



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO HIDRICO EN EL
MAIZ AMARILLO DURO HIBRIDO INIA 609 - NAYLAMP,
APLICANDO SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO”**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

PRESENTADO POR:

BACH. PALACIOS CORREA ERIK ELIZERT

BACH. ROMAN MEZA GUSTAVO

Lambayeque – Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA



**“DETERMINACIÓN DEL REQUERIMIENTO HIDRICO EN EL
MAIZ AMARILLO DURO HIBRIDO INIA 609 - NAYLAMP,
APLICANDO SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA**

APROBADO POR:

**ING. VICENTE PANTA SAMILLAN
PRESIDENTE**

**ING. OSCAR ZEÑA SANTAMARIA
SECRETARIO**

**ING. LUIS TOLEDO CASANOVA
VOCAL**

**ING. JUAN HERNANDEZ ALCANTARA
PATROCINADOR**

PRESENTADO POR:

BACH. PALACIOS CORREA ERIK ELIZERT

BACH. ROMAN MEZA GUSTAVO

CAPITULO I

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades.

El Maíz Amarillo Duro, es un cereal originario de América que representa uno de los aportes más valiosos a la seguridad alimentaria mundial, junto con el arroz y el trigo son considerados como las tres gramíneas más cultivadas en el mundo. En el transcurso del tiempo, diversas instituciones mundiales, estatales y privadas vienen realizando estudios serios con el objetivo principal de incrementar los niveles de rendimiento y de producción de nuevos y mejorados híbridos para desarrollar variedades con un alto nivel productivo, resistentes al clima y a las enfermedades.

En el año 2004 el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA), actualmente Instituto Nacional de Innovación Agraria presentó a los agricultores de la zona norte del país, un nuevo híbrido de maíz amarillo duro adaptado a condiciones de suelos marginales con problemas de escasez de agua y que logra rendimientos superiores a las 10 toneladas por hectárea (ton/ha); este nuevo híbrido de maíz, denominado *INIA 609- Naylamp*, presenta características resaltantes de rusticidad que lo hace tolerante a las sales, produce buena calidad de grano, secado rápido y alto contenido de caroteno; además, por su precocidad, convierten al INIA 609 Naylamp en una alternativa rentable para la agricultura y su uso en la industria avícola.

En el cultivo de este nuevo híbrido, las instituciones y los agricultores, desconocen el consumo real de agua a nivel del período vegetativo y en cada una de sus fases de desarrollo; así mismo existe un desconocimiento en las humedades óptimas de crecimiento, tiempos y frecuencias de riego en relación directa con las variables del clima y suelo que son las más importantes que influyen en el rendimiento del cultivo; es por ello que se ha optado por conveniente hacer un estudio de todas estas variables para conocer sus volúmenes de agua aplicando el sistema de riego por goteo y aplicarlos de la manera oportuna y precisa, conllevando así a un mejor rendimiento del cultivo, elevando su productividad y mayor desarrollo económico para el agricultor.

1.2. Antecedentes.

En la actualidad, la producción de Maíz Amarillo Duro en el mundo, utilizan híbridos convencionales dobles, triples y simples, lo que ha permitido triplicar la producción mundial de este cereal, sobre todo en los países desarrollados. En el Perú el uso de híbridos representa sólo el 22 % de toda su área maicera, siendo uno de los más bajos de Sudamérica, mientras que Panamá, Chile y Venezuela utilizan híbridos de maíz en más del 90% de su área, y la siembra, riego, fertilización, aplicación de pesticidas y cosecha, lo hacen en forma mecanizada, lo que les permite reducir los costos de producción y obtener alta productividad; tal es el caso de Chile que tiene una productividad promedio de 9,5 ton/ha comparado con el Perú que es 3.5 ton/ha. Esto determinó que el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) a través del Programa Nacional de Investigación en Maíz, en la Estación Experimental Agraria (EEA) Vista Florida – Chiclayo, buscará alternativas tecnológicas en la obtención de nuevos híbridos de maíz amarillo duro, siendo apoyado económicamente por el Proyecto INCAGRO, y la participación de la Comisión de Regantes de Ferreñafe y la Comunidad Santa Lucia de Ferreñafe, que en actividad conjunta y bajo el esquema de Investigación Participativa, iniciaron en el año 2003 la evaluación de 5 nuevos híbridos experimentales de Maíz Amarillo Duro con alto rendimiento y estabilidad para la Costa Norte del Perú, habiéndose identificado al mejor híbrido triple en el año 2004; INIA 609 – Naylamp, el mismo que mostró buen rendimiento, calidad de grano y estabilidad en la costa norte, principalmente en la región Lambayeque. Este Híbrido fue liberado el 5 de noviembre del 2006, es de amplia adaptación a las condiciones de terrenos marginales de la costa norte, evaluado en 36 localidades, con rendimientos promedios de 10 ton/ha y buena calidad de grano que permitirá al pequeño y mediano agricultor obtener cosechas rentables.

Figueroa y Gastulo (2004) desarrollaron un proyecto de investigación “Determinación del Requerimiento Hídrico y Aplicación del Riego Localizado en el Maíz Amarillo Duro considerando su Fenología y Utilizando el Sistema de Riego INIA – Campaña Agrícola 2003 - 2004”, determinando que el volumen

técnico y económico es de 5,020 m³ repartido en una manera porcentual en las diferentes etapas fenológicas de maíz amarillo duro.

Etapas	Consumo %	Consumo m³
Siembra hasta la emergencia	4	200.80
Emergencia hasta cuatro hojas	5	251.00
Cuatro hojas hasta ocho hojas	25	1,255.00
Ocho hojas hasta doce hojas	22	1,104.40
Doce hojas hasta panoja	22	1,104.40
Panoja hasta polinización	11	552.20
Polinización hasta lechoso	11	552.20
Total	100	5,020.00

1.3. Objetivos.

A. Objetivo General.

- Determinar el consumo Hídrico del Maíz Amarillo Duro Híbrido INIA 609 - NAYLAMP, en cada una de sus fases de desarrollo, aplicando sistema de riego por goteo.

B. Objetivos Específicos.

- Determinar la lámina óptima de riego con cuatro porcentajes de Humedad Disponible (30, 40, 50 y 60 %), en función al rendimiento del cultivo.
- Determinar la evapotranspiración mediante algunas fórmulas empíricas comparándola con la evapotranspiración del Tanque Evaporímetro.
- Determinar los volúmenes de agua en cada una de sus fases fenológicas para el maíz Híbrido INIA 609 – NAYLAMP.
- Determinar las frecuencias y tiempos de riego para cada una de sus fases de desarrollo en el maíz Híbrido INIA 609- NAYLAMP.
- Determinar experimentalmente el coeficiente de cultivo (K_c) para cada una de sus fases de desarrollo del maíz Híbrido INIA 609- NAYLAMP.

1.4. Importancia y Justificación.

El Maíz Amarillo Duro INIA 609 – NAYLAMP, es una de las gramíneas, que recién se ha realizado investigación en sus rendimientos y adaptación a los suelos de la zona norte del Perú, pero no se conoce el consumo hídrico en cada una de sus fases vegetativas, humedades óptimas de crecimiento, tiempos y frecuencias de riego en relación directa con los parámetros del clima y suelo. Es por esa razón que se ha optado por conveniente hacer un estudio de todos estos parámetros de riego para conocer sus volúmenes de agua aplicando el sistema de riego por goteo y aplicarlos de la manera oportuna y precisa, conllevando así a un mejor rendimiento del cultivo, elevando su productividad y mayor desarrollo económico para el agricultor.

CAPITULO II

CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

BRUCE WITNES & STANLEY VIPOND (1986), indican que la finalidad de las prácticas del riego es asegurar que las plantas tengan un suministro adecuado de agua en la zona de sus raíces, para producir rendimientos óptimos, es por ello de suma importancia el diseño y la administración del riego y las cantidades de agua aplicadas.

Los suelos pueden retener una cantidad limitada de agua, y de ella sólo una parte se encuentra a disposición de las plantas. Se debe aplicar agua, antes de que esa porción del agua retenida se agote por completo.

El problema del tiempo implica el cálculo de la humedad disponible y el ritmo al que se agota. El problema de las cantidades de agua que se deben aplicar consiste en determinar la cantidad que hará que las condiciones de humedad del suelo sean más favorables para las plantas. Esto, por lo común es lo máximo que puede retener el suelo en las zonas de las raíces.

INSTITUTO DE INVESTIGACION AGRARIA (1993), Comenta sobre los métodos de riego "... que el método de riego por superficie, se caracteriza por emplear la gravedad para llevar el agua al cultivo, mediante los cursos naturales de agua y finalmente por surcos. Debido al simple escurrimiento del agua a través del surco, esta no se aplica uniformemente, ocasionando grandes pérdidas por evaporación, percolación y escorrentía. Con el tiempo, se intentó disminuir las pérdidas por percolación mediante el revestimiento de los canales de conducción y control sobre la cantidad de agua que se aplica a cada surco, mediante el uso de sifones y mangas, alcanzando una eficiencia de aplicación de 30 % a 50 % y aplicando el agua en forma intermitente, logrando eficiencias de aplicación entre 50% y 65%.

Por las desventajas descritas, aparecen otros métodos de riego que optimizan el uso del agua, e incrementan la productividad y permiten mejores niveles de producción y productividad.

El método de riego localizado (goteo y exudación) introducido en los últimos tiempos, se convierte en una tecnología de punta, al incorporar entre sus elementos el gotero y otros componentes de control que aseguran una aplicación oportuna y precisa del agua según las necesidades del cultivo con una eficiencia de aplicación de hasta 95%...”.

IGAROCA VARGAS, H. I. Afirma en relación al factor limitante del agua en la producción”... El estrés hídrico en las plantas es uno de los mayores factores limitantes en la producción de las cosechas. Estrés, técnicamente ocurre cuando hay pérdida de agua de la planta, o una parte de ella, causando un potencial negativo de agua. Cuando el potencial de agua, medidos en términos de presión (bares), llega debajo de -0.50 hasta 1.0 bares, se dice que existe estrés. Para la mayoría de los cultivos, el punto de marchitez se alcanza cuando el suelo llega a una deficiencia de – 20 bares por períodos cortos (algunas horas), pero si la deficiencia sigue, resulta en una marchitez permanente. ..”

AGUILAR, M. Y MARTINEZ (1996) en relación a la frecuencia de riego dice”... El momento de riego y su cantidad dependen considerablemente de que parte del terreno y en que período de tiempo el agua extraída por las raíces de las plantas. Los cultivos de sistema radicular superficial requieren riegos más frecuentes que aquellos cuyas raíces son más profundas.

Después de una serie de observaciones, los datos de enraizamiento de los cultivos bajo riego en climas semi húmedos, han demostrado que extraen mucho más agua de los primeros 30 cm del suelo de cualquier otra profundidad, mientras que en las regiones áridas de altas temperaturas el agua extraída de los primeros 30 cm es menor que de las capas inferiores...”

ISRAELSEN - HANSEN (1975) mencionan que el volumen de agua transpirada por las plantas depende, en gran parte del agua que tiene a su disposición, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa del sol, del estado de desarrollo de la planta de su follaje y de la naturaleza de las hojas.

FUENTES YAGÜE (1998), indica en función al Agua Fácilmente Disponible "...Se llama reserva de agua fácilmente disponible la cantidad de agua que pueden absorber las plantas sin hacer un esfuerzo excesivo y, por tanto, sin que haya una disminución del rendimiento. La reserva de agua fácilmente disponible es igual a reserva de agua disponible multiplicada por un coeficiente llamada fracción de agotamiento del agua disponible y depende de los siguientes factores:

El cultivo: algunos cultivos necesitan que el suelo este constantemente bastante húmedo, mientras que otros pueden agotar mucho más el agua total disponible sin que disminuyan sus rendimientos. Entre los primeros están aquellos cultivos que se aprovechan en forma fresca o carnosas, como hortalizas, forrajes, etc.; entre los segundos están aquellos otros cuya cosecha se aprovechan de forma seca, como los cereales para grano, semillas oleaginosas, algodón, etc.

El tipo de suelo: las plantas absorben el agua con más facilidad en los suelos de textura gruesa que en los suelos de textura fina. Los suelos salinos retienen, a veces el agua con tanta fuerza que las plantas no la pueden tomar y se marchitan aunque el suelo este próximo a la capacidad de campo.

La magnitud de la transpiración: en igualdad de otras circunstancias, las plantas absorben el agua con menos facilidad a medida que aumenta la transpiración..."

VASQUEZ V. y CHANG – NAVARRO (1988), en relación al Coeficiente de Desarrollo del Cultivo (K_c) sostienen "...Es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo del cual se quiere evaluar su consumo de agua; representa a la evapotranspiración de un cultivo en

condiciones óptimas para producir rendimientos óptimos, teniendo en cuenta las características propias del cultivo, la siembra y las fases de desarrollo vegetativo así como condiciones óptimas generales de viento y humedad relativa.

Los factores que afectan los valores de K_c , son principalmente: las características del cultivo, fecha de siembra, ritmo de desarrollo del cultivo, duración del período vegetativo, condiciones climáticas y la frecuencia de riego, especialmente durante la primera fase de crecimiento.

El coeficiente de cada cultivo, tendrá una variación estacional en función de las fases de desarrollo del cultivo, y que son las siguientes.

1.- Fase inicial: Fase 1.

Comprende el período de germinación y crecimiento inicial, cuando la superficie del suelo está cubierta apenas o nada por el cultivo; su duración es de 25 días y comprende desde la siembra hasta el 10% de cobertura vegetal.

2.- Fase de desarrollo del cultivo: Fase 2.

Comprende desde el final de la fase inicial hasta que llega una cubierta sombreada efectiva completa del orden del 70 – 80%; tiene una duración de 40 días.

3.- Fase media del período (Maduración): Fase 3.

Comprendida desde que se obtiene la cubierta sombreada efectiva completa hasta el momento de iniciarse la maduración que se hace evidente por la decoloración o caída de hojas; su duración es de 45 días.

4.- Fase final del período vegetativo (Cosecha): Fase 4.

Comprende desde el final de la fase anterior hasta que se llega a su madurez fisiológica o cosecha; su duración es de 30 días...”.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACION (1988) “... El maíz, es uno de los cultivos más eficientes en el uso del agua, es decir, en producción de materia seca. La cantidad total de agua necesaria para el desarrollo de un cultivo de maíz varía con las condiciones locales. Generalmente la necesidad de agua es mayor en regiones calidas, secas y de escasas precipitaciones y menor en regiones más frías y húmedas, en regiones con escasez de lluvia, el maíz sólo puede producir si se riega: indica necesidades de agua en las distintas etapas de desarrollo:

Etapas de Desarrollo		Necesidades de Agua en % de la Cantidad Total
Desde	Hasta	
Siembra	Etapas de 7 - 8 hojas	11 – 12
Etapas de 7 - 8 hojas	Espigado	19 – 20
Espigado	Aparición de los estigmas.	22 – 23
Aparición de los estigmas.	Final de la polinización	28 – 30
Final de la polinización	Recolección	15 – 20

CHRISPEELS & SADAVA (2002) “...La época de siembra depende de las temperaturas derivándose grandes ventajas de las siembras tempranas para la consecución de altos rendimiento. Se produce un sombreado más temprano del suelo, que reduce la evaporación y el período reproductivo se alcanza con más agua en el subsuelo y antes de las altas temperaturas del verano. De igual modo se consigue una mayor insolación, como consecuencia de la mayor longitud del día, durante el período de llenado de grano, y un mayor beneficio económico de la fertilización nitrogenada frente al maíz tardío. Además se anticipa la maduración y el secado del grano, antes de las lluvias otoñales. La limitación de las siembras tempranas, la impone las bajas temperaturas, que impiden o retrasan la germinación y el que la emergencia sea regular y vigorosa...”

VASQUEZ V. y CHANG – NAVARRO (1988), en relación a los factores del rendimiento del cultivo “...El factor de crecimiento de un cultivo que influye en la tasa de crecimiento y rendimiento, esta determinado por el factor agua, clima,

suelo, genética de la planta y factores bióticos (enfermedades, insectos, animales y aves, etc.). Analizando el factor de producción de agua, se afirma que cuando el contenido de humedad en el suelo es muy alto (o cerca de la saturación) puede presentarse el **estrés por oxígeno** y cuando el contenido de humedad del suelo es bajo se presenta el **estrés hídrico**, ocasionando una reducción en la tasa de crecimiento y producción de los cultivos...”.

LLANOS COMPANY (1984) “...En las condiciones agrológicas del cultivar con respecto a sus estados fenológicos se considera lo siguiente:

A. Germinación y afianzamiento de plántulas.

Corresponde a las primeras etapas críticas de la planta, inicialmente cuenta con el aporte energético de la semilla (compuesto en un 90% por almidón) que le proporciona alimento hasta que sus raíces estén bien desarrolladas y tenga la planta la capacidad de elaborar su propio alimento, este período comprende de 15 a 18 días después de la siembra.

- Etapa “0”. Germinación y Emergencia.

B. Desarrollo vegetativo.

El sistema radicular se desarrolla rápidamente por lo que se experimenta una rápida absorción de N, P, K, Ca y Mg.

La planta alcanza la altura de la rodilla de una persona, las raíces se han extendido hasta la mitad del entre surco y han penetrado hasta unos 46 cm de profundidad.

Es una etapa crítica para el rendimiento, pues existe una mayor incidencia de plagas y enfermedades y de síntomas de deficiencias de nutrientes, especialmente fósforo, potasio y zinc.

Se divide en dos etapas.

- Etapa “1”. Cuatro hojas.
- Etapa “2”. Ocho hojas.

C. Panoja y Espiga.

Ocurre en promedio a los 30 días cuando la planta ha completado el número total de hojas, aunque visiblemente se aprecia entre 10 a 12.

Existe elevados requerimientos de nutrientes y agua, que están ligados al normal desarrollo y funcionamiento de los órganos reproductivos, por lo que cualquier deficiencia de estos elementos puede causar serios daños sin posibilidad de recuperación.

Se divide en dos etapas.

- Etapa “3”. Doce hojas.
- Etapa “4”. Panoja.

D. Floración y Fecundación.

La planta ha alcanzado su altura definitiva y presenta la máxima actividad metabólica dedicada a emitir los órganos reproductivos con la posterior fecundación (en estación calidad de preferencia). En esta etapa es decisiva la gran necesidad de agua y nutrientes, especialmente el nitrógeno.

Se encuentra la siguiente etapa.

- Etapa “5”. Polinización.

E. Desarrollo y maduración del grano.

En esta etapa ya se ha fijado la cantidad de espigas y de granos por espiga; sin embargo un serio déficit de humedad, escasez de nutrientes, enfermedades u otras condiciones adversas impedirán el normal llenado de grano.

- Etapa “6”. Grano lechoso.
- Etapa “7”. Grano pastoso.
- Etapa “8”. Grano Harinoso.
- Etapa “9”. Grano completo.

F. Cosecha.

Ocurre cuando el grano del maíz, alcanza su madurez fisiológica.

- Etapa “10”. Grano Maduro (Capa Negra)

CAPITULO III

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

A. Características Generales de la Zona de Estudio.

a) Ubicación.

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental “Vista Florida” - INIA, ubicada geográficamente a 6°44´ de Latitud Sur, a 79°38´ de Longitud Oeste y a una altitud de 37 m.s.n.m, en el kilómetro 8 de la carretera Chiclayo – Ferreñafe, provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque. La parcela de estudio esta ubicada en los terrenos de la Estación Experimental Vista Florida en el lote 1 – 1, al norte este del reservorio INIA.

b) Área experimental.

El área destinada para el trabajo de investigación fue de 811 m² dividido en cuatro parcelas demostrativas.

c) Suelo.

El suelo de la zona es de origen “aluvial”, no tiene un perfil desarrollado, generalmente son estratificados y por lo tanto se les considera como azonales, de profundidad variable, al igual que su textura, predominando de ligera a media; debido a sus buenas aptitudes agronómicas y situación ecológica, admiten una amplia gama de cultivos como el: arroz, maíz, algodón, caña de azúcar, frutales, pastos, hortalizas y leguminosas.

d) Salinidad

Los suelos de la parcela de estudio, son sueltos, fáciles de trabajar sin la presencia de salinidad visible, clasificados como un suelo normal y de textura predominante de ligera a media. La parcela es tierra de cultivo, sin riesgo de erosión, acta para cultivo en limpio.

e) Cultivo.

El Maíz Amarillo Duro INIA 609 – Naylamp, es una gramínea de Genero Zea y de nombre científico Zea Mays, de hibridación triple, robusto y fácil desarrollo.

▪ Características morfológicas.

Tipo de híbrido	:	Triple.
Altura de planta	:	207 cm.
Altura de mazorca	:	104 cm.
Nº de hojas	:	16
Angulo de hojas	:	40°
Nº de mazorcas por plantas	:	1.4
Forma de la mazorca	:	Cilindro cónica.
Nº de hileras por mazorca	:	14 a 16
Longitud de mazorca	:	19.9 cm.
Diámetro de la mazorca	:	6.29 cm.
Cobertura de mazorca	:	buena
Días de floración femenina	:	62
Color de grano	:	Amarillo naranja
Textura de grano	:	Semidentado
Reacción a enfermedades	:	Tolerante a roya y moderadamente resistente a Helminthosporium.

