

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Agronomía



**EFFECTO DE LA LÁMINA DE AGUA Y LA FRECUENCIA DEL
RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL CULTIVO DE MANZANILLA
(*Matricaria chamomilla*, L.) EN LA LOCALIDAD DE
LAPARPAMPA- CAJAMARCA.**

TESIS

**Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por el Bachiller:
Manuel Humberto Escalante Ortiz**

**Asesores:
Ing. José Lizandro Silva Mego
Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas**

Cajamarca - Perú

2014

DEDICATORIA

*Gracias a estas personas muy importantes en mi vida,
que siempre estuvieron presentes para brindarme toda su
ayuda, su amor, su comprensión, su paciencia, sus
consejos y todo su apoyo incondicional.*

Con todo mi cariño esta tesis se las dedico a ustedes:

Papá: Humberto Pio (a tu memoria)

Mamá: Cristina

A mis hermanas: Lucia, Liliana y Kelly.

A mi esposa Anita Milagros

*Y a mis hijos: Manuel Alejandro y Nathalie Francesca
quienes son mi motivo y mi inspiración.*

,

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

A la ONG Instituto Cuencas, al Programa de Desarrollo Rural Sostenible GTZ y al SENAMHI – Cajamarca representados por los Ingenieros: Antenor Florindez, Mirrella Gallardo y Julio Urbiola; que con su apoyo hicieron realidad el desarrollo del presente trabajo de Investigación.

A los ingenieros. José Lizandro Silva Mego e Hipólito de la Cruz Rojas, que en forma desinteresada me brindaron su valioso esfuerzo y orientación, en el asesoramiento del presente trabajo de investigación.

A todos mis maestros de la Facultad de Ciencias Agrarias que me brindaron su paciencia y sus conocimientos que lograron contribuir en mi formación profesional.

EL AUTOR

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el caserío de Laparpampa, distrito de Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca, el campo experimental se ubica entre las coordenadas 17M 9 217 906 y UTM 782596 a una altitud de 3 240 m. con la finalidad de determinar la lámina de riego por aspersión en el cultivo de manzanilla entre los meses de agosto a diciembre del 2008 que es la época de déficit hídrico en estas zonas de ladera, empleando el diseño de Bloques completos al azar, con 03 tratamientos y 03 repeticiones, el tratamiento T1: Riego controlado según la humedad del suelo, para ello se utilizaron tensiómetros; el tratamiento T2: Riego teórico, que se realizó de acuerdo a los cálculos del requerimiento hídrico, la lámina teórica de riego, la frecuencia y tiempo de riego; obteniéndose una programación de riego en cada fase del periodo vegetativo del cultivo (fase de desarrollo y media estación) y el tratamiento T3: Testigo, que fue realizado por el agricultor en función a sus criterios lo cual depende mucho de las condiciones climáticas y de la disponibilidad de agua que tiene el predio. Los riegos se han aplicado cuando la lectura promedio de la humedad del suelo nos indicó 21.73 cB para el T1, 12.65 cB para el T2 y 25.40 cB para el T3. La mayor eficiencia en el uso de agua para riego se da con el tratamiento T1, donde se ha utilizado un volumen de agua de 4 316.36 m³ ha⁻¹, con una frecuencia media de riego de 6.55 días y se obtuvo un rendimiento de 14.02 t ha⁻¹, seguido del T2 con un volumen de 6 000.75 m³ ha⁻¹, la frecuencia de riego de 4.05 días y un rendimiento de 9.45 t ha⁻¹ y en el T3 se utilizó 3 757.25 m³ ha⁻¹, la frecuencia de riego de 16.75 días y se obtuvo un rendimiento de 7.86 t ha⁻¹ y. las demás variables de evaluación como la altura de planta, número de brotes y número de inflorescencias también fueron mayores en el tratamiento T1.

Palabra clave: Riego, manzanilla, tensiómetro.

ABSTRACT

The present research Work i was held in the village of Laparpampa, District of Baños del Inca, province and department of Cajamarca, the experimental field is located between the coordinates 17M 9,217,906 and 782,596 UTM to altitude of 3240 m. in order to determine with purpose sheet sprinkler irrigation in crop Chamomile in Between the months of august to december 2008 being from La era water deficit areas slope using the design of randomized complete blocks, with 03 treatments and 03 repetitions, Treatment T1: according to the soil moisture para yes they used tensiometers this controlled irrigation; T2 Treatment: Irrigation theory, which was made of an agreement the water requirement calculations, theoretical print irrigation, irrigation frequency and time; obtaining a watering schedule in each phase of vegetative period crop (phase development and media station) and Treatment T3 witness, was that realization by the farmer in a function your criteria which depends on the lot on weather conditions and the availability of water having the property. The risks have applied themselves to reading the average when Soil Moisture 21.73 cB for T1, T2 12.65 cB and 25.40 cB to T3. The mayor in efficiency of irrigation water BSG does give with treatment T1, where has itself used water volume 4 316,36 m³ ha⁻¹, With a half frequency watering 6.55 days and yes obtained performance des of 14.02 t ha⁻¹, followed T2 air volume of 6 000.75 m³ ha⁻¹ , the frequency of watering performance 4.05 days and 9.45 t ha⁻¹ and T3 did use 3 757.25 m³ ha⁻¹, the irrigation frequency of 16.75 days and yes obtained performance 7.86 t ha⁻¹. The other rating variables as plant height, number of shoots and number of inflorescences also were higher in treatment T1.

Keywords: Irrigation, chamomile, tensiometer.

INDICE

CONTENIDO	PÁGINA
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2.1. Perspectivas del uso del agua.....	8
2.2. El agua en el suelo.....	8
2.3. Generalidades del Riego.....	13
2.2. Sistemas de riego por aspersión.....	17
2.3. Generalidades del cultivo de la manzanilla.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Características del campo experimental.....	22
3.2. Datos pluviométricos durante la conducción del experimento.....	22
3.3. Materiales y equipos.....	23
3.4. Diseño experimental.....	24
3.5. Conducción del experimento.....	27
3.6. Evaluaciones realizadas.....	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	43
4.1. Recopilación y tratamiento de la información de campo.....	43
4.2. Análisis Estadístico de los tratamientos en estudio.....	47
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones.....	58
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	59
VII. ANEXOS.....	61
Anexo 01. Registros de la información de campo.....	61
Anexo 02. Ficha técnica del tensiómetro utilizado.....	69
Anexo 03. Resultados de las evaluaciones realizadas.....	71

I. INTRODUCCIÓN

Frente a la necesidad de alimentar a una población en constante crecimiento, la agricultura actual, requiere ser técnica, económica y eficiente en el manejo del agua; su carácter de factor limitante de la producción agrícola hace que, actualmente, se intente obtener la mayor producción por cantidad de agua utilizada, buscando la máxima eficiencia en su uso y evitando su despilfarro.

Nuestra región Cajamarca podría desarrollar a gran escala cultivos de plantas medicinales y aromáticas de uso industrial las que en la actualidad tienen una gran demanda nacional e internacional, entre las que destaca la manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.). Muchos agricultores de las zonas de ladera de Cajamarca la están cultivando, en sus esfuerzos de conseguir mayores ingresos económicos para sus familias. Además estos agricultores se encuentran muy preocupados por el recurso agua que en determinadas épocas del año es escaso por lo que se ha hecho importante optar para el riego de este cultivo el sistema de riego por aspersión.

Este sistema de riego viene siendo utilizado por los agricultores de la zona de ladera de manera empírica y sin contar con recomendaciones técnicas adecuadas para su óptima utilización debido a que desconocen la lámina óptima de agua y la frecuencia con la que deben regar el cultivo de manzanilla.

Esta investigación nos ha permitido determinar la lámina de riego por aspersión en el cultivo de manzanilla, teniendo en cuenta la humedad del suelo y las condiciones climatológicas de la zona, por lo que se ha logrado realizar un adecuado manejo del riego por aspersión, lo que repercute en un mejor desarrollo del cultivo y a la vez la obtención de mayores rendimientos y calidad en la cosecha. Con los resultados se podrá concientizar al agricultor a manejar adecuadamente las cantidades de agua utilizadas en el riego por aspersión. Es por ello que el presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

- Determinar la lámina de riego por aspersión para obtener una buena producción de manzanilla.

- Determinar los requerimientos hídricos del cultivo de manzanilla para la zona agroecológica, en función a su fenología y al tipo de suelo.
- Obtener recomendaciones para el buen manejo del agua en el riego por aspersión en zonas de ladera.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Perspectivas del uso del agua.

Castañón (2000) Menciona que ante la limitación de las reservas existentes y el agotamiento progresivo del recurso agua, muchas veces mal gestionado, frente a las demandas crecientes, lo que ha dado lugar a que el consejo de la Unión Europea haya redactado la carta europea del agua, cuyo segundo principio dice textualmente: "los recursos en agua dulce no son inagotables. Es imprescindible preservarlos, controlarlos y si es posible acrecentarlos". Actualmente con demasiada lentitud, comienza una concientización de este grave problema, empezándose a hablar de la necesidad de una gestión racional del agua. También se empieza a considerar que el riego debe de permitir el desarrollo de una agricultura especializada.

El 97 % de los suelos agrícolas del departamento están localizados en ladera, caracterizados por su bajo espesor (15 a 20 cm) y alta vulnerabilidad a la erosión hídrica por lo que es necesario manejar adecuadamente el agua principalmente mediante riego por aspersión. En la Sierra peruana se han reportado pérdidas de más de 20 toneladas métricas de suelo por hectárea por año, aún en zonas de moderada pendiente (25%). Además, el clima del departamento se caracteriza por su gran variabilidad climática así como por la existencia de una multiplicidad de microclimas. Estos factores hacen que la agricultura de montaña – tan importante en la Sierra – se desarrolla en condiciones de suma fragilidad y de alto riesgo. (Felipe, 2002).

2.2. El agua en el suelo.

Castañón (2000) menciona que un suelo puede contener cantidades variables de agua, comprendidas entre unos límites que van desde el encharcamiento total o suelo saturado hasta la desecación casi completa. El suelo constituye una especie de reservorio, medio en el cual las raíces de las plantas extraen agua a fin de abastecerse para su crecimiento y para el proceso de evapotranspiración que esto implica.

2.2.1. Humedad del suelo

Olarte (2003) afirma que el contenido de humedad de un suelo depende de muchos factores y dentro de ellos básicamente de sus propiedades físicas tales como la capacidad de retención y del tipo de fuerza física que la retiene. De acuerdo a la

cantidad de agua presente en el suelo, este adoptara diferentes nombres y presenta diferentes estados:

a. Estado de Saturación

Cuando el agua ocupa todos los poros del suelo (microporos y macroporos), desplazando todo el aire del suelo, esta situación ocurre en circunstancias de inundación permanente o inmediatamente después de un riego pesado o una lluvia intensa. Cuando se llega a este estado se dice que el suelo está 100 % de contenido de humedad. (Olarate, 2003).

b. Capacidad de campo (CC)

Olarate (2003). Menciona que este estado se produce cuando el suelo retiene todavía una máxima cantidad de agua en los microporos, a la vez de haberse recuperado espacio de aire en los macroporos. Es decir, en esta situación el suelo está totalmente mojado pero no saturado. Estando en capacidad de campo, el agua se queda “colgada” en el suelo después de haberse drenado prácticamente todo exceso de agua gravitacional.

c. Punto de marchitez permanente (PMP)

La humedad del suelo entra en estado de marchitez permanente, cuando la cantidad de agua retenida es tan poca que no puede ser aprovechada por las raíces de las plantas, ocasionando un marchitamiento irreversible de las hojas y muerte de las mismas. (Olarate, 2003).

d. Humedad disponible (HD)

La humedad disponible es el agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (Soto, 2002).

Olarate (2003) menciona que para fines de riego la capacidad de campo y el punto de marchites se determina con el método de la textura. Así mismo cita a Fuentes Yague, quien sostiene que la capacidad de campo lo determina con la siguiente ecuación: $CC = 0.48 Ac + 0.162 Li + 0.023 Ar + 2.62$. También cita a Gardner quien plantea la siguiente ecuación para calcular el punto de marchites: $PMP = 0.57 Ac + 0.21 Li + 0.01 Ar$. La tabla 01, elaborada por la FAO, presenta algunas referencias respecto a los estados de humedad para diferentes tipos de suelo.

Tabla 01. Índices de contenido de humedad en el suelo

Tipo de suelo (clasificación de la textura del suelo del USDA)	Características de la humedad del suelo		
	CC (%)	PMP (%)	HD (%)
Arenoso	7 - 17	2 - 7	5 - 11
Arenoso Franco	11 - 19	3 - 10	06 - 12
Franco Arenoso	18 - 28	6 - 16	11 - 15
Franco	20 - 30	7 - 17	13 - 18
Franco Limoso	22 - 36	9 - 21	13 - 19
Limoso	28 - 36	12 - 22	16 - 20
Franco Arcillo Limoso	30 - 37	17 - 24	13 - 18
Arcilloso Limoso	30 - 42	17 - 29	13 - 19
Arcilloso	32 - 40	20 - 24	12 - 20

Fuente: FAO, publicación 56

2.2.2. Medidores de humedad en los suelos

Los instrumentos que miden la humedad del suelo son: tensiómetros, bloques de yeso, sonda de neutrones, psicómetro y sistemas electrónicos (Castañón, 2000).

Tensiómetro

Gurovich (1999) menciona que el tensiómetro tiene hoy en día una gran aceptación como instrumento práctico para medir la humedad del suelo. Y consiste en una capsula porosa de material cerámico, conectada mediante un tubo a un manómetro, llenándose todas las partes con agua. Cuando el tensiómetro es instalado en un suelo seco, la tensión de humedad que ejerce el suelo se transmite a través de los poros de la cerámica (el suelo "trata" de "quitarle" agua al tensiómetro) y se produce un vacío dentro del cuerpo del instrumento. Entre más seco esté el suelo, más vacío se produce dentro del tensiómetro. Cuando se aplica un riego, ocurre el fenómeno contrario y el vacío dentro del cuerpo del instrumento disminuye. Las unidades que se utilizan en tensiometría son los centibares (cB), es decir la centésima parte de un Bar. 760mm de Hg. son equivalentes a 1 Atmósfera (Atm) y a 1.013 Bares (B). 1cB es equivalente a 7.5002 mm de Hg.

Normalmente se aconseja instalar los tensiómetros en la zona donde la planta reciba el sol de la tarde. El sitio no debe estar cubierto por las ramas de las plantas ni debe ser un punto bajo donde se acumula el agua de escorrentía. Tampoco debe colocarse cerca de los aspersores si éstos son permanentes y en el caso de sistemas de riego portátiles, debe evitarse la instalación de éstos muy cerca de las estaciones de tensiómetro o de la línea de riego. (www.ece.uprm.edu/~m_goyal/home.htm).

El tiempo más apropiado para leer el tensiómetro es temprano en la mañana. A ésta hora el movimiento de agua en el suelo y hacia la planta es insignificante ya que existe un estado de equilibrio. Las lecturas se deben tomar a la misma hora todos los días. La frecuencia de las lecturas depende de la cosecha, suelo, clima y método de riego. El uso del tensiómetro es más eficiente cuando los datos se anotan o trazan diariamente en un papel de gráfica. La curva que se obtiene describe la tendencia del consumo de agua utilizada por la planta. Para ajustar el riego basándose en las lecturas del tensiómetro es importante conocer el tipo de suelo que se tenga. Diferentes suelos difieren en su capacidad de absorber y retener agua por lo que varían en sus requisitos de agua para llegar a capacidad de campo (www.ece.uprm.edu/~m_goyal/home.htm).

Interpretación de las lecturas del tensiómetro.

Cerca de saturado (0 – 10 cB): El suelo permanece cerca de saturado el día que se aplica riego y hasta los dos días siguientes. Si la lectura baja persiste puede ser que el suelo esté inundado, haya un nivel freático alto, pobre aireación en el suelo o el tensiómetro puede estar roto.

Capacidad de campo (11 – 20 cB): El riego debe discontinuarse en este intervalo para evitar pérdida por percolación y lavado de nutrimentos bajo la zona de raíces. Los suelos arenosos estarán a capacidad de campo en el rango más bajo mientras que el rango más alto estarán los suelos arcillosos.

Intervalo de riego (30 – 60 cB): Intervalo usual para comenzar a regar. En este rango el suelo está aireado. En general, en suelos arenosos, el riego se aplica con lectura de 30 a 40 cB. Usualmente en suelos limosos, el riego comienza con lecturas de 40 a 50. En suelos arcillosos el riego usualmente se aplicará en el rango de 50 a 60. Comenzando el riego a estos intervalos se asegura agua disponible en el suelo.

