. Para una tensión o potencial dado, el contenido de humedad disminuye a medida que la temperatura del suelo aumenta (Vasquez, 2017).

De acuerdo a la metodología descrita anteriormente 3.3.1 se ha realizado la obtención de la curva característica de humedad, con cada uno de los pasos realizados desde la elección de la ubicación del muestreo laboratorio hasta el procesamiento de datos (10, 13, 25, 43, 65, 86 100 Kpa) y masa % (22.1, 21.1, 19.2, 17.3, 16.5, 15.2, 14.5) multiplicado por la densidad aparente que es 1.4 g/cm³ tenemos en volumen % (30.9, 29.526.9, 24.2, 23.1, 21.3 y 20.3) el cual se hizo una semana antes de la instalación del experimento lográndose los resultados como se muestra en la tabla 8 y su grafico correspondiente (figura 12) para su mejor visualización.

Tabla 8. Función tensión (T) vs Θ° suelo H° ($D_a=1,4g/cm^3$)

TENSION (Kpa)	ΘH ($m^\circ \%$)	ΘH (vol %)
10	22.1	30.9
13	21.1	29.5
25	19.2	26.9
43	17.3	24.2
65	16.5	23.1
86	15.2	21.3
100	14.5	20.3

Fuente. Elaboración propia

En la fig. 12 se presenta, la relación entre el contenido de humedad del suelo en volumen % y su potencial matricial (tensión de humedad en Kpa), expresada gráficamente por una curva llamada, curva de retención de humedad con los valores mostrados en la tabla 8.

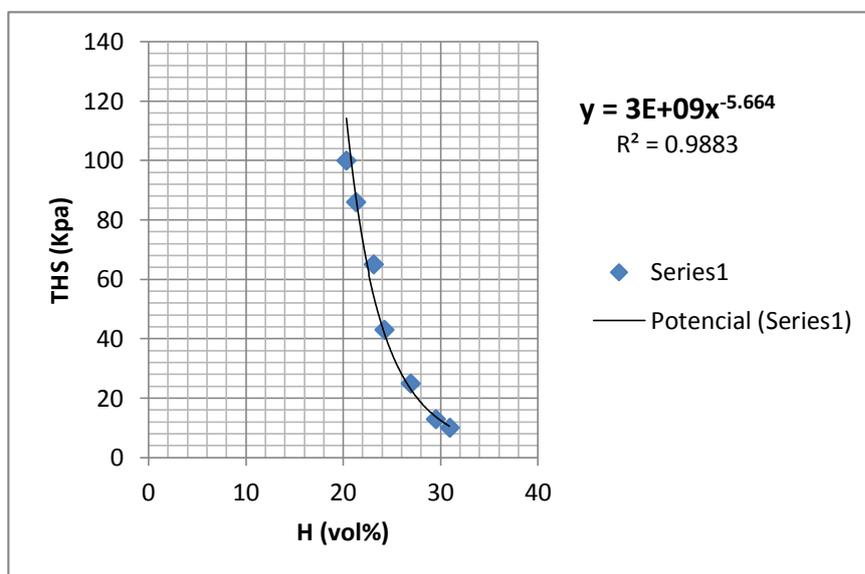


Figura 12. Curva característica de humedad invernadero Jayllihuaya- Puno

4.1.1. Capacidad de campo y tensiones de humedad del suelo (THS)

En cuanto a los valores de energía de retención de agua, la capacidad de campo se alcanza cuando la tensión matricial tiene un valor medio de 1/3 de atmosfera (Kpa) en suelo franco, pudiendo variar desde 0.1 atmosferas en el suelo arenoso hasta 0.5 atmosferas en el suelo arcilloso (Fuentes, 1996).

El θ capacidad de campo fue determinada con el tensiómetro (10 Kpa) y por los análisis gravimétrico 22.4 m% y convertido en humedad volumétrica en 31.38 Vol % , y los diferentes niveles de humedad que se planteó en la metodología del experimento y 15 Kpa (29.21 Vol %), 25 Kpa (26.69 Vol %) y 40 Kpa (24.57 Vol %) (Tabla 9), para luego llevar a la curva de retención de humedad que podemos observar en la figura 14.

Tabla 9. Niveles de humedad (Kpa) Vs H° del suelo

APLICACIÓN :		
Si Tensión (Kpa)	θ H (Vol %)	θ H (m ³ %)
10	31.38	22.4
15	29.21	20.9
25	26.69	19.1
40	24.57	17.5

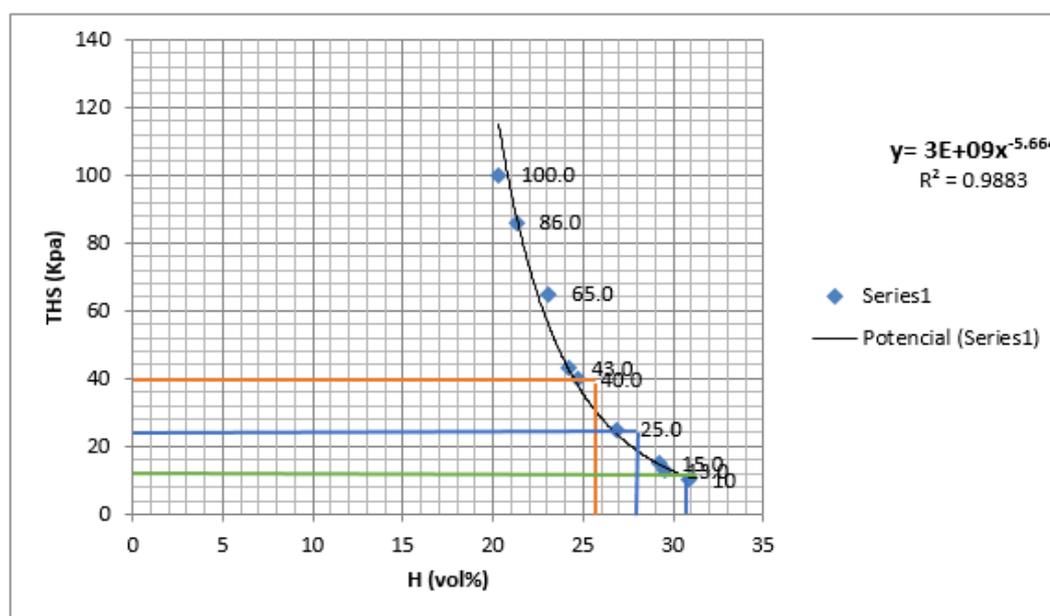
A continuación tenemos en la figura 14 los 3 niveles de humedad (15, 25 y 40 kpa) y los volúmenes % 29.21, 26.69 y 24.57 en cada una de las tensiones descritas anteriormente, se puede ver enmarcadas con diferentes colores en la figura 13, de acuerdo a la fórmula para la obtención de los volúmenes tenemos $y = 3E+09x^{-5.664}$, $R^2 = 0.9883$

luego fueron construidos, ubicados en la diferentes tensiones y humedades del suelo (Curva característica de humedad).

Donde: Y= THS (Kpa)

X= Θ H del suelo (vol%)

E= exponente



Donde:

Y = tensión de humedad del suelo (THS)

X= Contenido de humedad (Vol %)

R^2 = Coeficiente de determinación

A la vista del resultado analítico podemos afirmar que el ajuste del modelo es bueno, ya que el valor de $R^2 = 0,9883$ es cercano a 1, en concreto, el 98,83% de la variabilidad de la variable Y a su promedio es explicado por el modelo de regresión ajustado. Podemos concluir que el modelo exponencial es adecuado para describir la relación que existe entre estas variables.

4.1.2. Programación de riego

En forma general, el riego debe aplicarse teniendo en cuenta como base la disponibilidad y el costo del agua, las características fisiológicas del cultivo y su respuesta a la disponibilidad de agua según su edad, variedad, etc. Sobre la base de ello, se debe manejar el riego de los cultivos a fin de lograr los mejores resultados en cantidad y calidad del producto obtenido (Vásquez, 2017).

Lamina neta (Ln)

La lámina neta es la lámina de agua rápidamente aprovechable por la planta a la profundidad radical efectiva, y se obtuvo restando entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) sobre 100 multiplicando por la densidad aparente y la profundidad de suelo (Vásquez, 2017). Podemos ver los datos en la tabla 10.

Lamina bruta (Lb)

La lámina bruta de aplicación de agua (Lb) es igual a la lámina neta de aplicación de agua dividida entre la eficiencia de riego del sitio. Es importante anotar que la eficiencia de riego del lugar incluye pérdidas posibles de agua debido a fisuras o daños en los tubos, Ver tabla 10.

Numero de riegos

El número de riegos se determinó por medio de registró es decir a medida que se fue regando cada una de las parcelas 15, 25 ,40 Kpa se fue registrando cada riego en un determinado lapso o tiempo de acuerdo al tensiómetro; para 5 Kpa se registró 85 riegos respectivamente, para 25 Kpa 37 riegos respectivamente y para 40 Kpa se registró 22 riegos, en toda la campaña que duró el experimento, ver tabla 10.