▪ Características agronómicas.

Días a la cosecha	:	Invierno 140 a 145 días. Verano 115 a 125 días.
Densidad de siembra	:	71, 000 plantas / ha.
Rendimiento de grano	:	
✓ Rendimiento potencial	:	12 a 13.5 ton/ha.
✓ En campo de agricultores	:	10 a 11 ton/ha.

f) Recurso Hídrico.

- **Fuente de abastecimiento de agua.**

La Fuente de abastecimiento para el riego de los lotes 1-1 donde se encuentra ubicada el área de investigación; es a través de **pozo tubular**, adicionalmente existe una Fuente de agua de aprovisionamiento a través del Canal Jarrín, que pertenece al sistema de riego Chancay – Lambayeque, de caudal muy irregular en la mayoría de los meses del año. De este canal captan el agua para bombear al reservorio y de ahí abastecer para el riego. Pero actualmente el sifón conectado del reservorio a la tubería de conducción que sale del reservorio está malograda, motivo por el cual se utiliza sólo agua del pozo tubular.

g) Clima.

La zona de estudio donde se desarrolló el presente trabajo de investigación, presenta un clima clasificado de acuerdo a la dirección de estudios meteorológicos del servicio de Meteorología e Hidrología es de clase E (d) B' 1H3, SENAMHI 1977, que es característico de una zona desértica, semicalida, con deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año y con humedad relativa calificada como buena

Generalmente las escasas precipitaciones, se presentan en los meses de enero a marzo, caracterizados por lluvias tenues, que se conocen como “llovizna”.

La humedad relativa mínima llega a 67.62 % con una máxima de 74.08% y la temperatura varía de 15.32 °C, en agosto a 30.06 °C en febrero, correspondiendo a los meses más fríos y más calurosos respectivamente.

B. Descripción del Sistema de Riego.

a) Descripción.

El tipo de riego utilizado es un Sistema de Riego por Goteo Convencional que funciona con los mismos componentes del sistema de riego por goteo INIA; a diferencia de la fuente de agua que es un pozo tubular y la presión es mayor a los 3 m de columna de agua debido a que funciona con una electro bomba.

Este sistema está conformado de una línea matriz de conducción de PVC, una línea secundaria y una línea terciaria o porta lateral; los laterales son cintas de goteo. La mayoría de los materiales se encuentran en el mercado nacional, además este sistema no cuenta con otros elementos como: válvulas reguladoras de presión, manómetros, caudalímetro, etc. Siendo su operación muy sencilla y de bajo costo.

b) Calidad de Agua.

La Fuente de agua es de clase C2S1; lo que significa que es de Salinidad Media y Baja en Sodio, puede usarse sin necesidad de prácticas de control de salinidad y poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante en algunos cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates puede acumular cantidades perjudiciales de sodio. Ver cuadro N° 01.

Cuadro N° 01

ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTRA	IRHS 05 - EPSEL
pH	7.20
CE (micromhos/cm.)	752
Cationes (meq/lit)	
Calcio (Ca)	2.94
Magnesio (Mg)	1.40
Sodio (Na)	3.07
Potasio (k)	0.03
Suma de cationes	7.44
Aniones (meq/lit)	
Carbonatos (CO_3^{2-})	N.E
Bicarbonatos (HCO_3^-)	4.20
Cloruros (Cl^-)	1.60
Sulfatos (SO_4^{2-})	1.68
Nitratos (NO_3^-)	
Suma de Aniones	7.46
RAS	2.08
CO_3^{2-} No residual	-0.14
Clase	C2S1

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas – INIA

c) Componentes del Sistema de Riego.

- **Reservorio de tierra.**

El sistema de riego de baja presión utiliza un reservorio de tierra como almacén de agua y como fuente de energía para provocar la presión que se necesita, ya que al lograr una columna de agua mayor a 3 metros se logra que dicho sistema trabaje uniformemente. El reservorio de 7,800 m³ de capacidad y esta cubierto por una manta plástica que impermeabiliza la superficie evitando así las pérdidas por infiltración y percolación profunda.

En el presente trabajo de investigación, se utilizó como fuente de agua el pozo tubular, debido a que el sifón conectado del reservorio a la tubería de conducción que sale del reservorio está malogrado.

- **Pozo tubular.**

El pozo tubular cuenta con una disponibilidad de agua constante durante todo el año, tiene una profundidad de 40m y un caudal promedio de 15 l/s. Por política de la institución se bombea 4 horas en la mañana y 4 horas en la tarde para abastecer los terrenos de cultivo y los servicios higiénicos de la Institución.

- **Equipo de bombeo.**

El equipo de bombeo esta constituido por una Electro bomba de 10 HP de potencia. Presión requerida suficiente para vencer las diferencias de cota y pérdidas de carga en todo el sistema.

- **Llave general.**

El agua que sale del pozo tubular hacia la red es controlada por medio de una válvula general de 4" de diámetro de fierro.

- **Tubería matriz o primaria.**

Línea de conducción primaria o también llamada línea matriz es la que está instalada a continuación de la llave general, es de PVC de clase 5 y $\phi = 4"$. Esta tubería esta enterrada a 0.50 m, con una longitud de 69.00 m.

- **Tubería secundaria.**

La tubería secundaria es de PVC de clase 5 y $\phi = 3"$; es la que reparte a los porta laterales. Esta ubicada inmediatamente después de la tubería principal y enterrada a 0.50 m con una longitud de 187.00 m.

- **Tubería terciaria o porta lateral.**

La tubería porta lateral es la que reparte a los laterales, es de PVC de desagüe, cuyo diámetro es de $\phi = 2''$ y una longitud de 55.00 m; así mismo consta de unos pitones distanciados a 0.75 m a los cuales se conecta la manguera de 20 mm, para que quede lista para insertar los laterales de riego. Esta tubería se encuentra enterrada a una profundidad de 0.30 m y tiene a la entrada una válvula de PVC de $\phi = 2''$ que sirve como regulador del flujo de agua a la subunidad de riego.

- **Laterales.**

El lateral usado es la cinta de goteo, la cual tiene un diámetro de 16 mm y esta espaciada cada 20 cm por los emisores, con una longitud total de 50 m. Esta cinta de riego esta conectada a la tubería terciaria (manguera con diámetro de 20 mm), a través de una reducción (una válvula de 20 mm y un conector manguera cinta).

3.2. Métodos.

A. Estrategias.

a) Tratamientos Estudiados.

En el presente trabajo se empleó el método inductivo. Se partió por medio de parcelas experimentales con cuatro tratamientos, cada tratamiento con 4 repeticiones y 4 bloques por tratamiento; cada tratamiento responde a la aplicación de láminas de riego cuando se consumió el 30%, 40%, 50% y 60% de la humedad aprovechable del suelo a la profundidad del sistema radicular del cultivo en cada una de sus fases de desarrollo.

Los tratamientos en estudio fueron:

TRATAMIENTOS	APLICACIÓN DEL RIEGO
A	Lámina 1. Cuando se consume el 30 % de la HD*
B	Lámina 2. Cuando se consume el 40 % de la HD*
C	Lámina 3. Cuando se consume el 50 % de la HD*
D	Lámina 4. Cuando se consume el 60 % de la HD*

HD*= Humedad Disponible del Suelo.

REPRESENTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.

TRATAMIENTOS															
Repetición 1				Repetición 2				Repetición 3				Repetición 4			
A1	B1	C1	D1	B1	D1	A1	C1	D1	C1	B1	A1	C1	A1	D1	B1
A2	B2	C2	D2	B2	D2	A2	C2	D2	C2	B2	A2	C2	A2	D2	B2
A3	B3	C3	D3	B3	D3	A3	C3	D3	C3	B3	A3	C3	A3	D3	B3
A4	B4	C4	D4	B4	D4	A4	C4	D4	C4	B4	A4	C4	A4	D4	B4

b) Determinación de las Necesidades Hídricas.

Para determinar los parámetros de riego: Dosis, frecuencias y tiempos de riego, primero se calculó la evapotranspiración con 5 métodos empíricos utilizando los datos climatológicos y comparando cada uno de ellos con el método del tanque evaporímetro; el resultado final que más se asemeja a la curva de evapotranspiración se tomó para el cálculo respectivo, luego se ha multiplicado por el coeficiente del cultivo en cada una de sus fases de desarrollo del Maíz Amarillo Duro Híbrido INIA 609 – NAYLAMP y se ha obtenido las necesidades hídricas.

c) Determinación de las Láminas de Riego.

Para la conducción del estudio, se consideraron cuatro láminas de riego diferentes, variando cada una de ellas de acuerdo al consumo de la humedad aprovechable del suelo (30, 40, 50 y 60 %), para luego comparar cada una de ellas con el rendimiento del cultivo y

determinar las cantidades de agua que requiere el cultivo del Maíz Amarillo Duro Híbrido INIA 609 – NAYLAMP en cada una de sus fases de desarrollo.

B. Conducción del Experimento.

a) Localización del área experimental.

El área donde se desarrolló el trabajo de investigación se encuentra ubicado en el lote 1 – 1, de los terrenos de la Estación Experimental Vista Florida - Chiclayo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Con un área de 811.00 m²

b) Reconocimiento del área experimental del estudio.

Se realizó una inspección ocular de todo el área determinándose evaluar 4 parcelas cada una con cuatro tratamientos. Cada parcela con un área de 138 m².

c) Preparación del terreno.

La preparación del terreno se realizó con implemento de vertedera a una profundidad de 40 cm, luego se efectuó la labor de gradeo para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener capacidad de captación de agua sin encharcamiento.

d) Levantamiento topográfico.

Se realizó el levantamiento altimétrico del campo y planimétrico de la línea de conducción y distribución desde la fuente de agua hasta el punto de entrega de las parcelas y luego el área donde se desarrolló la investigación.

e) Trazado del terreno en cuatro parcelas demostrativas.

Una vez obtenida el área para el estudio, se procedió a medir y trazar cuatro parcelas distanciadas cada una de ellas 1.50 m; cada parcela dividida en cuatro sub parcelas separadas un metro para la toma de las muestras y su respectivo análisis. Cada una de las parcelas

cuenta con cuatro laterales o hileras representando cada una de ellas un determinado tratamiento.

f) Muestreo del suelo.

El muestreo del suelo se realizó con un barreno, tomando tres puntos por parcela a profundidades de 0 – 30, 30 – 60, 60 – 90 cm, para luego sacar una sola muestra representativa de cada una de estas profundidades. Se procedió a mezclar los tres puntos con la finalidad de determinar una muestra representativa, se dividió en cuatro partes y se tomo una muestra promedio, aproximadamente un kilogramo de tierra; esta metodología se repitió para cada una de las profundidades y parcelas.

g) Análisis físico - químico del suelo.

Con la finalidad del diseño, de tener como base en el estudio los valores de las láminas, frecuencias y tiempos de riego; se realizó el análisis físico y químico del suelo; así como su textura, densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitamiento permanente, conductividad eléctrica y pH del suelo.

Para determinar la conductividad eléctrica y pH del suelo, se tomaron 4 sub muestras por tratamiento, distribuidas en las cuatro parcelas (bloques) a una profundidad de 30, 60 y 90 cm, y luego se mezclaron haciendo una sola muestra representativa a cada una de las profundidades.

h) Instalación de los laterales de riego.

Para la instalación de los laterales de riego, se utilizó cinta de goteo de 16 mm, válvulas de 16 mm, conectores manguera - cinta y adaptadores de 20 a 16 mm; los goteros de la cinta están espaciados 0.20 m sólo se procedió a la instalación de los laterales debido a que las tuberías de distribución y conducción ya estuvieron instaladas. Cada lateral esta distanciado 0.75 m.

i) Determinación del coeficiente de uniformidad del sistema de riego.

Luego de accionar el sistema, se esperó un tiempo para que el sistema se estabilice, es decir, que el agua llegue al sector de riego correspondiente y que todos los emisores se encuentren descargando agua en forma normal.

En todo el área de estudio se tomó cuatro líneas de goteo (cinta); una por parcela elegida al azar y dentro de cada línea se escogieron cuatro goteros, repartidos uniformemente a lo largo de ella: una situada al comienzo, a un tercio del origen, a dos tercios del origen y al final de la línea. Se aforó el caudal del gotero con un recipiente plástico y una probeta graduada de 100 cc. En un tiempo de 5 minutos y luego se determinó:

- El caudal promedio de los cuatro aforos más bajos (q_{\min}).
- El caudal promedio de todos los goteros evaluados (q_{prom}).

Obtenido estos resultados, se procedió a determinar el coeficiente de uniformidad entre el q_{\min} . y q_{prom} . Tomando el siguiente criterio: el Coeficiente de uniformidad no debe ser menor al 85%, de ser así se debe buscar las causas y tratar de resolverlas, generalmente se produce por una mala mantenimiento del equipo o fallas en el diseño.

El coeficiente de uniformidad se determinó de la siguiente manera.

$$Cu = \frac{Q_{\min}}{Q_{\text{prom}}} * 100$$

j) Determinación del caudal unitario del emisor.

La determinación del caudal unitario del emisor, se realizó paralelo a la evaluación del coeficiente de uniformidad del sistema de riego, promediando el caudal (l/hr) obtenido de todas las evaluaciones.

k) Evaluación del bulbo húmedo.

Se le denomina bulbo húmedo a la parte del suelo humedecida por un emisor de riego localizado y depende de diferentes factores; tales como: tipo de suelo, estratificación, caudal del emisor y tiempo de riego.

Para las estimaciones de bulbo húmedo puede realizarse de tres maneras: con tablas, uso de modelos teóricos y mediciones in situ. Cualquier método científicamente razonable puede ser utilizado para la estimación del Radio de Mojado y Profundidad de Humedecimiento.

La mejor manera de determinar el patrón de mojado o el área mojada es mediante pruebas de campo, éste es el método más confiable y seguro con fines de diseño, para los cuales se ha trabajado para la presente investigación.

Para su realización se ha utilizado los siguientes materiales: Una palana, una wincha y un cronómetro. Se tomó al azar dos laterales de cada parcela, se registraron la profundidad y los radios de los charcos debajo de cada gotero para cada uno de los tiempos de aplicación: 20, 40, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 y 300 minutos y al final de la prueba para cada gotero. Los bordes del área del bulbo húmedo se determinaron visualmente, donde finalizó la zona de agua libre. Ver foto N° 04 y 05.

Finalizado el tiempo de aplicación, se abrió una zanja según la línea recta que paso por el punto donde estaba situado el emisor, se tomaron las medidas de radio de humedecimiento y profundidad total, medida necesaria para dibujar con mayor precisión posible la forma del suelo mojado. Ver Gráfico N° 06.

l) Determinación de la presión del emisor en el campo.

El monitoreo de la presión en el campo se realizó con un manómetro de 6 bares en los laterales de riego, distribuidos al inicio, un tercio del primer lateral, a los dos tercios y al último lateral.

La medición de la presión se realizó en el momento del control de caudales para determinar la uniformidad del sistema; así mismo al inicio de cada riego se determinó la presión de funcionamiento referente a la presión medida inicialmente.

m) Determinación del tiempo adecuado para el remojo.

Para determinar el Tiempo de Remojo, se empleó los datos obtenidos en la evaluación del bulbo húmedo (profundidad y radio de humedecimiento). El diámetro de mojado como mínimo es de 35 cm, ancho suficiente para poder proveer de humedad a la semilla. Con este diámetro se reemplazó en la ecuación de radio de humedecimiento determinado a través del análisis de regresión de los datos de bulbo húmedo y luego se aplicó la fórmula de caudal para determinar el tiempo de riego.

$$Rh = 10.577V^{0.464}$$

$$Tr = \frac{V}{Q_{unit.}}$$

Donde:

- Rh : radio de humedecimiento (cm.)
- V : volumen de agua aplicado por el emisor (l)
- Tr : tiempo de remojo.
- Q : caudal unitario del emisor (l/hr)

n) Cuantificación del volumen utilizado en el remojo.

Para determinar el volumen utilizado en el remojo, se utilizó el caudal unitario del emisor, el número de emisores por hectárea y el tiempo de remojo.

$$Vr = Q_{unit.} * Tr * N^{\circ} \text{ de emisores/ha.}$$

Donde:

Vr : volumen de riego utilizado en el remojo.

Tr : tiempo de remojo.

o) Siembra.

La siembra se realizó 2 días después de aplicado el riego de remojo, utilizando mano de obra. La densidad de siembra fué de 66,666 plantas/ha, distanciados 0.75 m entre hileras y 0.40 m entre plantas. Se sembró 3 semillas por golpe, después de los 20 días se procedió hacer el desahije, quedando sólo dos plantas por golpe (las mejores y homogéneas).

p) Abonamiento.

La dosis de fertilización aplicada en forma fraccionada fue de: 220 – 100 – 120 Kg. /ha de N – P₂O₅ – K₂O.

▪ Primera Fertilización:

Se realizó a los 10 días de emergencia de la planta, aplicando el 20 % de nitrógeno (0.20 Bolsas de Urea), 100% de fósforo (4.35 bolsas de Fosfato Diamónico), 100% de potasio (5 bolsas de Sulfato de Potasio) y 50% de zinc (0.20 bolsas de Sulfato de Zinc).

▪ Segunda fertilización:

Se realizó a los 40 días después de la siembra, aplicando el 80 % restante de nitrógeno (8 bolsas de urea) junto con el 50 % de sulfato de zinc (0.20 bolsas) más 100% de sulfato de magnesio (0.4 bolsas) y boro (0.10 bolsas).

q) Control Fitosanitario.

Las plagas fueron controladas oportunamente, realizando evaluaciones constantes, cuantificando e identificando el ataque de las plagas, cuando el cultivo estuvo afectado en más del 5% en todo el campo se aplicó un agroquímico. Las plagas más comunes que atacaron, fueron Heliothis (Gusano de Tierra) y Spodoptera Frugiperda (Gusano Cogollero); estos fueron combatidos con Thiodicarb (Larvin 300 cc/cil) y Diazinon (Granúlate 10 kg /ha).

r) Control de malezas.

Antes de la siembra se aplicó un herbicida Post-Emergente Glifosato (150 cc/mochila), con el objetivo de mantener libre de malezas para la siembra.

s) Riegos.

Los riegos se aplicaron de acuerdo a los tratamientos en estudio. Teniendo para cada tratamiento diferentes frecuencias de riego según sus fases de desarrollo del cultivo y por ende diferentes programaciones y tiempos de riego.

t) Muestreo y determinación de la humedad del suelo.

El muestreo y cálculo de la humedad del suelo se hizo extrayendo muestras ínter diarias desde el primer riego en la primera fase de desarrollo hasta la segunda fase de desarrollo, con la finalidad de verificar si la humedad proporcionada por el riego es suficiente para el cultivo y si cumple con los parámetros de humedad disponible considerados en el diseño en función de la capacidad de campo.

Para su determinación se utilizó un barreno muestreador y seleccionando el suelo al centro de la profundidad radicular, se tomaron 4 muestras por cada tratamiento y se colocaron en latas especiales o cápsulas de aluminio previamente identificadas, luego se emplazaron en la estufa por un tiempo de 24 horas y después se

procedió a determinar el porcentaje de humedad utilizando el método gravimétrico.

u) Observaciones experimentales del cultivo.

▪ **Observaciones Fenológicas.**

Las observaciones fenológicas se realizaron en diez plantas tomadas de forma aleatoria, principalmente ubicadas en la parte central de cada sub bloque, evaluando un total de 160 plantas por tratamiento. Se tuvo en cuenta el cambio que presentaba el cultivo visualmente, contando el número de hojas por planta de manera inter diaria para cada fase del cultivo. Finalmente se determinó la duración de cada una de las etapas señaladas por Llanos Company Manuel.

- A. Germinación y afianzamiento de plántulas.
 - a. Etapa “0”. Germinación y Emergencia.
- B. Desarrollo vegetativo.
 - b. Etapa “1”. Cuatro hojas.
 - c. Etapa “2”. Ocho hojas.
- C. Panoja y espiga.
 - d. Etapa “3”. Doce hojas.
 - e. Etapa “4”. Panoja.
- D. Floración y fecundación.
 - f. Etapa “5”. Polinización.
- E. Desarrollo y maduración del grano.
 - g. Etapa “6”. Grano lechoso.
 - h. Etapa “7”. Grano pastoso.
 - i. Etapa “8”. Grano Harinoso.
 - j. Etapa “9”. Grano completo.
- F. Cosecha.
 - k. Etapa “10”. Grano Maduro (Capa Negra)

- **Observaciones Biométricas.**

- ✓ **Profundidad radicular.**

La profundidad de las raíces se midió al finalizar cada etapa de desarrollo del cultivo, se tomó una planta al azar por tratamiento para poder constatar con la profundidad de raíces según el diseño agronómico del Sistema de Riego.