Seco (60 – 70 cB): Este es el intervalo de estrés. Sin embargo, el cultivo no necesariamente es dañado o el rendimiento reducido. En algunos suelos el agua está disponible a la planta pero no se obtiene el máximo rendimiento.

Tensión rompe (80 cB): Este es el límite de precisión del tensiómetro. Lecturas sobre 80 son posibles pero la tensión rompe la columna de agua entre 80 y 85 cB (www.ece.uprm.edu/~m_goyal/home.htm).

Limitaciones del tensiómetro

El tensiómetro es un instrumento lleno de agua y por ello está limitado por las propiedades físicas del agua misma. El indicador de vacío o succión indica la diferencia en presión entre la existente dentro del tubo y la presión fuera del mismo, la cual estará determinada por la presión atmosférica. El límite de operación de la mayoría de los tensiómetros es de aproximadamente 80 cB, a nivel del mar. Por cada 300 metros de aumento en elevación sobre el nivel del mar, la presión atmosférica decae aproximadamente 3.5 cB ó 26.6 milímetros de mercurio. Una lectura de 80 cB en un tensiómetro al nivel del mar equivale a 62.5 cB a 1,500 metros de elevación: $[(3.5/300 \times 1500 = 17.5), \text{ y } (-17.5 + 80 = 62.5)]$. (www.ece.uprm.edu/~m_goyal/home.htm).

2.2.3. Movimiento del agua en el suelo

Olarte (2003) menciona que para la aplicación de una cantidad determinada de agua al suelo es necesario conocer su velocidad de infiltración la cual viene a ser la relación entre lámina de agua infiltrada en suelo y el tiempo que demora en infiltrar dicha lámina; la cual varía de acuerdo a la clase textural del suelo, lo que permite elegir el tipo de emisor de riego a utilizar. La velocidad de infiltración varía con el tiempo: es elevada al inicio cuando el suelo está seco, y va disminuyendo a medida que se humedece, hasta saturarse. En ese punto la velocidad de infiltración se hace constante, tomando el nombre de infiltración básica; en la tabla 02, se presenta los datos de referencia sobre la velocidad de infiltración en distintos tipos de suelo.

Tabla 02. Velocidad de infiltración básica según textura de los suelos

Textura	Velocidad de infiltración básica (mm/hr)
Arcilloso, arcillo limoso, arcillo arenoso	2,5 – 7,5
Franco arcillo arenoso, franco arcilloso	6,5 – 19
Franco arenoso fino, franco, franco limoso	12,5 – 38
Franco arenoso	25 – 75
Arenoso franco	50 – 100
Arenoso	> 75

Fuente: XI Curso Internacional de Ingeniería de regadíos. España 1982. Basado en el USDA. Citado por W. Olarte / MASAL. Cusco. 2003

2.3. Generalidades del Riego.

2.3.1. Riego

García y Briones (1997) sostienen que el primer objetivo de la irrigación es suplir la humedad necesaria y puede ser realizada de varias formas. Sin embargo, sin importar el método de riego, el propósito de la irrigación es de reponer periódicamente el almacenamiento de humedad del suelo en la zona radical de la planta. Así mismo Olarte (2003) menciona que el riego es importante cuando las lluvias sean insuficientes para crear este ambiente de humedad para las plantas. Por su parte Castañón (2000) señala que para dimensionar un sistema de riego se deben plantear las siguientes preguntas: ¿Con cuánta agua regar?, ¿Cuándo regar? y ¿Cómo regar? (con qué método de riego).

Un suelo puede contener cantidades variables de agua, comprendidas entre unos límites que van desde el encharcamiento total o suelo saturado hasta la desecación casi completa. En el primer caso, si no hay aireación, las raíces no pueden desarrollarse, siendo necesario el drenaje. En el segundo caso es necesario el aporte de agua para que las plantas se desarrollen. Por esta razón, para estudiar y determinar el momento idóneo de riego es preferible conocer la fuerza con la que el suelo retiene el agua. En la estructura de cada suelo tiene una importancia primordial su fracción arcillosa, debido a las interacciones entre sus partículas y los demás componentes del mismo (Castañón, 2000).

Florindez (2011) señalan que el riego en la sierra toma dos conceptos nuevos; que La Sierra Peruana presenta dos estaciones de clima muy diferenciadas: una época lluviosa y una estación seca - de estiaje - con precipitaciones escasas. Este comportamiento climático determina una periodicidad agrícola en la cual durante la época húmeda se desarrolla la denominada “campaña grande” y en la época de estiaje la “campaña chica”. Teniendo en cuenta estas dos campañas agrícolas se distinguen dos tipos de riego según las épocas de aplicación:

a. Riego Complementario

Es el riego que se aplica en la campaña grande (octubre – abril) cuando en medio de una mayor presencia de lluvias se presentan periodos intermitentes de sequía llamados “veranillos”. Este tipo de riego se realiza con la finalidad de complementar el agua que aportan las lluvias, de tal manera que el cultivo en ningún

momento sufra de escasez de agua. Normalmente, los riegos complementarios en lo posible deben ser ligeros y frecuentes; los principales cultivos estacionales para la zona de la Sierra norte son: papa, oca, olluco, maíz, trigo, cebada, habas, chocho, lenteja, avena, hortalizas.

b. Riego Suplementario

Es el riego que se aplica en la campaña chica (mayo – setiembre), espacio de tiempo en el cual se presenta una fuerte escasez de agua de lluvia en la Sierra. En este periodo seco el riego suple casi totalmente la ausencia de precipitaciones, a fin de satisfacer la demanda de agua por parte de los cultivos. En otras palabras: en la estación de estiaje la producción de cultivos depende casi exclusivamente del agua de riego.

2.3.2. Requerimiento hídrico de los cultivos

Tarjuelo (1995) menciona que para el cálculo de las necesidades de agua por el cultivo pueden ser a base de experimentación local mediante fórmulas empíricas. Para el primer procedimiento suelen utilizarse Lisímetros Gravimétricos o de capa freática y los métodos empíricos evalúan la evapotranspiración en base a datos climáticos medidos y a otros factores.

Evapotranspiración del cultivo

La evapotranspiración real de un cultivo se calcula a partir de un parámetro de referencia denominado evapotranspiración potencial (ETP). Se define como la lámina de agua (en milímetros de espesor) consumida por un campo de gras verde y sano, en crecimiento activo, de altura uniforme (8 a 15 cm) y que cubra totalmente el suelo, sin presentarse ningún déficit de agua, la intensidad de la evapotranspiración potencial depende básicamente del clima; existen al menos cuatro métodos generalmente aceptados para calcular esa evapotranspiración potencial, a partir de determinados datos meteorológicos: los modelos de Hargreaves, Penman, Blaney-Criddle y Thornthwaite (Olarte, 2003).

Por otra parte Anten y Willet (2000) mencionan que existe una relación entre la intensidad de la evapotranspiración potencial en un determinado lugar y su altitud sobre el nivel del mar. Una estimación de esta variación para el caso del departamento de Cajamarca está presentada en la tabla 03.

Tabla 03. Valores estimados de la ETP para las condiciones de Cajamarca en función de la altitud sobre el nivel del mar

Altitud (m.)	Evapotranspiración potencial (ETP) mm día ⁻¹
1500	4,5
2500	3,5
3500	2,5

Fuente: Anten y Willet, 2000.

Soto (2002) indica que la evapotranspiración de un cultivo se obtiene mediante la fórmula siguiente:

$$ETc = ETP \times Kc$$

Dónde:

ETc = Evapotranspiración de cultivo, expresado en mm día⁻¹,

ETP = Evapotranspiración potencial o de referencia, en mm día⁻¹

Kc = Coeficiente del cultivo.

El valor del coeficiente del cultivo (Kc) depende de las características de la planta y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante sus cuatro fases del período vegetativo.

2.3.4. Programación del riego

La cantidad de agua a aplicar en cada riego y la frecuencia de riego dependen mucho del tipo de suelo y su capacidad de retención de la humedad, del tipo de cultivo y de la etapa de desarrollo de éste; los principales cultivos estacionales para la zona de la Sierra Norte son: papa, arveja, avena-vicia, hortalizas, entre otros. Pero también cultivos perennes (permanentes) deben mantenerse bajo riego durante toda la época seca: el pastos como: el rye grass, trébol, alfalfa, y frutales como: el tomate de árbol (“berenjena”), durazno, tomatillo y manzana (Florindez, 2011).

2.3.5. Lamina neta de riego.

La lamina neta de riego es la cantidad de agua que deben recibir las plantas para cubrir sus necesidades; esta dosis depende de las condiciones hidro físicas del terreno y de la profundidad de las raíces del cultivo. La dosis es la cantidad de agua que se aplica en cada riego por unidad de superficie. Y se puede expresar como la

lámina o la altura que hay que aplicar generalmente en mm. o en volumen ($m^3 \text{ ha}^{-1}$) (Castañón, 2000).

Florindez (2011) menciona que el riego se planifica con base en la demanda de agua de los cultivos y la cantidad de agua libre que puede retener el suelo en la zona de las raíces, por lo que es necesario determinar: el volumen de agua a aplicar en cada riego y la frecuencia entre las sucesivas aplicaciones. La cantidad de agua con que se debe «reabastecer» el suelo se denomina la lámina neta de riego (L_n). Esta lámina se refiere al espesor de agua requerido para humedecer el suelo hasta su capacidad de campo en la zona de las raíces de las plantas. La lámina neta se calcula en función a las constantes de humedad del suelo, la densidad aparente del suelo, la profundidad de las raíces y el coeficiente de agotamiento. A partir de estos parámetros se estima la frecuencia de riego y teniendo en cuenta la pluviometría del emisor a utilizar se calcula el tiempo de riego.

2.3.4. Frecuencia de riegos

Una gran frecuencia de riegos suele aumentar el consumo de agua, sobre todo cuando el cultivo no cubre la superficie del suelo, por unas mayores pérdidas por evaporación. Por otra parte un aumento en la frecuencia de riegos lleva consigo una mayor disponibilidad de agua en el suelo, al ser menor la tensión con que esta es retenida. Este hecho puede aumentar la productividad en algunos casos según se ha comprobado experimentalmente (Tarjuelo, 1999).

Castañón (2000) menciona que la resistencia del cultivo a la sequía es el punto que hay que considerar, ya que puede determinar la frecuencia de riego y que los cultivos muy sensibles deben regarse con mayor frecuencia. También menciona que variando la frecuencia de riego pero no la cantidad global de agua aportada se han demostrado mayores pérdidas por lixiviación a medida que se aumentaba la separación entre riegos.

La frecuencia de riego depende también de otros factores, como la presencia momentánea de nubosidad, precipitaciones pluviales repentinas, ausencia de brillo solar, entre otras (Muña, 1997).

2.2. Sistemas de riego por aspersión.

Muña (1997) denomina al sistema de riego como el conjunto de estructuras hidráulicas que hacen posible el riego de una determinada área agrícola.

El riego por aspersión es el método de riego que distribuye del agua en forma de lluvia. El agua se transporta mediante tuberías a presión forzada por la pendiente del terreno o mediante una bomba si es necesario hasta el aspersor y de este, cae en forma de lluvia sobre la parcela, infiltrándose, sin desplazarse sobre el suelo (Castañón, 2000).

En muchos casos el agua que se pretende emplear para el riego por aspersión proviene de canales de riego, con un turno establecido. En estos casos la propuesta de diseño generalmente es, almacenar el turno de riego en un reservorio para utilizar el volumen almacenado mediante el riego por aspersión. Además se puede aprovechar la ladera para lograr la presurización por desniveles topográficos y es el factor clave que permite diseñar en zonas de ladera sistemas de riego por aspersión a bajo costo, utilizando la altura de las fuentes de agua y las tuberías para obtener la presión necesaria para los aspersores (Anten y Willet, 2000).

Tarjuelo (1995) también clasifica los sistemas de aspersión en función a la movilidad de los diferentes elementos del sistema y que facilita la comprensión de su funcionamiento y puede dar idea de los gastos de inversión necesarias. Así se tendrá: estacionarios: (Móviles, Semifijos y Fijos) y de desplazamiento continuo: (Pivotes).

Los sistemas de aspersión semifijos con ramales móviles son los más usados en zonas de ladera y constan en general de una tubería principal entrada trazada por el centro de la parcela, que dispone de un conjunto de hidrantes o tomas donde se conectan los ramales porta aspersores móviles (Vera, 2001).

(Anten y Willet, 2000) indican que el sistema de riego por aspersión es aplicable a la mayoría de los cultivos anuales, y también para pastos cultivados y se recomienda en casos donde el recurso agua es escaso y donde las técnicas de riego superficiales resultan insatisfactorias por las condiciones topográficas, suelo, caudal de riego. Además este sistema tiene tres componentes: la infraestructura, la organización para su mantenimiento y operación, y el sistema de producción bajo

riego. Tratar los tres componentes, en conjunto para que los proyectos sean sistemas de riego coherentes, es decir cuyas partes forman un conjunto funcional.

2.4.1. Sistemas de riego por aspersión regulado por microreservorios

Florindez (2011) indica que los sistemas de riego predial regulados por microreservorio se pueden construir en cualquier predio en zonas planas o en ladera; en este último caso, el terreno en el cual se emplaza el microreservorio debe tener una pendiente no mayor de 15 % aproximadamente. En términos generales, casi siempre es factible encontrar un sitio adecuado para el emplazamiento del vaso y encontrar posibles fuentes de agua cercanas (cunetas, torrenteras, drenaje de laderas, filtraciones, manantiales, etc). Los diseños de estos sistemas de riego son modulares y simples: las excavaciones se pueden realizar con tractor de oruga, excavadora, mano de obra o mixto, la red de riego puede ser de tubería PVC y mangueras HDPE, los emisores de riego son los aspersores y líneas de goteo.

Villegas (2006) señala que para el dimensionamiento de un sistema de riego predial regulado por microreservorio se debe tomar en consideración varios aspectos, entre los cuales los más importantes son:

- El potencial de agua disponible en el lugar (oferta de agua).
- Pérdidas de agua por infiltración y evaporación.
- La demanda de agua de riego en el predio.
- La factibilidad técnica del sistema para el sitio.
- La capacidad de financiamiento y de emprendimiento de la familia.
- Las condiciones agro productivas y de mercado.

Componentes del Sistema de Riego

Florindez (2011) indica que un sistema de riego predial regulado por microreservorios tiene los siguientes componentes: canal de aducción, desarenador, canal de ingreso, aliviadero, microreservorio, tubería de salida, válvula de control, línea fija de tubería principal, hidrantes y la línea móvil de riego, la que a su vez está constituida por los aspersores, la manguera HDPE de 3/4" y sus accesorios.

2.3. Generalidades del cultivo de la manzanilla.

2.5.1. Origen y Distribución

La manzanilla es originaria de Europa, difundida en forma natural en varios países europeos, asiáticos y africanos. En América se cultiva en Estados Unidos, Argentina, Venezuela y Perú. En nuestro país Tarma es la provincia con mayor área sembrada, seguido por Cajamarca y Ayacucho (Martínez, 1996).

2.5.2. Botánica

Brako (1993) afirma que taxonómicamente la manzanilla pertenece al orden Asterales, familia Asteráceas, género *Matricaria* y especie *chamomilla*, el nombre científico es *Matricaria chamomilla*, L.

Cabieses (1998) sostiene que es una planta anual, herbácea, muy ramificada y lampiña de 30 a 50 cm. De altura. Sus tallos son erguidos, lampiños y huecos, la raíz es pivotante, frondosa y ramificación fina. Las hojas son de color verde claro y muy aromáticas, sentadas, alternas, divididas y recortadas, plumiformes. Las flores compuestas se agrupan en cabezuelas o corimbos largamente pedunculados con receptáculo cónico y hueco, las flores periféricas son femeninas con lígula blanca y las centrales son hermafroditas, amarillas tubulosas. El fruto es un aquenio, cilíndrico verde amarillento.

Cosude Pymagros e Instituto Cuencas (2003), realizaron una evaluación de 02 biotipos de manzanilla para las condiciones de ladera del distrito de Baños del Inca. Los biotipos de manzanilla "Tarmeña, y "Mexicana", procedentes de Tarma (Nacional) y la Mexicana (introducida). Actualmente el biotipo más recomendado es el "Dulce".

2.5.3. Composición Química

Los capítulos florales contienen 0,4 a 0,9% de aceite esencial, 8 a 10% de agua, 6 a 7% de elementos minerales, un alcaloide denominado anthemina, tanino, resina, un fitoesterol, goma, calcio. El aceite esencial (no menos de 0.4%) obtenido de las cabezuelas florales secas contiene hidrocarburos monoterpénicos, ácido angélico, nobilina, alcohol y hexacosanol, ácidos caféicos y ferúlicos etc. (www.Aceites esenciales.html).