Lamina total

La lamina total es el resultado de: Lámina total = lámina neta x número de riegos, es el total de la lámina de riego que se aplicó al cultivo durante toda la campaña que duró el experimento los cuales se obtuvo en la parcela de 15 Kpa una lámina de riego de 525 mm, la parcela de 25 Kpa una lámina de 503 mm y la parcela de 40 Kpa una lámina de 444 mm respectivamente (ver tabla 10) como podemos ver hay diferencias significativas entre las dos primeras parcelas con la tercera que se utilizó menos lamina de riego total.

Tiempo de riego

El tiempo de riego se determinó mediante la fórmula $Q=V/T = An.Lr/t$ donde se obtuvo el tiempo de riego para cada uno de los tratamientos (15, 25 y 40 Kpa). Para la primera parcela (15 Kpa) se obtuvo un tiempo de riego de 0.8 horas, para segunda parcela (25 Kpa) se obtuvo 1.7 horas de riego y para la última parcela (40 Kpa) se obtuvo 2.6 horas de riego, ver tabla 10.

Tabla 10. Tensión humedad del suelo y lamina de riego requerido en el cultivo de pepinillo, Jayllihuaya-Puno

Tensión (Kpa)	Δ a CC (m%)	Ln (mm)	Lb (mm)	N riegos	Lt (mm)	Tr (hr)
15	1.5	5.3	6.2	85	525	0.8
25	3.3	11.6	13.6	37	503	1.7
40	4.9	17.2	20.2	22	444	2.6

Fuente: elaboración propia

4.2. INFLUENCIA DE LAS DIFERENTES TENSIONES DE HUMEDAD EN EL SUELO, SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PEPINILLO

Los resultados que se presentan en este ítem en referencia tienen su base en las tablas elaboradas en el anexo, teniendo presente que las informaciones obtenidas es la producción de pepinillo en condiciones de invernaderos.

En efecto, en nuestro país y la región alberga una importante superficie de invernaderos. El crecimiento en superficie se debe a que los invernaderos han permitido el desarrollo económico de zonas pobres y un uso más eficiente de los recursos, como la tierra y el agua, este último es un recurso escaso en la zona. Conscientes de la importancia que tiene el agua en la sostenibilidad de la horticultura en invernadero en el medio se ha trabajado desde distintas instituciones por mejorar el uso del agua de riego y reducir los problemas medioambientales relacionados con el riego.

La implementación de producción hortícola en invernadero como se ha observado en el centro poblado de Jayllihuaya –Puno, disminuye el riesgo de la producción, incrementa la rentabilidad de las hortalizas además de que genera fuente de trabajo, disminuye la contaminación ambiental y los daños a la salud (Chino, 2009).

Sin embargo, el cultivo de hortalizas vía invernadero de por si es necesario un uso eficiente del agua en la producción más aun en las condiciones de la zona por cambio climático e incremento poblacional se carece cada vez del agua superficial y el bombeo de agua subterránea acarrea un mayor costo.

Tabla 11. Tensión de humedad del suelo y lámina de riego requerido en el cultivo de pepinillo, Jayllihuaya Puno

	Tension 15 kpa		Tensión 25 Kpa		Tensión 40 Kpa	
	40cm	60cm	40cm	60cm	40cm	60cm
Lb PV (mm)	525	525	503	503	444	444
Req. R/PV (l/m²)	525	525	503	503	444	444
Req. R (l/pla)	6.2	6.2	13.6	13.6	20.2	20.2

Fuente: elaboración propia

$E_{ap}=0.85$

En la tabla 11 se presenta los resultados del requerimiento de lámina de agua de riego para la campaña agrícola en el cultivo de pepinillo en condiciones de invernadero en Jayllihuaya- Puno bajo diferentes tensiones de humedad del suelo. Los mayores valores

fueron para una tensión de 15 Kpa con 525 mm de lámina de agua y los menores valores para una tensión de 40 Kpa con 444 de lámina hídrica.

Los tratamientos de diferentes tensiones de humedad en el suelo de acuerdo a los objetivos formulados están en el rango de humedad fácilmente disponible y la variación de lámina de agua consumida en el periodo vegetativo de pepinillo es debido a la menor y mayor estrés hídrico sometido en el presente trabajo.

El requerimiento del riego real por planta ($E_{ap} = 0.85$) fue de 6.2, 13.6 y 20.2 lit/ pl en cada riego para tensiones de humedad en el suelo de 15, 25 y 40 Kpa respectivamente.

Los valores lit/pl aplicados en la programación de riego fueron de acuerdo al caudal de aforo de los goteros (2 l/hr), tiempo de riego y de conformidad al momento de riego indicado por el tensiómetro.

En el cultivo de brócoli (Villalobos, 2005) en condiciones similares al presente trabajo reporta que, en tratamientos seco a 45 Kpa, semiseco 36 Kpa, medio a 28 Kpa, semihumedo a 20 Kpa, húmedo a 12 Kpa de tensión de humedad en el suelo, presente un consumo de agua de 27.3, 31.0, 35.8, 40.0 y 45.7 cm de lámina hídrica en los tratamientos de seco, semiseco, medio, semihumedo y húmedo respectivamente.

En la tabla 10, el ANVA muestra que si existen diferencias significativas entre las parcelas y distanciamiento entre plantas, (t) viene a ser los tratamientos de tensión y (d) distanciamientos entre plantas.

4.2.1. Prueba de Tukey de los tratamientos de tensión

Tabla 12. Análisis de varianza para tensión y distanciamiento en el cultivo de pepinillo

Fuente	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sing
t	2	1396.317758	698.158879	7.03	0.0015	*
r(t)	9	1120.286325	124.476258	1.25	0.2755	NS
d	1	1193.988267	1193.988267	12.02	0.0008	*
t*d	2	158.673508	79.336754	0.80	0.4535	NS
Error	81	8047.88312	99.35658			
Total	95	11917.14898				

corregido

CV (a) 3.4 %

Tabla 13. Prueba de Tukey de los tratamientos de Tensión

TUKEY AGRUPAMIENTO	MEDIA	T
A	291.951	15
B	291.148	25
B	283.489	40

En la tabla 13 se muestra los resultados de la prueba de Tukey en los tratamientos de tensión de humedad del suelo (diferentes humedades fácilmente disponibles HDF) y el rendimiento de fruto del pepinillo en Jayllihuaya- Puno campaña agrícola 2016 bajo condiciones de invernadero. Los rendimientos bajo tensiones de humedad de 15 Kpa (A) 25 Kpa (A)(B) estadísticamente no presentaron diferencias significativas, en tanto el último tratamiento de tensión el cual viene a ser el de 40 Kpa (B) es estadísticamente diferente a las demás tratamientos siendo la tensión con menos rendimientos.

Las medias 291.951, 291.148 y 283.489 de 15, 25 Y 40 KPa respectivamente que fueron el promedio de cada parcela en gramos, ver tabla en los anexos A1, A2 y A3.

Así el riego por goteo en el cultivo de pepinillo debe aplicarse cuando los tensiómetros colocados a una profundidad de 20 cm indiquen una tensión de alrededor de 25 Kpa de esta forma se obtendrá una mayor productividad del agua q le corresponde aplicar los riegos a mayores tensiones.

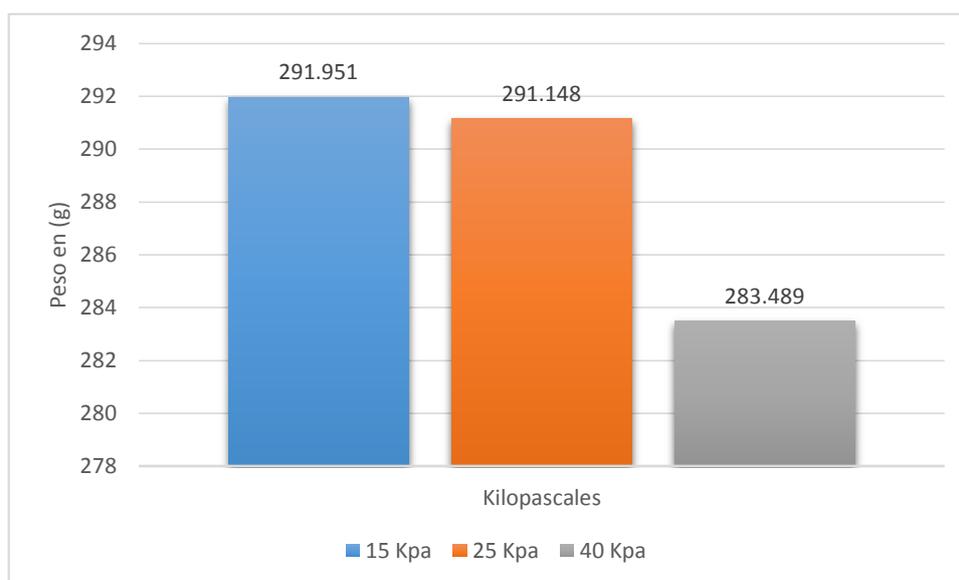


Figura 13. Efecto del tratamiento de tensiones en el cultivo de pepinillo

4.2.2. Rendimiento del fruto del pepinillo en tratamientos de tensión

La cosecha se realizó contando todos los frutos que se pudo recolectar en el campo experimental. Se recolectó 15 frutos por planta los cuales se dio los promedios en la parte de los anexos, la siguiente tabla nos muestra el rendimiento por parcela del experimento.