- ✓ **Altura de planta.**

La altura de planta se determinó cuando el cultivo alcanzó su madurez fisiológica; tomando cuatro plantas al azar por cada tratamiento y por repetición, luego se procedió a medir con una wincha desde la base del tallo hasta el cuello de la hoja bandera (última hoja) de cada planta.

- ✓ **Altura de inserción de mazorca.**

La altura de inserción de mazorca se determinó cuando el cultivo alcanzó su madurez fisiológica, tomando cuatro plantas al azar por cada tratamiento y por cada repetición, luego se procedió a medir con una wincha desde la base del tallo hasta el cuello de la mazorca de cada planta.

v) Cosecha.

Después de haber alcanzado el cultivo la madurez fisiológica a los 146 días en un promedio de 50% de los cuatro tratamientos estudiados, se procedió a realizar la cosecha a los 165 días después de la siembra, con personal de apoyo del INIA, procediendo de manera ordenada la recolección por cada tratamiento y por repetición.

- **Rendimiento.**

Finalizada la cosecha de cada uno de los tratamientos y repeticiones, en forma separada se procedió al pesado y determinación del

porcentaje de humedad para determinar los rendimientos de cada tratamiento por hectárea. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Rend.}(kgr/ha) = \frac{Pc * 0.825 * \left(\frac{100 - \%H}{85}\right) * \left(\frac{10000}{A}\right)}{1000}$$

Donde:

Pc	:	Peso de campo (Kg.)
%H	:	Porcentaje de humedad.
A	:	Área del terreno (m ²).
ha	:	una hectárea (10000 m ²)

C. Determinación de los parámetros de riego.

a) Cálculo de la evapotranspiración potencial.

▪ Método de Blaney y Criddle.

Este método sólo necesita de la media directa de la temperatura y la duración del día.

$$ET_o = a + bf(1 + ALT / 10^4), \quad f = p(0.45t + 8.13)$$

Donde:

Eto	:	Evapotranspiración potencial, en mm/día.
a,b	:	Constantes para estimar la Eto, en función de HR y viento (ver tabla N° 02).
f	:	Factor de Blaney-Criddle o factor de uso consuntivo, en milímetros de agua por día (mm/día).
ALT	:	Altitud.
P	:	Porcentaje de horas de sol mensual (ver tabla N° 01).
t	:	Temperatura media mensual (° C).

TABLA N° 01
PORCENTAJES DIARIO MEDIO (p) DE HORAS DIURNAS ANUALES A
DIFERENTES LATITUDES

LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC
	NORTE SUR	JUL	AGT	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
60	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17
50	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
48	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40	0.22	0.25	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30	0.24	0.26	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
6	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
5	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

Fuente: Notas de Relación Agua Suelo Planta (ing. Vicente Panta) U. N. Pedro Ruiz Gallo – Fac. Ing. Agrícola.

TABLA N° 02:
CONSTANTES DE a y b PARA ESTIMAR LA EVAPOTRANSPIRACION
POTENCIAL EN FUNCION DE HR Y VIENTO

INTERVALO DE HR (%)	CATEGORIA DE VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO DIURNO (m/s)							
	> 8m/s		5 – 8		2 – 5		0 – 2	
	a	b	a	b	a	b	a	b
Alto > 70	-0.486	0.97	-0.41	0.923	-0.403	0.876	-0.35	0.829
Medio 55-70	-0.41	1.086	-0.3	1.02	-0.36	0.962	-0.48	0.912
Bajo 55-40	-0.12	1.129	-0.18	1.112	-0.28	1.048	-0.54	1.004

Fuente: Notas de Relación Agua Suelo Planta (ing. Vicente Panta) U.N. Pedro Ruiz Gallo – Fac. Ing. Agrícola.

▪ **Método de Hargreaves.**

$$ET_o = 17.37DT(1 - 0.01Hn), \quad D = 0.12p$$

$$Hn = 1 + 0.4H + 0.004H^2$$

Donde:

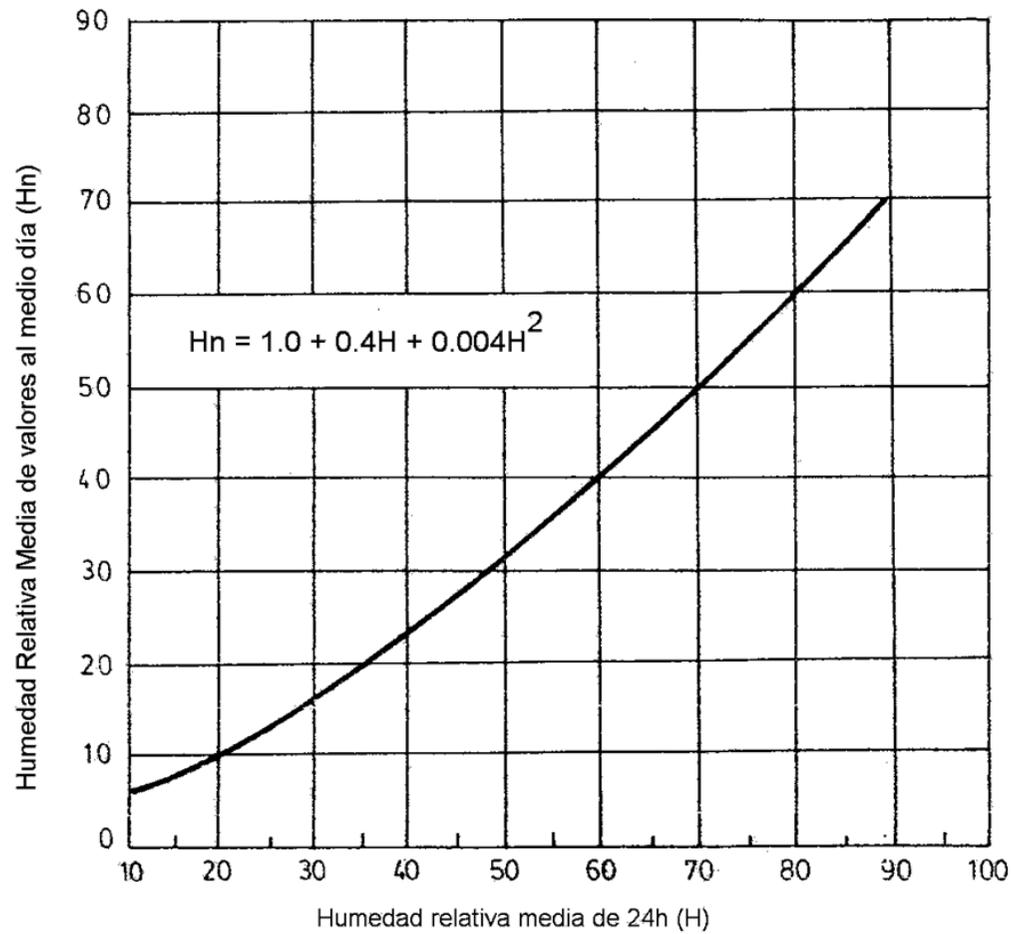
- ET_o : Evapotranspiración Potencial, en mm/mes.
 D : Coeficiente mensual de duración del día.
 P : Porcentaje de horas luz, se obtiene de la Tabla N° 03.
 T : Temperatura media mensual en ° C. (Cuadro N° 03).
 Hn : Humedad relativa al medio día, (ver Gráfico N° 01).
 H : Humedad relativa. (Cuadro N° 03).

TABLA N° 03

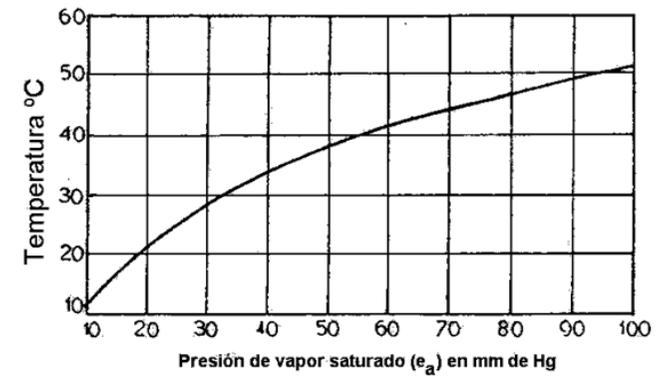
TANTO POR CIENTO EN HORAS DE SOL DE 0° A 30°

LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
NORTE	0°	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
	5°	8.32	7.57	8.47	8.29	8.65	8.41	8.67	8.60	8.23	8.42	8.07	8.30
	10°	8.13	7.47	8.45	8.37	8.81	8.60	8.86	8.71	8.25	8.34	7.91	8.10
	15°	7.94	7.36	8.43	8.44	8.98	8.80	9.05	8.83	8.28	8.20	7.75	7.88
	20°	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
	25°	7.53	7.14	8.39	8.61	9.33	9.23	9.45	9.09	8.32	8.09	7.40	7.42
	30°	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.33	7.99	7.19	7.15
SUR	0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	9.49	8.21	8.50	8.22	8.50
	5	8.68	7.76	8.51	8.15	8.34	8.05	8.33	8.38	8.19	8.56	8.37	8.68
	6	8.64	7.73	8.51	8.17	8.38	8.10	8.38	8.41	8.20	8.55	8.33	8.63
	10	8.86	7.87	8.53	8.09	8.18	7.86	8.14	8.27	8.17	8.62	8.53	8.88
	15°	9.05	7.98	8.55	8.02	8.02	7.65	7.95	8.15	8.15	8.68	8.70	9.10
	20°	9.24	8.09	8.57	7.94	7.85	7.43	7.76	8.03	8.13	8.76	8.87	9.33
	25°	9.46	8.21	8.60	7.84	7.66	7.20	7.54	7.90	8.11	8.86	9.04	9.58
	30°	9.70	8.33	8.62	7.73	7.45	6.96	7.31	7.76	8.07	8.97	9.24	9.85

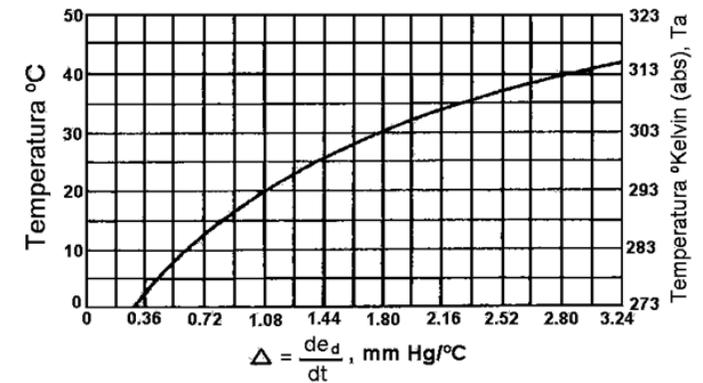
Fuente: DOOREMBOS, I



Gráf.01 Relación entre humedad relativa media diaria y humedad, relativa media al medio día, según Al Barrak



Graf.02 La temperatura en función de la presión de vapor saturado (según Criddle).



Graf.03 La temperatura en función de la variable Δ
 $\left(\frac{d: \text{presión de vapor saturado, en mm Hg}}{d: \text{temperatura, en grados centígrados}} \right)$
 (según Criddle)

▪ **Método de Radiación.**

$$ET_o = a + bWR_s$$

Donde:

- ET_o : Evapotranspiración Potencial en mm/día.
(Se obtiene directamente en el Gráfico N° 04).
- Rs : Radiación solar en mm/día. (Cuadro N° 03).
- W : Índice de ponderación que depende de la temperatura y altitud. (Tabla N° 04).
- a,b : Coeficiente cuyos valores están considerados en el Gráfico N° 04.

Al producto W*Rs se le conoce como término de radiación que con la humedad relativa y velocidad del viento predominante, obtenemos la Evapotranspiración Potencial directamente del Gráfico N° 04.

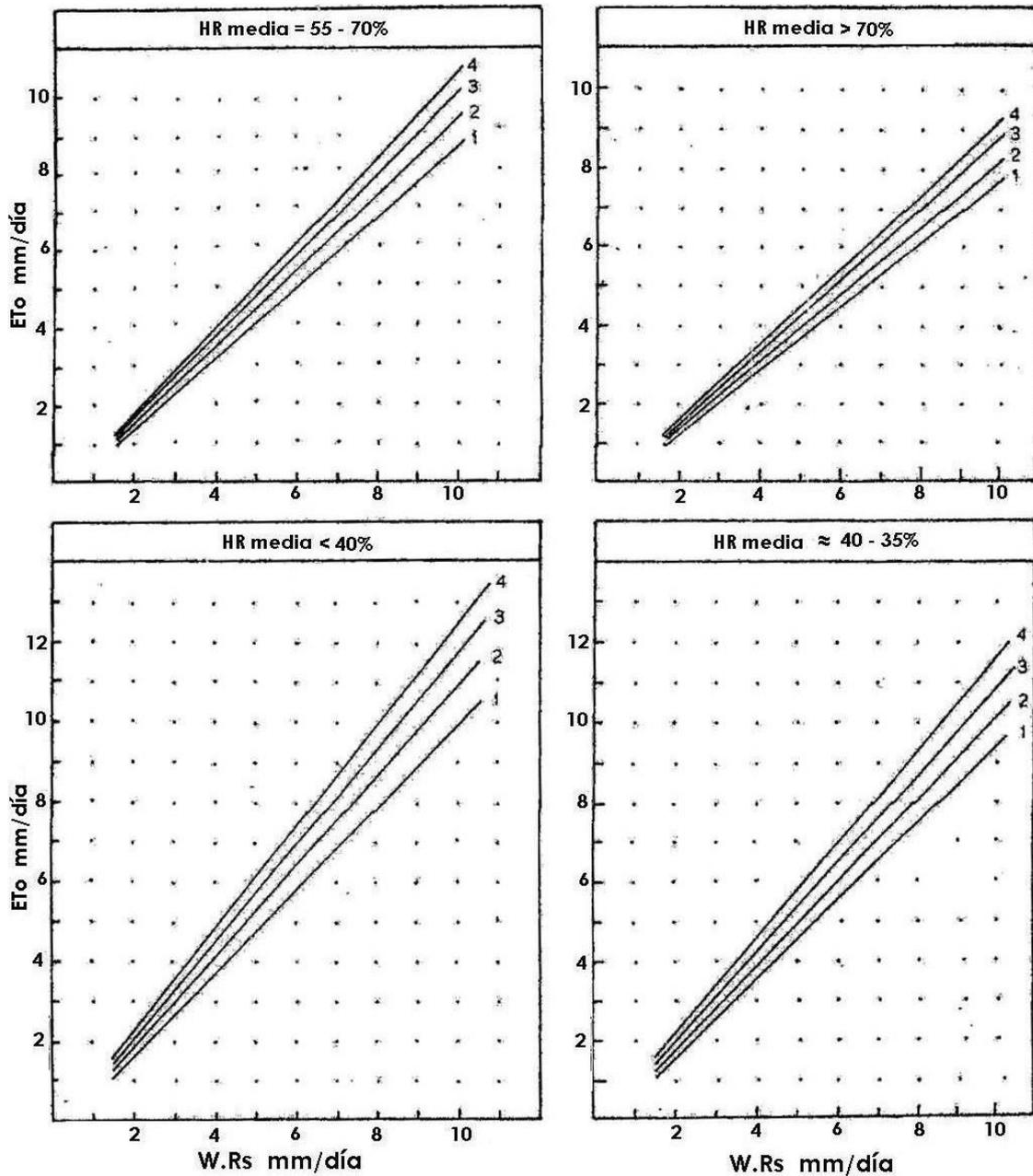
TABLA N° 4:

**VALORES DEL FACTOR DE PONDERACION W PARA LOS EFECTOS DE LA
RADIACION SOBRE LA Eto A DIFERENTES TEMPERATURAS Y ALTITUDES**

TEMPERATURA °C		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W a una altitud de (m)	0	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.68	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85
	72	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.68	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85
	500	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86
	1000	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87
	2000	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
	3000	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.88	0.88	0.89
	4000	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.76	0.78	0.79	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.90

FUENTE: DOOREMBOS, J

Gráfico N° 04: Relaciones para obtener la Eto a partir de valores calculados de W. Rs y un conocimiento general de la humedad relativa media y de los vientos diurnos.



LEYENDA .- 4 = Vientos diurnos muy fuertes, > 8 m/seg.
 3 = Vientos diurnos fuertes, 5 - 8 m/seg.
 2 = Vientos diurnos moderados, 2 - 5 m/seg.
 1 = Vientos diurnos débiles, 0 - 2 m/seg.

Relaciones para obtener la Eto a partir de valores calculados de W.R.s y un conocimiento general de la humedad relativa media y de los vientos diurnos

▪ **Método de Thorthwaite.**

$$ET_o = 1.6(10T / I)^a .e$$

$$I = \sum_{j=1}^n i \quad i = (T / 5)^{1.514}$$

$$a = 0.675 * 10^{-6} I^3 - 0.771 * 10^{-4} I^2 + 0.01792 I + 0.49239$$

Donde:

- Eto : Evapotranspiración Potencial en cm/mes.
- T : Temperatura media mensual en ° C. (Cuadro N° 03)
- I : Índice anual de calor.
- J : Meses considerados.
- i : Índice mensual de calor.
- A : Exponente que varía con el índice anual de calor de la localidad.
- E : Factor de corrección de acuerdo al mes y altitud. (Tab. N° 05)

TABLA N° 05:

**DURACION MEDIA DE LAS HORAS DE SOL EXPRESADAS EN UNIDADES DE 30 DIAS
CON 12 HORAS DE SOL CADA UNA**

LATITUD	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
H												
E 30°	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.98	0.98
M 25°	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
N 20°	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
O 15°	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
R 10°	0.98	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
T 5°	1.00	0.93	1.03	1.02	1.06	1.02	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
E												
0°	1.02	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
H 5	1.04	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
6	1.03	0.95	1.04	1.00	1.02	1.00	1.03	1.04	1.00	1.05	1.03	1.05
E 10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
M 15°	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
S 20°	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
U 25°	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
R 30°	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21

Fuente: DOOREMBOS, J

- **Método de Jensen y Haise.**

$$ET_o = (0.078 + 0.0252T)R_s$$

Donde:

- ET_o : Evapotranspiración Potencial en mm/día.
- T : Temperatura media mensual en ° C (Cuadro N° 03).
- R_s : Radiación solar, en mm/día. (Cuadro N° 03)

- **Método de Penman.**

Este método se utiliza en zonas donde se disponga de datos medidos sobre temperatura, radiación, humedad y viento. Es el más exacto de los que utilizan fórmulas empíricas para predecir las necesidades hídricas de los cultivos, pero exige unos cálculos laboriosos.

Se aplica la siguiente fórmula.

$$E_{to} = c [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)]$$

Donde:

- E_{to} : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).
- E_a : Presión saturante del vapor de agua (milibares). Tab.09
- E_d : Presión real de vapor de agua, expresada en milibares.

$$E_d = e_a \cdot RH / 100$$

- RH = humedad relativa media en porcentaje.

$$F(u) = 0.27 (1 + u/100)$$

- u es la velocidad del viento expresada en Km/día, a 2 m de altura.
- Rn = Radiación neta total, expresada en equivalente de evaporación en mm/día.

$$Rn = 0.75 Rs - Rnl$$

$$Rs = (0.25 + .50 n/N) Ra$$

- Rs, Ra, n y N son los mismos conceptos indicados para el método de radiación (tabla 6 y 7).
- Rnl = radiación neta de onda larga, expresada en equivalente de evaporación en mm/día.

$$Rnl = f(T)*f(ed)*f(n/N). \text{ (Tabla 10,11 y 12)}$$

W= Factor de ponderación (Tabla 08).

c = Factor de ajuste (Tabla 13).

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación), desarrolló un programa de computación llamado CROPWAT (Crop=Cultivo, Wat = Agua), diseñado para la determinación de requerimientos de riego para diversos cultivos. Adicionalmente, con él es posible establecer tendencias cuantitativas o niveles de adaptabilidad según la disminución en el rendimiento de los cultivos cuando se introducen diversas combinaciones o variaciones de suelo, clima y fechas de siembra.

Tabla N° 06

DURACIÓN MÁXIMA DIARIA MEDIA DE LAS HORAS DE FUERTE INSOLACIÓN N EN DIFERENTES MESES Y LATITUDES.