2.5.4. Usos

Cabieses (1993) afirma esta planta es muy utilizada con fines medicinales como antiinflamatorio, desinfectante, antialérgico, calmante, la infusión puede utilizarse en caso de gripe, diarreas, relajante, también se usa en pomadas, baños, emplastes y con importantes empleos industriales como las bolsitas filtrantes. Las flores secas, proporcionan un aceite esencial que tiene uso definido en diferentes campos como la industria farmacéutica, alimenticia y perfumera.

2.5.5. Cultivo.

Cabieses (1998) señala que la altitud apropiada para su desarrollo, va desde los 1500 a 3500 msnm. y clima templado cálido, con una variación anual de temperatura entre 8 y 25°C, se desarrolla bien en suelos francos, ricos en materia orgánica, fósforo y calcio, es una planta muy adaptable y prefiere zonas con ligera pendiente. Se siembra todo el año y la cantidad de semilla utilizada en siembra directa es entre 3 a 7 Kg ha⁻¹. Debido a su bajo poder germinativo y 300 gr. en siembra indirecta en almacigo germinando a los 5 días y el trasplante a campo definitivo es a los 40 días, también se propaga por estaquillas, el distanciamiento entre plantas es de 15 cm. 30 cm. Entre surcos, necesita de riegos ligeros aunque no frecuentes.

Cosude Pymagros e Instituto Cuencas (2003), determinaron que la densidad almacigada de 05 gramos por metro cuadrado resultó ser la más adecuada, permitiendo disponer de plantas de buena vigorosidad y uniformidad al momento del trasplante y que el trasplante debe realizarse oportunamente entre los 40-50 días. El distanciamiento óptimo entre plantas es de 40 cm y 50 cm entre surcos en suelos de mediana a buena fertilidad y en suelos de baja fertilidad se recomienda utilizar la densidad 30 x 40 cm.

2.5.6. Cosecha

La cosecha generalmente se lleva a cabo en forma manual, a medida que va floreciendo el cultivo. Las flores deben cortarse cuando están completamente abiertas. (www.herbotecnia.com.ar/exo-manzanilla.html). Así mismo Cosude Pymagros e Instituto Cuencas (2003) mencionan que el momento óptimo para la cosecha en verde es entre los 70 a 80 días después de realizado el trasplante.

2.5.7. Postcosecha

El secado debe realizarse con cuidado, a la sombra, disponiendo el material sobre bandejas en capas delgadas, en lugares bien ventilados o en calor artificial a una temperatura no mayor a 40°C, y removiéndolos varias veces al día hasta que esté totalmente desecado. ([www.webcolombia.com/plantas curativas/manzanilla.html](http://www.webcolombia.com/plantas_curativas/manzanilla.html)).

Cosude Pymagros e Instituto Cuencas (2003), indican que para el secado al sol, durante los primeros cinco primeros días se debe realizar a luz difusa y las muestras deben estar fraccionadas en capas delgadas, luego exponer directamente a los rayos solares volteando frecuentemente a fin de mantener el color verde característico. Además que la infraestructura del secado adecuada tiene que tener entradas de aire y las bandejas de malla a fin de reducir la pérdida de aceites esenciales por irradiación del calor.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del campo experimental.

a. Ubicación del área del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Laparpampa, distrito de Los Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca, que se ubica en la margen izquierda de la parte alta de la cuenca del río Chonta, geográficamente se ubica entre las coordenadas 17M 9 217 906 Norte y UTM 782596 Este y a una altitud de 3 240 m., tiene un clima frío con una temperatura media anual de 12.6 °C, la humedad relativa media de 74.1 % y la precipitación media anual de 1 004.2 mm.

b. Historia del campo experimental.

Antes de ser instalado el presente trabajo de investigación, en este espacio territorial en las dos campañas anteriores se ha sembrado papa, oca y olluco.

c. Análisis del Suelo.

El suelo del campo experimental se caracteriza por tener una textura franco arcilloso, pH ácido, un contenido de fósforo medio, un alto contenido de potasio y un bajo nivel de materia orgánica; tal como se observa en la tabla 04:

Tabla 04. Resultado del Análisis Físico - Químico del suelo

pH	C.E. (us cm ⁻¹)	da (g cm ⁻³)	M.O. (%)	P (ppm)	K (ppm)	Al (meq 100g ⁻¹)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
3.6	124	1.53	1.93	11.93	180	3.30	29	33	38

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos del INIA, 2008

La pendiente del campo experimental es ligeramente inclinada y varía de 5-8 %, la profundidad efectiva de estos suelos es de 30 a 60 cm., teniendo en cuenta la textura franco arcillosa del suelo, la velocidad de infiltración es de 14 mm. h⁻¹, la cual es mayor que la pluviometría del aspersor por lo que no se presentó escorrentía.

3.2. Datos pluviométricos durante la conducción del experimento.

Se registraron las precipitaciones en el campo experimental, durante el periodo de investigación, los datos se muestran en la tabla 05:

Tabla 05. Precipitaciones registradas durante la conducción del experimento (setiembre a diciembre del 2008)

Meses	Precipitación (mm)
Septiembre	30.10
Octubre	91.00
Noviembre	83.10
Diciembre	28.80
Promedio	58.25
Total	233.00

Fuente: Recolección de datos en campo con apoyo del SENAMHI – Cajamarca (2008)

En la tabla 05, se observa que la mayor precipitación se presentó en el mes de octubre y la menor en el mes de diciembre, datos que permitieron hacer los controles necesarios para la estimación de los diferentes riegos.

3.3. Materiales y equipos.

a. Material biológico experimental.

- Plántulas de manzanilla biotipo dulce.

b. Módulo de riego por aspersión.

- Infraestructura de riego existente (reservorio, red de distribución)
- Mangueras HDPE de 3/4"
- Aspersores sectoriales de 1/2", diámetro de boquilla de 3.2 mm.
- Accesorios de riego (Elevadores, codos, tees, adaptadores PVC).

c. Medidores de humedad del suelo

- Tensiómetros Irrrometer
- Bomba vacío para calibración de tensiómetros
- Líquido para tensiómetros

d. Medidor de precipitaciones

- Pluviómetro de 200 cm²
- Probeta de plástico tipo policarbonato de diez (10) mm.

e. Otros materiales.

- Cámara fotográfica.
- Equipo de computo
- Balanza de campo.
- Cinta rafia.
- Estacas de 80 cm.

- Libreta de campo.
- Material de impresión.
- Wincha de 10m.
- Herramientas de labranza.
- Regla milimétrica.
- Tarjetas de identificación.
- Planillas de observación.
- Otros.

3.4. Diseño experimental

Para el presente trabajo de investigación se empleó el método estadístico del Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones.

3.4.1. Tratamientos

Los tratamientos en estudio fueron los riegos (láminas y frecuencias) que se aplicaron a las parcelas experimentales, los mismos que se presentan a continuación:

CLAVE	TRATAMIENTOS
T-1	Riego controlado según la humedad del suelo.
T-2	Riego Teórico.
T-3	Testigo

3.4.2. Descripción de los tratamientos

T-1: RIEGO CONTROLADO SEGÚN LA HUMEDAD DEL SUELO.

En este tratamiento el riego se aplicó teniendo en cuenta la humedad del suelo controlada por los tensiómetros, el riego se aplicó cuando el tensiómetro indicaba una tensión entre 21 a 26 cB., considerando la textura franca del suelo. Para determinar este rango se ha realizado la corrección por altitud y presión atmosférica de las lecturas del tensiómetro, teniendo en cuenta que el tensiómetro se utilizara a una altura de 3,240 msnm.

Esta corrección indica que por cada 300 metros de aumento en elevación sobre el nivel del mar, la presión atmosférica decae aproximadamente 3.5 cB.

Entonces la máxima lectura que registrara el tensiómetro a 3,240 metros de altitud será: $(3.5/300 \times 3,240 = 37.80)$, si a nivel del mar la máxima lectura del tensiómetro es de 80 cB. Por lo tanto: $80 \text{ cB.} - 37.80 \text{ cB.} = 42.20 \text{ cB.}$

Tabla 06. Interpretación de las lecturas del tensiómetro.

Contenido de humedad	Intervalo a 0 msnm (cB)		Intervalo a 3,252 msnm (cB)	
Cerca de saturado	2	10	1	5
Capacidad de campo	11	20	6	11
Intervalo de riego	30	60	16	32
Seco	60	70	32	37
Tensión rompe	80		42	
Intervalo de riego considerando textura del suelo				
Arenoso	30	40	16	21
Franco	40	50	21	26
Arcilloso	50	60	26	32

Como se observa en la tabla 06 y considerando que la textura el suelo es franco arcilloso, el intervalo de las lecturas del tensiómetro para realizar el riego es entre 21 a 26 cB, lo que en el manómetro del tensiómetro a nivel del mar indicaría entre 40 a 50 cB. El registro de las lecturas de los tensiómetros se realizó diariamente.

T-2: RIEGO TEÓRICO

Cada riego de este tratamiento se realizó de acuerdo a los cálculos del requerimiento hídrico, la lámina teórica de riego, la frecuencia de riego y el tiempo de riego; obteniéndose una programación de riego en cada fase del periodo vegetativo del cultivo (fase de desarrollo y media estación).

T-3: TESTIGO

En este tratamiento se tiene en cuenta el riego que realiza el agricultor, en función a su criterio lo cual depende mucho de las condiciones climáticas y de la disponibilidad de agua que tiene el predio.

3.4.3. Características del campo experimental

BLOQUE.

Número	3
Largo/bloque	36 m
Ancho/bloque	6 m

Área/bloque (Experimento)	648 m ²
---------------------------	--------------------

PARCELA

Número/bloque	3
Largo/parcela	12 m.
Ancho/parcela	6 m.
Área/parcela	72 m ²
Área a evaluar	56 m ² (*)

(*) De acuerdo a las características hidráulicas de fabricación el radio del aspersor que se estima para estas condiciones es de 5 m siendo el área para evaluar de cada tratamiento aproximado de 56 m² de conformidad en el diseño siguiente.

SURCO.

Número/parcela	12
Largo/surco	12 m
Ancho/surco	0.5 m
Área/surco	6.0 m ²
Distancia entre plantas	0.40 m
Distancia entre surcos	0.5 m
Área/planta	0.2 m ²
Número de plantas por parcela	360
Número de plantas por bloque	1 080
Número total de plantas	3 240

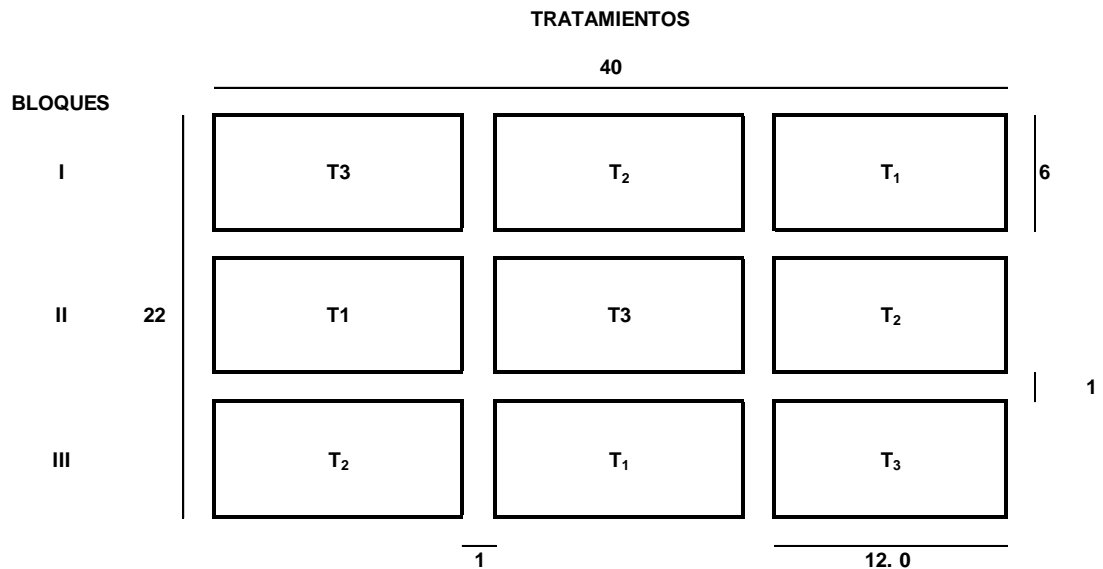
CALLE.

Número/bloque	4
Largo/calle	40 m
Ancho/calle	1 m
Área/calle (bloque)	40 m ²
Área total (bloques)	160 m ²
Número/parcelas	4
Largo/calle	18 m
Ancho/calle	1 m
Área/calle (parcelas)	18 m ²

Área total (parcelas)	72 m ²
Área total/calles	232 m ²

AREA

Área neta del experimento.	648 m ²
Área total del experimento	880 m ²



Croquis 1. Distribución de los tratamientos en el campo experimental.

I, II y III: Son las repeticiones.

T1, T2 y T3: Son los tratamientos en estudio.

3.5. Conducción del experimento.

3.5.1. Fase de gabinete.

3.5.1.1. Recopilación de información meteorológica.

Se recopiló información meteorológica de referencia de la estación Huacataz, la cual es la más cercana al campo experimental, dicha información fue brindada por el SENAMHI - Cajamarca y fue utilizada para el cálculo del balance hídrico del cultivo.

3.5.1.2. Cálculo de la lámina y frecuencia teórica para el riego en el tratamiento T-2.

Para el tratamiento T-2 Riego Teórico, se realizó el cálculo del requerimiento hídrico, la lámina teórica de riego, la frecuencia de riego y el tiempo de riego; para luego obtener la programación de riego en cada fase del periodo vegetativo del cultivo. Por lo cual es necesario conocer las características principales de la planta de manzanilla durante sus fases del periodo vegetativo.

Fases del periodo vegetativo de la manzanilla:

Olarte (2003) menciona que en términos generales los cultivos anuales presentan cuatro fases: fase inicial, fase de desarrollo, fase de media estación y fase de última estación.

Fase inicial (1): Esta fase abarca desde la siembra, emergencia, hasta que la biomasa del cultivo cubre un 10% del suelo, en nuestro caso tomaremos hasta que la manzanilla se trasplanta a campo definitivo. En esta etapa el riego se lo realizó en almácigo, en forma frecuente, el factor de uso consuntivo (K_c) estimado es 0.35.

Fase de desarrollo (2): que abarca desde que se realiza el trasplante, hasta que el cultivo inicio la floración; con una profundidad de raíz de 25 cm y con un coeficiente de 0.35; y el factor de uso consuntivo (K_c) estimado es 0.50.

Fase de media estación (3): llamada reproductiva, abarca desde la el inicio de floración, hasta la cosecha en verde que se realiza cuando el cultivo alcanza su máxima floración; la profundidad de raíz es de 25 cm, el coeficiente de agotamiento es 0.35; y el factor de uso consuntivo (K_c) estimado varía entre 0.75 y 1.05.

Fase de última estación (4): Esta etapa comprende desde la máxima floración o periodo en que se puede cosechar en verde hasta la cosecha en seco; la profundidad de raíz es de 25 cm, el coeficiente de agotamiento es 0.35; y el factor de uso consuntivo (K_c) estimado es 1.05.

En la presente investigación se ha realizado el riego durante las fases de desarrollo y de media estación comprendida entre el 13 de setiembre y 03 de diciembre del 2008.

➤ **Determinación del requerimiento hídrico del cultivo de manzanilla.**

El requerimiento hídrico del cultivo de manzanilla nos indica la cantidad de agua que se necesita para compensar el déficit de agua en el suelo durante sus diferentes fases de su periodo vegetativo.

Paso 1. Cálculo de la evapotranspiración.