Tabla 14. Rendimiento por cada tratamiento de tensión en el cultivo del pepinillo

15 Kpa	25 Kpa	40 Kpa
--------	--------	--------

Rendimient o por m ² (Kg)	Rendimient o por Ha (TM)	Rendimient o por m ² (Kg)	Rendimient o por Ha (TM)	Rendimient o por m ² (Kg)	Rendimient o por Ha (TM)
14.01	140	13.97	139	13.60	136

Fuente: elaboración propia

Cabe indicar, que el cultivo de pepinillo en Jayllihuaya (tema de investigación en referencia) bajo condiciones de invernadero con sistema de riego por goteo se ha realizado su instalación el 15 de enero del 2016, siendo su conducción agronómica en condiciones adecuadas, realizándose luego primera cosecha el 15 de abril y la segunda cosecha se hizo en 3 de mayo siendo el periodo vegetativo total de 119 días. Pudo haberse realizado una tercera cosecha, pero por situaciones climáticas adversas que siempre ocurre en el altiplano peruano se presentó las primeras heladas afectando con rigurosidad a los cultivos aun en condiciones de invernadero.

En efecto como esta mostrado en la tabla 14 la productividad del cultivo de pepinillo para Puno en condiciones de invernadero es de 14.01 Kg/m², 13.97 Kg/2 y 13.60 Kg/ m² para tensiones de humedad suelo 15, 25 y 40 KPa respectivamente. En toneladas por hectárea es de 140, 139 y 136 TM para tensiones de humedad del suelo 15, 25 y 40 KPa respectivamente en condiciones de invernadero.

4.3. DISTANCIAMIENTO ADECUADO ENTRE PLANTA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO

Otro de los objetivos planteados en la presente investigación fue sobre la densidad óptima de plantación de pepinillo, para así maximizar la producción correspondiente. En la actualidad el espaciamiento comúnmente usado de la hortaliza en la intemperie es de 1.0-2.0 metros entre hileras y 0.25-0.4 metros entre plantas (Recche, 2011) y pocos estudios

se han realizado evaluando los efectos de la densidad de plantación en la producción del cultivo más aún bajo control hídrico en su programación del riego.

4.3.1. Prueba de Tukey de distanciamiento entre plantas

Tabla 15. Prueba de Tukey para los distanciamientos

TUKEY AGRUPAMIENTO	MEDIA	D
A	292.390	60
B	285.336	40

En la prueba de Tukey para los dos distanciamientos hubo diferencias significativas, para el distanciamiento de 60 cm la letra A y para 40 cm es la letra B y las medias o promedios respectivos en las subparcelas, ver tabla en los anexos A1, A2 y A3.

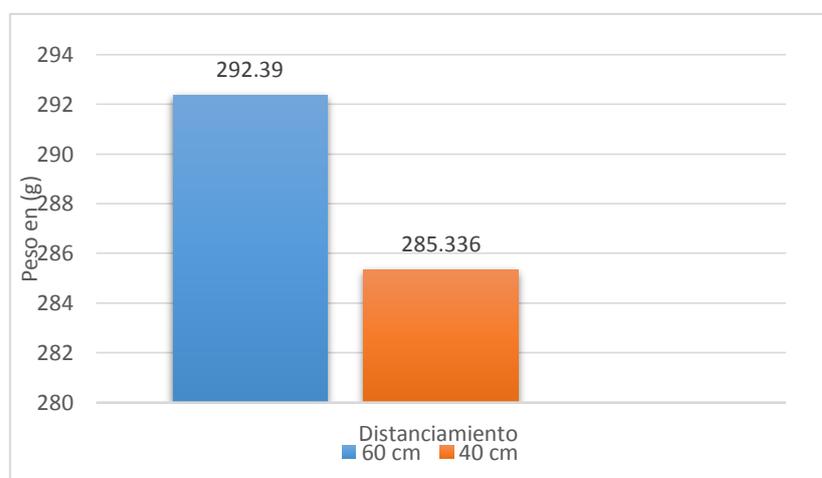


Figura 14. Efecto del distanciamiento en el cultivo del pepinillo

Tabla 16. Rendimiento por tratamiento de tensión de humedad del suelo y distanciamiento del cultivo del pepinillo

15 Kpa			25 Kpa			40 Kpa		
Distanciamiento		Distanciamiento	Distanciamiento		Distanciamiento	Distanciamiento		Distanciamiento
40 cm		60 cm	40 cm		60 cm	40 cm		60 cm
Rend.	Rend.	Rend.	Rend.	Rend.	Rend.	Rend.	Rend.	Rend.
(Kg)m ²	(TM)Ha	(Kg)m ²	(TM)	(Kg)m ²	(TM)	(Kg)m ²	(TM)Ha	(Kg)m ²
13.86	138	14.16	141	13.72	137	14.22	142	13.50
								135
								137

En la tabla 16 se demuestra los diferentes distanciamientos entre plantas a la vez los rendimientos en toneladas (TM) y (Kg/m²).

En la tabla 14 se presenta el rendimiento en fruto del cultivo de pepinillo en dos distanciamientos entre plantas (40 y 60 cm) y a 80cm entre hileras a diferentes tensiones de humedad en el suelo.

En el país y otras situaciones, se han realizado diversos estudios evaluando el efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento y la calidad del pepino. Los resultados obtenidos sugieren que la densidad de plantación optima varia significativamente entre cultivares y el ambiente en el que se desarrolla el cultivo (López-Elías *et al* , 2016). Producto de trabajo de investigación en referencia, puede sugerirse un espaciamento de 80 cm entre hileras y 40 cm entre plantas y una tensión de 20 Kpa en la humedad del suelo (programación de riego) en condiciones de invernadero en especial en el piso ecológico de orillas del lago Titicaca.

Los rendimientos deducidos en Kg/m² en los de mayor densidad fueron 14.16, 14.22, 13.71 para las tensiones de humedad de 15, 25 y 40 Kpa respectivamente. En tanto para los de menor densidad resultaron de 13.86, 13.72 y 13.50 para las tensiones de humedad de 15, 25, 40 Kpa respectivamente.

CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos en la investigación se concluye:

1. La curva característica de humedad del suelo (vol %) y tensión correspondiente (Kpa) que se obtuvo en el invernadero de Jayllihuaya - Puno con el cultivo de pepinillo es acorde a las características hidrofísicas del tipo de suelo siendo para el caso de textura franco arenosa: $THS = 3E + 09H^{-5.664}$
2. La productividad del cultivo de pepinillo para Puno en condiciones de invernadero en Kg/m² fueron 14.01; 13.97 y 13.60 para tensiones de 15, 25 y 40 Kpa respectivamente, siendo los valores de consideración buena para la situación climática severa de la zona de Puno. Los rendimientos bajo tensiones de humedad de 15 y 25 Kpa estadísticamente no presentaron diferencias significativas. En tanto si se observó diferencias significativas con la de tensión de 40 Kpa.
3. El rendimiento del fruto del pepinillo deducido a Kg/m² en los de mayor densidad (60 cm entre plantas) fueron 14.16; 14.22 y 13.71 para las tensiones de humedad del suelo de 15, 25 y 40 Kpa respectivamente. En tanto para los de menor densidad (40 cm entre plantas) 13.86; 13.72 y 13.50 para las tensiones de humedad del suelo de 15, 25 y 40 Kpa respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Para obtener un mayor número de frutos por planta, y peso adecuado de fruto; es decir, mejores rendimientos y rentabilidad por hectárea, bajo las condiciones del presente trabajo de investigación, usando en la programación de riego los tensiómetros, debe ser a una tensión de humedad del suelo entre 20 y 25 Kpa.
2. Para el cultivo de pepinillo bajo condiciones de invernadero y sistema de riego por goteo, el distanciamiento entre plantas de 40 cm y 80 cm entre hileras es adecuado, siendo recomendable establecer el cultivo alrededor de la segunda quincena de diciembre para no tener complicaciones en la cosecha por el inicio de temperatura adverso en el mes de abril.
3. Se recomienda fomentar el cultivo de pepinillo en la región de Puno en el contexto de uso eficiente del agua, es decir en ambientes protegidos bajo control, y con riego por goteo; ya que el cultivo en referencia, requiere temperaturas adecuadas y en condiciones de humedad fácilmente disponible para un incremento de la productividad.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA N. (1989) Tratado de Edafología de México, Tomo I, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México pp. 47-50
- BOTEY Y MORENO (2015) Metodología para estimar la humedad del suelo mediante un balance hídrico exponencial diario. Área de Climatología y Aplicaciones Operativas. Madrid- España, pag. 3-4.
- BUCKMAN HARRY y N.C. BRADY, (1966). The Nature and Properties of Soils. The Macmillan company. 590 pp.
- CHINO C. (2009) Manual del productor de hortalizas. Proyecto ALTAGRO. Convenio Centro Internacional de la Papa / Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional/ Centro de investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Editorial Altiplano. 187 paginas. Puno, Peru. Pp. 34-38
- DIAS Y, L. A. (1991). Influencia del riego por goteo en el rendimiento del pepinillo (*Cucumis sativus* L.) cultivado con cinco niveles de nitrógeno (No. F06 D53-T). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru). Facultad de Ingeniería Agrícola.
- FUENTES L. (1996). Tecnicas de Riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Editorial Mundi-Prensa. Madrid España pp.21-25.
- GARCÍA F. (2001) Normas de riego en los cultivos de pepino, calabacita y tomate de cáscara, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS, Zacatepec, Morelos, México pp 123 - 167
- GUENKOV, G. (1974). Fundamentos de la Horticultura Cubana Editorial Organismo Instituto Cubano del libro, La Habana Cuba. Pp. 97-100
- GRASSI, C. (1998). Fundamentos de riego. Centro intercambio de desarrollo e investigación ambiental y territorial-CIDIAT. Mérida-Venezuela. Pp. 67-70
- HERA-ORTS, M.L. MARTÍNEZ A.(2004). Effects of moderate irrigation on vegetative growth and productive parameters of Monastrell vines grown in semiarid conditions. Span J Agric Res; 2 (2): 273-81.
- JARAMILLO, D. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 613 pp.
- JONES, H.; STOLL, M.;SANTOS, T. (2002). Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. Journal of Experimental Botany Vol. 53, N° 378.