Latitud Norte	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Latitud Sur	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
50°	8,5	10,1	11,8	13,8	15,4	16,3	15,9	14,5	12,7	10,8	9,1	8,1
48°	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
46°	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,6	10,9	9,5	8,7
44°	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,6	11,0	9,7	8,9
42°	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
40°	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2	10,0	9,3
35°	10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
30°	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2
25°	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	13,0	12,3	11,6	10,9	10,6
20°	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15°	11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13,0	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2
10°	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5°	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0°	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

Fuente: Soto Hoyos, Juan Francisco: "Necesidades Hídricas de Los Cultivos"

Tabla N° 07

RADICACIÓN EXTRARRESTRE *R_a* EXPRESADA EN EQUIVALENTE DE EVAPORACIÓN DE AGUA EN *mm/ día*

Hemisferio Norte												Lat.	Hemisferio Sur											
Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
3,8	6,1	9,4	12,7	15,8	17,1	16,4	14,1	10,9	7,4	4,5	3,2	50°	17,5	14,7	10,9	7	4,2	3,1	3,5	5,5	8,9	12,9	16,5	18,2
4,3	6,6	9,8	13,0	15,9	17,2	16,5	14,3	11,2	7,8	5,0	3,7	48°	17,6	14,9	11,2	7,5	4,7	3,5	4,0	6,0	9,3	13,2	16,6	18,2
4,9	7,1	10,2	13,3	16,0	17,2	16,6	14,5	11,5	8,3	5,5	4,3	46°	17,7	15,1	11,5	7,9	5,2	4,0	4,4	6,5	9,7	13,4	16,7	18,3
5,3	7,6	10,6	13,7	16,1	17,2	16,6	14,7	11,9	8,7	6,0	4,7	44°	17,8	15,3	11,9	8,4	5,7	4,4	4,9	6,9	10,2	13,7	16,7	18,3
5,9	8,1	11,0	14,0	16,2	17,3	16,7	15,0	12,2	9,1	6,5	5,2	42°	17,8	15,5	12,2	8,8	6,1	4,9	5,4	7,4	10,6	14,0	16,8	18,3
6,4	8,6	11,4	14,3	16,4	17,3	16,7	15,2	12,5	9,6	7,0	5,7	40°	17,9	15,7	12,5	9,2	6,6	5,3	5,9	7,9	11,0	14,2	16,9	18,3
6,9	9,0	11,9	14,5	16,4	17,2	16,7	15,3	12,8	10,0	7,5	6,1	38°	17,9	15,8	12,8	9,6	7,1	5,8	6,3	8,3	11,4	14,4	17,0	18,3
7,4	9,4	12,1	14,7	16,4	17,2	16,7	15,4	13,1	10,6	8,0	6,6	36°	17,9	16,0	13,2	10,1	7,5	6,3	6,8	8,8	11,7	14,6	17,0	18,2
7,9	9,8	12,4	14,8	16,4	17,1	16,8	15,5	13,4	10,8	8,5	7,2	34°	17,8	16,1	13,5	10,5	8,0	6,8	7,2	9,2	12,0	14,9	17,1	18,2
8,3	10,2	12,8	15,0	16,5	17,0	16,8	15,6	13,6	11,2	9,0	7,8	32°	17,8	16,2	13,8	10,9	8,5	7,3	7,7	9,6	12,4	15,1	17,2	18,1
8,8	10,7	13,1	15,2	16,5	17,0	16,8	15,7	13,9	11,6	9,5	8,3	30°	17,8	16,4	14,0	11,3	8,9	7,8	8,1	10,1	12,7	15,3	17,3	18,1
9,3	11,1	13,4	15,3	16,5	16,8	16,7	15,7	14,1	12,0	9,9	8,8	28°	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,4	17,2	17,9
9,8	11,5	13,7	15,3	16,4	16,7	16,6	15,7	14,3	12,3	10,3	9,3	26°	17,6	16,4	14,4	12,0	9,7	8,7	9,1	10,9	13,2	15,5	17,2	17,8
10,2	11,9	13,9	15,4	16,4	16,6	16,5	15,8	14,5	12,6	10,7	9,7	24°	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	10,2	13,4	15,6	17,1	17,7
10,7	12,3	14,2	15,5	16,3	16,4	16,4	15,8	14,6	13,0	11,1	10,2	22°	17,4	16,5	14,8	12,6	10,6	9,6	10,0	11,6	13,7	15,7	17,0	17,5
11,2	12,7	14,4	15,6	16,3	16,4	16,3	15,9	14,8	13,3	11,6	10,7	20°	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,4
11,6	13,0	14,6	15,6	16,1	16,1	16,1	15,8	14,9	13,6	12,0	11,1	18°	17,1	16,5	15,1	13,2	11,4	10,4	10,8	12,3	14,1	15,8	16,8	17,1
12,0	13,3	14,7	15,6	16,0	15,9	15,9	15,7	15,0	13,9	12,4	11,6	16°	16,9	16,4	15,2	13,5	11,7	10,8	11,2	12,6	14,3	15,8	16,7	16,8
12,4	13,6	14,9	15,7	15,8	15,7	15,7	15,7	15,1	14,1	12,8	12,0	14°	16,7	16,4	15,3	13,7	12,1	11,2	11,6	12,9	14,5	15,8	16,5	16,6
12,8	13,9	15,1	15,7	15,7	15,5	15,5	15,6	15,2	14,4	13,3	12,5	12°	16,6	16,3	15,4	14,0	12,5	11,6	12,0	13,2	14,7	15,8	16,4	16,5
13,2	14,2	15,3	15,7	15,5	15,3	15,3	15,5	15,3	14,7	13,6	12,9	10°	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
13,6	14,5	15,3	15,6	15,3	15,0	15,1	15,4	15,3	14,8	13,9	13,3	8°	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
13,9	14,8	15,4	15,4	15,1	14,7	14,9	15,2	15,3	15,0	14,2	13,7	6°	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
14,3	15,0	15,5	15,5	14,9	14,4	14,6	15,1	15,3	15,1	14,5	14,1	4°	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,5	15,4
14,7	15,3	15,6	15,3	14,6	14,2	14,3	14,9	15,3	15,3	14,8	14,4	2°	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,4
15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8	0°	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8

Fuente: Soto Hoyos, Juan Francisco, "Necesidades Hídricas de los Cultivos"

Tabla N° 08

VALORES DEL FACTOR DE PONDERACIÓN W PARA LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOBRE LA ET_0 , A DIFE Y ALTITUDES.

TEMPERATURA °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Altitud (m)																
0	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,80
500	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90
1000	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,90
2000	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,90
3000	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,90
4000	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97	1,00

Fuente: Soto Hoyos, Juan Francisco, "Necesidades Hídricas de los Cultivos"

Tabla N° 09

PRESIÓN DE SATURACIÓN DEL VALOR (ca) EN $mbar$, EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE (T) EN °C

TEMPERATURA °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ca $mbar$	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1	8,7	9,3	10,0	10,7	11,5	12,3	13,1	14,0	15,0	16,1	17,0	18,2	19,4	20,6	22,0
TEMPERATURA °C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
ca $mbar$	23,4	24,9	26,4	28,1	29,8	31,7	33,6	35,7	37,8	40,1	42,4	44,9	47,6	50,3	53,2	56,2	59,4	62,8	66,3	69,9

Fuente: Soto Hoyos, Juan Francisco, "Necesidades Hídricas de los Cultivos"

Tabla N° 10
EFFECTO DE LA TEMPREATURA $f(T)$ SOBRE LA RADIACIÓN DE ONDA LARGA (Rnl)

TEMPERATURA °C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$f(T) = STk4$	11,0	11,4	11,7	12,0	12,4	12,7	13,1	13,5	13,8	14,2	14,6	15,0	15,4	15,9	16,3	16,7	17,2	17,7	18,1

Fuente: Soto Hoyos, Juan Francisco, "Necesidades Hídricas de los Cultivos"

Tabla N° 11
EFFECTO DE LA PRESIÓN REAL DEL VAPOR DE AGUA $f(ed)$ SOBRE LA
RADICACIÓN DE ONDA LARGA (Rnl)

ed mbar	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$f(d) = 0,34 - 0,044 ed$	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06

Fuente: Soto Hoyos, Juan Francisco, "Necesidades Hídricas de los Cultivos"

Tabla N° 12
EFFECTO DE RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO REAL Y EL MÁXIMO DE HORAS DE FUERTE
INSOLACIÓN $f(n/N)$, SOBREL A RADIACIÓN DE ONDA LARGA (Rnl)

n/N	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$f(n/N) = 0,1 + 0,9n/N$	0,10	0,15	0,19	0,24	0,28	0,33	0,37	0,42	0,46	0,51	0,55	0,60	0,64	0,69	0,73	0,78	0,82	0,87	0,91	0,96	1,00

Fuente: Soto Hoyos, Juan Francisco, "Necesidades Hídricas de los Cultivos"

Tabla N° 13
FACTOR DE AJUSTE (c) EN LA ECUACIÓN DE Penman MODIFICADA

<i>Rs</i> mm/día	<i>RH</i> máx. = 30%				<i>RH</i> máx. = 60%				<i>RH</i> máx. = 90%			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
<i>U</i> día m/seg	<i>U</i> día/ <i>U</i> noche = 4,0											
0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
3	0,79	0,84	0,92	0,97	0,92	1,00	1,11	1,19	0,99	1,10	1,27	1,32
6	0,68	0,77	0,87	0,93	0,85	0,96	1,11	1,19	0,94	1,10	1,26	1,33
9	0,55	0,65	0,78	0,90	0,76	0,88	1,02	1,14	0,88	1,01	1,06	1,27
	<i>U</i> día/ <i>U</i> noche = 3,0											
0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
3	0,76	0,81	0,88	0,94	0,87	0,96	1,06	1,12	0,94	1,04	1,18	1,28
6	0,61	0,68	0,81	0,88	0,77	0,88	1,02	1,10	0,86	1,01	1,15	1,22
9	0,46	0,56	0,72	0,82	0,67	0,79	0,88	1,05	0,78	0,92	1,06	1,18
	<i>U</i> día/ <i>U</i> noche = 2,0											
0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
3	0,69	0,76	0,85	0,92	0,83	0,91	0,99	1,05	0,89	0,98	1,10	1,14
6	0,53	0,61	0,74	0,84	0,70	0,80	0,94	1,02	0,79	0,92	1,05	1,12
9	0,37	0,48	0,65	0,76	0,59	0,70	0,84	0,95	0,71	0,81	0,96	1,06
	<i>U</i> día/ <i>U</i> noche = 1,0											
0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
3	0,64	0,71	0,82	0,89	0,78	0,86	0,94	0,99	0,85	0,92	1,01	1,05
6	0,43	0,53	0,68	0,79	0,62	0,70	0,84	0,93	0,72	0,82	0,95	1,00
9	0,27	0,41	0,59	0,70	0,50	0,60	0,75	0,87	0,62	0,72	0,87	0,96

Fuente: Soto Hoyos, Juan Francisco, "Necesidades Hídricas de los Cultivos"

▪ **Método de la Cubeta o Tanque Estándar Tipo A.**

Este método de la cubeta evaporimétrica se basa en relacionar la evaporación del agua de la cubeta con la evaporación del cultivo de referencia, mediante la siguiente fórmula.

$$E_{To} = K_p * E_p$$

Donde:

- E_{to} : Evapotranspiración Potencial en mm/día.
 K_p : Coeficiente de la cubeta, (Tabla N° 14).
 E_p : Evaporación de la cubeta o tanque en mm/día. (Cuadro N° 03).

TABLA N° 14
COEFICIENTES K_p, EN EL CASO DE UNA CUBETA DE CLASE A, PARA DIFERENTES CUBIERTAS Y NIVELES DE HUMEDAD RELATIVA Y VELOCIDAD DE VIENTO

CUBETA CLASE A	CASO A CUBETA RODEADA DE CUBIERTA VERDE BAJA				CASO B (1/)				
	HR MEDIA %	DISTANCIA A BARVOLENTO DE LA CUBIERTA VERDE (EN M)	BAJA <40	MEDIA 40-70	ALTA >70	DISTANCIA A BARVOLENTO DEL BARBECHO DE SECANOI (EN M)	BAJA <40	MEDIA 40-70	ALTA >70
VIENTOS									
DEBILES 175	0	0.55	0.65	0.75	0	0.70	0.80	0.85	
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80	
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75	
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70	
MODERADOS 175-425	0	0.50	0.60	0.65	0	0.65	0.80	0.80	
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70	
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65	
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55	0.60	
FUERTES 425-700	0	0.45	0.50	0.60	0	0.60	0.65	0.70	
	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65	
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.60	
	1000	0.65	0.70	0.75	1000	0.40	0.45	0.55	
MUY FUERTES >700	0	0.40	0.45	0.50	0	0.50	0.60	0.65	
	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.50	0.55	
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50	
	1000	0.55	0.60	0.65	1000	0.35	0.40	0.45	

FUENTE: DOOREMBOS, I

(1/) En el caso de superficies extensas de barbecho desnudo y con un desarrollo agrícola nulo, se deben reducir los valores de K_p en un 20% en condiciones de mucho calor y vientos fuertes y un 5-10% tratándose de una temperatura, una humedad y unos vientos moderados

b) Determinación Experimentalmente del Coeficiente de Desarrollo del Cultivo (Kc).

El coeficiente de Cultivo (Kc), se estimó mediante lo recomendado en la publicación N° 24 del Servicio de Recursos, Fomento y Aprovechamiento de Aguas (FAO).

El procedimiento comprende los siguientes pasos:

- Se define el cultivo a establecer.
- Determinar el período vegetativo y la duración de cada etapa de desarrollo del cultivo: inicial, desarrollo, maduración y cosecha.
- Se determina el valor de Kc para la etapa inicial del cultivo, mediante el gráfico que relaciona la frecuencia de riego y la evapotranspiración potencial (ETP). para lo cual se asume una frecuencia de riego práctica de acuerdo al cultivo y zona donde se trabaja, ver Gráfico N° 05.
- Se determina el valor de Kc para las etapas de maduración y cosecha en base a los cuadros que relacionan el valor de Kc con los valores de humedad relativa y velocidad del viento. Ver Tabla N° 15.
- Se construye la curva Kc, relacionando los valores de Kc y las etapas de desarrollo del cultivo. El ploteo se efectúa de la siguiente manera:
 - El valor de Kc para la etapa inicial, corresponderá para la parte final de dicha etapa.
 - El valor de Kc para la etapa de maduración corresponderá a toda la etapa.
 - El valor de Kc para la etapa de cosecha, corresponderá a la parte final de dicha etapa.

- Unir mediante líneas rectas los valores de Kc, de la parte final de la etapa inicial con el inicio de la etapa de maduración y la parte final de la etapa de maduración con la parte final de la etapa de cosecha.
- Trazar la curva suavizada representativa para el cultivo que se analiza.
- Para la curva trazada constituirá la curva Kc del cultivo. En base a esta curva se determinará los valores de dicho factor que corresponden a cualquier fecha de interés.

Tabla N° 15

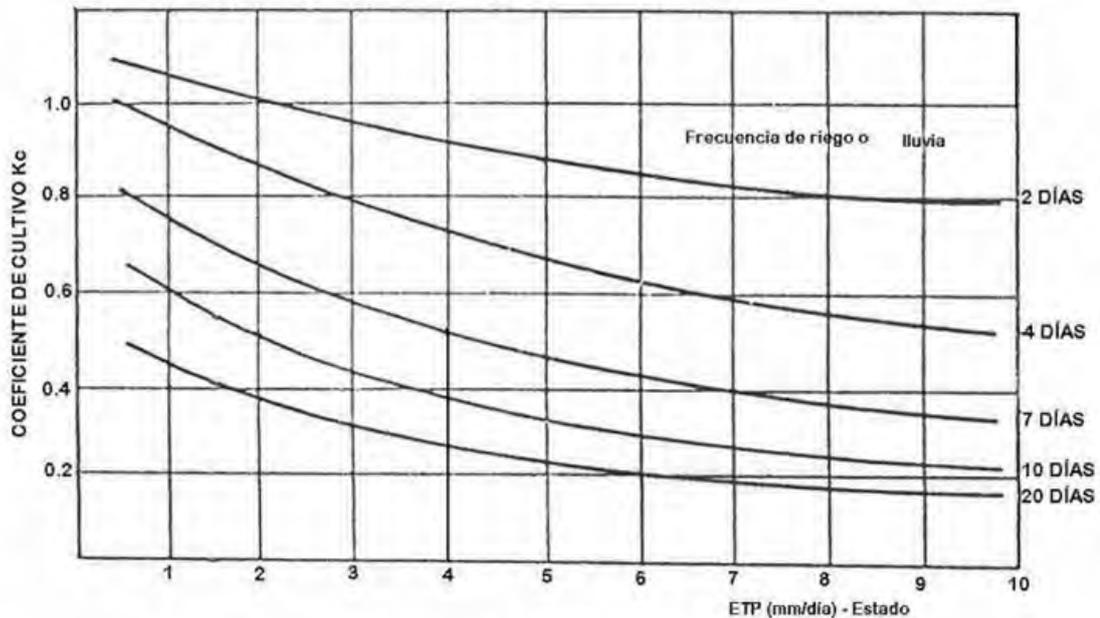
Valores de Kc para diferentes cultivos según el clima y la fase de crecimiento.

Cultivo	Humedad	RH min > 70%		RH min < 20 %	
	Viento (m/seg.)	0 - 5	5 - 8	0 - 5	5 - 8
Fase de desarrollo					
Cultivos extensivos	3	0.95	0.95	1.10	1.05
Cebada	3	1.50	1.10	1.15	1.20
	4	0.25	0.25	0.20	0.20
Frijoles verdes	3	0.95	0.95	1.00	1.05
	4	0.85	0.85	0.90	0.90
Frijoles secos	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.30	0.30	0.25	0.25
Betarraga	3	1.00	1.00	1.05	1.00
	4	0.90	0.90	0.95	1.00
Zanahoria	3	1.00	1.05	1.10	1.15
	4	0.70	0.75	0.80	0.85
Apio	3	1.00	1.05	1.10	1.15
	4	0.90	0.95	1.00	1.05
Maíz Choclo	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.95	1.00	1.05	1.10
Maíz Grano	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.55	0.55	0.60	0.60
Algodón	3	1.05	1.15	1.20	1.25
	4	0.65	0.65	0.65	0.70
Pepino	3	0.90	0.90	0.95	1.00
	4	0.70	0.70	0.75	0.80
Lentejas	3	1.05	1.10	1.15	1.05
	4	0.30	0.30	0.25	0.25
Lechuga	3	0.95	0.95	1.00	1.05
	4	0.90	0.90	0.90	1.00
Melones	3	0.95	0.95	1.00	1.50
	4	0.65	0.65	0.75	0.75

Avena	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.25	0.25	0.20	0.20
Cebolla de cabeza	3	0.95	0.95	1.05	1.10
	4	0.75	0.75	0.80	0.85
Cebolla verde	3	0.95	0.95	1.00	1.05
	4	0.95	0.95	1.00	1.05
Maní	3	0.95	1.00	1.05	1.10
	4	0.55	0.55	0.60	0.60
Pimientos frescos.	3	0.95	1.00	1.05	1.10
	4	0.80	0.85	0.85	0.90
Papa	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.70	0.70	0.75	0.75
Rabanito.	3	0.80	0.80	0.85	0.90
	4	0.75	0.75	0.80	0.85
Sorgo	3	1.00	1.05	1.10	1.15
	4	0.50	0.50	0.55	0.55
Soya	3	1.00	1.05	1.10	1.15
	4	0.45	0.45	0.45	0.45
Espinacas	3	0.95	0.95	1.00	1.05
	4	0.90	0.90	0.95	1.00
Zapallo	3	0.90	0.90	0.95	1.00
	4	0.70	0.70	0.75	0.80
Tomate	3	1.05	1.10	1.20	1.25
	4	0.60	0.60	0.65	0.65
Trigo.	3	1.05	1.10	1.15	1.20
	4	0.25	0.25	0.60	0.20

Fuente: Absalón Vásquez V y Lorenzo Chang – Navarro. El riego: Principios Básicos del Riego.

Gráfico 05: Valores de Kc para el estado inicial de desarrollo en relación a la ETP y frecuencia de riego o lluvia.



Valores de Kc para el estado inicial de desarrollo en relación a la ETP y frecuencia de riego o lluvia

c) Cálculo de la Dosis Neta de Riego (Dn).

La dosis de riego, es la cantidad de agua que se aplica en cada riego por cada unidad de superficie, sin considerar la eficiencia de aplicación.

Para el cálculo de la lámina neta de riego se procedió de la siguiente manera:

$$Dn = \frac{(CC - PM) * Dap * Pr * FAS}{100} \text{ (mm) ó (l/m}^2\text{)}$$

Donde:

- CC = Capacidad de campo (%)
- PM = Punto de marchitez (%)
- Dap = Densidad aparente (gr/cc)
- FAS = Fracción de agotamiento del suelo.
- Pr = profundidad de raíces.

d) Fracción de Agotamiento del Suelo.

La fracción de agotamiento del suelo, es un factor que se multiplica a la reserva de agua disponible para determinar la humedad al momento de riego y depende del tipo de suelo, cultivo y la magnitud de transpiración. Este parámetro es importante para poder definir los criterios de diseño y poder determinar la humedad óptima de riego; por ello en el presente trabajo, se ha considerado como parámetro de investigación probando diferentes valores (0.30, 0.40, 0.50 y 0.60) en cada uno de los tratamientos estudiados y así definir en función a los resultados de rendimiento óptimo del cultivo.

e) Humedad al Momento de Riego (%HMR).