La evapotranspiración potencial (ETP) ha sido calculada utilizando el método de Hargreaves con MF en base a la temperatura y humedad relativa. Estos datos meteorológicos son referenciales para la zona y pertenecen a datos históricos promedios proporcionados por el SENAMHI - Cajamarca de la estación meteorológica Huacataz (años 1977-1995), el procedimiento del cálculo se muestra en la tabla 07:

Tabla 07. Cálculo de la Evapotranspiración potencial o de referencia

$ETP = MF \times TMF \times CH \times CE$		$CE = 1.00 + 0.04 \frac{E}{2000}$	$CH = 0.166(100 - HR)^{1/2}$; para $HR > 64\%$ $CH = 1.00$; para $HR < 64\%$		
LATITUD (°):	7	Para usar la tabla de Factor de Latitud (Anexo N° 02)			
ALTITUD PROMEDIO (E) :	3252	Para la Correccion por Altitud			
PARAMETRO / MES	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Factor de Latitud (MF)	2.078	2.218	2.233	2.397	2.476
Temp. Media en °F (TMF)	54.07	54.83	54.91	54.92	55.05
Fact. Correc. Humed. (CH)	0.956	0.915	0.849	0.861	0.831
Fact. Correc. Altitud (CE)	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065
ETP (mm mes⁻¹)	114.4	118.5	110.9	120.7	120.6
ETP (mm día⁻¹)	3.69	3.95	3.58	4.02	3.89
ETP máxima =	4.02	mm día ⁻¹			

Paso 2. Cálculo del requerimiento hídrico para el cultivo de manzanilla.

El procedimiento de cálculo de la demanda hídrica del cultivo de manzanilla para cosecha en verde se resume en la tabla 08:

Tabla 08. Cálculo del requerimiento hídrico del cultivo de manzanilla.

CULTIVO:	Manzanilla	FASES		Duración en días	
BIOTIPO	Dulce	INICIAL:	40		
PERIODO VEGETATIVO (días):	120 (Cosecha en verde)	DESARROLLO:	30		
	150 (Cosecha en seco)	MEDIA ESTACIÓN:	50		
EF. RIEGO ASPERSIÓN (%)	75	ÚLTIMA ESTACIÓN:	30		

FASES PERIODO VEGETATIVO	FECHAS	DÍAS	ETP (mm día ⁻¹)	Kc	ETR (mm día ⁻¹)	Precipitación Efectiva (mm día ⁻¹) Pe = [(1- Ce) x P75%]	Requerimiento neto (mm día ⁻¹) Rn = ETR - Pe	Volumen Neto (m ³ ha ⁻¹)	Volumen Bruto (m ³ ha ⁻¹) Rb = Rn / Ea x 100
Inicial (1):	03 ago -31 ago	28	3.69	0.35	1.29	3.53	32.64	326.41	435.21
	01 set - 12 set	12	3.95	0.35	1.38	0.00	16.59	165.88	221.18
Desarrollo (2)	13 set - 30 set	17	3.95	0.50	1.97	9.03	24.54	245.42	327.22
	01 oct - 13 oct	13	3.58	0.50	1.79	12.84	10.41	104.10	138.80
Media estación (3)	14 oct - 31 oct	17	3.58	0.75	2.68	14.46	31.15	311.45	415.27
	01 nov - 30 nov	30	4.02	1.05	4.22	24.93	101.76	1,017.62	1,356.83
Última estación (4)	01 dic - 03 dic	3	3.89	1.05	4.08	8.64	3.61	36.14	48.19
	03 dic - 31 dic								
	01 ene - 02 dic								
Total		120						2,207.02	2,942.70

Nota: Kc estimado en base a hortalizas

➤ **Programación del riego teórico en el cultivo de manzanilla.**

Para planificar la programación del riego teórico en el cultivo de manzanilla se realizó el cálculo de la lámina de riego teórica a aplicar, la frecuencia y el tiempo de riego:

Cálculo de la Lámina neta:

Conociendo los valores de las constantes de humedad del suelo del campo experimental, la densidad aparente del suelo, la profundidad de las raíces de la manzanilla y el coeficiente de agotamiento, se calculó la lámina neta utilizando la siguiente formula:

$$Ln = (CC-PMP)/100 \times da \times Pr \times a$$

Dónde:

Ln: Lámina neta (mm.)

CC: Capacidad de campo (%)

PMP: punto de marchites permanente (%)

da: Densidad aparente del suelo (g cm⁻³)

Pr: profundidad de las raíces (mm.)

a: coeficiente de agotamiento

Los datos para determinar la lámina neta de riego se calcularon de la siguiente manera:

La capacidad de campo y punto de marchitez permanente se calcularon en base a los resultados del análisis físico del suelo según la tabla 04, obteniendo lo siguiente:

CAPACIDAD DE CAMPO	CC = 0.48 Ar + 0.162 Li + 0.023 A + 2.62	=	27
PUNTO DE MARCHITEZ	PMP = 0.302 Ar + 0.102 Li + 0.0147 A	=	15

Los demás valores son: la densidad aparente del suelo $d_a = 1.53 \text{ g cm}^{-3}$, la profundidad de raíces promedio $P_r = 250 \text{ mm}$ y el coeficiente de agotamiento $a = 0.35$. Por lo tanto la lámina neta (L_n) es:

$$L_n = (27 - 15)/100 \times 1.53 \times 250 \times 0.35 = 15.54 \text{ mm}$$

Cálculo de la Lámina bruta:

Considerando que la forma de aplicación del riego es a través del sistema de riego por aspersión, se calculó la lámina bruta de riego utilizando la siguiente formula:

$$L_b = L_n / E_a \times 100$$

Dónde:

L_b : Lámina bruta (mm.)

L_n : Lámina neta (mm.)

E_a : Eficiencia de riego (%)

El dato a considerar para el cálculo de la lámina bruta es la eficiencia de riego para nuestro caso el de riego por aspersión cuyo valor es del 75 %. Por lo tanto la lámina bruta (L_b) es:

$$L_b = 15.54 \text{ mm} / 75 \times 100 = 20.71 \text{ mm.}$$

Cálculo de la Frecuencia de riego

La frecuencia del riego está en función a las condiciones climáticas, normalmente se deja de regar cuando se registran precipitaciones considerables que sobrepasan los niveles de capacidad de campo del suelo, para calcular la frecuencia de riego se utiliza la siguiente formula:

$$F_r = \frac{L_n}{E_{tp}}$$

Dónde:

F_r : Frecuencia de riego (días)

L_n : Lámina neta (mm.)

E_{tp} : Evapotranspiración Potencial (mm. día^{-1})

Para el cálculo de la frecuencia de riego se consideró los valores de la ETP los que se han calculado en la tabla 07, siendo los valores promedios:

3.76 mm. día⁻¹ para la fase de desarrollo correspondiente a los meses de setiembre - octubre y 3.83 mm. día⁻¹ para la fase de media estación correspondiente a los meses de octubre - noviembre y diciembre.

Por lo tanto la Frecuencia de riego (Fr) se ha calculado para la fase de desarrollo y media estación obteniendo lo siguiente:

Frecuencia de riego fase de desarrollo:

$$Fr = 15.54 \text{ mm} / 3.76 = 4 \text{ días.}$$

Frecuencia de riego fase de media estación:

$$Fr = 15.54 \text{ mm} / 3.83 = 4 \text{ días}$$

Cálculo del Tiempo de riego

El tiempo de riego se calculó teniendo en cuenta la lámina bruta de riego a aplicar y a la pluviometría del aspersor utilizado, para lo cual se utiliza la siguiente formula:

$$Tr = \frac{Lb}{P}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riego (h)

Lb: Lámina bruta de riego (mm.)

P: Pluviometría promedio del Aspersor (mm. h⁻¹)

La pluviometría del aspersor utilizado se determinó, realizando el aforo en la boquilla del aspersor y luego determinar su caudal a cada altura de los bloques en la parcela experimental. Luego se determinó la superficie regada por el aspersor a 180 ° de giro sectorial, teniendo en cuenta que el radio mojado es 6 m, el área regada es de 56.55 m².

La pluviometría del aspersor se calcula con la siguiente formula:

$$P = Q / S$$

Dónde:

P: Pluviometría promedio del Aspersor (mm. h^{-1})

Q: Caudal del aspersor (l h^{-1})

S: Área regada por el aspersor (m^2)

El cálculo de la pluviometría del aspersor se muestra en la tabla 09:

Tabla 09. Cálculo de la Pluviometría del Aspersor Naandan 427 de $\frac{1}{2}$ "

Número parcela	Bloque/ Tratamiento	Presión (m.c.a.)	Caudal (l h^{-1})	Área (m^2)	Pluviometría		
					(mm. h^{-1})	($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)	($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$)
1	I/ T3	11	422	56.55	7.46	0.422	75
2	I/ T2	11	422	56.55	7.46	0.422	75
3	I/ T1	11	422	56.55	7.46	0.422	75
4	II/ T1	11.5	455	56.55	8.05	0.455	80
5	II/ T3	11.5	455	56.55	8.05	0.455	80
6	II/ T2	11.5	455	56.55	8.05	0.455	80
7	III/ T2	12	478	56.55	8.45	0.478	85
8	III/ T1	12	478	56.55	8.45	0.478	85
9	III/ T3	12	478	56.55	8.45	0.478	85
Promedio					7.99	0.45	79.87

La pluviometría promedio del aspersor utilizado es 7.99 mm. h^{-1} .

Por lo tanto el tiempo de riego es:

$$Tr = 20.71 \text{ mm.} / 7.99 \text{ mm. h}^{-1} = 2.59 \text{ h}^{-1} = 2 \text{ horas } 35 \text{ minutos.}$$

En la tabla 10 se muestra el cálculo de la lámina, frecuencia y tiempo de riego teórico.

Tabla 10. Cálculo de la lámina y frecuencia de riego en el cultivo de manzanilla.

Fases del periodo vegetativo	Descripción de fase (Manzanilla)	Duración (días)	Profundidad de raíz (mm.)	Coefficiente de agotamiento	Lámina neta de riego (mm)	Lámina bruta de riego (mm)	ETP (mm día ⁻¹)	Frecuencia de riego (días)	Tiempo de riego (hr)
Inicial (1):	Almacigado - trasplante.	40							
Desarrollo (2)	Trasplante - Inicio de Floración	30	250	0.35	15.54	20.71	3.76	4	2.59
Media estación (3)	Inicio de floración - máxima floración (cosecha en verde)	50	250	0.35	15.54	20.71	3.83	4	2.59
Última estación (4)	Máxima floración (cosecha en verde) - Cosecha en seco	30							
Total		150							

3.5.2. Fase de campo.

3.5.2.1. Reconocimiento del campo experimental y el sistema de riego.

Se realizó el reconocimiento del área donde se instaló el trabajo de investigación, evaluando el tipo de suelo, topografía del terreno y la infraestructura de riego existente la cual estuvo conformada por un microreservorio de tierra compactada de un volumen de 1,200 m³, ubicado a una altura de 3,252 m., el cual tiene como principal fuente de agua el turno del canal Huacataz – Laparpampa y las aguas de escorrentía en la época de lluvia, este microreservorio esta implementado con una red de tuberías de PVC de manera telescópica entre 2, 1.5 y 1"; con una válvula de control general y 03 hidrantes de ¾" en los cuales se acopla la línea móvil de riego.

3.5.2.2. Reconocimiento e instalación de la línea móvil de riego.

La línea móvil estuvo constituida por una manguera de polietileno HDPE de ¾" C- 4 de 50 m de longitud, 1 aspersor sectorial marca naandan 427 de ½", Elevador de PVC C-10 de ½" y los demás accesorios: 1 codo de PVC de 90° de ½", 1 unión mixta de PVC de ½". La línea móvil se conecta al hidrante y luego en la parcela a irrigar en la cual se regula la finura de gotas y el diámetro a mojar ajustando los componentes del aspersor. Las principales características del aspersor sectorial naandan 427 de ½" son:

- Es sectorial lo que permite regar a cualquier ángulo de giro ya sea 360°, 180°, 90° y otros de acuerdo al área elegida a irrigar.
- Trabaja a bajas presiones lo que permite irrigar áreas cercanas a los microreservorios.
- Es ajustable la finura de precipitación y el radio a mojar, en función a la parcela, siendo el radio elegido de 6 m, con giro de 180 °.

Tabla 11. Ficha técnica del Aspersor Naandan 427 ½ "

Diámetro de boquilla	Presión (m.c.a.)	Caudal (lt/hr)	Diámetro (m)	Finura de pulverización	Tipo de lluvia
3.2 mm	10	410	20	0.32	Media
	20	570	23	0.16	Fina
	30	700	24	0.11	Fina
	40	810	26	0.08	Fina



Nota: Los datos corresponden al aspersor Naandan 427 ½" boquilla de color verde.



Figura 01. Microreservorio del sistema de riego

3.5.2.3. Instalación y conducción del experimento

a. Análisis Físico-Químico del suelo.

Antes de realizar la instalación de la investigación se extrajo una muestra representativa de suelo del campo experimental, para escoger esta muestra se extrajo con una palana diez tomas simples, hasta una profundidad de 0.20 m, las cuales se mezclaron en un recipiente, luego se secaron a sombra para luego seleccionar una muestra de 0.5 kg para ser analizada en el laboratorio de suelos del INIA – Baños del Inca.

b. Trazado del campo experimental.

Se realizó con wincha, estacas, cordel y cinta rafia; se dividió y delimitó cada uno de los bloques y en cada bloque 3 parcelas de acuerdo al diseño experimental, haciendo un total de 9 parcelas debidamente diferenciadas con rafia. Las calles fueron limpiadas de acuerdo a las dimensiones definidas en el diseño, con el propósito de facilitar el drenaje de las parcelas por el exceso de precipitaciones ocurridas durante la conducción del experimento.

c. Preparación de terreno

Esta actividad, se realizó la primera y segunda semana del mes de agosto, y consistió en una aradura y una cruz con yunta y el desterronado con herramientas manuales.

d. Distribución de tratamientos

Se distribuyó los tratamientos y repeticiones en campo, asimismo el surcado del área experimental a 50 cm. entre surcos, además se realizó la instalación de las líneas móviles de riego.



Figura 02. Distribución de tratamientos en campo experimental

e. Abonamiento de fondo

Se utilizó una enmienda orgánica de compost y humus de lombriz, en una dosis de 2.7 TM/ha de compost y 0.7 TM/ha de humus de lombriz, su aplicación se realizó junto con el trasplante aplicando directamente al suelo donde se colocó cada plántula.

f. Instalación y calibración de tensiómetros.

Para su instalación en campo se ha realizado su preparación 24 horas antes, llenando el tensiómetro con agua destilada y luego remojarlo en un balde de agua con la finalidad que la cerámica se humedezca totalmente e inicie la medida del punto de saturación.

El día de la instalación el tensiómetro se llenó con una solución de agua destilada y líquido hirmometer de color verde, con la finalidad de evitar e crecimiento de algas, luego se hizo un hoyo en el suelo con un tubo de PVC de 1/2", hasta una profundidad de 25 cm, a la misma que se introdujo el tensiómetro, luego se calibro con la bomba vacío y de esta manera evitar que existan burbujas al interior del tensiómetro y no altere las lecturas.



Figura 03. Instalación de tensiómetros en parcelas

Los tensiómetros se instalaron uno por cada tratamiento, con la finalidad de llevar un registro de la humedad registrada en cada tratamiento. Los tensiómetros utilizados fueron marca IRROMETER de 30 cm, cuyas características principales se muestran en anexo 02.

g. Instalación de Pluviómetro en campo experimental.

Con la finalidad de registrar el agua aportada por las precipitaciones se instaló un pluviómetro, el cual fue brindado por el SENAMHI – Cajamarca. El mismo que fue calibrado, además de ello se capacito al agricultor para que llevase el registro diario de las precipitaciones durante la conducción del experimento.



Figura 04. Instalación de Pluviómetro en campo experimental

h. Trasplante

Se seleccionaron plántulas de 40 días en el almácigo, vigorosas, con una altura promedio de 10 cm. La densidad de siembra fue de 50,000 plantas/ha, a un distanciamiento de 40 cm entre plantas y 50 cm entre surcos para cada tratamiento; también se realizó recalce de las plántulas que no prendieron.



Figura 05. Trasplante de manzanilla en parcelas.

i. Identificación de plantas a ser evaluadas

Se identificaron las plantas a ser evaluadas durante el periodo del experimento, las plantas fueron seleccionadas al azar en un número de diez por parcela para ello se colocaron tarjetas de identificación.



Figura 06. Identificación de plantas a evaluar.

j. Riegos

Durante el periodo de conducción del experimento, coincidió con una época de sequía, por lo que fue necesaria la aplicación de riegos por aspersión en cada tratamiento.

En el T – 1: el riego se realizó teniendo en cuenta la humedad del suelo, cuya programación se determinó con el uso de los tensiómetros, las lecturas se realizaron todos los días por la mañana.

En el T – 2: Riego teórico, se realizaron los riegos teniendo en cuenta la programación obtenida a partir del cálculo teórico del requerimiento hídrico, la lámina, frecuencia teórica y tiempo de riego.

En el T – 3 el riego fue realizado por el agricultor en función a sus criterios: experiencias previas, condiciones climáticas y disponibilidad de agua que tiene el predio.