- LOPEZ, E. (2015). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. *Eur. Scient. J.* 11(24) pp. 25-36
- MINAG (2011). Cadena Agroproductiva de Papa. Manejo y Fertilidad de Suelos. Dirección General de Competitividad Agraria. Lima. Recuperado de : http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/papa/manejoy_fertilidaddesuelos.pdf. Consulta: 26 de noviembre de 2013.
- ONERN – CORPUNO, (1965) Programa de Inventario de Evaluación de Recursos Naturales de Suelo, uso actual de la tierra e Hidrología de la Micro Región Puno. Sector de prioridad L. Vol. 4 Lima Perú. Pp 57-89
- PENMAN, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London*, 193:120- 145.
- PAGAN, E. (2012) Uso de Indicadores del Estado Hídrico de la Planta para la Optimización del Riego en Cultivos Leñosos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de producción vegetal. 56-88
- PORTA-CASANELLAS, J., LÓPEZ-ACEVEDO M, (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Tercera edición; Impreso en España, Ediciones Mundi-prensa, pp.929.
- RADULOVICH, R. (2009). Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo. *Agronomía costarricense*, 33(1), 121-124.
- RECHE J. (2011) Cultivo del pepino en invernadero. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones Madrid España
- RUIZ-SÁNCHEZ, M.C.; DOMINGO, R. and CASTEL, J.R., (2010). Review. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. *Span. J. Agr. Res.* 8:S5-S20.
- REEVE R.E Y FIREMAN M. (1967). Salt problems in relation to irrigation. In R.M. Hagiln, et al (ed.), *Irrigation of Agricultural lands*. p 988-1008. Amer. Soc. Agron. Madison Wisconsin
- SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación). (2014). Sistema de riego localizado (goteo-microaspersión). Pp. 78 - 89

- SALÓN, J.L.; CHIRIVELLA, C. y CASTEL, J.R., (2005) Response of cv. Bobal to timing of deficit irrigation in Requena, Spain: Water relations, yield, and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture* 56: 1-8.
- SAGARPA Secretaria De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca Y Alimentacion. *Invernaderos rústicos*. Chapingo, México (2012). 12 p.
- VASQUEZ, A. & CAÑAMERO, M. (2017). *Fundamentos en la ingeniería de riego*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima- Peru. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú 433p.
- VÉLEZ, J. (2005). *Programación de riego en cítricos en base de sensores de medida del estado hídrico del suelo y de la planta*. Tesis de Doctorado. Universidad Politecnica de Valencia, Valencia. 75-99
- VOLKE -SEPÚLVEDA, T., Velasco-Trejo, J.A., de la Rosa Pérez, D.A., (2005). *Suelos Contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación*, Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Impreso en México. Pp 19-31.
- VILLALOBOS, S. (2005). *Coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli con riego por goteo*, Terra Latinoamericana, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México gilVol. 23, núm. 3, julio-septiembre, pp. 329-333
- WOODING G., (1967). *Los Suelos, Su Origen, Constitución y Clasificación*, Ediciones Omega S.A. Barcelona.McGraw-Hill Interamericana quinta edición 2005 impreso en mexico pág 731-739
- YAÑEZ-BARRAU, F.; DUQUE-MARTÍNEZ, M.C. y BRAVO DE MINGO, J., (1996). *Riego localizado en viñedo*. *Vitivinicultura*: 7-11.
- ZAVALETA, A. (1992). *Edafología: El suelo en relación con la Producción*. Lima: A & B S.A. 223 pp.

ANEXOS

Tabla 17. Promedios de la parcela de 15Kpa peso del fruto

TRATAMIENTO 1			
TENSION (15 Kpa)			
SUBPARCELA	SUBPARCELA	SUBPARCELA	SUBPARCELA
REPETECION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION
Dist. 40cm	Dist. 60cm	Dist. 40cm	4
(g)	(g)	(g)	Dist. 60
			(g)
287.71	289.56	284.49	293.34
288.45	295.44	287.45	289.98
286.55	301.63	289.89	292.49
296.46	294.95	296.47	294.95
REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION
Dist. 60cm	Dist. 40cm	Dist. 60cm	4
(g)	(g)	(g)	Dist. 40 cm
			(g)
304.21	289.45	282.43	291.45
294.23	289.84	298.56	287.32
296.34	285.48	304.59	285.48
296.45	288.93	297.46	286.41

Tabla 18. Promedios de la parcela de 15Kpa peso del fruto

TRATAMIENTO 2			
TENSION (25 Kpa)			
SUBPARCELA	SUBPARCELA	SUBPARCELA	SUBPARCELA
REPETECION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4
Dist. 40cm	Dist. 60cm	Dist. 40cm	Dist. 60
(g)	(g)	(g)	(g)
285.87	283.89	285.39	288.43
283.56	297.78	287.43	288.56
289.42	291.47	287.54	287.23
289.76	287.73	284.41	288.46
REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4
Dist. 60cm	Dist. 40cm	Dist. 60cm	Dist. 40 cm
(g)	(g)	(g)	(g)
289.76	287.73	284.41	288.46
293.54	286.65	289.49	283.43
290.45	283.45	294.86	286.34
292.21	287.91	292.47	285.39

Tabla 19. Promedios de parcela 40 Kpa peso del fruto

TRATAMIENTO 3			
TENSION (40 Kpa)			
SUBPARCELA	SUBPARCELA	SUBPARCELA	SUBPARCELA
REPETECION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4
Dist. 40cm	Dist. 60cm	Dist. 40cm	Dist. 60
(g)	(g)	(g)	(g)
280.75	287.45	280.56	287.49
281.58	282.56	283.74	285.01
279.59	286.46	281.56	286.03
283.45	285.44	279.99	284.45
REPETICION 1	REPETICION 2	REPETICION 3	REPETICION 4
Dist. 60cm	Dist. 40cm	Dist. 60cm	Dist. 40 cm
(g)	(g)	(g)	(g)
285.83	279.43	281.66	281.78
287.46	280.73	284.89	280.89
289.93	283.98	285.63	278.98
284.65	279.76	286.39	283.56

Tabla 20. Planilla para el cálculo del contenido de humedad (gravimetría) 20 cm de profundidad. Función tensión (T) vs Θ° suelo H° ($D_a=1,4g/cm^3$)

Tensión (Kpa)	Numero de Tarro	Peso tara (g)	Peso del Suelo Húmedo +tarro (g)	Peso del Suelo seco +tarro (g)	Peso del Suelo seco (g)
13	2	31,00	37.59	59.56	30.97
25	2	31,00	33.59	57.23	28.03
43	2	31,00	36.45	60.24	31.10
65	2	31,00	38.87	63.32	34.56
86	2	31,00	36.65	62.12	33.56
100	2	31,00	38.46	64.27	35.27

Tabla 21. Función tensión (T) vs Θ° del suelo H° ($D_a= 1.4g/ cm^3$)

TENSION (Kpa)	ΘH (m° %)	ΘH (vol %)	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
10	22.1	30.9	5 de enero	5 pm
13	21.1	29.5	6 de enero	8am
25	19.2	26.9	7 de enero	8am
43	17.3	24.2	8 de enero	8am
65	16.5	23.1	9 de enero	8am
86	15.2	21.3	10 de enero	8am
100	14.5	20.3	11 de enero	8am