La humedad al momento de riego, es el contenido de agua en porcentaje que debe tener el suelo antes de aplicarle un riego. Esta definido por la cantidad de agua útil del suelo y la fracción de agotamiento. Para la evaluación en el presente trabajo se realizaron muestreos de humedades ínter diarios y así poder realizar un seguimiento y constatar si cumple lo diseñado con lo aplicado en el campo.

f) Cálculo de la Dosis Total de Riego (Dt).

La dosis total de riego, viene a ser la cantidad de agua que se aplica al suelo afectado por la eficiencia de aplicación del sistema de riego.

$$Dt = \frac{Dn}{Ea}$$

Donde.

Dt = Dosis total.

a = Eficiencia de aplicación.

Para este caso se toma 90% por ser riego por goteo.

g) Cálculo de la Dosis Bruta del Cultivo (DBC).

Se define como la cantidad de agua que se aplica en cada riego a cada planta, se procedió a calcular de la siguiente manera:

$$DBC = \frac{Dt * MP * PSM}{100}$$

Donde:

DBC = Dosis bruta del cultivo (litros/planta).

Dt = Dosis total (mm).

MP = Marco de plantación del cultivo (m²).

PSM = Porcentaje de suelo mojado (%).

Para efectos de diseño se establece un mínimo porcentaje de volumen de suelo a humedecer, que oscila entre 30 a 40% (Pizarro, 1996).

h) Cálculo de las Necesidades Hídricas Netas del Cultivo (Nn).

Para calcular las necesidades netas de agua del cultivo se determinaron los coeficientes de cultivo para cada una de sus fases fenológicas y se tomó los valores de evapotranspiración potencial que más se aproxima a la evaporación por el método del tanque Evaporímetro.

$$Nn = Etp * Kc$$

i) Cálculo de las Necesidades Hídricas Totales del Cultivo (Nt).

Para el cálculo de las necesidades totales a partir de las necesidades netas hay que tener en cuenta tres factores:

- Pérdida de agua por percolación.
- Necesidades de lavado.
- Falta de uniformidad de riego.

$$Nt = \frac{Nn}{(1 - K) * Cu}$$

Donde:

- Cu : Coeficiente de uniformidad.
- K : (1 – Ea). En el caso de pérdidas.
- K : LR. En el caso de lavado.
- Ea : Eficiencia de aplicación.
- LR : Requerimiento de lavado.

Para la aplicación de la fórmula se elige el mayor valor de K en los dos casos posibles.

j) Cálculo de la Eficiencia de Uniformidad.

La eficiencia de uniformidad del sistema de riego, se determinó con las mediciones de caudales realizadas en campo y luego se procedió aplicar la siguiente fórmula.

$$CU = \frac{q_{min}}{q_{prom}} * 100$$

▪ **Eficiencia de aplicación (Ea).**

Varios autores informan acerca de los valores de Ea. Entre ellos se seleccionó los proporcionados por Keller (1978) según el cual para la estimación de Ea hay que distinguir dos casos: para climas áridos y para climas húmedos. Ver tabla N° 16.

**Tabla N° 16:
Valores de Ea en Climas Áridos y Húmedos.**

Climas Áridos				
Profundidad de raíces (m)	Textura			
	Grava	Arenosa	Media	Fina
< 0,75	0,85	0,90	0,95	0,95
0,75 - 1,50	0,90	0,90	0,95	1,00
> 1,50	0,95	0,95	1,00	1,00
Climas Húmedos				
< 0,75	0,65	0,75	0,85	0,90
0,75 - 1,50	0,75	0,80	0,90	0,95
> 1,50	0,80	0,90	0,95	1,00

Fuente: Técnicas de Riego de Luís Fuentes Yagüe.

▪ **Requerimiento de lavado.**

Para el cálculo del requerimiento de lavado neto en el riego localizado de alta frecuencia, se procedió mediante la siguiente fórmula:

$$Rl = \frac{CEar}{2 \max CEes}$$

Donde:

- RL : Requerimiento de lavado neto.
- CEar : Conductividad eléctrica del agua de riego.
- CEe : Conductividad eléctrica del extracto de Saturación del suelo para un descenso de la Producción de un 100 %.(Tabla N° 17)

Tabla N° 17:

Valores de CEe (mmhos/cm) para una Producción en %

Cultivos Extensivos	Valores de CEe (mmhos/cm) para una P (%)				
	100	90	75	50	0
Cebada	8,0	10,0	13,0	18,0	28,0
Algodón	7,7	9,6	13,0	17,0	27,0
Remolacha azucarera	7,0	8,7	11,0	15,0	24,0
Sorgo	6,8	7,4	8,4	9,9	13,0
Trigo	7,0	7,4	9,5	13,0	20,0
Trigo duro	5,7	7,6	10,0	15,0	24,0
Cártamo	5,3	6,2	7,6	9,4	14,5
Soya	5,0	5,5	6,2	7,5	10,0
Caupíes	4,9	5,7	7,0	9,1	13,0
Cacahuete, maní.	3,2	3,5	4,1	4,9	6,5
Arroz	3,0	3,8	5,1	7,2	11,5
Sesbania, Cáñamo	2,3	3,7	5,9	9,4	16,5
Caña de azúcar	1,7	3,4	5,9	10,0	19,0
Maíz	1,7	2,5	3,8	5,9	10,0
Lino	1,7	2,5	3,8	5,9	10,0
Haba	1,6	2,6	4,2	6,8	12,0

Fuente: Riego Localizado de Alta Frecuencia: Pizarro 1996.

k) Cálculo del Área Humedecida por Emisor (A.H.E)

El área húmeda del emisor esta en función a diferentes factores como la textura, estratificación del suelo, caudal del emisor y tiempo o volumen de riego. En términos cuantitativos el área mojada por un emisor se puede determinar por tres procedimientos: Usando tablas, empleo de fórmulas o mediante pruebas de campo.

Para el presente trabajo de investigación se ha utilizado las pruebas de campo realizadas en Prueba de Bulbo de Humedecimiento. Con el radio de humedecimiento medido en campo se determinó el área húmeda con la siguiente fórmula:

$$AHE = \frac{\pi Rh^2}{2}$$

Donde:

AHE : Área húmeda del emisor (cm²)

Rh : Radio de humedecimiento del emisor (cm)

l) Cálculo del caudal del emisor (Qunit.)

Para el cálculo del caudal unitario del emisor se definió en campo, al determinar la eficiencia de uniformidad, aforando el gotero, realizando 16 repeticiones por un tiempo de 5 minutos por repetición y luego se calculó el promedio de las 16 mediciones.

m) Número de goteros por planta (Ng).

El número de goteros por planta o emisores por planta depende fundamentalmente de que proporción de suelo que se quiera mojar, el marco de plantación del cultivo y el área mojada del emisor, depende del tipo de suelo y estratificación del terreno. Para este caso de diseño se determinó de manera sencilla por utilizar cinta de riego, donde se conoce el espaciamiento de los goteros. Se aplicó la siguiente fórmula.

$$Ng = \frac{\text{Separación.entre.plantas}}{\text{Distancia.entre.goteros}}$$

n) Cálculo del Tiempo de Riego.

Para determinar el tiempo de riego se procedió a calcular con la siguiente fórmula.

$$TR = \frac{DBC}{Ng * qg.}$$

Donde:

TR	:	Tiempo de riego.
DBC	:	Demanda bruta del cultivo.
Ng	:	Número de goteros.
Qg	:	Caudal unitario del emisor.

o) Cálculo de la Frecuencia de Riego.

Se procedió de la siguiente manera.

$$FR = \frac{DBC}{Nt}$$

D. Diseño Experimental y Estadístico.

a) Tratamientos en Estudio:

Para el análisis y determinación del consumo hídrico del Maíz Amarillo Duro Híbrido INIA 609 – NAYLAMP, se consideraron 4 tratamientos, los que correspondieron a las 4 láminas de riego según los porcentajes de Humedad Disponible del suelo.

TRATAMIENTOS Y DESCRIPCIÓN SEGÚN EL % DE CONSUMO DE LA HUMEDAD DISPONIBLE DEL SUELO.

Tratamientos	Descripción
A	Lámina 1. Cuando se consume el 30 % de la HD*
B	Lámina 2. Cuando se consume el 40 % de la HD*
C	Lámina 3. Cuando se consume el 50 % de la HD*
D	Lámina 4. Cuando se consume el 60 % de la HD*

HD* =Humedad Disponible del Suelo.

b) Diseño Experimental:

Para verificar el análisis estadístico, se probaron:

El supuesto de Normalidad, es decir que las muestras aleatorias se extraen de poblaciones que están normalmente distribuidas, o aproximadamente normal con media μ y varianza σ^2 , donde H_0 : Explica que los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancias que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk.

El supuesto de homogeneidad (homocedasticidad), permite contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales o comunes ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$), para este caso utilizamos el Estadístico de Levene.

Después de confirmar estas pruebas, se realizó el Análisis de Varianza (ANAVA).

Cuadro N° 02

**MODELO DE LA PRUEBA DE LOS EFECTOS INTER – SUJETOS
ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Modelo corregido	SCT*	r – 1	MCT* = SCT* / 3	MCT* / MCE
Intersección	SCR	1	MCR = SCR / 1	MCR / MCE
Factor	SCT	r - 1	MCT = SCT / r - 1	MCT / MCE
Error	SCE	(t – 1) x r	MCE = SCE / (t – 1) x r	
Total	STC = SCT*+SCR+SCE	t x r		
Total Corregida	STC_c = SCT+SCE	(t x r) – 1		

Donde:

SCT = Suma de Cuadrados de los Tratamientos.

SCR = Suma de Cuadrados de los Bloques.

SCE = Suma de Cuadrados del Error.

STC = Suma Total de Cuadrados.

STC_c = Suma Total de Cuadrados Corregida.

El tipo de estudio utilizado ha sido el Análisis de Varianza con un sólo factor, que sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa, ajustada a la siguiente ecuación lineal:

$$\text{Modelo Lineal General: } Y_i = \beta_0 + \beta_1 + e_i$$

c) Hipótesis Estadística:

- Pruebas de Hipótesis: En la presente investigación, se realizó el análisis estadístico utilizando el ANAVA (Análisis de Varianza) con un sólo factor, la hipótesis a probar es que los tratamientos tengan el mismo efecto sobre la variable en estudio (determinación del consumo hídrico [porcentaje (%) de humedad disponible] en el Maíz Amarillo Duro Híbrido INIA 609 – NAYLAMP), es así como se tienen las hipótesis nula (H₀) e hipótesis alterna (H_i), donde:

H₀: $\tau_i = 0$ (Los tratamientos de Láminas de Riego utilizados tienen el mismo efecto sobre el comportamiento y rendimiento del maíz utilizado)

H_i: $\tau_i \neq 0$ (No todos los tratamientos de Láminas de Riego utilizados tiene el mismo efecto sobre el comportamiento y rendimiento del maíz)

Al probar la hipótesis estadística, están propensos a cometer los siguientes tipos de errores:

Error Tipo I: Se comete cuando se rechaza la hipótesis nula (H₀), siendo esta hipótesis falsa; la magnitud de este error ha sido fijada por el investigador y constituye “el nivel de significación de la prueba”; para este caso se ha utilizado el nivel de significación de 0.05 que es el máximo posible aconsejable.

Error Tipo II: Se comete cuando no se rechaza la hipótesis nula (H₀), siendo esta hipótesis falsa; la magnitud de este error no se puede fijar, pero ha sido posible minimizarla utilizando un tamaño de la muestra.

Asimismo, se ha utilizado el Modelo Estadístico III (Modelo Mixto) para el Análisis de Varianza, el cual es la combinación del Modelo I (Efectos Fijos) y el Modelo II (Efectos Aleatorios).

d) Prueba de comparación de Medias:

Después de realizar el ANAVA (Análisis de Varianza), se ejecutó la prueba sobre el efecto de los tratamientos en estudio, en este caso el consumo hídrico [Láminas de Riego en función al porcentaje (%) de Humedad Disponible del Suelo] en el maíz amarillo duro Híbrido INIA 609 – NAYLAMP, para ello se usó la prueba F, el cual indicó si los efectos de todos los tratamientos son iguales o diferentes; en caso de rechazar la hipótesis nula, es decir, que no todos los tratamientos de Láminas de Riego utilizados tienen el mismo efecto sobre comportamiento y rendimiento del maíz, entonces ha sido necesario

realizar pruebas de comparación de medias múltiples a fin de saber entre que tratamientos hay diferencias. En una prueba para comparar dos medias y su uso en comparaciones simultáneas se justifica en las siguientes condiciones:

- La Prueba F resulta significativa.
- Las comparaciones fueron planeadas antes de ejecutar el experimento.

Prueba de Rangos Múltiples de Duncan: Este procedimiento es utilizado para realizar comparaciones múltiples de medias; para realizar esta prueba no es necesario realizar previamente la prueba F y que ésta resulte significativa; sin embargo es recomendable efectuar después que la Prueba F haya resultado Significativa, a fin de evitar contradicciones entre ambas.

Prueba de Rangos Múltiples de Tukey: Este procedimiento es llamado también Diferencia Significativa Honesta, se utiliza para realizar comparaciones múltiples de medias; esta prueba es similar a la prueba de Duncan en cuanto a su procedimiento y además es más exigente.

Prueba de Comparación de Scheffe: Esta prueba es útil cuando el experimentador está interesado en determinar que tratamiento es diferente de un testigo, control o tratamiento estándar, y no en hacer todas las comparaciones posibles (que pasarían a una segunda prioridad); es decir, cuando se quiere comparar el testigo con cada uno de los tratamientos en estudio.

En este caso no fue necesaria la Transformación de los Datos, puesto que es ineludible siempre y cuando se realice un análisis estadístico, con resultados que no cumplan con los supuestos acerca del modelo estadístico, entonces se podría llegar a una conclusión equivocada. Afortunadamente, al realizarse el análisis estadístico en esta investigación, todas cumplen con los supuestos.

e) Coeficiente de Variabilidad:

Esta medida de variabilidad relativa (sin unidades de medida), se realizó para cuantificar en términos porcentuales la variabilidad de las unidades experimentales frente a la aplicación de un determinado tratamiento. La expresión estimada del coeficiente de variabilidad es:

$$cv = \frac{\sqrt{cme}}{\bar{Y}} \times 100$$

Para el presente trabajo de investigación se usó el Software Estadístico SPSS, Versión 15.0.

CAPITULO IV

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. Clima.

Para caracterizar la zona donde se ha desarrollado el presente estudio de investigación y determinar los parámetros de riego, se contó con información de la estación Meteorológica Vista Florida del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Los datos climatológicos se presentan en el Cuadro N° 03.

Los datos promedios fueron tomados de los años 1975 a 1988, sin considerar el año 1983 por ser año donde se desarrolló el Fenómeno del Niño en el cual se registraron datos de temperaturas y precipitación muy por encima de lo normal con respecto a los otros años y son fenómenos que no se repiten constantemente; de tal manera que causaría una alteración en los datos climatológicos y por ende en los cálculos de los parámetros de riego.

Cuadro N° 03.

DATOS CLIMÁTOLÓGICOS PROMEDIO DEL AÑO 1975 – 1988.

Estación: Vista Florida - INIA	Departamento: Lambayeque.
Latitud: 6°44' Sur	Provincia: Chiclayo.
Longitud: 79°48' Oeste	Distrito: Picsi
Altitud: 72 m.s.n.m	

PERÍODO: 1975 - 1988

MES	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACION (mm)	RADIACION mm/día	EVAPORACION mm.	VELOCID. MEDIA DEL VIENTO (m/s)	HELIOFONIA %
	MAX.	MED.	MIN.						
Enero	29.01	23.64	20.03	68.62	0.07	8.00	7.88	2.90	56.83
Febrero	30.06	24.62	21.08	67.62	0.13	7.99	7.80	2.51	53.12
Marzo	29.85	24.32	20.73	69.85	0.27	8.08	7.52	2.35	57.80
Abril	28.62	23.11	19.62	70.31	0.10	8.30	7.10	2.50	60.60
Mayo	26.37	21.19	17.71	71.59	0.05	7.51	6.23	2.64	62.92
Junio	24.68	19.73	15.94	72.31	0.01	6.87	5.34	2.46	60.61
Julio	23.69	18.90	15.36	73.64	0.00	6.36	4.87	2.43	50.85
Agosto	23.44	18.41	15.32	74.08	0.02	6.83	5.30	2.73	50.77
Setiembre	23.97	18.74	15.45	72.10	0.01	8.25	6.40	3.19	57.74
Octubre	24.66	19.36	15.96	70.13	0.03	8.58	6.82	3.18	58.76
Noviembre	25.76	20.52	16.92	69.64	0.04	8.43	6.97	3.11	56.93
Diciembre	27.61	22.35	18.68	68.33	0.03	8.88	7.76	3.11	62.74

Fuente: SENAMHI

4.2. Características Físicas y Químicas del Suelo.

A. Textura.

Los suelos de las parcelas del experimento presentan una textura media que va desde una franco arcilloso hasta un franco arenoso arcilloso, a profundidades de 30, 60 y 90 cm.

Los resultados del análisis de la textura se muestran en el Cuadro N° 04.

Cuadro N° 04
PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Prof. (cm)	Textura	Densidad Aparente gr/cc	Capacidad de Campo %	Punto de Marchitamiento Permanente %
0 - 30	Frco.Arc.	1,37	39,79	19,90
30 - 60	Frco.Ao.Arc.	1,33	39,00	19,50
60 - 90	Frco.Ao.Arc.	1,45	33,77	16,89

Fuente: Elaborado por los responsables.

B. Densidad Aparente.

La Densidad Aparente de la parcela en estudio, a profundidades de 30, 60 y 90 cm, presenta valores aceptables para un buen desarrollo radicular del cultivo. Cuadro N° 04.

C. Constantes Hídricas.

Los coeficientes hídricos: Capacidad de Campo y Punto de Marchitamiento Permanente, se muestran a profundidades de 30, 60 y 90 cm. en el Cuadro N° 04.

D. Fracción de Agotamiento del Suelo (FAS).

La fracción de agotamiento del suelo, depende del tipo de suelo, cultivo y magnitud de transpiración, siendo un factor que multiplica a la humedad disponible del suelo para determinar la humedad al momento de riego; por ello en el presente trabajo, se ha considera como un

parámetro de investigación para los cuatro tratamientos en estudio, tal como se muestra en el Cuadro N° 05.

Cuadro N° 05
FRACCIÓN DE AGOTAMIENTO DEL SUELO.

Tratamiento	FAS (%)
A	30
B	40
C	50
D	60

Fuente: Elaborado por los responsables.

E. Agua Disponible del Suelo.

La cantidad de agua disponible del suelo expresada en porcentaje (%), para cada tratamiento y fase de desarrollo del cultivo del Maíz, se muestra en el Cuadro N° 06.

Cuadro N° 06
AGUA DISPONIBLE Y HUMEDAD AL MOMENTO DE RIEGO

Tratamientos	Fase	CC (%)	PMP (%)	HD*FAS (%)	HMR (%)
A	1	39.79	19.90	5.97	33.82
	2	39.79	19.90	5.97	33.82
	3	39.00	19.50	5.85	33.15
	4	39.00	19.50	5.85	33.15
B	1	39.79	19.90	7.96	31.83
	2	39.79	19.90	7.96	31.83
	3	39.00	19.50	7.80	31.20
	4	39.00	19.50	7.80	31.20
C	1	39.79	19.90	9.95	29.85
	2	39.79	19.90	9.95	29.85
	3	39.00	19.50	9.75	29.25
	4	39.00	19.50	9.75	29.25
D	1	39.79	19.90	11.93	27.86
	2	39.79	19.90	11.93	27.86
	3	39.00	19.50	11.70	27.30
	4	39.00	19.50	11.70	27.30

Fuente: Elaborado por los responsables.

F. Humedad al Momento de Riego.

El contenido de agua en porcentaje que debe tener el suelo, antes de aplicarle el riego, se muestra en el Cuadro N° 06 para cada tratamiento estudiado y fase de desarrollo del cultivo del Maíz.

G. Coeficiente del Cultivo (Kc).

El coeficiente del cultivo del Maíz, considerado en el diseño agronómico del sistema de riego por goteo, se muestra en el Cuadro N° 07, para cada una de sus fases de desarrollo, tomado del Manual de Riego Y Drenaje FAO 56.

Cuadro N° 07
COEFICIENTE DE CULTIVO

Fase	Duración (días)	Kc
1	25	0.40
2	40	0.80
3	45	1.15
4	30	0.90

Fuente: Manual de Riego y Drenaje FAO 56.

H. Salinidad del Suelo.

La salinidad del suelo en la parcela de estudio, se encuentra entre 1.36 a 1.44 mmhos/cm, a una profundidad de 90cm, siendo un suelo normal sin problemas de sales. Ver Cuadro N° 08.

Cuadro N° 08
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y pH DEL SUELO

Profundidad. (cm)	pH	Conductividad Eléctrica. (mmhos/cm)
0 - 30	6.58	1.36
30 - 60	6.58	1.15
60 - 90	6.65	1.44
Promedio	6.60	1.32

Fuente: Elaborado por los responsables.