Figura 07. Aspersor irrigando parcela.

k. Deshierbo

Esta actividad fue realizada a los 30 días, posterior al trasplante, con fines de eliminación de malezas y evitar la compactación del suelo favoreciendo el desarrollo radicular.

l. Fertilización foliar

Una vez realizado el deshierbo se realizó una aplicación de Biol a una dosis 3 Litros de Biol/mochila de 18 Litros de capacidad, se aplicó a todos los tratamientos.

m. Cosecha

Se realizó a los 80 días posteriores al trasplante, se realizó la cosecha total del experimento; las diez plantas seleccionadas para las evaluaciones de cada tratamiento y repetición, fueron separadas para su pesaje en fresco y luego ser llevadas al secador para su pesaje en seco.

n. Secado

El secado de muestras se realizó en un secador bajo sombra, para ello las muestras fueron colocadas en las bandejas de secado, durante el periodo de 10 días, registrándose temperaturas máximas de 25 grados centígrados.



Figura 08. Manzanilla cosechada en secador bajo sombra.

3.6. Evaluaciones realizadas.

Para la evaluación del comportamiento de los diferentes tratamientos en el desarrollo del cultivo, se realizó la identificación al azar en cada parcela, las cuales fueron identificadas y fueron tomadas de los surcos centrales para evitar el efecto borde, en estas plantas se evaluaron todas las variables en estudio.

a. Altura de planta en cm.

Las mediciones fueron realizadas, a partir de los diez días posteriores al trasplante con intervalos de diez días cada medición, hasta que la planta alcanzó su máximo crecimiento, las evaluaciones consistieron en registrar la distancia existente entre el cuello de la planta y la hoja o botón floral más alto.

b. Número de brotes por planta.

Se inició a evaluar a los 50 días posteriores al trasplante y culminó a los 70 días, los registros están referidos al conteo de brotes de las plantas seleccionadas.

c. Número de inflorescencias por planta.

Se iniciaron a contabilizar las inflorescencias a partir de los 30 días posteriores al trasplante; las evaluaciones fueron con un intervalo de 10 días hasta los 80 días que coincidió con la cosecha.

d. Rendimiento de peso verde en kg.

A los 80 días posteriores al trasplante en los tres bloques se realizó la cosecha, cortando a ras de suelo las plantas evaluadas en cada tratamiento, luego se procedió a determinar los pesos en verde (tallo, hojas y flores).

e. Rendimiento de peso seco en kg.

Para determinar los rendimientos en peso seco, las mismas muestras fueron trasladadas al secador bajo sombra, para el secado y pesaje correspondiente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Recopilación y tratamiento de la información de campo

4.1.1. Información Pluviométrica.

Los datos de precipitación que se presentan en la tabla 12, corresponden a las lluvias registradas durante la conducción del experimento, para lo cual se instaló un pluviómetro.

Tabla 12. Registro de precipitaciones durante la conducción del experimento (mm)

Día	Año 2008			
	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1			5.65	13.20
2			3.20	7.20
3		34.50	30.20	8.40
4			0.50	
5			2.40	
6		4.40		
7			1.50	
8		2.80	15.10	
9			0.80	
10		1.10	0.10	
11				
12			0.80	
13			0.68	
14	1.20	11.50	0.37	
15				
16				
17		7.10		
18				
19				
20		3.90	0.70	
21	8.90		1.20	
22				
23	15.70			
24		10.50		
25	0.90			
26				
27			10.10	
28		15.20		
29			9.80	
30	3.40			
31				
PP Total	30.10	91.00	83.10	28.80
PP máx	15.70	34.50	30.20	13.20
PP mín	0.90	1.10	0.10	7.20

4.1.2. Programación del riego.

Las tablas 13, 14 y 15 que se muestran a continuación corresponden a datos registrados durante la conducción del experimento, cada tratamiento tiene la siguiente información. De izquierda a derecha, la columna 1 indica la fecha en que se realizó cada riego, en la columna 2 está la lectura del tensiómetro antes de realizar cada riego, en la columna 3 está la cantidad de días transcurridos entre un riego y el siguiente (frecuencia de riego), en la columna 4 se muestra el tiempo (en horas) de cada riego, en la columna 5 está la cantidad de agua incorporada al cultivo a través de las precipitaciones ocurridas en los días de cada intervalo de riego, en la columna 6 está la cantidad de agua suministrada en cada riego y en la columna 7 se encuentra el total de agua suministrada al cultivo.

4.1.2.1. Parámetros de riego para el tratamiento (T1)

En la tabla 13, se muestran los parámetros de riego utilizados durante la conducción del experimento en el tratamiento T1.

Tabla 13. Programación del riego en el tratamiento (T1)

Fecha	Lectura de tensiómetro (cB)	Frecuencia de riego (días)	Tiempo de riego (h)	Láminas de agua utilizadas (mm)		
				Precipitación acumulada (*)	Riego	Total
13 - 16/09	23	3	2.00	1.20	15.97	17.17
17 - 20/09	21	4	2.00		15.97	15.97
21 - 27/09	22	7	2.00	25.50	15.97	41.47
28/09 - 07/10	24	10	2.50	42.30	19.97	62.27
08 - 12/10	21	5	2.00	3.90	15.97	19.87
13 - 17/10	21	5	2.00	18.60	15.97	34.57
18 - 21/10	22	4	2.00	3.90	15.97	19.87
22/10 - 11/11	21	21	2.50	100.08	19.97	120.05
12 - 15/11	21	4	2.00	1.85	15.97	17.82
16 - 19/11	22	4	2.00		15.97	15.97
20 - 24/11	21	5	2.00	1.90	15.97	17.87
25/11 -03/12	6			48.70		48.70
Total	-	-	-	247.93	183.71	431.64
Promedio	21.73	6.55	2.09	6.89	16.70	9.38

Nota: (*) Cantidad de agua acumulada entre un riego y el siguiente.

La tabla 13, muestra los parámetros de riego con que ha sido conducido este tratamiento; se realizaron 11 riegos, los riegos se realizaron a una tensión media de humedad leída en el tensiómetro de 21.73 cB de, la frecuencia media de riego ha sido de 6.55 días; el aporte de agua al cultivo a través de precipitaciones

ha sido de 247.93 mm. y la suministrada con el riego 183.71 mm.; haciendo un total de 431.64 mm. lo que equivale a 4 316.40 m³ ha⁻¹.

4.1.2.2. Parámetros de riego para el tratamiento (T2)

En la tabla 14, se muestran los parámetros de riego utilizados durante la conducción del experimento en el tratamiento T2.

Tabla 14. Programación del riego en el tratamiento (T2)

Fecha	Lectura de tensiómetro (cB)	Frecuencia de riego (días)	Tiempo de riego (h)	Láminas de agua utilizadas (mm)		
				Precipitación acumulada (*)	Riego	Total
13 - 16/09	20	4	2.59	1.20	20.71	21.91
17 - 20/09	16	4	2.59	0.00	20.71	20.71
21 - 24/09	6	4	2.59	24.60	20.71	45.31
25 - 28/09	12	4	2.59	0.90	20.71	21.61
29/09 - 02/10	14	4	2.59	3.40	20.71	24.11
03/07/2010	14	5	2.59	38.90	20.71	59.61
08/11/2010	16	4	2.59	3.90	20.71	24.61
12 - 15/10	13	4	2.59	11.50	20.71	32.21
16 - 19/10	14	4	2.59	7.10	20.71	27.81
20 - 23/10	13	4	2.59	3.90	20.71	24.61
24 - 27/10	12	4	2.59	10.50	20.71	31.21
28 - 31/10	6	4	No se regó	30.13		30.13
01 - 04/11	4	4	No se regó	39.55		39.55
05 - 08/11	14	4	2.59	19.00	20.71	39.71
09 - 12/11	15	4	2.59	1.70	20.71	22.41
13 - 16/11	18	4	2.59	1.05	20.71	21.76
17 - 20/11	15	4	2.59	0.70	20.71	21.41
21 - 24/11	15	4	2.59	1.20	20.71	21.91
25 - 28/11	10	4	2.59	10.10	20.71	30.81
29/11 - 02/12	6	4	No se regó	30.20		30.20
03/12	6			8.40		8.40
Total	-	-	-	247.93	352.14	600.07
Promedio	12.65	4.05	2.59	6.89	20.71	12.23

Nota: (*) Cantidad de agua acumulada entre un riego y el siguiente.

La tabla 14, muestra los parámetros de riego con que ha sido conducido este tratamiento. Se realizaron 17 riegos, los que se realizaron a una tensión media de humedad leída en el tensiómetro de 12.65 cB, la frecuencia media de riego, 4.05 días; el aporte de agua al cultivo a través de precipitaciones ha sido de 247.93 mm. y la lámina incorporada a través del riego de 352.14 mm., haciendo un total 600.07 mm. equivalente a 6 000.70 m³ ha⁻¹.

4.1.2.3. Parámetros de riego para el tratamiento (T3)

La siguiente información representa el registro de los parámetros de riego utilizados durante la conducción del experimento.

Tabla 15. Programación del riego para el tratamiento (T3)

Fecha	Lectura de tensiómetro (cB)	Frecuencia de riego (días)	Tiempo de riego (h)	Láminas de agua utilizadas (mm)		
				Precipitación acumulada (*)	Riego	Total
13 - 17/09	27	4	3	1.20	23.96	25.16
18 - 29/09	30	12	4	25.50	31.95	57.45
30/09 - 10/10	32	11	4	46.20	31.95	78.15
11/10 - 19/11	32	40	5	124.43	39.94	164.37
20/11 - 03/12	6			50.60		50.60
Total	-	-	-	247.93	127.80	375.73
Promedio	25.40	16.75	4.00	6.89	31.95	9.63

Nota: (*) Cantidad de agua acumulada entre un riego y el siguiente.

La tabla 15, muestra los parámetros de riego con que ha sido conducido este tratamiento. Se realizaron 4 riegos, los riegos se realizaron a una tensión media de humedad leída en el tensiómetro de 25.40 cB, la frecuencia media de riego es de 16.75 días; el aporte de agua al cultivo a través de precipitaciones ha sido de 247.93 mm. y la lámina incorporada a través del riego es 127.80 mm., haciendo un total de 375.73 mm. equivalente a 3 757.30 m³ ha⁻¹.

En la figura 09, se muestra las láminas de agua aportadas por las precipitaciones y suministradas a través del riego para cada uno de los tratamientos en estudio. Obteniéndose en el T1: 431.64 mm. T2: 600.07 y en el T3: 375.73 mm.

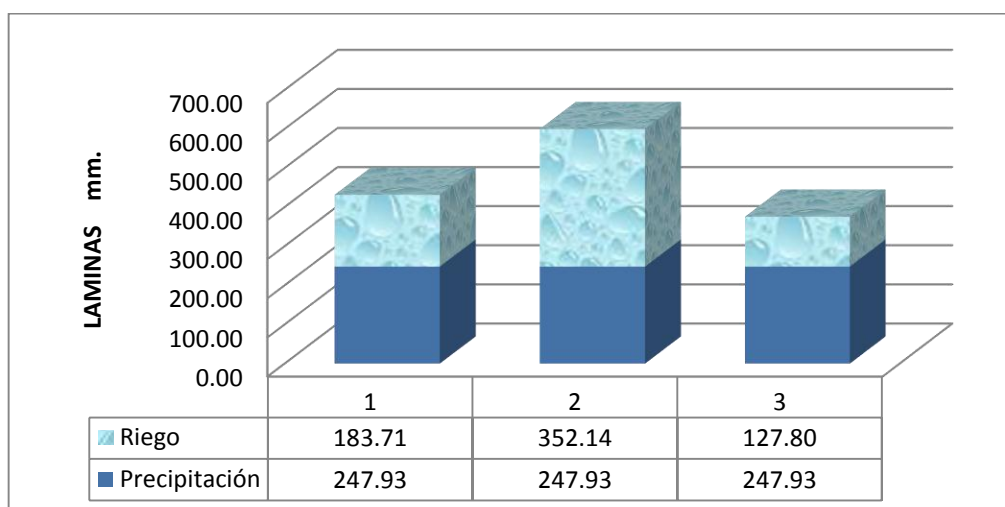


Figura 09. Láminas por tratamiento en mm.

En la figura 10, se muestra los volúmenes de agua aportado por las precipitaciones y suministradas a través del riego para cada uno de los tratamientos en estudio. En relación al agua de riego, en el tratamiento T2 se utilizó más agua respecto al tratamiento T1: 4 316.36 m³ ha⁻¹, T2: 6 000.75 m³ ha⁻¹ y el T3: 3 757.25 m³ ha⁻¹.

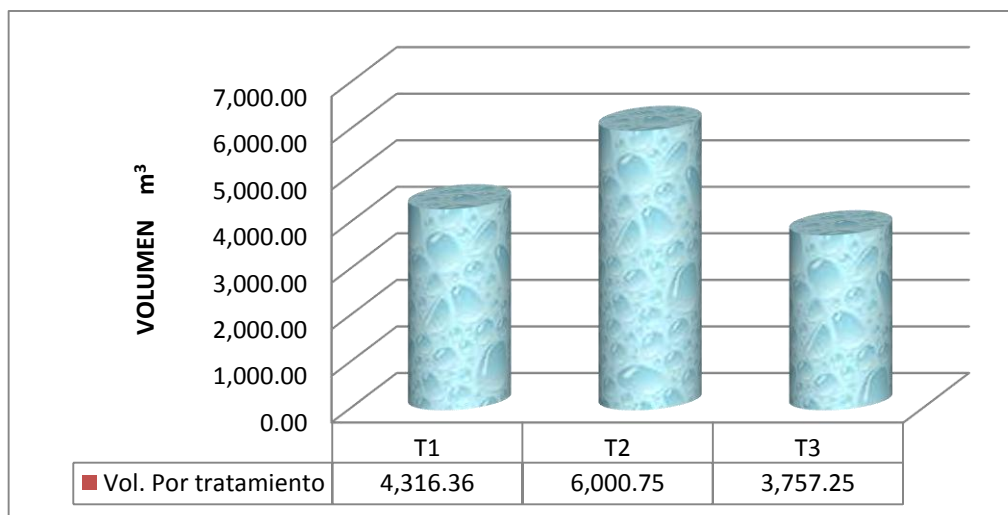


Figura 10. Volumen de agua total por tratamiento en m³ ha⁻¹

4.2. Análisis Estadístico de los tratamientos en estudio.

Al término de la conducción, evaluación y análisis de las variables evaluadas en el cultivo de manzanilla, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de variancia (ANVA):

Para el caso de rendimiento de manzanilla en peso verde del presente experimento el análisis de varianza (ANVA) es el siguiente.

Tabla 16. Análisis de variancia (ANVA) para la variable peso verde de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) en Kg.

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados	Cuadrados medios	F cal	F tabular	
					0,05	0,01
Tratamientos	2	791.99	395.99	54.39 **	6.94	18.00
Repeticiones	2	158.95	79.48	10.92 *	6.94	18.00
Error	4	29.11	7.28			
Total	8	980.05	-	-	-	-

C.V. = 7.17%

La tabla 16, observamos claramente que existe diferencias altamente significativas (**) entre los tratamientos en estudio, puesto que el valor de la F calculada es mayor que el valor de la F tabular a los niveles 0,05 y 0,01 de probabilidades. Lo cual indica que los promedios de los tratamientos difieren uno del otro en peso verde de manzanilla. En cuanto al coeficiente de variabilidad del 7.17% nos indica el grado de confiabilidad en los resultados. Para saber que tratamiento o tratamientos es el mejor aplicaremos la prueba de Duncan al 5% de probabilidades.

Tabla 17. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para los promedios de los tratamientos en estudio.