PROGRAMACION DE RIEGO

Tabla 22. Tensión humedad del suelo y lamina de riego requerido en el cultivo de pepinillo, Jayllihuaya-Puno

Tensión (Kpa)	m %	Δ a CC (m%)	Ln (mm)	Lb (mm)	N riegos	Lt (mm)	Tr (hr)
10	22.4						
15	20.9	1.5	5.3	6.2	85	525	0.8
25	19.1	3.3	11.6	13.6	37	503	1.7
40	17.5	4.9	17.2	20.2	22	444	2.6

PARA 15 Kpa

Δ a CC (m%)

$$22.4 - 20.9 = 1.5$$

Δ a CC (m%) = 1.5

Lamina neta

$$\text{Lámina neta} = \frac{(CC - PMP)}{100} \cdot da \cdot P$$

$$L_n = \frac{1.5}{100} 1.4 \cdot 250 = 5.3\text{mm}$$

Lamina bruta o real

$$\text{Lámina Bruta} = \text{Lám.Neta} \frac{1}{E_f}$$

$$L_b = 5.3 \frac{1}{0.85} = 6.2\text{mm}$$

Lámina total

Lámina total = lámina neta x número de riegos

$$L_t = 6.2\text{mm} \cdot 85 = 525\text{mm}$$

Tiempo de riego

$$q = \frac{v}{t} = \frac{An.Lr}{t}$$

$$T = \frac{250 \cdot 6.2}{2000} = 0.8 \text{ horas}$$

Tabla A 7: Niveles de humedad (Kpa) Vs H del suelo

APLICACIÓN :		
Si Tensión (Kpa)	θH (Vol %)	θH (m³ %)
10	31.38	22.4
15	29.21	20.9
25	26.69	19.1
40	24.57	17.5

$$\theta_{vol\%} = \theta_{m\%} \cdot Pa \left(\frac{g}{cm^3} \right)$$

$$\theta_{m\%} = \frac{\theta_{vol\%}}{da} = \frac{31.8}{1.4}$$

$$\theta_{m\%} = 22.4$$

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 15. Instalación del experimento en el invernadero en Jayllihuaya



Figura 16. Primera fase fenológica (germinación)



Figura 17. Análisis gravimétrico del suelo (humedad)



Figura 18. Análisis gravimétrico del suelo (humedad)



Figura 19. El tensiómetro en la parcela experimental

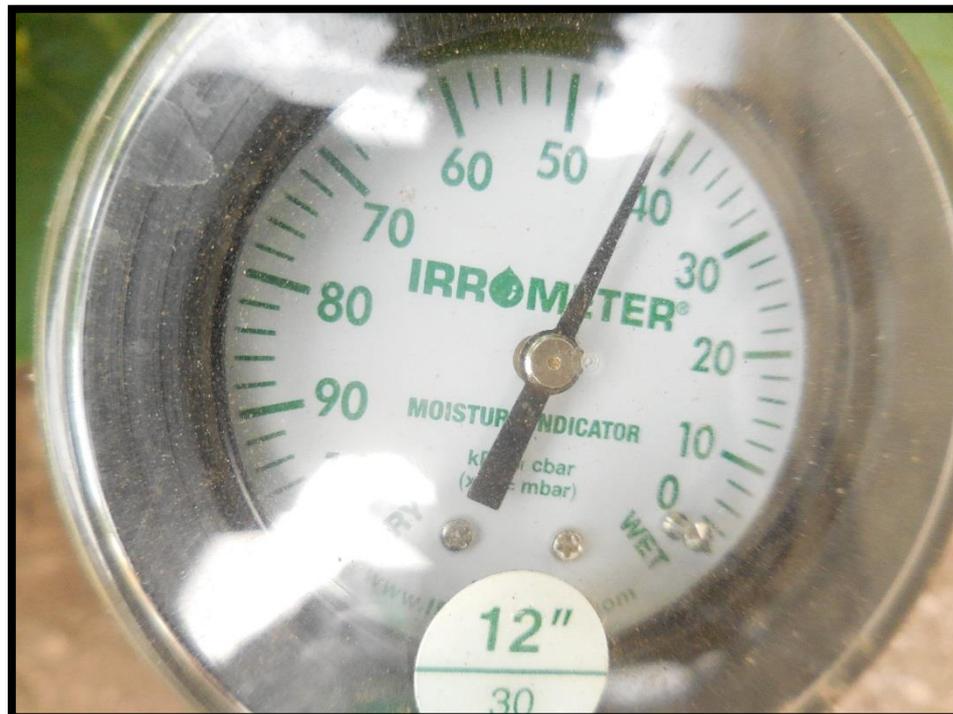


Figura 20. El vacuómetro marcando 43 Kpa



Figura 21. Tercera etapa fenológica (floración)



Figura 22. Floración



Figura 23. Fructificación. Parcela 3 (40 Kpa)



Figura 24. Fructificación parcela 2 (25 Kpa)



Figura 25. Fructificación parcela 1 (15 Kpa)