I. Potencial Hidrógeno (pH) del Suelo.

El pH (Potencial de Hidrogeno) del suelo, se muestra en el Cuadro N° 08; clasificado como un Suelo Neutro.

J. Humedad del Suelo.

Con la finalidad de verificar si la humedad proporcionada por el riego es suficiente para el cultivo y si cumple con los parámetros de humedad disponible considerados en el diseño, se determinó la humedad para cada uno de los tratamientos estudiados de manera ínter diaria desde el primer riego en la primera fase hasta la segunda fase de desarrollo del cultivo. En el Anexo N° 04, se muestra el contenido de humedad determinando antes de aplicarse el riego para cada tratamiento estudiado.

La variación promedio del porcentaje de humedad determinado para los cuatro tratamientos estudiados, dos días antes del riego, es de 0.84 %, nivel aceptable de variación, lo que indica el buen diseño de las frecuencias y tiempos de riego para cada uno de los tratamientos en investigación. Ver Cuadro N° 09.

Cuadro N° 09.
VARIACION PROMEDIO DE HUMEDAD (%) ANTES DE APLICARSE EL RIEGO PARA CADA TRATAMIENTO.

TRATAMIENTO	N° DE DIAS ANTES DEL RIEGO	% H (VARIACION)
A	1,67	1,24
B	2,86	1,29
C	2,00	0,53
D	1,60	0,28
PROMEDIO	2,0	0,84

Fuente: Elaborado por los responsables.

4.3. Coeficiente de Uniformidad del Sistema de Riego.

El coeficiente de uniformidad del sistema de riego, determinado en campo, es de 87.0%, lo que indica una buena uniformidad en la instalación, presiones y caudal de los emisores.

$$CU = 100 \left(\frac{q_{\min}}{q_{\text{med}}} \right)$$

Qmin. : Caudal promedio de los cuatros aforos más bajos.

Qmed. : Caudal promedio de todos los caudales evaluados.

$$q_{\min.} = 0.570$$

$$q_{\text{prom.}} = 0.655$$

$$Cu = 87.0 \%$$

4.4. Presión del Emisor en el Campo.

La presión medida en campo, con un Manómetro de 6 bares, fue de 4.06 m.c.a; esta presión fue medida al inicio para la evaluación del coeficiente de uniformidad y antes de la aplicación de cada riego. Ver anexo 02

4.5. Caudal Unitario del Emisor.

El caudal unitario del emisor determinado en campo, fue de 0.66 l/hr, a una presión de 4.06 m.c.a. Ver anexo 01

4.6. Evaluación del Bulbo Húmedo.

Para estudiar la profundidad y radio de humedecimiento del emisor, cuya descarga es de 0.66 l/hr a una presión de funcionamiento del sistema de 4.06 m.c.a, se utilizó la prueba de Bulbo de Humedecimiento; donde se observa que a un tiempo de 4 horas de riego, alcanzó un radio de 17.75 cm y una profundidad de 28 cm de mojado.

Los datos de profundidad y radio de humedecimiento, se detallan en el Cuadro N° 10, y la forma del bulbo se detalla en el Gráfico N° 06.

Cuadro N° 10
PRUEBA DE BULBO DE HUMEDECIMIENTO

Tiempo (min.)	Radio (cm.)	Profundidad (cm.)	Volumen Aplicado (litros)	Área Humedecida por el emisor (m²)
20	5.50	8.0	0.22	0.01
40	7.25	10.0	0.44	0.02
60	8.50	10.5	0.66	0.02
90	10.50	14.0	0.99	0.03
125	12.00	16.0	1.38	0.05
150	12.50	17.0	1.65	0.05
180	13.25	18.0	1.98	0.06
200	14.00	19.0	2.20	0.06
220	17.00	25.0	2.42	0.09
240	17.75	26.0	2.64	0.10
254	19.00	28.0	2.79	0.11

Q_{unit.} = 0,66 l/hrs.

Fuente: Elaborado por los responsables.

4.7. Tiempo de Remojo.

Para determinar el Tiempo de Remojo, se aplicó la fórmula de Radio de Humedecimiento, obtenida del análisis de regresión de los datos de la prueba de Bulbo de Humedecimiento, Anexo N° 03, y luego se aplicó la ecuación de caudal.

El Diámetro mínimo de mojado para proveer de humedad a la semilla es de 35 cm.)

Datos:

$$Rh = 17.50 \text{ cm.} \quad Rh = 10.577V^{0.464} \quad ; \quad Tr = \frac{V}{Q_{unit.}}$$

$$Q_{unit.} = 0.66 \text{ l/hr.}$$

Reemplazando,

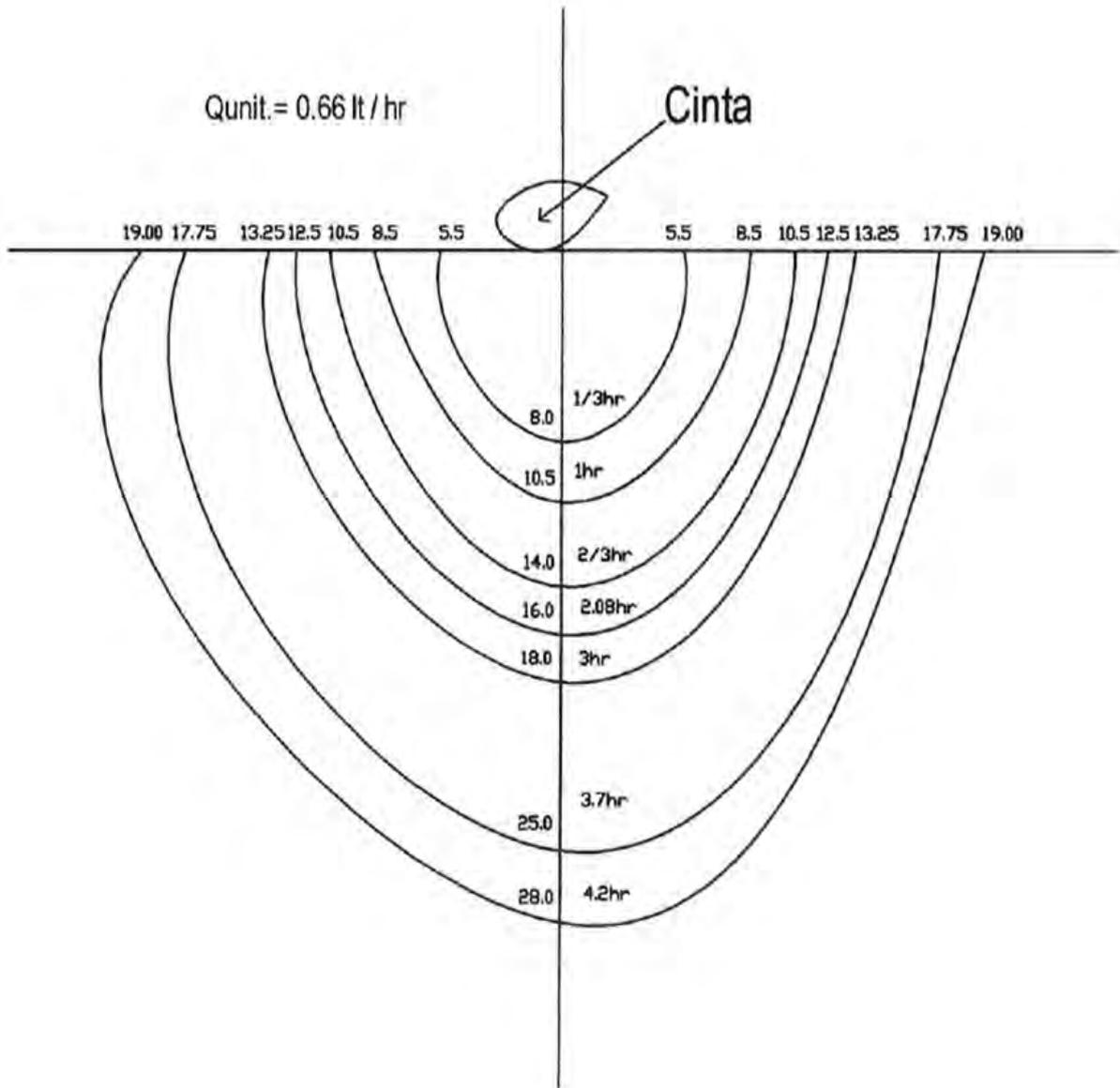
$$V = 2.96 \text{ litros.}$$

$$Tr = 4.5 \text{ horas.}$$

El tiempo de riego de remojo fue de 4.50 horas, suficiente para humedecer un diámetro mínimo de 35 cm y una profundidad de 24.70 cm.

Gráfico N° 06

BULBO HÚMEDO DE REMOJO



4.8. Volumen de Agua Aplicado en el Remojo o Riego Machaco.

El volumen utilizado en el remojo fue de 198.00 m³/ha se determinó con el caudal unitario del emisor, el numero de emisores por hectárea y el tiempo utilizado en el remojo.

4.9. Diseño Agronómico.

A. Evapotranspiración Potencial.

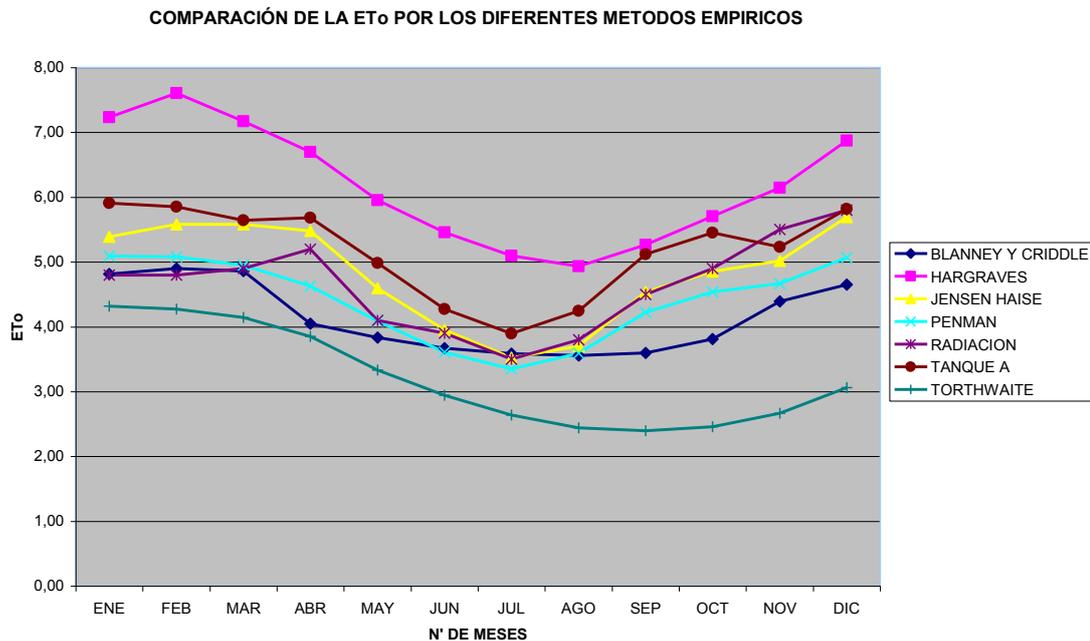
El resumen promedio de los datos de Evapotranspiración Potencial, calculados por los métodos de Blanney y Criddle, Hargraves, Jensen Haise, Penman, Radiación, Torthwaite y Tanque Evaporímetro de clase A, se muestra en el Cuadro N° 11. Luego cada uno de los métodos han sido graficados, para ver la forma y tendencia de cada uno de éstos y ser comparados con el método del Tanque Evaporímetro. Ver Gráfico N° 07.

Cuadro N° 11
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL PROMEDIO MENSUAL

METODOS	MESES											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
BLANNEY Y CRIDDLE	4.81	4.90	4.86	4.05	3.83	3.67	3.58	3.56	3.60	3.81	4.39	4.65
HARGRAVES	7.24	7.60	7.17	6.70	5.95	5.46	5.09	4.94	5.27	5.70	6.14	6.87
JENSEN HAISE	5.39	5.58	5.58	5.48	4.59	3.95	3.53	3.70	4.54	4.85	5.02	5.69
PENMAN	5.09	5.08	4.95	4.63	4.09	3.61	3.35	3.59	4.22	4.54	4.67	5.07
RADIACION	4.80	4.80	4.90	5.20	4.10	3.90	3.50	3.80	4.50	4.90	5.50	5.80
TANQUE CLASE A	5.91	5.85	5.64	5.68	4.99	4.28	3.89	4.24	5.12	5.45	5.23	5.82
TORTHWAITE	4.32	4.27	4.14	3.85	3.33	2.94	2.64	2.44	2.40	2.46	2.66	3.06

Fuente: Elaborado por los responsables.

Gráfico N° 07



Como se puede observar en el Gráfico N° 07, el método que más se asemeja al Tanque Evaporimetro, es el método de Penman, por la forma y tendencia de la Evapotranspiración representada gráficamente para cada uno de los meses del año. Este método ha sido considerado para los cálculos respectivos del presente trabajo de investigación. Ver Cuadro N° 12.

Cuadro N° 12
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL POR
EL MÉTODO DE PENMAN

Meses	Eto. (mm/día)
Enero	5.09
Febrero	5.08
Marzo	4.95
Abril	4.63
Mayo	4.09
Junio	3.61
Julio	3.35
Agosto	3.59
Septiembre	4.22
Octubre	4.54
Noviembre	4.67
Diciembre	5.07

Fuente: Elaborado por los responsables.

B. Dosis Neta de Riego (Dn.)

La dosis neta de riego se muestra en el Cuadro N° 13, para cada tratamiento estudiado y para cada una de las fases de desarrollo del cultivo del Maíz Híbrido INIA 609 – Naylamp. La variación de estas dosis en cada uno de los tratamientos; se debe a la profundidad radicular de cada una de las fases de desarrollo y a la fracción de agotamiento del suelo planteado como parámetro de investigación en el presente proyecto.

Cuadro N° 13

DOSIS NETA Y BRUTA DE RIEGO Y DOSIS BRUTA DEL CULTIVO

Tratamientos	Fase	Duración (días)	Dn (mm)	Dt (mm)	DBC (litros/planta)
A	1	25	16.35	18.17	2.18
	2	40	24.52	27.25	3.27
	3	45	37.35	41.50	4.98
	4	30	37.35	41.50	4.98
B	1	25	21.8	24.2	2.91
	2	40	32.7	36.3	4.36
	3	45	49.8	55.3	6.64
	4	30	49.8	55.3	6.64
C	1	25	27.2	30.28	3.63
	2	40	40.9	45.42	5.45
	3	45	62.2	69.16	8.30
	4	30	62.2	69.16	8.30
D	1	25	32.7	36.3	4.36
	2	40	49.0	54.5	6.54
	3	45	74.7	83.0	9.96
	4	30	74.7	83.0	9.96

Fuente: Elaborado por los responsables.

C. Dosis Total de Riego (Dt).

La Dosis Total de Riego se muestra en el Cuadro N° 13, para cada tratamiento estudiado y para cada una de las fases de desarrollo del cultivo del Maíz Híbrido INIA 609 – Naylamp.

D. Dosis Bruta del Cultivo (DBC).

La cantidad de agua aplicada en cada riego a cada planta, se presenta en el Cuadro N° 13; variando para cada uno de los tratamientos

estudiados en sus fases de desarrollo del cultivo del Maíz Híbrido INIA 609 – Naylamp.

E. Necesidades Hídricas Netas del Cultivo (Nn).

Las necesidades Hídricas Netas del cultivo, es el producto de la Evapotranspiración Potencial (Cuadro N° 12) con el Coeficiente del Cultivo (Cuadro N° 07). En el Cuadro N° 14, se muestran los valores de las necesidades netas del cultivo para cada uno de sus fases de desarrollo del cultivo y para cada tratamiento estudiado.

Cuadro N° 14
NECESIDADES HIDRICAS NETAS Y TOTALES DEL CULTIVO

Tratamientos	Fase	Duración (días)	Kc	Eto (mm/día)	Nn (mm/día)	Cu*(1-K)	Nt (mm/día)
A	1	25	0.40	3.59	1.4	0.68	2.12
	2	40	0.80	4.22	3.4	0.68	4.98
	3	45	1.15	4.67	5.4	0.68	7.92
	4	30	0.90	5.07	4.6	0.68	6.73
B	1	25	0.40	3.59	1.4	0.68	2.12
	2	40	0.80	4.22	3.4	0.68	4.98
	3	45	1.15	4.67	5.4	0.68	7.92
	4	30	0.90	5.07	4.6	0.68	6.73
C	1	25	0.40	3.59	1.4	0.68	2.12
	2	40	0.80	4.22	3.4	0.68	4.98
	3	45	1.15	4.67	5.4	0.68	7.92
	4	30	0.90	5.07	4.6	0.68	6.73
D	1	25	0.40	3.59	1.4	0.68	2.12
	2	40	0.80	4.22	3.4	0.68	4.98
	3	45	1.15	4.67	5.4	0.68	7.92
	4	30	0.90	5.07	4.6	0.68	6.73

Fuente: Elaborado por los responsables.

F. Necesidades Hídricas Totales del Cultivo (Nt).

a) Eficiencia o Coeficiente de Uniformidad (Cu).

El coeficiente de uniformidad de instalación, llamado también eficiencia de uniformidad del sistema, determinado en campo, a través del aforo de los emisores; arrojando un valor de 87.0 %.

$$CU = 87\%$$

b) Eficiencia de Aplicación (Ea).

La eficiencia de aplicación se ha seleccionado de la Tabla N° 16, proporcionada por Keller (1978), considerando los factores de clima y textura del suelo.

$$Ea = 95\% \text{ (Tabla N° 16)}$$

c) Requerimiento de Lavado.

Para el cálculo del requerimiento de lavado, en el riego localizado se aplicó la siguiente fórmula:

$$Rl = \frac{CEar}{2 \max CEes}$$

Donde:

RL = Requerimiento de lavado neto.

CEar = Conductividad eléctrica del agua de riego (Cuadro N° 02).

CEes = Conductividad eléctrica del extracto de Saturación del suelo para un descenso de la Producción de un 100 %.(tabla N° 17)

$$CEar = 0.75 \text{ mmhos/cm}$$

$$CEes = 1.70 \text{ mmhos/cm}$$

$$Rl = 0.22$$

Luego se tiene que las Necesidades Netas del Cultivo queda definida por:

$$Nt = \frac{Nn}{(1 - K) * Cu}$$

Donde:

Cu = Coeficiente de uniformidad.

K = (1 - Ea). En el caso de pérdidas.

K = LR. En el caso de lavado.
Ea = Eficiencia de aplicación.
LR = Requerimiento de lavado.

$$k_1 = 0.05$$

$$k_2 = 0.22$$

$$K = 0.22 \text{ (Se toma el mayor)}$$

$$(1 - k) * Cu = 0.68$$

En el Cuadro N° 14, se muestra los valores de las Necesidades Hídricas Totales del cultivo para cada una de las fases de desarrollo del cultivo y tratamientos estudiados; estas son afectadas por la pérdida de agua por percolación, necesidades de lavado y uniformidad del sistema de riego.

G. Numero de Goteros por Planta (Ng).

El número de goteros por planta se determinó de manera sencilla por utilizar cinta de riego, ésta viene con el distanciamiento entre goteros de 0.20 m, y la separación entre plantas es de 0.40 m; teniendo como resultado 2 goteros por planta.

H. Tiempo de riego.

En el Cuadro N° 15, se muestran los tiempos de riego que se aplicó en la investigación, para cada uno de los tratamientos estudiados y sus fases de desarrollo del Maíz Híbrido INIA 609 – Naylamp, variando en forma ascendente para cada fase de desarrollo del cultivo.

Cuadro N° 15
TIEMPOS Y FRECUENCIAS DE RIEGO SEGÚN LOS TRATAMIENTOS
ESTUDIADOS

Tratamientos	Fase	Duración (días)	Tr (horas)	Intervalo (días)	Fr Riego por fase	No. Total de riegos por fase.
A	1	25	1.7	8	3	26.0
	2	40	2.5	5	8	
	3	45	3.8	5	10	
	4	30	3.8	6	5	
B	1	25	2.2	10	2	19.0
	2	40	3.3	7	6	
	3	45	5.0	6	7	
	4	30	5.0	7	4	
C	1	25	2.8	13	2	16.0
	2	40	4.1	8	5	
	3	45	6.3	8	6	
	4	30	6.3	9	3	
D	1	25	3.3	15	2	14.0
	2	40	5.0	10	4	
	3	45	7.5	9	5	
	4	30	7.5	11	3	

Fuente: Elaborado por los responsables.

I. Frecuencia de riego.

La frecuencia con que se aplicó los riegos en cada una de las etapas de desarrollo del cultivo y por cada tratamiento estudiado se muestra en Cuadro N° 15. Se observa que a medida que el cultivo va llegando a su madurez, la frecuencia de riego va disminuyendo para cada uno de los tratamientos estudiados; también se puede ver que para el Tratamiento D la frecuencia de riego es menor, debido a la aplicación del riego para el mayor consumo de la humedad disponible del suelo.