Orden de mérito	Tratamientos (clave)	Peso verde promedio de manzanilla (kg/parcela)	Peso verde promedio de manzanilla (t ha ⁻¹)	Significación estadística
I	T1	50.46	14.02	A
II	T2	34.03	9.45	B
III	T3	28.30	7.86	B

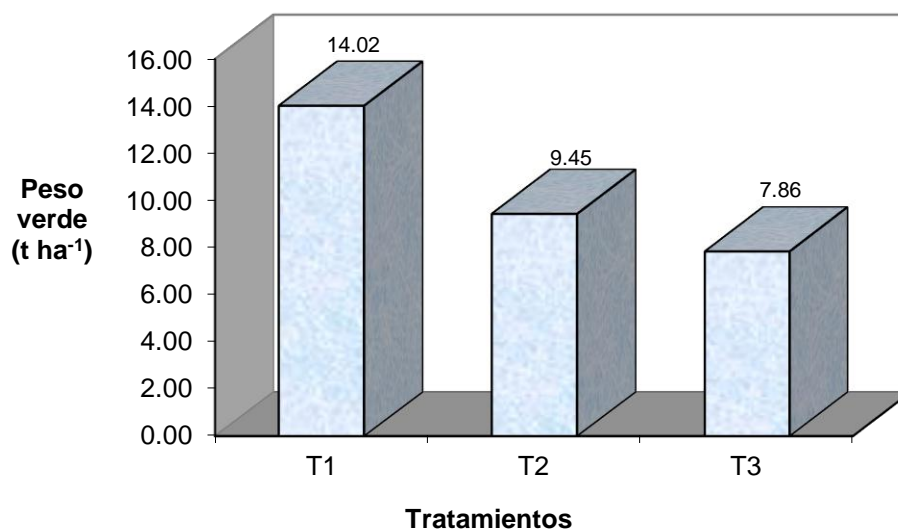


Figura 11. Peso verde de manzanilla en t ha⁻¹

En la tabla 17 y en el figura 11, al realizar la prueba de Duncan al 5% de probabilidades, nos damos cuenta que el primer orden de mérito lo ocupa el tratamiento T1: Riego controlado según la humedad del suelo, superior estadísticamente a los T2 y T3, lo cual nos indica que para tener buenas cosechas de peso verde de manzanilla, se aplicará riegos con medición de la humedad del suelo, que además se está ahorrando agua para sembrar más área de cultivo y más

producción con respecto al tratamiento T2: Riego Teórico, este tratamiento T2 al comparar con el tratamiento T3: Testigo son iguales estadísticamente en peso verde de manzanilla, se puede aplicar cualquier tratamiento desde el punto de vista estadístico, pero desde el punto de vista económico y práctico se aplicará el T3: testigo por ser más práctico para el agricultor.

Por lo tanto, esta prueba estadística nos demuestra que para obtener rendimiento altos en comparación al testigo, los riegos se realizarán con medición de la humedad del suelo, lo que se incrementa el rendimiento en 78.12% más con respecto al testigo.

Cosude Pymagros e Instituto Cuencas (2003), realizaron una evaluación de 02 biotipos de manzanilla a diferentes densidades de siembra y mediante sistema de producción orgánica obteniendo que a una densidad de 50 x 40 cm y aplicando 4 t ha⁻¹ de gallinaza se tuvo un rendimiento en peso verde de 11.51 t ha⁻¹

Por otro lado la mayor eficiencia de uso de agua para riego se da con el tratamiento T1, donde se ha utilizado un volumen de agua de 4 316.36 m³ ha⁻¹ y se obtuvo un rendimiento de 14.02 t ha⁻¹, seguido del T2 con 6 000.75 m³ ha⁻¹ y un rendimiento de 9.45 t ha⁻¹ y en el T3 se utilizó 3 757.25 m³ ha⁻¹ y se obtuvo un rendimiento de 7.86 t ha⁻¹.

Para el caso de rendimiento de manzanilla en peso seco del presente experimento el análisis de varianza (ANVA) es el siguiente.

Tabla 18. Análisis de variancia (ANVA) para la variable peso seco de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) en Kg.

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados	Cuadrados medios	F cal	F tabular	
					0,05	0,01
Tratamientos	2	31.55	15.78	60.69 **	6.94	18.00
Repeticiones	2	6.37	3.19	12.27 *	6.94	18.00
Error	4	1.05	0.26			
Total	8	38.97	-	-	-	-

C.V. = 6.82%

La tabla 18, nos muestra claramente que existe alta significación estadística (**) para los tratamientos en estudio y significación estadística para repeticiones, puesto

que las F calculadas superan a las F tabulares a los niveles 0,05 y 0,01 de probabilidades, respectivamente, lo cual indica que los promedios de los tratamientos difieren uno del otro en peso seco de manzanilla, en cuanto al coeficiente de variabilidad del 6.82% nos indica el grado de confiabilidad que el experimento ha sido conducido eficientemente, para saber que tratamiento o tratamientos es el mejor aplicaremos la prueba de Duncan al 5% de probabilidades.

Tabla 19. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para los promedios de los tratamientos en estudio.

Orden de mérito	Tratamientos (clave)	Peso seco promedio de manzanilla (kg/parcela)	Peso seco promedio de manzanilla (t ha ⁻¹)	Significación estadística
I	T1	10.07	2.78	A
II	T2	6.83	1.90	B
III	T3	5.63	1.56	C

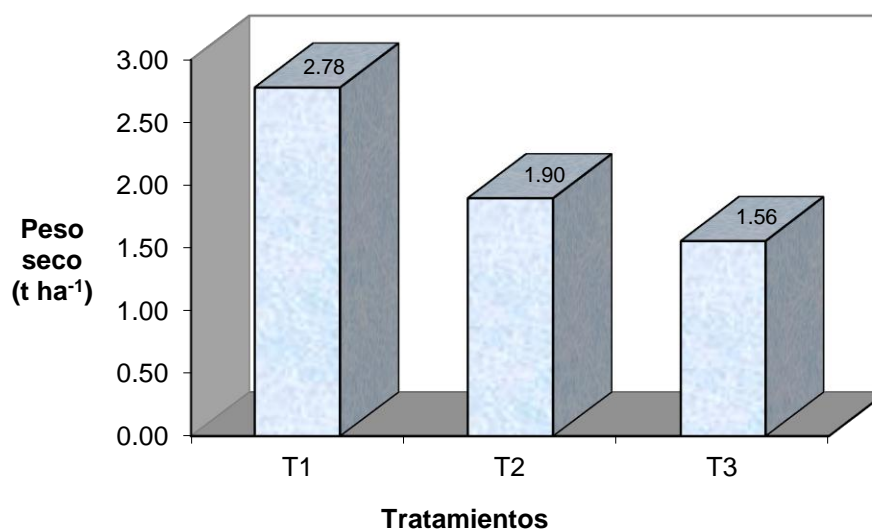


Figura 12. Peso seco de manzanilla

Según la tabla 19 y el figura 12, de la prueba de Duncan al 5% de probabilidades, nos damos cuenta que el mayor peso seco lo registra también el T1: Riego controlado según la humedad del suelo es superior estadísticamente a los T2 y T3, lo cual nos sugiere que para tener buenas cosechas de peso seco de manzanilla, debemos aplicar riegos con medición de la humedad del suelo, que además se está ahorrando agua, con respecto al tratamiento T2: Riego Teórico al comparar con el tratamiento T3: Testigo son iguales estadísticamente en peso seco de manzanilla, da lo mismo aplicar cualquier tratamiento desde el punto de vista estadístico, pero desde

el punto de vista económico y práctico se aplicará el T3: testigo por ser más práctico para el agricultor y al empresario.

Por lo expuesto anteriormente, esta prueba estadística nos demuestra que para obtener rendimientos altos en comparación al testigo, los riegos se realizarán con medición de la humedad del suelo, lo que se incrementa el rendimiento en peso seco del 78.86% más con respecto al testigo.

Referente a la variable altura de planta de manzanilla evaluada en el presente experimento, el análisis de varianza (ANVA) es el siguiente.

Tabla 20. Análisis de variancia (ANVA) para la variable altura de planta de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) en cm planta⁻¹.

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados	Cuadrados medios	F cal	F tabular	
					0,05	0,01
Tratamientos	2	322.75	161.38	12.60 *	6.94	18.00
Repeticiones	2	113.04	56.52	4.41 NS	6.94	18.00
Error	4	51.25	12.81			
Total	8	487.04	-	-	-	-

C.V. = 8.14%

La tabla 20, del análisis de variancia (ANVA) nos muestra claramente que existe significación estadística (*) para los tratamientos en estudio, puesto que las F calculadas superan a las F tabulares a los niveles 0,05 y 0,01 de probabilidades, respectivamente, lo cual nos indica que los promedios de los tratamientos difieren uno del otro en altura de planta de manzanilla, con respecto al coeficiente de variabilidad del 8.14% nos indica el grado de confiabilidad del experimento, que la investigación en estudio ha sido conducido eficientemente, para saber que tratamiento o tratamientos es el mejor aplicaremos la prueba de Ducan al 5% de probabilidades.

Tabla 21. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para los promedios de los tratamientos en estudio.

Orden de mérito	Tratamientos (clave)	Atura planta promedio de manzanilla (cm)	Significación estadística
I	T1	51.93	A
II	T2	42.60	B
III	T3	37.47	B

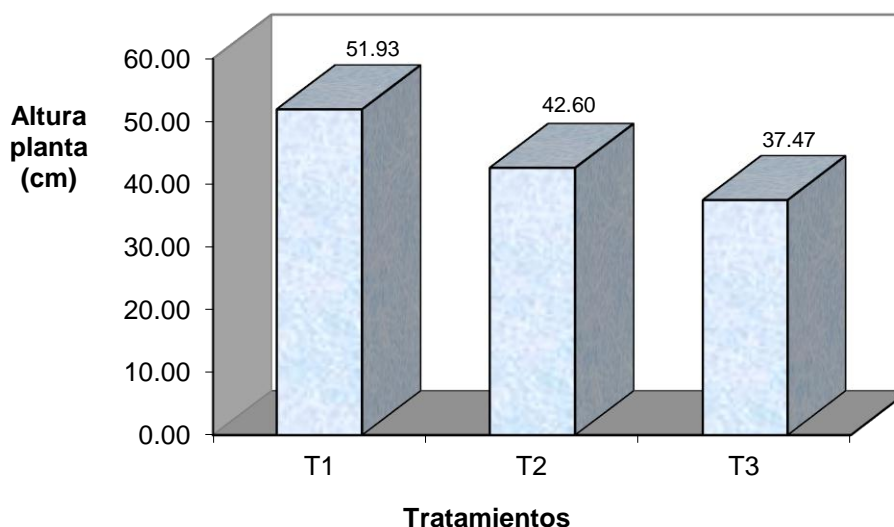


Figura 13. Altura planta de manzanilla

Según la tabla 21 y el figura 13, de la prueba de Duncan al 5% de probabilidades, nos indica que el mayor peso seco lo registra también el T1: Riego controlado según la humedad del suelo, que es superior estadísticamente a los T2 y T3, lo cual nos sugiere que para tener mayor altura de planta (cm) de manzanilla, debemos aplicar riegos con medición de la humedad del suelo, empleando los tensiómetros, que además se está ahorrando agua, al comparar el tratamiento T2: Riego Teórico con el tratamiento T3: Testigo, son iguales estadísticamente indicándonos que las alturas promedio de las plantas de la manzanilla no son diferentes, da lo mismo aplicar cualquier tratamiento desde el punto de vista estadístico, pero desde el punto de vista económico y práctico se aplicará el T3: testigo, por ser más práctico para el agricultor y al empresario.

Por lo tanto, esta prueba estadística nos demuestra que para obtener mayores de plantas, en comparación al testigo, los riegos se realizarán con medición de la

humedad del suelo, lo que se incrementa la altura en 38.59% más con respecto al testigo (37.47 cm) equivalente al 100%.

Teniendo en cuenta la variable número de brotes por planta de manzanilla evaluada en el presente experimento, el análisis de varianza (ANVA) es el siguiente.

Tabla 22. Análisis de variancia (ANVA) para la variable número de brotes por planta de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) / Planta

[Datos transformados con $Y = (X)^{1/2}$]

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados	Cuadrados medios	F cal	F tabular	
					0,05	0,01
Tratamientos	2	1.97	0.99	47.43 **	6.94	18.00
Repeticiones	2	0.17	0.08	4.03 NS	6.94	18.00
Error	4	0.08	0.02			
Total	8	2.22	-	-	-	-

C.V. = 5.09%

La tabla 22, del análisis de variancia (ANVA) nos muestra claramente que existe alta significación estadística (**) para los tratamientos en estudio, puesto que las F calculadas superan a las F tabulares a los niveles 0,05 y 0,01 de probabilidades, respectivamente, lo cual nos indica que los promedios de los tratamientos difieren uno del otro en número de brotes promedio por planta de manzanilla, con respecto al coeficiente de variabilidad del 5.09% nos indica el grado de confiabilidad del experimento, que se ha conducido adecuadamente, para saber que tratamiento o tratamientos es el mejor aplicaremos la prueba de Duncan al 5% de probabilidades.

Tabla 23. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para los promedios de los tratamientos en estudio.

Orden de mérito	Tratamientos (clave)	Número de brotes promedio por planta de manzanilla		Significación estadística
		(*)		
I	T1	3.45	11.87	A
II	T2	2.73	7.47	B
III	T3	2.31	5.40	C

Nota: (*) Datos transformados con $Y = (X)^{1/2}$.

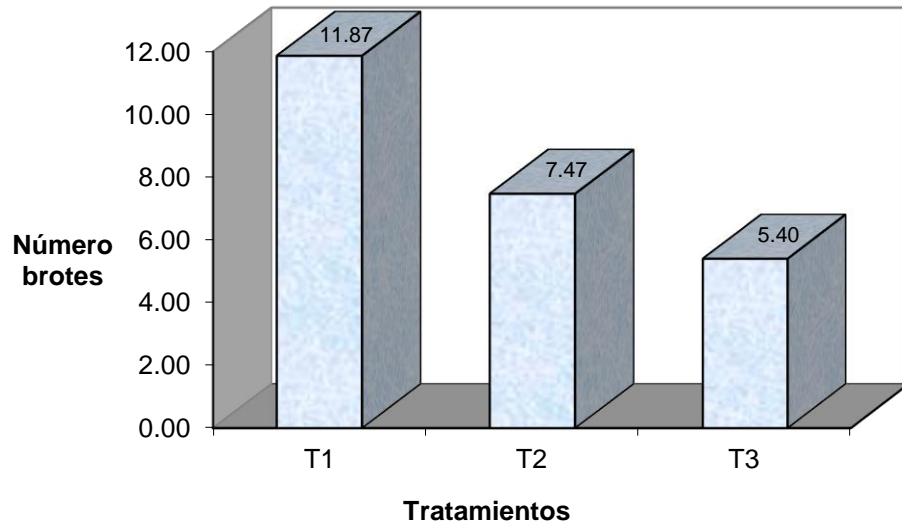


Figura 14. Número de brotes por planta de manzanilla

Según la tabla 23 y el figura 14, de la prueba de Duncan al 5% de probabilidades, nos indica que el mayor número de brotes lo registra también el T1: Riego controlado según la humedad del suelo, que es superior estadísticamente a los T2 y T3, lo cual nos sugiere que para tener mayor número de brotes por planta de manzanilla, debemos aplicar riegos con medición de la humedad del suelo, empleando los tensiómetros, que además se está ahorrando agua, al comparar el tratamiento T2: Riego Teórico con el tratamiento T3: Testigo, son también como en los casos anteriores iguales estadísticamente indicándonos que el número de brotes promedio de las plantas de la manzanilla no son diferentes, da lo mismo aplicar cualquier tratamiento, desde el punto de vista estadístico, pero desde el punto de vista económico y práctico se aplicará el T3: testigo, por ser más práctico para el agricultor y al empresario.

Por lo tanto, esta prueba estadística nos demuestra también como en los casos anteriores que siempre sobresale el tratamiento T1: Riego con medición de la humedad del suelo, para obtener mayores brotes por planta, lo que se incrementa en número de brotes por planta en 49.35% más con respecto al testigo (5.40 brotes por planta) equivalente al 100%.

En referencia a la variable número de inflorescencias por planta de manzanilla evaluada en el presente experimento, el análisis de varianza (ANVA) es el siguiente.

Tabla 24. Análisis de variancia (ANVA) para la variable número de inflorescencia por planta de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.)

[Datos transformados con $Y = (X)^{1/2}$]

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados	Cuadrados medios	F cal	F tabular	
					0,05	0,01
Tratamientos	2	13.38	6.69	17.61 *	6.94	18.00
Repeticiones	2	0.84	0.42	1.10 NS	6.94	18.00
Error	4	1.51	0.38			
Total	8	15.73	-	-	-	-

C.V. = 10.75%

La tabla 24, del análisis de variancia (ANVA) nos muestra claramente que existe significación estadística (*) para los tratamientos en estudio, puesto que las F calculadas superan a las F tabulares a los niveles 0,05 y 0,01 de probabilidades, respectivamente, lo cual nos indica que los promedios de los 3 tratamientos difieren uno del otro en número de inflorescencia promedio por planta de manzanilla, con respecto al coeficiente de variabilidad del 10.75% nos indica el grado de confiabilidad del experimento, que se ha conducido adecuadamente, para saber que tratamiento o tratamientos es el mejor aplicaremos la prueba de Duncan al 5% de probabilidades.

Tabla 25. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para los promedios de los tratamientos en estudio.