Figura 26. Frutos de las diferentes parcelas del experimento

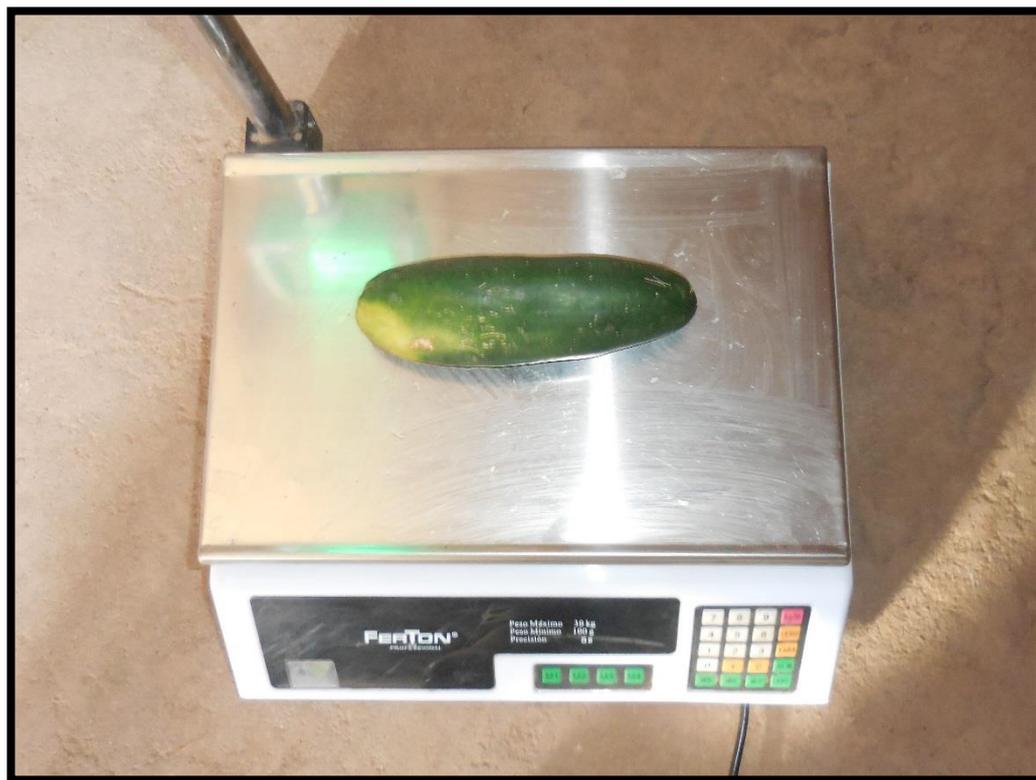


Figura 27. Peso de los frutos en una balanza electrónica



Figura 28. Peso de los frutos en una balanza electrónica

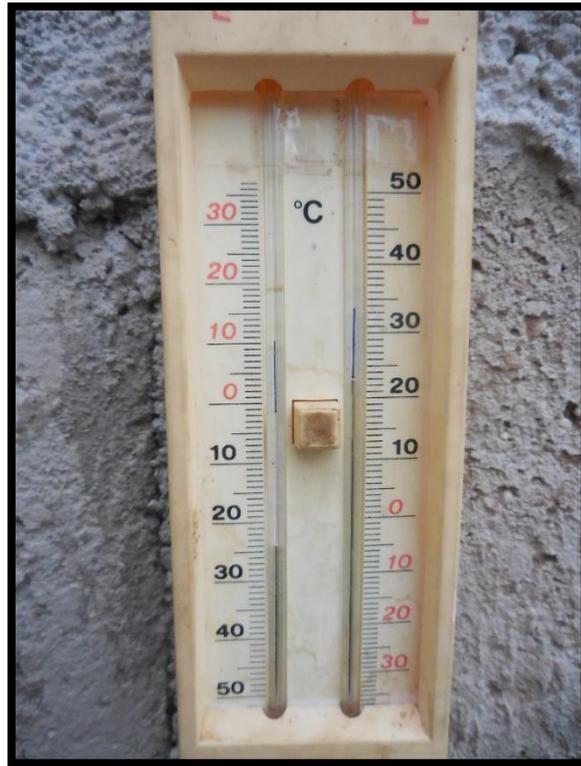
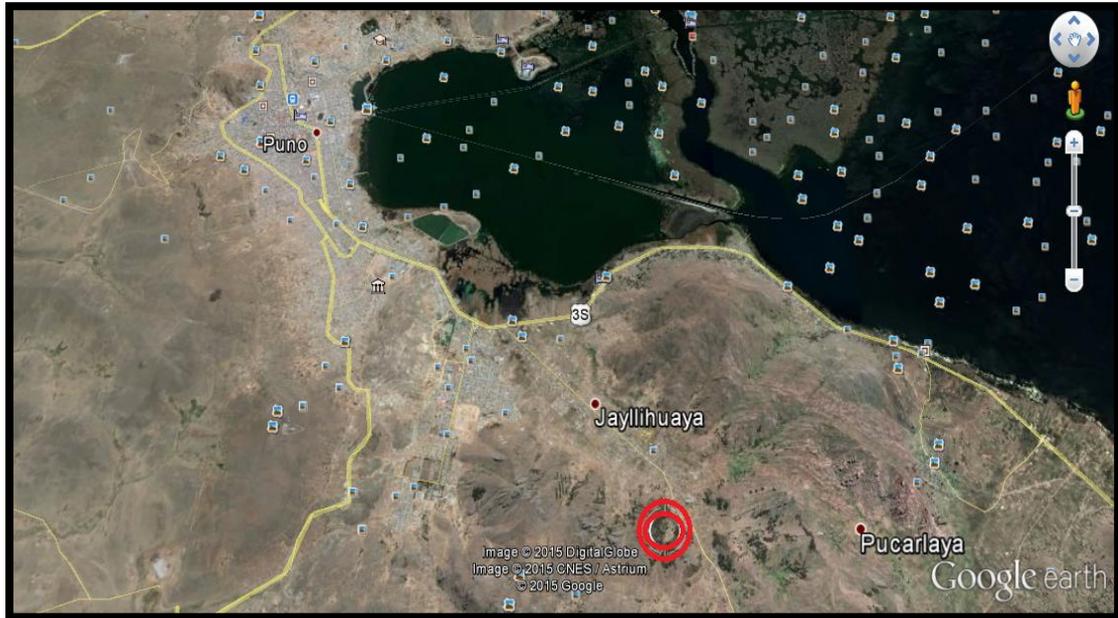


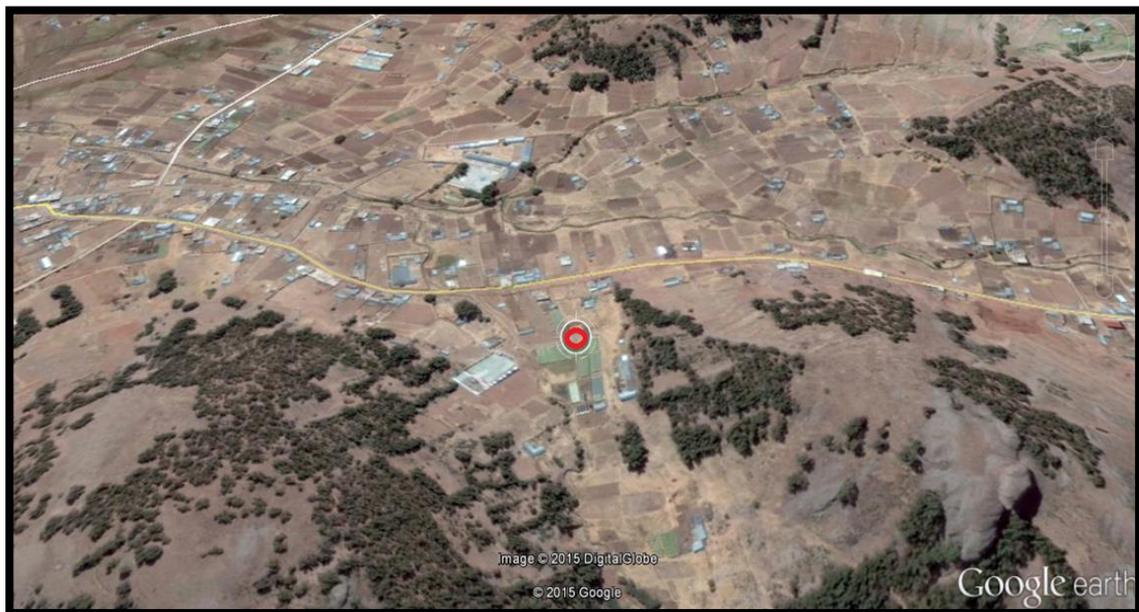
Figura 29. Termómetro utilizado en el invernadero



Figura 30. Higrómetro utilizado en el invernadero



Ubicación del experimento Jayllihuaya- Puno mediante Google earth



Ubicación más cercana del experimento Jayllihuaya - Puno

ANÁLISIS DE AGUA



MINISTERIO DE AGRICULTURA
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
 SERVICIO NACIONAL DE LABORATORIOS
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 ANEXO SALCEDO
 Of. Principal: Av La Molina 1981 - La Molina Lima



CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: 1149
Fecha de Entrada: 17 de Febrero del 2016
Fecha de Certificación: 19 de Febrero del 2016
Sistema de Riego:

Localización: Invernaderos Jayllihuaya. William Abel Chino Chino.

Determinaciones		
pH	7,59	
C.E.	0,226	25°(mS/cm)
Sales Totales	86,00	(mg/l)
Dureza Total	17,49	CaCO ³ (G.H.F.)
Alcalinidad total	2900,00	CaCO ³
R.A.S.	0,21	
S.C.R.	2,60	
Índice de Scott		
Boro		(ppm)
CATIONES	meq/l	mg/l
Calcio	1,90	38,07
Magnesio	1,60	19,36
Potasio	0,36	14,07
Sodio	0,29	6,67
TOTAL	4,15	
ANIONES	meq/l	mg/l
Cloruros	0,20	7,09
Sulfatos	1,12	53,79
Carbonatos	0,00	0,00
Bicarbonatos	2,90	176,92
TOTAL	4,22	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH					
C.E.					
Sales Totales					
Dureza Total					
R.A.S.					
S.C.R.					
Índice de Scott					
Boro					
Sodio					
Nitratos					
Cloruros					

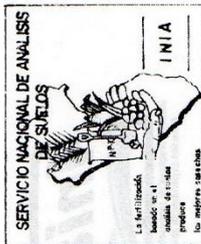
Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos	1,70	105,40

Clasificación Riverside : C1S1
R.A.S.: Aguas de buena calidad aptas para el riego
S.C.R.: Agua poco Recomendable a Aceptable
Tipo de Agua: Semi Blanda
Diagnóstico y Recomendaciones: Agua de Buena a Admisible

INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 Ing° JORGE CANILAJA ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO

www.inia.gob.pe
 Rinconada de Salcedo s/n
 Puno. Puno. Perú
 T: (051)363-812

ANALISIS DE SUELOS



MINISTERIO DE AGRICULTURA
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA-INIA
 LABORATORIO DE ANALISIS
 ESTACION EXPERIMENTAL: AGRARIA ILLPA - PUNO
 ANEXO SALCEDO
 Of. Principal: Av La Molina 1981 - La Molina Lima



Instituto Nacional de Innovación Agraria
 Estación Experimental Illpa - Puno

ANALISIS DE FERTILIDAD N° 30311-2016

Nombre : William Abel Chino Chino

Fecha de Recepción : 17 de Febrero del 2016.

Fecha de Certificación : 22 de Febrero del 2016.

Cod. Lab.	COD. USUARIO	ANALISIS MECANICO			N %	P (ppm)	K (ppm)	Suelo: Agua 1:2.5		M.O. %	Al (meq/100 gr)	CO ₃ Ca %
		Arena %	Arcilla %	Limo %				Textura	pH			
30211	M1 Jallihuaya Invernaderos.	61	9	30	FA	146,03	10,00	6,87	0,452	1,29	0,00	0,00

Referencias:

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. T= TRAZAS

Observaciones: (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



ING. JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Analistas
 SALCEDO

Los resultados son aplicables a estas muestras.