J. Número de riegos por fase por tratamiento.

El número de riegos por fase del cultivo y por tratamiento estudiado se muestra en el Cuadro N° 15. Se observa que para el primer tratamiento el número de riego es mayor que para el último tratamiento, aplicándose para el primer tratamiento 26 riegos, para el segundo 19, para el tercero 16 y para el cuarto 14 riegos; representando cada uno de estos

tratamientos, láminas de riego cuando se consume el 30, 40, 50 y 60% de la humedad disponible del suelo.

K. Programación del riego.

La programación de riego para cada uno de los tratamientos estudiados en cada una de sus fases de desarrollo del cultivo, después de aplicarle el riego machaco o riego de remojo se muestra en el Anexo N° 05. Se realizó medidas de presión de funcionamiento del sistema antes de aplicar el riego a cada tratamiento según su programación establecida, con la finalidad de tener un caudal constante del emisor según lo obtenido en campo y aplicado en el diseño del sistema de riego.

4.10. Cultivo.

A. Profundidad Radicular.

Cuadro N° 16

PROFUNDIDAD RADICULAR POR FASE DE DESARROLLO DEL CULTIVO

Fase del cultivo	Duración (días)	Prof. Radicular Estimado (cm.)				Prof. Radicular Real (cm.)			
		Tratamientos				Tratamientos			
		A	B	C	D	A	B	C	D
Fase 1	25	20.0	20.0	20.0	20.0	22.0	25.0	24.0	23.0
Fase 2	40	30.0	30.0	30.0	30.0	35.0	33.0	44.0	42.0
Fase 3	45	48.0	48.0	48.0	48.0	46.0	48.0	47.0	50.0
Fase 4	30	48.0	48.0	48.0	48.0	49.5	51.5	53.0	52.5

Para obtener una aproximación más exacta de la lámina de riego aplicada en cada tratamiento para cada fase de desarrollo del cultivo de Maíz Amarillo Duro INIA 609 – Naylamp, se verificó la profundidad radicular al inicio de cada fase del cultivo. Ver Cuadro N° 16.

Al realizar el Análisis de Correlación de las muestras relacionadas entre Profundidad Radicular Estimada (cm) utilizada en el diseño y Profundidad Radicular Real (cm), se verificó que existe correlación entre las dos variables, donde el coeficiente de correlación es 0.942; altamente significativo.

B. Altura de Planta.

Al hacer el análisis respectivo, se observa que se cumple el supuesto de normalidad para cada uno de los cuatro tratamientos, donde la Hipótesis nula explica que H_0 : Los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancias que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk; asimismo se verificó que se cumple el supuesto de homogeneidad al observar la significancia que contiene el Estadístico de Levene, permitiendo contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$); puesto que el nivel crítico (0.258) es mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver Anexo N° 06).

Al confirmarse los supuestos de normalidad y homogeneidad, se realizó el análisis de varianza univariante, con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y al obtener los resultados, se decidió que no se rechaza la Hipótesis Nula donde: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, del cual se concluye que el factor (Lámina de Riego) no influye en la variable dependiente, en este caso, la Altura de Planta (m).

Cuadro N° 17
ALTURA DE PLANTA (m)

Tratamientos	Repeticiones				Promedio (m)
	R1	R2	R3	R4	
A	2.23	2.20	2.14	2.25	2.20
B	2.20	2.13	2.34	2.31	2.24
C	2.12	2.17	2.25	2.09	2.16
D	2.14	2.16	2.20	2.27	2.19

Fuente: Elaborado por los responsables.

Cuadro N° 18
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA DE PLANTA (m)

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	0.01575 ^(a)	3	0.005	1.053	0.405
Intersección	77.44	1	77.440	15526.817	0.000
Factor	0.01575	3	0.005	1.053	0.405
Error	0.060	12	0.005		
Total	0.076	15			

a. R cuadrado = .208 (R cuadrado corregida = .010)

Fuente: INIA – Octubre 2007

C. Altura de Inserción de Mazorca.

Los resultados nos muestran que se cumple el supuesto de normalidad para uno de los cuatro tratamientos, donde la Hipótesis nula explica que H_0 : Los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancias que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk; así mismo se verificó que se cumple el supuesto de homogeneidad al observar la significancia que contiene el Estadístico de Levene, permitiendo contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$); puesto que el nivel crítico (0.081) es mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver Anexo N° 06).

Al confirmarse los supuestos de normalidad y homogeneidad, se realizó el análisis de varianza univariante, con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y al obtener los resultados, se decidió que no se rechaza la Hipótesis Nula donde: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, del cual se concluyó que el factor (Lámina de Riego) no influye en la variable dependiente, en este caso, la altura de inserción de la mazorca (m).

Cuadro N° 19
ALTURA DE INSERCIÓN DE MAZORCA (m)

Tratamientos	Repeticiones				Promedio (m)
	R1	R2	R3	R4	
A	1.14	1.23	1.24	1.21	1.20
B	1.25	1.14	1.25	1.18	1.20
C	1.24	1.41	1.21	1.24	1.27
D	1.23	1.15	1.22	1.25	1.21

Fuente: Elaborado por los responsables.

Cuadro N° 20
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA DE INSERCIÓN DE LA MAZORCA (m)

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	0.00081875 ^(a)	3	0.000	0.056	0.982
Intersección	23.98550625	1	23.986	4913.804	0.000
Factor	0.00081875	3	0.000	0.056	0.982
Error	0.059	12	0.005		
Total	0.059	15			

a. $R^2 = 0.014$ (R^2 corregida = -0.233)

Fuente: INIA – Octubre 2007

D. Fenología.

a) Germinación y afianzamiento de plántulas.

I. Etapa “0”. Germinación y Emergencia.

Los cuatro tratamientos estudiados, se sembraron a la misma fecha y con iguales condiciones en cuanto al clima, calidad de agua, suelo, fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades, obteniéndose una germinación homogénea para los cuatro tratamientos. A partir de la etapa de germinación se observaron cambios en cada una de las fases de desarrollo del cultivo, por las diferentes dosis de láminas de riego que se aplicaron durante el período vegetativo.

b) Desarrollo vegetativo.

I. Etapa “1”. Cuatro hojas.

Para realizar el ANAVA con un sólo factor en todos los casos, se ha tenido en cuenta lo siguiente:

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que se cumple el supuesto de normalidad para cada uno de los cuatro tratamientos, donde la Hipótesis nula explica que H_0 : Los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancias que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk; asimismo se verificó que se cumple el supuesto de homogeneidad al observar la significancia que contiene el Estadístico de Levene, permitiendo contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$); puesto que el nivel crítico (0.668) es mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver Anexo N° 06).

Al confirmarse los supuestos de normalidad y homogeneidad, se realizó el análisis de varianza con un sólo factor, con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y al obtener los resultados, se concluyó que las Láminas de Riego aplicadas no influyen sobre el crecimiento de la planta, durante la etapa 1 (cuatro hojas), observándose un coeficiente de Variación del 3.06%, siendo un indicador bajo y confiable, mostrando poca variabilidad, y un promedio de 24 días aproximadamente.

Cuadro N° 21
ETAPA 1 (CUATRO HOJAS)

Tratamiento	N° de Días				Promedio
	Repeticiones				
	R1	R2	R3	R4	
A	24.13	23.28	25.70	24.10	24.30
B	23.73	22.94	24.23	24.76	23.92
C	22.82	23.89	23.96	23.66	23.58
D	22.80	23.90	24.00	23.70	23.60

Fuente: Elaborado por los responsables.

Cuadro N° 22

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ETAPA 1 DE LA PLANTA DE MAÍZ (CUATRO HOJAS)

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	1.372 ^(a)	3	.457	.833	.501
Intersección	9101.160	1	9101.160	16568.023	.000
Factor	1.372	3	.457	.833	.501
Error	6.592	12	.549		
Total	762.653	15			

a. R cuadrado = .172 (R cuadrado corregida = -.035)

Fuente: INIA – Octubre 2007

II. Etapa “2”. Ocho hojas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que se cumple el supuesto de normalidad para cada uno de los cuatro tratamientos, donde la Hipótesis nula explica que H_0 : Los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancias que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk; asimismo se verificó que se cumple el supuesto de homogeneidad al observar la significancia que contiene el Estadístico de Levene, permitiendo contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$); puesto que el nivel crítico es mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver Anexo N° 06).

Al confirmarse los supuestos de normalidad y homogeneidad, se realizó el análisis de varianza con un sólo factor, con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y al obtener los resultados, se decidió que se rechaza la Hipótesis Nula donde: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, del cual se concluye que el factor influye significativamente en la variable dependiente, en este caso, la Etapa 2 de la planta (ocho hojas); es por que se elabora la Prueba HSD de Tukey y Scheffe.

Cuadro N° 23
ETAPA 2 (OCHO HOJAS)

Tratamiento	N° de Días				Promedio
	Repeticiones				
	R1	R2	R3	R4	
A	43.25	43.41	43.53	43.62	43.45
B	42.99	42.99	43.81	44.45	43.56
C	45.6	46.3	46.75	46.75	46.35
D	43.77	43.69	43.58	43.80	43.71

Fuente: Elaborado por los responsables.

Cuadro N° 24
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ETAPA 3 DE LA
PLANTA DE MAÍZ (OCHO HOJAS)

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	23.250	3	7.750	37.270	0.000
Intersección	31354.670	1	31354.670	150787.405	0.000
Factor	23.250	3	7.750	37.270	0.000(*)
Error	2.495	12	0.208		
Total	25.745	15			

a. $R^2 = .903$ (R^2 corregida = .879) $F_{0.95,3;12} = 3.49$ $F_{0.99,3;12} = 5.95$
(*) Altamente significativo

Fuente: INIA – Octubre 2007

Los resultados de la Prueba HSD de Tukey y Scheffe, nos muestran que al aplicar el Tratamiento A (Lámina de riego 1: cuando se consume el 30% de humedad disponible), el Tratamiento B (Lámina de riego 2: cuando se consume el 40% de humedad disponible) y el Tratamiento D (Lámina de riego 4: cuando se consume el 60% de humedad disponible), el crecimiento de la planta es mayor; pero en este caso se recomendaría usar el Tratamiento D (Lámina de riego 4: cuando se consume el 60% de humedad disponible), porque es el tratamiento más adecuado debido a que es el que mejor responde con respecto al rendimiento del cultivo.

Prueba Post Hoc de Comparaciones Múltiples

VARIABLE DEPENDIENTE: ETAPA 3 DE LA PLANTA DE MAÍZ (OCHO HOJAS)

	(I) Factor	(J) Factor	Diferencia de medias (I - J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	30%	40%	-0.108	0.322	0.987	-1.065	0.850
		50%	-2.898*	0.322	0.000	-3.855	-1.940
		60%	-0.258	0.322	0.854	-1.215	0.700
	40%	30%	0.108	0.322	0.987	-0.850	1.065
		50%	-2.790*	0.322	0.000	-3.747	-1.833
		60%	-0.150	0.322	0.965	-1.107	0.807
	50%	30%	2.898*	0.322	0.000	1.940	3.855
		40%	2.790*	0.322	0.000	1.833	3.747
		60%	2.640*	0.322	0.000	1.683	3.597
	60%	30%	0.258	0.322	0.854	-0.700	1.215
		40%	0.150	0.322	0.965	-0.807	1.107
		50%	-2.640*	0.322	0.000	-3.597	-1.683
Scheffe	30%	40%	-0.108	0.322	0.990	-1.151	0.936
		50%	-2.898*	0.322	0.000	-3.941	-1.854
		60%	-0.258	0.322	0.886	-1.301	0.786
	40%	30%	0.108	0.322	0.990	-0.936	1.151
		50%	-2.790*	0.322	0.000	-3.833	-1.747
		60%	-0.150	0.322	0.974	-1.193	0.893
	50%	30%	2.898*	0.322	0.000	1.854	3.941
		40%	2.790*	0.322	0.000	1.747	3.833
		60%	2.640*	0.322	0.000	1.597	3.683
	60%	30%	0.258	0.322	0.886	-0.786	1.301
		40%	0.150	0.322	0.974	-0.893	1.193
		50%	-2.640*	0.322	0.000	-3.683	-1.597

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

Peso del Grano de la Mazorca

	Factor	N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey(a, b)	30%	4	43.4525	
	40%	4	43.56	
	60%	4	43.71	
	50%	4		46.35
	Sig.			0.854
Duncan(a, b)	30%	4	43.453	
	40%	4	43.560	
	60%	4	43.710	
	50%	4		46.350
	Sig.			0.462
Scheffe(a, b)	30%	4	43.453	
	40%	4	43.560	
	60%	4	43.710	
	50%	4		46.350
	Sig.			0.886

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 12.140.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.000

b. Alfa = .05.

c) Panoja y Espiga.

I. Etapa “3”. Doce hojas.

Con respecto a la Etapa 3 de la planta (Doce hojas), se observó que se cumple el supuesto de normalidad para cada uno de los cuatro tratamientos, donde la Hipótesis nula explica que H_0 : Los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancias que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk; asimismo se verificó que se cumple el supuesto de homogeneidad al observar la significancia que contiene el Estadístico de Levene, permitiendo contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$); puesto que el nivel crítico (0.060) es mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver Anexo)

Al confirmarse los supuestos de normalidad y homogeneidad, se realizó el análisis de varianza con un sólo factor, con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y al obtener los resultados, se decidió que no se rechaza la Hipótesis Nula donde: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, del cual se concluyó *que el factor (Lámina de riego aplicada) no influye en la variable dependiente, en este caso, la etapa 3 de la planta (doce hojas).*

Cuadro N° 25
ETAPA 3 (DOCE HOJAS)

Tratamiento	N° de Días				Promedio
	Repeticiones				
	R1	R2	R3	R4	
A	63.37	65.11	64.71	64.71	64.48
B	63.49	64.28	68.53	64.28	65.15
C	63.16	68.70	68.30	64.57	66.18
D	63.97	67.55	64.10	64.54	65.04

Fuente: Elaborado por los responsables.

Cuadro N° 26

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ETAPA 4 DE LA PLANTA DE MAÍZ (DOCE HOJAS)

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	6.076 ^(a)	3	2.025	0.500	0.689
Intersección	68038.810	1	68038.810	16812.064	0.000
Factor	6.076	3	2.025	0.500	0.689
Error	48.564	12	4.047		
Total	54.641	15			

a. R cuadrado = .111 (R cuadrado corregida = -.111)

Fuente: INIA – Octubre 2007

II. Etapa “4”. Panoja.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que se cumple el supuesto de normalidad para cada uno de los cuatro tratamientos, donde la Hipótesis nula explica que H_0 : Los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancias que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk; asimismo se verificó que se cumple el supuesto de homogeneidad al observar la significancia que contiene el Estadístico de Levene, permitiendo contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$); puesto que el nivel crítico (0.758) es mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver Anexo N° 06).

Al confirmarse los supuestos de normalidad y homogeneidad, se realizó el análisis de varianza con un sólo factor, con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y al obtener los resultados, se decidió que no se rechaza la Hipótesis Nula donde: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, del cual se concluye que el factor (Lámina de riego aplicada) no influye en la variable dependiente, en este caso, la etapa 4 de la planta (Panoja).

Cuadro N° 27
ETAPA 4 (PANOJA)

Tratamiento	N° de Días				Promedio
	Repeticiones				
	R1	R2	R3	R4	
A	79.28	79.09	79.48	80.48	79.58
B	80.28	78.70	81.01	79.48	79.87
C	77.60	78.20	78.77	80.17	78.69
D	77.47	79.60	79.48	78.91	78.87

Fuente: Elaborado por los responsables.

Cuadro N° 28
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ETAPA 5 DE LA
PLANTA DE MAÍZ (PANOJA)

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	3837,00	3	1279,00	1444,00	0.279
Intersección	100489000,00	1	100489000,00	113438475,00	0.000
Factor	3837,00	3	1279,00	1444,00	0.279
Error	10630,00	12	0.886		
Total	14467,00	19			

a. $R^2 = .265$ (R^2 corregida = .082)

Fuente: INIA – Octubre 2007

d) Floración y Fecundación.

I. Etapa “5”. Polinización.

i. Floración Masculina.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que se cumple el supuesto de normalidad para cada uno de los cuatro tratamientos, donde la Hipótesis nula explica que H_0 : Los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancias que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk; asimismo se verificó que se cumple el supuesto de homogeneidad al observar la significancia que contiene el Estadístico de Levene, permitiendo contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales

($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$); puesto que el nivel crítico (0.088) es mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver Anexo N° 06).

Al confirmarse los supuestos de normalidad y homogeneidad, se realizó el análisis de varianza con un sólo factor, con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y al obtener los resultados, se decidió que no se rechaza la Hipótesis Nula donde: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, del cual se concluye que el factor no influye en la variable dependiente, en este caso, la etapa 5 de Polinización de la planta (floración masculina).

Cuadro N° 29
ETAPA 5 (FLORACION MÁSCULINA)

Tratamiento	N° de Días				Promedio
	Repeticiones				
	R1	R2	R3	R4	
A	81.66	81.05	80.96	81.24	81.23
B	81.11	80.65	82.97	81.45	81.55
C	81.04	80.93	81.27	80.88	81.03
D	81.53	80.80	81.51	81.12	81.24

Fuente: Elaborado por los responsables.

Cuadro N° 30
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ETAPA 6 DE LA PLANTA DE MAÍZ (FLORACION MÁSCULINA)

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	0.542	3	0.181	0.575	0.643
Intersección	105652.627	1	105652.627	335816.051	0.000
Factor	0.542	3	0.181	0.575	0.643
Error	3.775	12	0.315		
Total	4.317	15			

a. R cuadrado = .126 (R cuadrado corregida = -.093)

Fuente: INIA – Octubre 2007

ii. Floración Femenina.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que se cumple el supuesto de normalidad para cada uno de los cuatro tratamientos, donde la Hipótesis nula explica que H_0 : Los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancias que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk; asimismo se verificó que se cumple el supuesto de homogeneidad al observar la significancia que contiene el Estadístico de Levene, permitiendo contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$); puesto que el nivel crítico (0.618) es mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver Anexo N° 06).

Al confirmarse los supuestos de normalidad y homogeneidad, se realizó el análisis de varianza con un sólo factor, con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y al obtener los resultados, se decidió que no se rechaza la Hipótesis Nula donde: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, del cual se concluye que el factor (Lámina de riego aplicada) no influye en la variable dependiente, en este caso, la etapa 5 de polinización de la planta (floración femenina).

Cuadro N° 31
ETAPA 6 (FLORACION FEMENINA)

Tratamiento	N° de Días				Promedio
	Repeticiones				
	R1	R2	R3	R4	
A	84.07	83.83	82.40	86.70	84.25
B	84.69	82.08	84.60	82.97	83.59
C	82.09	83.08	83.08	84.40	83.16
D	81.36	81.36	83.28	83.68	82.42

Fuente: Elaborado por los responsables.

Cuadro N° 32

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ETAPA 6 DE LA

Fuente	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	7.061	3	2.354	1.296	0.321
Intersección	111.167.229	1	111.167.229	61.198.655	0.000
Factor	7.061	3	2.354	1.296	0.321
Error	21.798	12	1.816		
Total	2.885.879.375	15			

a. R cuadrado = .245 (R cuadrado corregida = .056)

Fuente: INIA – Octubre 2007

e) Cosecha.

I. Etapa “10”. Grano Maduro o Madurez Fisiológica (Capa Negra)

Madurez Fisiológica (%): Con relación a la Madurez Fisiológica (%) a los 146 días, se verificó que se cumple el supuesto de normalidad para los tratamientos, donde la Hipótesis nula explica que H_0 : Los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancias que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk; asimismo se verificó que se cumple el supuesto de homogeneidad al observar la significancia que contiene el Estadístico de Levene, permitiendo contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$); puesto que el nivel crítico (0.06) es mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver Anexo N° 06).

Al confirmarse los supuestos de normalidad y homogeneidad, se realizó el análisis de varianza univariante, con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y al obtener los resultados, se decidió que no se rechaza la Hipótesis Nula donde: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, del cual se concluye que el factor (Lámina de riego aplicada) no influye en la variable dependiente, en este caso, la Madurez Fisiológica (%) a los 146 días.

Cuadro N° 33
MADUREZ FISIOLÓGICA (%)

N° de días	Tratamientos	Repeticiones				Promedio (%)
		R1	R2	R3	R4	
143	A	0.00	66.67	0.00	0.00	16.67
	B	66.67	66.67	33.33	0.00	41.67
	C	66.67	66.67	33.33	66.67	58.33
	D	66.67	0.00	100.00	33.33	50.00
146	A	0.00	66.67	33.33	0.00	25.00
	B	33.33	66.67	66.67	33.33	50.00
	C	66.67	66.67	33.33	100.00	66.67
	D	66.67	66.67	66.67	33.33	58.33

Fuente: Elaborado por los responsables.