Orden de mérito	Tratamientos (clave)	Número de inflorescencias promedio por planta de manzanilla		Significación estadística
I	T1	(*) 7.39	54.73	A
II	T2	5.23	27.93	B
III	T3	4.53	20.60	B

Nota: (*) Datos transformados con $Y = (X)^{1/2}$.

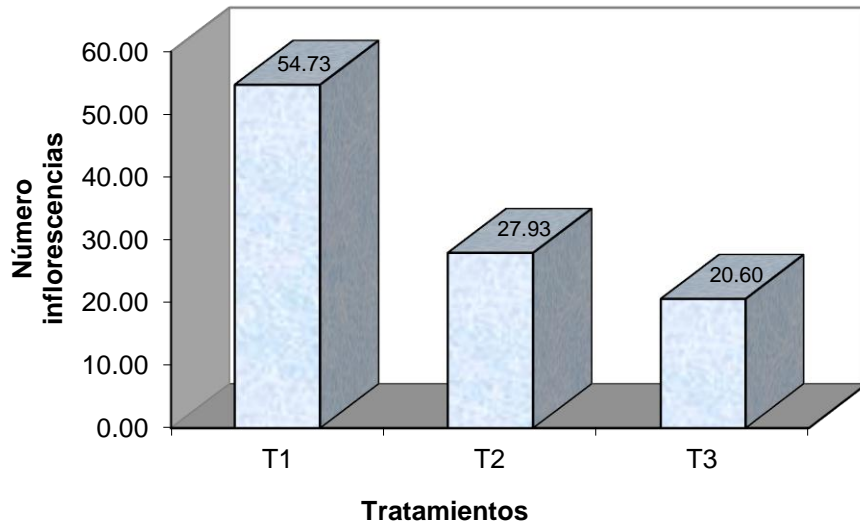


Figura 15. Número de inflorescencia por planta de manzanilla

Según la tabla 25 y la figura 15, de la prueba de Duncan al 5% de probabilidades, nos damos cuenta que el mayor número de inflorescencias promedio lo registra también como en los casos anteriores el T1: Riego controlado según la humedad del suelo, que es superior estadísticamente a los T2 y T3, lo cual nos sugiere que para tener mayor número de inflorescencias por planta de manzanilla, debemos aplicar riegos con medición de la humedad del suelo, empleando los tensiómetros, que además se está ahorrando agua, al comparar el tratamiento T2: Riego Teórico con el tratamiento T3: Testigo, son también como en los casos anteriores iguales estadísticamente indicándonos que el número de brotes promedio de las plantas de la manzanilla no son diferentes, da lo mismo aplicar cualquier tratamiento, desde el punto de vista estadístico, pero desde el punto de vista económico y práctico se aplicará el T3: testigo, por ser más práctico para el agricultor y al empresario.

Por lo tanto, esta prueba estadística nos demuestra también como en los casos anteriores que siempre sobresale el tratamiento T1: Riego controlado según la humedad del suelo, para obtener mayores número de inflorescencia por planta, lo que se incrementa en número de inflorescencia por planta en 63.13% más con respecto al testigo (20.60 inflorescencias por planta) equivalente al 100%.

Análogamente, se puede concluir diciendo que para obtener: mayor peso verde (kg), peso seco (kg), altura de planta (cm), número de brotes por planta y número de inflorescencia por planta del cultivo de manzanilla, se tendrá que

regar el cultivo con el T1: Riego controlado según la humedad del suelo, seguido el tratamiento T2: Riego Teórico, y finalmente el tratamiento T3: testigo, el cual ha registrado el último orden de mérito en todas las variables en estudio.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. El riego por aspersión programado con medidor de humedad del suelo (Tratamiento 1) estadísticamente dio resultados significativos en la producción del cultivo de manzanilla, referente a rendimiento en verde y seco, altura de planta, número de brotes y número de inflorescencias.
2. Los riegos se han aplicado cuando la lectura promedio de la humedad del suelo nos indicó 21.73 cB para el T1, 12.65 cB para el T2 y 25.40 cB para el T3. Esto indica que el tratamiento T1 se regó inmediatamente cuando el tensiómetro nos indicó un contenido de humedad de intervalo de riego (21 a 26 cB), el T2 se mantuvo en capacidad de campo (6 – 15 cB) y el T3 en el límite entre intervalo de riego y punto de marchitez. (26 a 32 cB).
3. Numéricamente en rendimiento de manzanilla cosecha en verde el tratamiento T1 es superior al T2 y T3, donde se ha obtenido rendimientos de 14.02 T ha⁻¹ con un volumen de agua total de 4 316.36 m³ ha⁻¹, el T2 obtuvo rendimientos de 9.45 T ha⁻¹ con un volumen de agua 6 000.75 m³ ha⁻¹ y el tratamiento T3 obtuvo rendimientos de 7.86 T ha⁻¹ con un volumen de 3 757.25 m³ ha⁻¹.

5.2. Recomendaciones.

1. En unidades productivas que se cultiva intensivamente se recomienda el uso de medidores de la humedad de los suelos y determinar las láminas de riego óptimas.
2. Se debe replicar la investigación en otros lugares y con otros cultivos, utilizando tensiómetros y con distintos niveles de tensión de humedad y/o frecuencias de riego.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Anten M. y Willet H., 2000. *Diseño de Pequeños Sistemas de Riego por Aspersión en Ladera*. SNV- PRONAMACHS. Cajamarca – Perú. 62 p.

Brako, L. 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. 148 p.

Cabieses, F. 1993. Apuntes de medicina tradicional. Tomo II. Ediciones DISELPESA. Lima- Perú. 825 p.

Cabieses, F. 1998. Apuntes de medicina tradicional. CONCYTEC. Lima- Perú. 420 p.

Castañon, G. 2000. Ingeniería del riego. Uso racional del agua. Editorial. Paraninfo. Madrid-España.198 p.

Cosude Pymagros, Instituto Cuencas. 2003. Proyecto: “Evaluación a nivel experimental de dos biotipos de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) mediante sistema de producción orgánica”. Cajamarca – Perú.18 p.

Felipe Morales, Carmen, 2002. Manejo agroecológico del suelo en sistemas andinos. Publicado en “AGROECOLOGIA, el camino hacia una agricultura sustentable”. Ediciones Científicas Sudamericanas. Buenos Aires - Argentina. 146 p.

Florindez, A. 2011. Sistemas de riego predial Regulados por Microreservorios. Lima – Perú. 145 p.

Goyal, M.(s.f.). Manejo de Riego Por Goteo: El Tensiómetro, Su Uso, Instalación y Mantenimiento (en línea). Universidad de Puerto Rico. Mayagüez-Puerto Rico. Consultado 15/ 06/ 08. Disponible en http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/home.htm.

Gurovich, R. 1999. Riego superficial tecnificado. Segunda edición. Editorial universidad católica de Chile. Chile. 608 p.

Martínez, M. 1996. Las plantas medicinales de México. Editorial Botas. Mexico. 140p.

Muña, P., 1997. Gestión de los sistemas de riego. Experiencia del PLAN MERISS INKA en la cuenca del Vilcanota. Cusco - Perú. 156 p.

Olarte, W. 2003. Manual. Diseño y gestión de sistemas de riego por aspersión en ladera. Proyecto MASAL. Cusco – Perú. 175 p.

Soto J. 2002. Manual para el Diseño y Gestión de Pequeños Sistemas de Riego por Aspersión en Laderas. Cusco – Perú. 157 p.

Tarjuelo, J. 1995. “El Riego por Aspersión y su Tecnología”. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid – España. 491 p.

Tarjuelo, J. 1999. “El Riego por Aspersión y su Tecnología”. Ediciones Mundi - Prensa. Segunda Edición Madrid – España. 569 p.

Vera, R. 2001. Mejoramiento de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos – Ministerio de Agricultura cede Cajamarca. Prácticas. Pre – Profesionales. Universidad Nacional de Cajamarca. 50 p.

Villegas, E. 2006. PGRSAP-GTZ. Gestión y diseño de atajados para cosecha de agua. Proyecto de Gestión de Riesgo y Seguridad Alimentaria en la Cuenca del Río San Pedro. Potosí - Bolivia. 85 p.

<http://www.herbotecnia.com.ar/exo-manzanilla.html>.

[http:// www.aceitesesenciales.html](http://www.aceitesesenciales.html).

<http://www.webcolombia.com/plantascurativas/manzanilla.html>.

VII. ANEXOS

Anexo 01. Registros de la información de campo.

Tabla 26. Datos meteorológicos promedio anuales de la zona donde se realizó el estudio.

Mes	Humedad Relativa Promedio (%)	Temperatura Promedio (°C)	Precipitación Promedio (mm)	Horas sol (hr día ⁻¹)
Enero	76.1	12.9	111.7	4.6
Febrero	78.0	12.8	138.9	4.4
Marzo	79.3	12.8	181.9	3.6
Abril	78.5	12.7	113.8	4.7
Mayo	75.3	12.4	56.0	6.1
Junio	72.1	11.9	16.1	6.7
Julio	71.5	11.9	9.3	7.3
Agosto	66.8	12.3	11.8	7.2
Septiembre	69.6	12.7	50.8	5.3
Octubre	73.8	12.7	102.6	5.1
Noviembre	73.1	12.7	98.8	5.3
Diciembre	75.0	12.8	112.6	4.7
Total			1004.2	
Promedio	74.1	12.6		5.4

Fuente: SENAMHI - Cajamarca. Datos Históricos promedios de la Estación meteorológica Hucataz, periodo 1977 -1995.

Tabla 27. Cálculo de la evapotranspiración anual mm. día⁻¹.

PARAMETRO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Factor de Latitud (MF)	2.47	2.221	2.363	2.099	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.233	2.397	2.476
Temp. Media en °F (TMF)	55.23	55.11	54.97	54.92	54.31	53.50	53.35	54.07	54.83	54.91	54.92	55.05
Fact. Correc. Humed. (CH)	0.812	0.778	0.755	0.770	0.825	0.877	0.886	0.956	0.915	0.849	0.861	0.831
Fact. Correc. Altitud (CE)	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065
ETP (mm mes⁻¹)	117.9	101.4	104.4	94.5	93.5	89.2	95.3	114.4	118.5	110.9	120.7	120.6
ETP (mm día⁻¹)	3.80	3.62	3.37	3.15	3.02	2.97	3.07	3.69	3.95	3.58	4.02	3.89
ETP máxima =			4.02	mm día ⁻¹								

$$ETP = MF \times TMF \times CH \times CE$$

$$CE = 1.00 + 0.04 \frac{E}{2000}$$

$$CH = 0.166(100 - HR)^{1/2} ; \text{para } HR > 64\%$$

$$CH = 1.00 ; \text{para } HR < 64\%$$

LATITUD (°): 7 Para usar la tabla de Factor de Latitud (Anexo N° 02)
 ALTITUD PROMEDIO (E): 3252 Para la Correccion por Altitud

Tabla 28. Registro de la precipitación (mm) y lectura de tensiómetros (cB) para el tratamiento T1

Fecha	Lectura de tensiómetro (cB)	Frecuencia de riego (días)	Tiempo de riego (h)	Láminas de agua utilizadas (mm)		
				Precipitación	Riego	Total
13/09/2008	8					
14/09/2008	10			1.20		1.20
15/09/2008	14					
16/09/2008	23	3	2.00		15.97	15.97
17/09/2008	10					
18/09/2008	8					
19/09/2008	15					
20/09/2008	21	4	2.00		15.97	15.97
21/09/2008	10			8.90		8.90
22/09/2008	7					
23/09/2008	8			15.70		15.70
24/09/2008	6					
25/09/2008	10			0.90		0.90
26/09/2008	15					
27/09/2008	22	7	2.00		15.97	15.97
28/09/2008	11					
29/09/2008	8					
30/09/2008	8			3.40		3.40
01/10/2008	7					
02/10/2008	9					
03/10/2008	11			34.50		34.50
04/10/2008	8					
05/10/2008	13					
06/10/2008	18			4.40		4.40
07/10/2008	24	10	2.50		19.97	19.97
08/10/2008	12			2.80		2.80
09/10/2008	8					
10/10/2008	10			1.10		1.10
11/10/2008	15					
12/10/2008	21	5	2.00		15.97	15.97
13/10/2008	10					
14/10/2008	8			11.50		11.50
15/10/2008	8					
16/10/2008	14					
17/10/2008	21	5	2.00	7.10	15.97	23.07
18/10/2008	10					
19/10/2008	12					
20/10/2008	16			3.90		3.90
21/10/2008	22	4	2.00		15.97	15.97
22/10/2008	10					
23/10/2008	8					
24/10/2008	10			10.50		10.50
25/10/2008	8					
26/10/2008	10					
27/10/2008	15					

28/10/2008	7			3.20		3.20
29/10/2008	6			13.20		13.20
30/10/2008	6			10.03		10.03
31/10/2008	6			3.70		3.70
01/11/2008	6			5.65		5.65
02/11/2008	6			3.20		3.20
03/11/2008	7			30.20		30.20
04/11/2008	5			0.50		0.50
05/11/2008	8			2.40		2.40
06/11/2008	9					
07/11/2008	12			1.50		1.50
08/11/2008	13			15.10		15.10
09/11/2008	8			0.80		0.80
10/11/2008	13			0.10		0.10
11/11/2008	21	21	2.50		19.97	19.97
12/11/2008	10			0.80		0.80
13/11/2008	8			0.68		0.68
14/11/2008	14			0.37		0.37
15/11/2008	21	4	2.00		15.97	15.97
16/11/2008	9					
17/11/2008	8					
18/11/2008	14					
19/11/2008	22	4	2.00		15.97	15.97
20/11/2008	10			0.70		0.70
21/11/2008	7			1.20		1.20
22/11/2008	10					
23/11/2008	15					
24/11/2008	21	5	2.00		15.97	15.97
25/11/2008	10					
26/11/2008	8					
27/11/2008	10			10.10		10.10
28/11/2008	8					
29/11/2008	8			9.80		9.80
30/11/2008	8					
01/12/2008	7			13.20		13.20
02/12/2008	6			7.20		7.20
03/12/2008	6			8.40		8.40
Total	-	-	-	247.93	183.71	431.64
Promedio	11.28	6.55	2.09	6.89	16.70	9.38

Tabla 29. Registro de la precipitación (mm) y lectura de tensiómetros (cB) para el tratamiento T2

Fecha	Lectura de tensiómetro (cB)	Frecuencia de riego (días)	Tiempo de riego (h)	Láminas de agua utilizadas (mm)		
				Precipitación	Riego	Total
13/09/2008	8					
14/09/2008	10			1.20		1.20
15/09/2008	13					
16/09/2008	20	4	2.59		20.71	20.71
17/09/2008	8					
18/09/2008	8					
19/09/2008	12					
20/09/2008	16	4	2.59		20.71	20.71
21/09/2008	7			8.90		8.90
22/09/2008	6					
23/09/2008	8			15.70		15.70
24/09/2008	6	4	2.59		20.71	20.71
25/09/2008	4			0.90		
26/09/2008	6					
27/09/2008	10					
28/09/2008	12	4	2.59		20.71	20.71
29/09/2008	6					
30/09/2008	8			3.40		3.40
01/10/2008	10					
02/10/2008	14	4	2.59		20.71	20.71
03/10/2008	6			34.50		34.50
04/10/2008	5					
05/10/2008	6					
06/10/2008	8			4.40		4.40
07/10/2008	14	5	2.59		20.71	20.71
08/10/2008	6			2.80		2.80
09/10/2008	8					
10/10/2008	10			1.10		2.00
11/10/2008	16	4	2.59		20.71	20.71
12/10/2008	7					
13/10/2008	6					
14/10/2008	9			11.50		11.50
15/10/2008	13	4	2.59		20.71	20.71
16/10/2008	5					
17/10/2008	7			7.10		7.10
18/10/2008	10					
19/10/2008	14	4	2.59		20.71	20.71
20/10/2008	6			3.90		3.90
21/10/2008	7					
22/10/2008	10					
23/10/2008	13	4	2.59		20.71	20.71
24/10/2008	5			10.50		10.50
25/10/2008	6					
26/10/2008	8					
27/10/2008	12	4	2.59		20.71	20.71
28/10/2008	6			3.20		3.20