Rinconada de Salcedo s/n
 Puno, Puno, Perú
 T: (051) 363-812

www.inia.gob.pe

TEMPERATURA ENERO Y FEBRERO 2016

Estación : PUNO , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PUNO Provincia : PUNO Distrito : PUNO Ir : 2016-01 ▾
 Latitud : 15° 49' 34.5" Longitud : 70° 0' 43.5" Altitud : 3812

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Ene-2016	17.8	5.6	11.4	17	11	8	11.4	7.2	0	0	E	4
02-Ene-2016	17.8	4.2	11.8	16.8	10	7.6	11	8	0	-888	E	4
03-Ene-2016	18.2	6.2	10	17.2	11.6	7.4	12.6	8.2	0	0	E	4
04-Ene-2016	19.8	5	10.6	18.2	12.8	7.4	12.8	9	0	0	E	4
05-Ene-2016	18.4	6.2	10	17.6	10.4	8	12	7.6	0	.2	E	4
06-Ene-2016	18.6	6.4	10.4	18	10.6	7.6	12	7.2	0	0	E	4
07-Ene-2016	16.6	5.4	7	16	10	6	11.4	7.6	5.6	0	E	4
08-Ene-2016	16.8	5.2	11.6	16.4	9.8	6.6	11.6	7.6	0	.8	E	4
09-Ene-2016	18	9	11.4	17	10.4	7.6	12.2	8.2	0	1.5	E	4
10-Ene-2016	17.6	5.6	11	17	11	7	11.4	8	0	0	E	4
11-Ene-2016	16.8	7.8	11.8	16	10.6	8	10.8	8.6	2.4	0	E	4
12-Ene-2016	17	6.4	8	16.6	8.6	5.8	11	7	11.2	0	E	4
13-Ene-2016	18	6.8	8.8	17.2	9	7	10.6	7.4	.2	10.8	E	4
14-Ene-2016	17.8	4	9	17.4	13.4	5.6	11.6	9	0	0	SE	4
15-Ene-2016	18.8	5.6	8.6	18	12.4	5	12.2	10	0	0	E	4
16-Ene-2016	18.6	5.6	10	18.4	11.8	7.8	12.2	9.6	15.2	0	E	4
17-Ene-2016	16.4	6.6	8	15.2	12	7	10	9.6	.8	0	E	3
18-Ene-2016	16.6	8.2	9.6	15.6	10	7.6	9.8	8.2	.7	1.2	E	3
19-Ene-2016	14.6	8	9.6	12.8	10.4	7.8	10.2	7.8	14	0	E	4
20-Ene-2016	17.8	7.8	8.4	17	10.2	7.8	11.4	7.6	7.5	.8	E	4
21-Ene-2016	19	8.4	10.2	18.2	12.6	8.6	12.6	9.6	0	0	E	4
22-Ene-2016	19.2	7.2	10.4	18.4	12.8	7	11.8	9.6	0	0	E	4
23-Ene-2016	18.6	7	8.3	18.2	12.6	7	12.6	9.4	0	0	E	4
24-Ene-2016	19.8	7	9.6	18.8	13.8	7.2	13	9	0	0	E	4
25-Ene-2016	20.4	7.2	11.8	20	11	7.6	11.4	8.8	0	0	SE	5
26-Ene-2016	16.6	7.4	10.6	16	12.4	7.4	11.4	9.6	0	0	E	5
27-Ene-2016	18.8	6.2	10.8	18.6	13	7	13.2	9.8	0	0	E	5
28-Ene-2016	16.8	9	11	16.4	12.6	8	11	9.8	1.3	0	E	4
29-Ene-2016	18.8	8.6	9.8	18.4	13.6	9	11.4	9.6	0	0	E	4
30-Ene-2016	18.2	6.2	11	17.6	11.4	8.6	13	9	0	.1	E	4
31-Ene-2016	16.8	7.8	10.2	16	11.4	8.6	11.4	9	0	0	E	4

Estación : PUNO , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PUNO Provincia : PUNO Distrito : PUNO Ir : 2016-02 ▾
 Latitud : 15° 49' 34.5" Longitud : 70° 0' 43.5" Altitud : 3812

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Feb-2016	16	6.8	8	14.8	8.8	7	11.4	7.8	4.6	.4	E	4
02-Feb-2016	16.2	7	8.4	15.4	8	7.2	10.8	7.4	4.7	4.5	E	4
03-Feb-2016	16.4	6.6	8	15.6	8.8	7.4	10.4	7.6	.8	-888	E	4
04-Feb-2016	18.4	4	8	17.8	11.6	7.6	11.4	9.6	0	.1	E	4
05-Feb-2016	18.4	5.2	7.8	18	12.8	5	12.6	10	0	0	E	4
06-Feb-2016	14.6	7	8.6	14	9.6	7.6	10	8.6	2.1	4.2	E	5
07-Feb-2016	15.2	8.2	9.4	14.8	8	8.2	10.6	7.2	4	6.5	E	4
08-Feb-2016	17.2	7.8	9.4	17	7.8	8	12	7.2	0	7.2	E	4
09-Feb-2016	16.6	7.6	8.2	16	10.4	7.8	10.8	8.2	4.6	.8	E	4
10-Feb-2016	16.4	7	7.4	16	7.8	6.8	10.4	7	8.4	0	E	4
11-Feb-2016	16.8	7.4	7.6	16.2	9	7	11	8.2	22.1	.2	E	3
12-Feb-2016	16.6	7	7.4	16	10.2	7	11.2	8.4	12	1.2	E	3
13-Feb-2016	17.8	7.6	8.8	17	13.8	7.4	11.4	10	1.5	.6	E	3
14-Feb-2016	17.6	6.6	9.2	17.2	12.8	7.2	11.8	9.8	0	0	E	4
15-Feb-2016	18.2	7.2	12	17.6	13.2	8.8	12.2	10	0	0	E	4
16-Feb-2016	17	7.4	8.2	15.2	11	7.2	11.2	11	.1	0	E	4
17-Feb-2016	16.6	8	8.2	16.2	10.4	7.6	11.8	8.8	2	3.2	E	3
18-Feb-2016	17.2	8.2	10	16.4	11	8.4	11.8	9.6	0	2	E	4
19-Feb-2016	16.8	8	8.4	15.8	9.2	7.4	12	8	24.4	3.3	E	2
20-Feb-2016	16	7.4	9.6	15.8	10.8	8.2	11.8	9.6	2.2	0	E	5
21-Feb-2016	16.6	7.6	9	16.4	8.8	8	11.6	8	3.9	0	E	4
22-Feb-2016	15.2	7	8.6	13.6	11	8	11.8	9	8.8	0	E	4
23-Feb-2016	14.6	7.4	8	14	12.4	7.4	10.8	10	6	0	E	3
24-Feb-2016	15.6	7.8	9.2	15	7.8	7.8	11.4	7.2	7.3	6.8	E	3
25-Feb-2016	14.2	6	6.6	10.4	10	6.2	9.8	9	30	4.2	E	3
26-Feb-2016	14	7.6	8.2	12.6	10.2	7.8	11.4	9	.8	3.7	E	3
27-Feb-2016	16.8	5	7.4	16.4	11.8	5	12.4	9	-888	0	E	4
28-Feb-2016	16.6	6.6	8.2	15	12.4	6.4	12.4	9.6	0	0	E	4
29-Feb-2016	16.8	7.6	10.8	16	11.2	9	12.6	9.4	0	0	E	3

TEMPERATURAS MARZO Y ABRIL

Estación : PUNO , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PUNO Provincia : PUNO Distrito : PUNO Ir : 2016-03 ▾
 Latitud : 15° 49' 34.5" Longitud : 70° 0' 43.5" Altitud : 3812

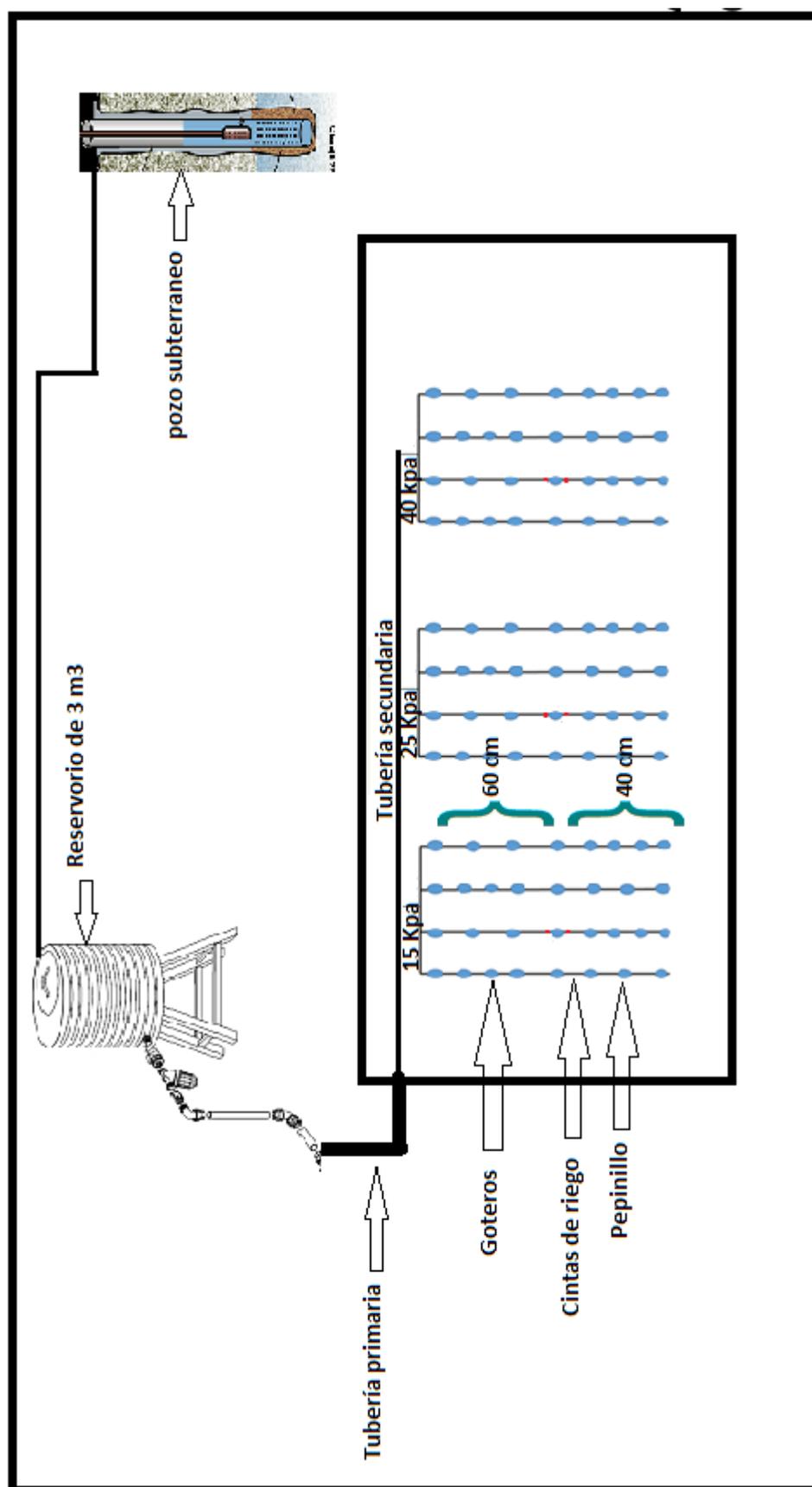
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Mar-2016	17.8	6.8	8.6	17	13.6	7.4	12.8	10	8	0	E	4
02-Mar-2016	16.6	8	9.2	16.2	12.6	6.6	11.8	9.8	0	1.4	E	4
03-Mar-2016	18.2	6	9.6	16.6	13	7.6	12.8	9.2	0	0	E	4
04-Mar-2016	18	8.4	9	17.4	13.6	8.2	12.6	9.8	0	0	E	4
05-Mar-2016	18.4	7.4	10	17.6	14.2	8.2	12.8	9.4	0	0	E	4
06-Mar-2016	18	7.2	8.6	17	13.8	7	13	9.8	0	0	E	4
07-Mar-2016	17.8	6.6	7.6	17	13.2	6.4	12.6	9.6	0	0	SE	4
08-Mar-2016	18.2	8.8	10	17.2	9	8.6	12.8	8.2	2	1.8	E	4
09-Mar-2016	17.4	6.2	9.4	16.6	10.8	8.2	13	9.2	3	1.2	E	4
10-Mar-2016	15.2	7.6	7.8	15	11	7.2	11.4	9	0	0	C	
11-Mar-2016	18	6	8.4	17.6	14.4	7	12.8	9.8	0	0	E	4
12-Mar-2016	16.8	7.2	10.2	16.4	11	8	12.8	9.4	0	0	E	4
13-Mar-2016	17.2	7	9.4	16.6	14	7.2	11	10	0	0	E	4
14-Mar-2016	17.4	6.4	9.2	16.8	12.8	8	12.8	9.8	0	0	NE	3
15-Mar-2016	17.2	7	8.4	16.8	12.2	7.2	12.6	9.6	2	0	E	4
16-Mar-2016	16.8	6.6	10	16	13.2	8	10.4	9.8	0	0	E	5
17-Mar-2016	17.4	6.8	7.6	16.6	12.8	6.6	11.4	9.4	0	0	E	4
18-Mar-2016	17.2	7	9.2	16.6	13.4	7	12.6	9.4	0	0	E	4
19-Mar-2016	17.4	7	8	16.4	12.8	7.8	12	9.8	0	0	E	4
20-Mar-2016	17	6.4	7.6	16.6	12.6	6	10.8	9.4	0	0	E	4
21-Mar-2016	18.6	7.6	9.6	18.2	13.8	8	12	10	0	0	E	4
22-Mar-2016	18.8	7.4	9.2	18.2	13.4	7	12.8	10.8	0	0	E	5
23-Mar-2016	17.2	8.4	10	16	13	7.8	10.2	10.2	0	.1	E	4
24-Mar-2016	18.8	5	7.6	18.2	13.4	4.8	10.6	9.6	0	0	E	4
25-Mar-2016	18.2	4.2	7	17.8	13.8	3.8	12	10	0	0	E	4
26-Mar-2016	19	5.2	8.2	18.2	13	4.6	12.8	9.8	0	0	E	4
27-Mar-2016	18.8	5.4	7.8	18	12.4	5	12	9	0	-888	E	4
28-Mar-2016	19.6	6.8	9.6	19.2	12.6	6.6	12.4	9.8	0	.1	E	6
29-Mar-2016	19.2	5.2	7.2	18.4	13.6	4	11	10	0	0	E	4
30-Mar-2016	17.8	6.2	8.6	17.4	12.8	6	12.6	9	0	0	E	4
31-Mar-2016	17.4	5.2	7.6	17	12.8	5	10.6	9.6	0	0	E	4

Estación : PUNO , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PUNO Provincia : PUNO Distrito : PUNO Ir : 2016-04 ▾
 Latitud : 15° 49' 34.5" Longitud : 70° 0' 43.5" Altitud : 3812

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Abr-2016	17.6	6.2	8.2	17	12.8	6	12.6	9	0	0	E	4
02-Abr-2016	18.2	5.8	9.4	17.8	13.2	5.6	10.6	9.4	0	0	E	4
03-Abr-2016	18	6.2	8.8	17.6	13.4	6	10.2	9.6	0	0	E	4
04-Abr-2016	18.4	6	8	17.4	13.4	5.6	12.2	9.9	0	0	E	4
05-Abr-2016	15.6	7.2	8.6	15.2	10.8	7	9.8	8.8	.2	0	SE	2
06-Abr-2016	15	6	7.4	14.4	10.6	6.4	10	8.8	-888	0	E	4
07-Abr-2016	17.6	7	8.4	17	7.6	7.2	11	7	0	1.2	SE	3
08-Abr-2016	17.4	5.4	6.4	16.4	7.2	5.2	10.8	6.8	4.6	5.1	E	4
09-Abr-2016	14.4	5.2	7.2	14	9.6	5.2	10	8	11.7	0	E	4
10-Abr-2016	16.2	5.2	8.6	15.6	10	6	10.2	7.2	0	.3	E	4
11-Abr-2016	15.8	7.8	8.6	15.2	9.4	7	10.6	8.6	1.3	1.8	E	4
12-Abr-2016	16.4	6.4	7.4	15.6	10.4	6.6	10.8	8	4.7	0	E	4
13-Abr-2016	16	4.2	6	15.8	11	4	10.6	9.4	0	0	E	4
14-Abr-2016	16.2	4	5.6	15.4	12	3.6	10.6	8.4	0	0	E	4
15-Abr-2016	16.4	5	7.6	15.8	11.8	5.4	10	8.6	0	0	E	4
16-Abr-2016	14.6	6.4	8	14.4	11.4	6	10	10	0	.5	E	4
17-Abr-2016	17	6.2	7	16.2	10.6	6	10.8	8.8	11	0	E	4
18-Abr-2016	14.8	6.6	7.6	14.6	10.6	6.4	10.8	8.8	2.5	.1	E	4
19-Abr-2016	11.2	6.2	7.4	10	7.2	6.4	8.6	6.8	.6	11.8	E	3
20-Abr-2016	13.8	3.6	5.6	13.6	10	4.2	10.4	8	0	0	E	4
21-Abr-2016	16.6	5	6	16.2	10.4	4.6	9.6	7.8	0	0	E	3
22-Abr-2016	14.4	6.2	8.2	14	9.8	6.2	10	6.4	.1	0	E	4
23-Abr-2016	16.4	2.8	5.4	16	8.8	3	8.6	6	0	0	E	4
24-Abr-2016	15.4	2.4	5.4	15	9	1	9	5	0	0	E	4
25-Abr-2016	16.2	1.2	4	15.6	9.2	1.4	8.8	5.2	0	0	E	4
26-Abr-2016	16.6	1.8	4.2	15.2	8.8	1.6	8	4.8	0	0	NW	5
27-Abr-2016	17.4	1.6	4.2	17	9.2		10	5	0	0	E	4
28-Abr-2016	17.6	1.8	4.4	16.4	9	2	8	5.2	0	0	E	4
29-Abr-2016	17.2	3.4	6.2	16	8.6	3	8.4	4.6	0	0	E	4
30-Abr-2016	17.6	3.2	5.2	17	10.4	2	8.8	6.4	0	0	SE	5

CROQUIS DEL EXPERIMENTO



Croquis del sistema de riego por goteo en el campo experimental (invernadero)