29/10/2008	5			13.20		13.20
30/10/2008	6			10.03		10.03
31/10/2008	6	4	No se regó	3.70		3.70
01/11/2008	6			5.65		5.65
02/11/2008	5			3.20		3.20
03/11/2008	7			30.20		30.20
04/11/2008	4	4	No se regó	0.50		0.50
05/11/2008	6			2.40		2.40
06/11/2008	9					
07/11/2008	13			1.50		1.50
08/11/2008	14	4	2.59	15.10	20.71	35.81
09/11/2008	6			0.80		0.80
10/11/2008	8			0.10		0.10
11/11/2008	12					
12/11/2008	15	4	2.59	0.80	20.71	21.51
13/11/2008	7			0.68		0.68
14/11/2008	9			0.37		0.37
15/11/2008	14					
16/11/2008	18	4	2.59		20.71	20.71
17/11/2008	7					
18/11/2008	8					
19/11/2008	12					
20/11/2008	15	4	2.59	0.70	20.71	21.41
21/11/2008	7			1.20		1.20
22/11/2008	9					
23/11/2008	12					
24/11/2008	15	4	2.59		20.71	20.71
25/11/2008	7					
26/11/2008	8					
27/11/2008	12			10.10		10.10
28/11/2008	10	4	2.59		20.71	20.71
29/11/2008	5			9.80		9.80
30/11/2008	7					
01/12/2008	9			13.20		13.20
02/12/2008	6	4	No se regó	7.20		7.20
03/12/2008	6			8.40		8.40
Total	-	-	-	247.93	352.14	600.07
Promedio	9.02	4.05	2.59	6.89	20.71	12.25

Tabla 30. Registro de la precipitación (mm.) y lectura de tensiómetros (cB) para el tratamiento T3

Fecha	Lectura de tensiómetro (cB)	Frecuencia de riego (días)	Tiempo de riego (h)	Láminas de agua utilizadas (mm)		
				Precipitación	Riego	Total
13/09/2008	8					
14/09/2008	10			1.20		1.20
15/09/2008	14					
16/09/2008	21					
17/09/2008	27	4	3.00		23.96	23.96
18/09/2008	10					
19/09/2008	7					
20/09/2008	12					
21/09/2008	14			8.90		8.90
22/09/2008	10					
23/09/2008	9			15.70		15.70
24/09/2008	8					
25/09/2008	11			0.90		0.90
26/09/2008	15					
27/09/2008	23					
28/09/2008	26					
29/09/2008	30	12	4.00		31.95	31.95
30/09/2008	12			3.40		3.40
01/10/2008	8					
02/10/2008	14					
03/10/2008	20			34.50		34.50
04/10/2008	8					
05/10/2008	12					
06/10/2008	17			4.40		4.40
07/10/2008	13					
08/10/2008	12			2.80		2.80
09/10/2008	20					
10/10/2008	32	11	4.00	1.10	31.95	33.05
11/10/2008	20					
12/10/2008	10					
13/10/2008	18					
14/10/2008	20			11.50		11.50
15/10/2008	16					
16/10/2008	12					
17/10/2008	17			7.10		7.10
18/10/2008	14					
19/10/2008	16					
20/10/2008	22			3.90		3.90
21/10/2008	18					
22/10/2008	17					
23/10/2008	15					
24/10/2008	20			10.50		10.50
25/10/2008	18					
26/10/2008	13					
27/10/2008	16					
28/10/2008	9			3.20		3.20

29/10/2008	9			13.20		13.20
30/10/2008	8			10.03		10.03
31/10/2008	8			3.70		3.70
01/11/2008	7			5.65		5.65
02/11/2008	6			3.20		3.20
03/11/2008	6			30.20		30.20
04/11/2008	5			0.50		0.50
05/11/2008	6			2.40		2.40
06/11/2008	9					
07/11/2008	13			1.50		1.50
08/11/2008	12			15.10		15.10
09/11/2008	8			0.80		0.80
10/11/2008	11			0.10		0.10
11/11/2008	14					
12/11/2008	16			0.80		0.80
13/11/2008	14			0.68		0.68
14/11/2008	13			0.37		0.37
15/11/2008	16					
16/11/2008	20					
17/11/2008	25					
18/11/2008	30					
19/11/2008	32	40	5.00		39.94	39.94
20/11/2008	15			0.70		0.70
21/11/2008	10			1.20		1.20
22/11/2008	8					
23/11/2008	10					
24/11/2008	16					
25/11/2008	20					
26/11/2008	22					
27/11/2008	25			10.10		10.10
28/11/2008	12					
29/11/2008	10			9.80		9.80
30/11/2008	8					
01/12/2008	8			13.20		13.20
02/12/2008	6			7.20		7.20
03/12/2008	6			8.40		8.40
Total	-	-	-	247.93	127.80	375.73
Promedio	14.37	16.75	4.00	6.89	31.95	9.63

Tabla 31. Factores de Evapotranspiración potencial MF según latitud para calcular la evapotranspiración potencial método de Hargreaves.

Lat. Sur (°)	MESES DEL AÑO											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
1	2.288	2.117	2.354	2.197	2.137	1.998	2.091	2.216	2.256	2.358	2.234	2.265
2	2.371	2.136	2.357	2.182	2.108	1.956	2.05	2.194	2.251	2.372	2.263	2.301
3	2.353	2.154	2.36	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.386	2.29	2.337
4	2.385	2.172	2.362	2.151	2.05	1.888	1.995	2.15	2.240	2.396	2.318	2.372
5	2.416	2.189	2.363	2.134	2.02	1.854	1.96	2.126	2.231	2.411	2.345	2.407
6	2.447	2.05	2.363	2.117	1.98	1.82	1.97	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
7	2.470	2.221	2.363	2.099	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.233	2.397	2.476
8	2.508	2.237	2.362	2.061	1.927	1.75	1.858	2.054	2.210	2.443	2.423	2.51
9	2.538	2.251	2.36	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10	2.567	2.266	2.357	2.049	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.852	1.644	1.754	1.976	2.180	2.47	2.497	2.61
12	2.625	2.292	2.35	2.002	1.799	1.608	1.719	1.95	2.169	2.477	2.52	2.643
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.872	1.648	1.922	2.157	2.464	2.543	2.675
14	2.680	2.317	2.34	2.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.43	2.566	2.706
15	2.707	2.326	2.334	2.937	1.7	1.5	1.812	1.867	2.131	2.436	2.583	2.738
16	2.734	2.339	2.317	1.914	1.666	1.464	1.576	1.838	2.171	2.5	2.61	2.769
17	2.760	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.54	1.889	2.103	2.504	2.631	2.799
18	2.785	2.359	2.311	1.867	1.598	1.391	1.504	1.789	2.068	2.508	2.651	2.83
19	2.811	2.36	2.302	1.843	1.564	1.354	1.467	1.75	2.072	2.51	2.671	2.859

Fuente: El Riego - Absalon Vasques Villanueva - 2000

Anexo 02. Ficha técnica del tensiómetro utilizado.

IRROMETER®

modelo "R"/"SR"



TAPA HERMETICA

Tapa grande para operación fácil y mejor control. La tapa es removible para llenar el depósito. Válvula submergida para un sello positivo. Aflojando la tapa permite salir aire y el tubo se llena de agua del depósito. El servicio del instrumento es instantáneo.

MEDIDOR SELLADO HERMÉTICAMENTE

Exactitud y larga vida del medidor es asegurado por un cubierto de plástico herméticamente sellado y con un diafragma que compensa por variaciones en temperatura y presión barométrica. Pat. 2773388 Pat. 3394594

MEDIDOR SIN AIRE

El sello de agua no permite que entre aire en el medidor como se queda lleno el medidor y la cámara sin necesidad de estar lleno el tubo.

EL TUBO

Es construido de plástico muy duradero no afectado por sustancias químicas ó electrolisis.

MODELO "SR" (no está en el dibujo)

La conexión de la punta se enrosca para hacer más fácil su cambio. Usa un sello de anillo.

DEPOSITO

Contiene una reserva de agua suficiente para varios ciclos de riego bajo condiciones normales. Al aflojarse la tapa sale aire del tubo y se llena de agua otra vez (esto para reemplazar agua perdida por la acción de tierra seca). Pat. 2878671

TODAS JUNTURAS SON PERMANENTEMENTE SELLADAS

LIQUIDO "IRROMETER"

Un liquido concentrado que se mezcla con agua para darle color y proteger la punta cerámica de depósitos de sal. El color facilita ver el nivel de agua en el instrumento.

PUNTA CERAMICA

Es más duradera que otras materias y a la vez más porosa para mayor sensibilidad a variaciones de humedad en la tierra.

IRROMETER
REG. U.S. PAT. OFF.
MOISTURE INDICATOR

Los tensiómetros Irrometer son fabricados en tamaños de 6, 12, 18, 24, 36, 48 y 60 pulgadas. (15, 30, 46, 61, 91, 122 y 152 centímetros)

Lo mejor en tensiómetro

Printed in U.S.A.

EL IRROMETER le dice CUANDO y CUANTO hay que regar

Cómo decir con una mirada la humedad exacta de su tierra

EL IRROMETER funciona por el principio del tensiómetro que es completamente distinto a otros sistemas que miden porcentajes de humedad. EL IRROMETER consiste un tubo sellado lleno de agua equipado con un medidor de vacío y una punta porosa. El instrumento se instala en la tierra a profundidades para alcanzar la zona de raíces. En tierra seca el agua sale por la punta porosa reduciendo el volumen en la columna y creando un vacío que registra en el medidor. Mientras más seca la tierra más alta será la lectura del medidor.

Al regarse la tierra el vacío creado en el IRROMETER succiona agua de la tierra reduciendo el registro del medidor.

El instrumento es en efecto "una raíz mecánica" equipado con un medidor que continuamente indica cómo está trabajando la raíz para sacar la humedad de la tierra.

EL IRROMETER por su principio único no tiene que calibrarse para distintos tipos de tierra y trabaja con exactitud igual en arena como en arcilla o cualquier mezcla de las dos.



El tensiómetro IRROMETER fue introducido en el año 1952, y desde entonces ha sido el primero con diseño exclusivo símbolo de lo mejor... No hay otro tensiómetro que ofrezca la larga vida, fuerte construcción y absoluta exactitud del IRROMETER.

IRROMETER COMPANY

P.O. BOX 2424, Riverside, Calif. 92516, U.S.A.

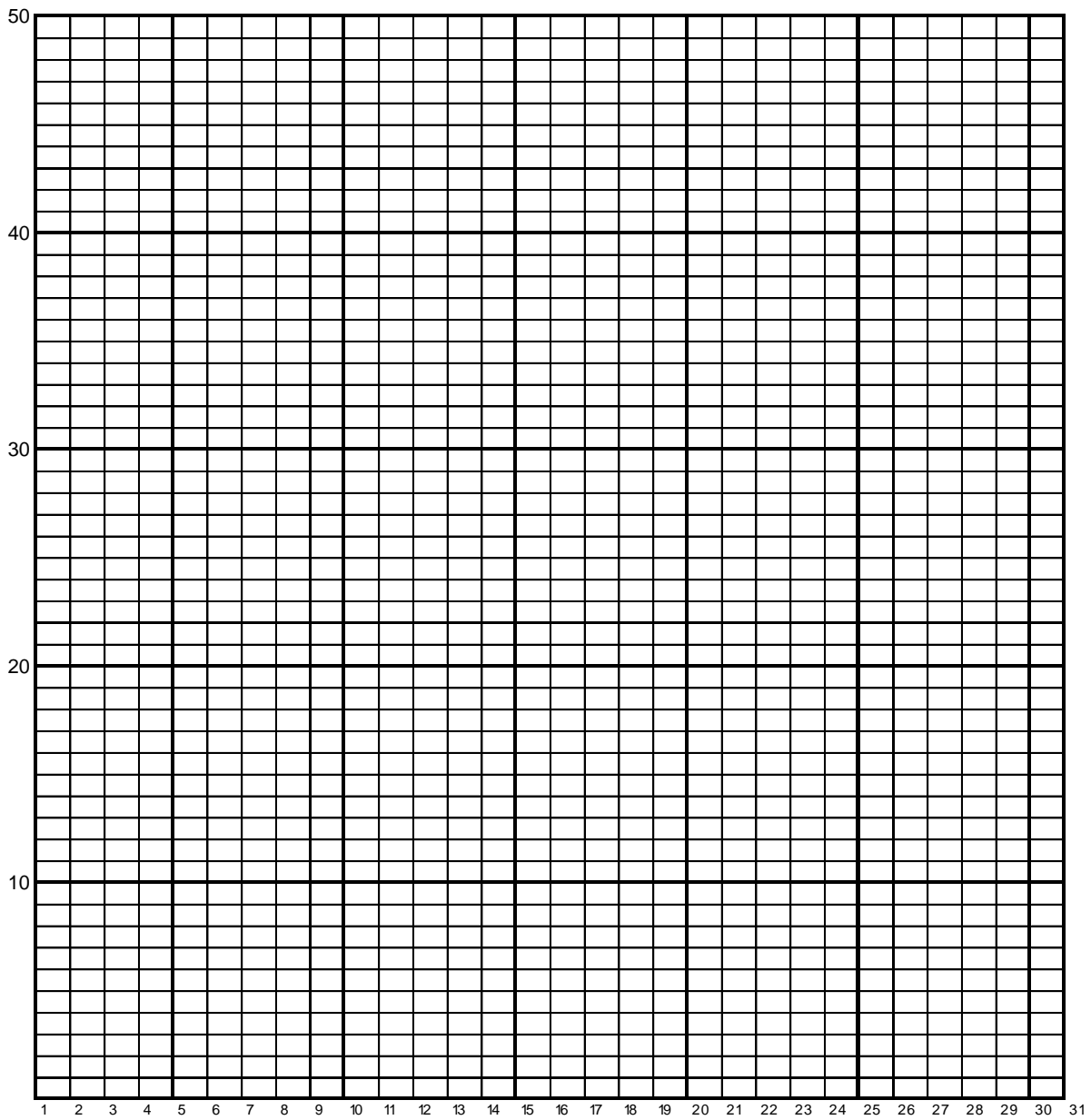
Foreign Dept.: Pacific Exports

Tel. (909) 689-1701 • FAX (909) 689-3706

E-MAIL: irrometer@aol.com

54/56 SP

FICHA DE REGISTRO DE LAS LECTURAS DEL TENSIOMETRO



PARCELA: _____	FECHA: _____
HORA: _____	PROFUNDIDAD: _____
OBSERVACIONES: _____ _____	

Anexo 03. Resultados de las evaluaciones realizadas

1. Peso verde

Tabla 32. Peso verde de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) en Kg. / Parcela (36 m²).

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	52.78	52.92	45.68	151.38	50.46
2	41.65	34.56	25.88	102.10	34.03
3	30.71	30.35	23.94	85.00	28.33
TOTAL BLOQUE	125.14	117.83	95.51	338.47	37.61

2. Peso seco

Tabla 33. Peso seco de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) en Kg. / Parcela (36 m²).

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	10.55	10.54	9.11	30.20	10.07
2	8.32	6.97	5.21	20.50	6.83
3	6.14	6.01	4.75	16.90	5.63
TOTAL BLOQUE	25.01	23.52	19.07	67.61	7.51

3. Altura planta

Tabla 34. Altura planta de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) en cm. / Parcela (36 m²).

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	52.00	52.40	51.40	155.80	51.93
2	47.40	46.40	34.00	127.80	42.60
3	41.00	39.80	31.60	112.40	37.47
TOTAL BLOQUE	140.40	138.60	117.00	396.00	44.00

4. Número de brotes

Tabla 35. Número de brotes por planta de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) / Parcela (36 m²).

(Datos originales)

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	12.60	11.40	11.60	35.60	11.87
2	8.00	8.00	6.40	22.40	7.47
3	7.00	4.80	4.40	16.20	5.40
TOTAL BLOQUE	27.60	24.20	22.40	74.20	8.24

Tabla 36. Número de brotes por planta de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) / Parcela (36 m²).

[Datos transformados con $Y = (X)^{1/2}$]

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	3.55	3.38	3.41	10.33	3.44
2	2.83	2.83	2.53	8.19	2.73
3	2.65	2.19	2.10	6.93	2.31
TOTAL BLOQUE	9.02	8.40	8.03	25.45	2.83

5. Número de inflorescencia

Tabla 37. Número de inflorescencia por planta de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) / Parcela (36 m²).

(Datos originales)

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	56.20	58.80	49.20	164.20	54.73
2	34.40	32.6	16.8	83.80	27.93
3	21.60	17.4	22.8	61.80	20.60
TOTAL BLOQUE	112.20	108.80	88.80	309.80	34.42

Tabla 38. Número de inflorescencia por planta de manzanilla (*Matricaria chamomilla*, L.) / Parcela (36 m²).

[Datos transformados con $Y = (X)^{1/2}$]

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	7.50	7.67	7.01	22.18	7.39
2	5.87	5.71	4.10	15.67	5.22
3	4.65	4.17	4.77	13.59	4.53
TOTAL BLOQUE	18.01	17.55	15.89	51.45	5.72