Cuadro N° 34
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA MADUREZ FISIOLÓGICA (%) A LOS 146 DÍAS

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	1667.00005 ^(a)	3	555.667	0.445	0.726
Intersección	277.788.889	1	27.778.889	22.222	0.001
Factor	166.700.005	3	555.667	0.445	0.726
Error	15.001.000	12	1.250.083		
Total	16.668.000	15			

a. R cuadrado = .150 (R cuadrado corregida = -.062)

Fuente: INIA – Octubre 2007

E. Rendimiento.

De acuerdo a lo percibido, se verificó que se cumple el supuesto de normalidad para cada uno de los cuatro tratamientos del rendimiento del maíz, donde la Hipótesis nula explica que H_0 : Los datos son normales ya que $\alpha = 0.05$ es menor que las significancia que contiene la Prueba de Shapiro – Wilk; asimismo se verificó que se cumple el supuesto de homogeneidad al observar la significancia que contiene el Estadístico de Levene, permitiendo contrastar la Hipótesis de que las varianzas poblacionales son iguales ($H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$); puesto que el nivel crítico (0.700) es mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver Anexo N° 06).

Al confirmarse los supuestos de normalidad y homogeneidad, se realizó el análisis de varianza univariante, con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y al obtener los resultados, se decidió que no se rechaza la Hipótesis Nula donde: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, del cual se concluye que el factor (Lámina de riego aplicada) no influye en la variable dependiente, en este caso, el Rendimiento (Kg/ha) del Maíz Amarillo Duro Híbrido INIA 609 - Naylamp.

Cuadro N° 35
RENDIMIENTO (Kg/ha) DEL MAIZ AMARILLO DURO HÍBRIDO INIA 609 - NAYLAMP.

Tratamiento	Repeticiones				Promedio (Kgr./Ha)
	R1	R2	R3	R4	
A	10,363.50	11,133.36	12,109.34	10,473.56	11,019.94
B	10,197.46	12,074.35	10,873.92	14,644.08	11,947.45
C	97,53.87	12,402.21	8,561.40	11,858.43	10,643.98
D	13,572.67	10,595.00	12,420.00	11,655.64	12,060.83

Fuente: Elaborado por los responsables.

Cuadro N° 36
ANÁLISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO (kg) DEL MAÍZ HÍBRIDO INIA 609 - NAYLAMP

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	3785834.245 ^(a)	3	1261944.748	0.507	0.685
Intersección	2085949624	1	2085949624.479	837.906	0.000
Factor	3785834.245	3	1261944.748	0.507	0.685
Error	29873750.936	12	2489479.245		
Total	33659585.181	15			

a. R cuadrado = .112 (R cuadrado corregida = -.109)

Fuente: INIA – Octubre 2007

4.11. Componentes Principales del Rendimiento.

Los componentes principales del rendimiento: peso por tratamiento, porcentaje de humedad del grano, número de mazorcas por planta, número de granos por hilera de mazorca, número de granos por mazorca, peso de mazorca, peso de tuza, longitud de tuza y peso de 100 gramos; se muestran en el Cuadro N° 37.

Cuadro N° 37

COMPONENTES PRINCIPALES DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAIZ AMARILLO DURO INIA 609 – NAYLAMP-

Tratamiento	Peso (Kg)	% H	% de Una Mazorca/Planta	% de Dos Mazorcas/Planta	N° de Granos/Hilera	N° de Granos/Mazorca	Long. Mazorca (cm.)	Diámetro de Mazorca (cm.)	Peso de Mazorca (gr)	Peso de Tuza (gr)	Longitud de Tuza (cm.)	Peso de 100 gramos
A	46,91	20,03	71,75	28,25	14,00	37,00	18,70	4,95	273,53	51,86	18,70	44,40
B	51,98	21,15	65,25	34,75	13,75	35,00	17,65	4,74	247,66	51,38	17,65	45,59
C	46,19	21,43	69,50	30,50	14,25	37,13	18,44	4,96	262,36	49,41	18,44	44,74
D	51,26	20,68	62,25	37,75	14,25	36,38	19,29	5,25	261,41	61,54	19,29	46,60

Fuente: Elaborado por los responsables.

4.12. Determinación de la Necesidad Hídrica del Maíz Amarillo Duro, Híbrido INIA 609 – Naylamp.

El volumen de agua aplicado al cultivo de Maíz Amarillo Duro Híbrido INIA 609 – Naylamp (m^3/ha) en cada fase de desarrollo, se presenta en el cuadro N° 38; estos valores corresponden al Tratamiento D, evaluado y analizado; siendo el que mayor rendimiento se obtuvo ($12,060.83 \text{ Kg/ha}$), con respecto a los cuatro tratamientos evaluados.

Se puede apreciar que el requerimiento hídrico aplicado desde la emergencia y crecimiento inicial hasta la madurez fisiológica es de $7,203.22 \text{ m}^3/ha$.

Cuadro N° 38
VOLUMEN DE AGUA APLICADO POR FASE DE DESARROLLO
MAÍZ HÍBRIDO INIA 609 – NAYLAMP.

Fases de Desarrollo Tratamiento D	Volumen Utilizado (m^3/ha)
1	470.60
2	1,770.19
3	3,167.99
4	1,794.44
TOTAL	7,203.22

Fuente: Elaborado por los responsables.

A. Determinación del Coeficiente de cultivo (K_c) en el campo.

El coeficiente del cultivo se determinó para el tratamiento cuatro planteado en la presente investigación, por ser el tratamiento óptimo en el cual se obtuvo el máximo rendimiento promedio del cultivo ($12,060.83 \text{ kg/ha}$).

Los datos obtenidos son los siguientes:

Frecuencia de riego (F_r)	=	9 días.
Evapotranspiración potencial (ETP)	=	3.59 mm/día.
Velocidad del viento (V)	=	2.73 m/s.
Humedad Relativa (%HR)	=	74.08 %.

La frecuencia de riego fue obtenida experimentalmente en campo a través de la prueba de los cuatros tratamientos (Cuadro N° 15), con los datos de frecuencia de riego y evapotranspiración potencial se entra a la figura N° 05 y se encuentra: $K_c = 0.42$.

Con el tipo de cultivo (Maíz Amarillo Duro) y los datos de humedad relativa de 74.08% y velocidad del viento de 2.73 m/s, se entra al tabla N° 15 y se encuentra el valor de K_c para las etapas: media del período (maduración) y fase final (cosecha); obteniéndose los siguientes resultados:

Etapas 1: $K_c = 0.42$. (Fase Inicial)

Etapas 2: $K_c = 0.70$. (Fase de Desarrollo)

Etapas 3: $K_c = 1.05$. (Fase de Maduración)

Etapas 4: $K_c = 0.55$. (Fase de Cosecha)

Cuadro N° 39
RELACIÓN ENTRE EL K_c ESTIMADO Y K_c CALCULADO

K_c Estimado	K_c Calculado
0.40	0.42
0.80	0.70
1.15	1.05
0.90	0.55

Fuente: Elaborado por los responsables.

B. Determinación del Consumo de Agua Real del Maíz Híbrido INIA 609 – Naylamp.

El consumo de agua real para el cultivo de Maíz Híbrido INIA 609 – Naylamp para el Tratamiento D planteado en la presente investigación (por ser el tratamiento óptimo en el cual se obtuvo el máximo rendimiento promedio del cultivo) se presenta en el Cuadro N° 40. El consumo real de agua del cultivo, no es más que el producto de la Evapotranspiración Potencial con el coeficiente del cultivo obtenido

experimentalmente según las frecuencias y tiempos de riego aplicadas que optimizan el rendimiento del cultivo.

Se puede apreciar, que el requerimiento hídrico, desde la emergencia y crecimiento hasta los 65 días asciende a 1,558.55 m³/ha, representando durante esta dos fases un total de 34.36% del total de riego requerido; asimismo durante el período reproductivo hasta la madurez fisiológica, el volumen de agua requerido asciende a 2,977.13 m³/ha que representa el 65.64% del total requerido en todo el ciclo productivo del cultivo (4,535.68 m³/ha).

Cuadro N° 40
CONSUMO REAL DEL MAÍZ HÍBRIDO INIA 609 – NAYLAMP

Fase de desarrollo	Duración (días)	Volumen (m ³ /ha)
1	25	376.95
2	40	1,181.60
3	45	2,206.58
4	30	770.55
TOTAL		4,535.68

Fuente: Elaborado por los responsables.

4.13. Análisis Económico.

El maíz amarillo duro, en la actualidad se ha convertido en un producto rentable para el pequeño y mediano agricultor, tiene mercado nacional asegurado y una estabilidad en los precios.

El costo de producción para el maíz Amarillo Duro INIA 609 – Naylamp, con riego por goteo, es de S/. 5,299.06/ha, con un rendimiento promedio de 12,060 kg/ha, generando una utilidad bruta de S/. 2,902, al precio de 0.68 S/. /Kg. y una rentabilidad de 54.77 % (Ver Anexo N° 07). El costo de producción del Maíz Amarillo convencional, que se siembra en el INIA y a nivel Regional, asciende a S/. 4,113.92, con un rendimiento promedio de 8,000 kg/ha, generando una utilidad de S/ 1,326.08 y una rentabilidad de 32.23%. Ver Anexo N° 08.

CAPITULO V

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Teniendo en cuentas los objetivos del presente trabajo de investigación podemos concluir lo siguiente:

- De los cuatro tratamientos evaluados, el tratamiento D, es el quien mejor ha respondido en cuanto al rendimiento promedio del cultivo (12,060.83 Kg/ha), aplicándole una Lámina optima de riego cuando se consumió el 60% de la Humedad Disponible del Suelo.
- El requerimiento hídrico del Maíz Amarillo Duro Híbrido INIA 609 – Naylamp, es de 4,535 m³/ha, distribuido fenológicamente de la siguiente manera: 376.95 m³/ha para la fase inicial, 1,181.60 m³/ha para la etapa de desarrollo del cultivo, 2,206.58 m³/ha para la etapa de maduración y 770.55 m³/ha para fase final, hasta alcanzar la madurez fisiológica.
- Para la fase inicial (siembra hasta el 10% de cobertura vegetal), se debe aplicar 2 riegos cada 15 días con un tiempo de 3.3 horas, para la etapa de desarrollo del cultivo (hasta que llega una cobertura vegetal del 80%) se debe aplicar 4 riegos cada 10 días con un tiempo de 5.00 horas, para la etapa de maduración (desde la cubierta sombrada hasta el momento inicial de la maduración) se debe aplicar 5 riegos cada 9 días con un tiempo de 7.50 horas y para la fase final, hasta alcanzar la madurez fisiológica, se debe aplicar 3 riegos cada 11 días con un tiempo de 7.50 horas.
- De la comparación entre la evapotranspiración del tanque evaporímetro y las estimadas en función de las fórmulas empíricas, nos permite señalar que el Método de Penman por la forma y tendencia de la Evapotranspiración representada gráficamente para cada uno de los meses del año es el más indicado a usar para el manejo del agua a nivel del sistema de riego.

- El coeficiente de cultivo del Híbrido INIA 609 – Naylamp, para la fase inicial es de 0.34, para la segunda fase de desarrollo es de 0.70, para la tercera fase es de 1.05 y para la fase de cosecha es de 0.55.
- La siembra de maíz amarillo duro con riego por goteo genera un ahorro de agua por campaña, comparando con el riego de gravedad de 36.20 %; con un costo de producción de S/. 5,299.06/ha, un rendimiento de 12,060.826 kg/ha, generando una utilidad bruta de S/ 2,902.30 y rentabilidad de 54.77 %. Siendo este cultivo Técnico – Económico rentable para el pequeño y mediano productor.

5.2. RECOMENDACIONES

- Continuar con el presente estudio, pero empleando tratamientos donde se considere la aplicación del riego cuando sea mayor el consumo de la humedad aprovechable del suelo de 60%.
- Realizar y profundizar estudios permanentes de competitividad y productividad para el maíz amarillo duro, con el objeto de identificar las zonas con mayores ventajas comparativas y competitivas de la Región Lambayeque y en todo el País, el empleo de insumos nacionales y el permanente monitoreo de los costos de producción en todas las zonas maiceras.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Aguilar, M; Martínez, Y. 1996. Edición mundi prensa. Madrid.

Aguilar, J; Martínez, A; Roca, A. 1996. Evaluación y manejo de suelos. Univ. Granada.327 p.

Bruce Withes & Stanley Vipond. 1986. El Riego, diseño y práctica. 5º Edición. México, Editorial Diana. 1986 p.

Cochran, YG; Cox, G. 1974. Diseños experimentales. México, Editorial Trillas.

Chrispeels & Sadava. 2002. Plants, Genes and Crop Biotechnology.

Doorembos, J. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. 245p.

Federer, V. 1955. Experimental Design. The Maximillan Company. New York.

Figueroa, JA; Gastulo, DW. 2004. Determinación del requerimiento hídrico y aplicación del riego localizado en el maíz amarillo duro considerando su fenología y utilizando el sistema de riego INIA – campaña agrícola 2003-2004. Tesis para optar el título de ing. Agrícola. Lambayeque, Perú. U.N. Pedro Ruiz Gallo.

Fuentes Yagüe, JL. 1998. Técnicas de Riego. Tercera Edición. Madrid, ediciones Mundi Prensa.

Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). 1993. El cultivo de frijol (Phaseolus Vulgaris) en la costa del Perú. Ángel Valladolid Ch. Lima – Perú.

Israelsen, O; Hansen, V. 1975, Principios y aplicaciones del riego. Segunda Edición. España, editorial Reverte. Barcelona.

- Loma, JL. 1966. Experimentación agrícola: Unión tipográfica. México, editorial Hispano Americana.
- Llanos Company, M. 1984. El maíz: su cultivo y Aprovechamiento. Madrid, ediciones Mundi- Prensa.
- Medina San Juan, JA. 1994. Riego Por Goteo. Edición IRYDA.
- Montgomery, DC. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Organización De Las Naciones Unidas Para la Agricultura y Alimentación (FAO) (1988). “Guía Técnica Sobre la Tecnología De La Semilla de Maíz” Roma: Italia.
- Ostle, B. 1968. Estadística aplicada. México, editorial Limusa-Wiley, S.A.
- Pizarro Cabello, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, micro aspersion, exudación. Tercera edición, ediciones Mundi Prensa.
- Second Edition Education foundation, Jones and bartlet publishers. USA. 2002. 562 p.
- Stell P, GA; Torrie, JH. 1990. Principales and procedures of statistics. McGraw Hill Book Company, Inc.
- Vásquez V, A; Chang – Navarro L, L. 1988. Principios básicos del riego. Primera Edición.
- Zaplana B, RA. 2004. Evaluación de los criterios de diseño del sistema de riego a baja presión en el cultivo de caupi (*Vigna Unguicolata*) instalado en la estación experimental Vista Florida – Chiclayo. Tesis para optar el titulo de ing. Agrícola. Lambayeque, Perú. U.N. Pedro Ruiz Gallo.

ANEXOS

Anexo 01
DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DEL GOTERO EN CAMPO

Bloque	Cinta	Emisor	Tiempo (min)	Volumen (ml)	Qnit.(l/hr)	Qmin.(l/hr)	Qmed.(l/hr)
1	Segunda	1	5	55	0.66	0.57	0.66
		2	5	63	0.76		
		3	5	57	0.68		
		4	5	49	0.59		
2	Primera	1	5	61	0.73		
		2	5	50	0.60		
		3	5	61	0.73		
		4	5	55	0.66		
3	Cuarta	1	5	53	0.64		
		2	5	46	0.55		
		3	5	59	0.71		
		4	5	64	0.77		
4	Tercera	1	5	51	0.61		
		2	5	49	0.59		
		3	5	55	0.66		
		4	5	46	0.55		
Qnit. = 0.66 l/hr							

Fuente: Elaborado por los responsables.

Anexo 02
PRESIÓN EN (m.c.a) MEDIDAS EN LA SUB UNIDAD DE RIEGO.

Punto	Primer lateral.	1/3 del 1º Lateral	2/3 del 1º Lateral	Ultima lateral	Promedio
Inicio del lateral	4.30	4.10	4.00	3.85	4.06
Final del lateral	4.25	4.05	3.95	3.80	4.01

Fuente: Elaborado por los responsables.

Anexo 03

ANALISIS DE REGRESION PARA RADIO DE HUMEDICIMIENTO

Vol. (l)	Radio (cm.)	X = LogV	Y=LogRh	X.Y	X ²	Y ²
0,22	5,5	-0,66	0,74	-0,49	0,43	0,55
0,44	7,25	-0,36	0,86	-0,31	0,13	0,74
0,66	8,5	-0,18	0,93	-0,17	0,03	0,86
0,99	10,5	0,00	1,02	0,00	0,00	1,04
1,38	12	0,14	1,08	0,15	0,02	1,16
1,65	12,5	0,22	1,10	0,24	0,05	1,20
1,98	13,25	0,30	1,12	0,33	0,09	1,26
2,20	14	0,34	1,15	0,39	0,12	1,31
2,42	17	0,38	1,23	0,47	0,15	1,51
2,64	17,75	0,42	1,25	0,53	0,18	1,56
2,79	19	0,45	1,28	0,57	0,20	1,64
SUMATORIA		1,05	11,75	1,72	1,39	12,85

n	11
b	0,464
N	1,024
a	10,577
R ²	0,971

$$Rh = aV^b$$

$$Y = N + bX \quad N = \frac{\sum Y_i}{n} - b \frac{\sum X_i}{n}$$

$$a = \text{Anti log}(N) \quad b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Coefficiente de determinación R²

$$R^2 = \frac{\left[\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \cdot \sum Y_i}{n} \right]^2}{\left[\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} \right] * \left[\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} \right]}$$

Anexo 04
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INTERDIARIO

TRATAMIENTO N° A

FASE	FECHA	% H	%HMR	VARIACION (%)	PROG. RIEGO
I	31/07/2007				RIEGO
	08/08/2007				RIEGO
	10/08/2007	35,65	33,82	1,83	
	13/08/2007	34,95	33,82	1,13	
	15/08/2007	33,70	33,82	-0,12	
	16/08/2007				RIEGO
	17/08/2007	36,34	33,82	2,52	
	20/08/2007	34,42	33,82	0,60	
II	22/08/2007	34,32	33,82	0,50	
	24/08/2007				RIEGO
	27/08/2007	35,78	33,82	1,96	
	29/08/2007				RIEGO
	31/08/2007	35,48	33,82	1,66	
	03/09/2007				RIEGO
	05/09/2007	35,20	33,82	1,38	
	07/09/2007	35,04	33,82	1,22	
	08/09/2008				RIEGO
	10/09/2007	35,93	33,82	2,11	
	12/09/2007	35,43	33,82	1,61	
	13/09/2008				RIEGO
	14/09/2007	34,15	33,82	0,33	
	17/09/2007	35,81	33,82	1,99	
	18/09/2008				RIEGO
	19/09/2007	36,22	33,82	2,40	
	21/09/2007	34,26	33,82	0,44	
	23/09/2008				RIEGO
	24/09/2007	38,50	33,82	4,68	
	26/09/2007	35,75	33,82	1,93	
28/09/2007				RIEGO	
01/10/2007	34,25	33,82	0,43		

N° DE DIAS ANTES DEL RIEGO	% HUMEDAD (VARIACION)
1.00	-0.12
2.00	0.5
2.00	1.96
3.00	1.66
1.00	1.22
1.00	1.61
1.00	1.99
2.00	0.44
2.00	1.93
1.67	1.24

Fuente: Elaborado por los responsables.

TRATAMIENTO B

FASE	FECHA	% H	%HMR	VARIACION	PROG. RIEGO
I	31/07/2007				RIEGO
	08/08/2007	32,97	31,83	1,14	
	10/08/2007				RIEGO
	13/08/2007	34,65	31,83	2,82	
	15/08/2007	33,8	31,83	1,97	
	17/08/2007	32,5	31,83	0,67	
	20/08/2007				RIEGO
II	22/08/2007	37,1	31,83	5,27	
	24/08/2007	33,98	31,83	2,15	
	27/08/2007				RIEGO
	29/08/2007	36,5	31,83	4,67	
	31/08/2007	32,92	31,83	1,09	
	03/09/2007				RIEGO
	05/09/2007	35,25	31,83	3,42	
	07/09/2007	33,61	31,83	1,78	
	10/09/2007				RIEGO
	12/09/2007	34,49	31,83	2,66	
	14/09/2007	32,1	31,83	0,27	
	17/09/2007				RIEGO
	19/09/2007	33,32	31,83	1,49	
	21/09/2007	33,1	31,83	1,27	
	24/09/2007				RIEGO
	26/09/2007	34,27	31,83	2,44	
	28/09/2007	32,53	31,83	0,7	
01/10/2007	31,8	31,83	-0,03		

Nº DE DIAS ANTES DEL RIEGO	% HUMEDAD (VARIACION)
2	1.14
3	0.67
3	2.15
3	1.07
3	1.78
3	0.97
3	1.27
2.86	1.3

Fuente: Elaborado por los responsables.

TRATAMIENTO N° C

FASE	FECHA	% H	%HMR	VARIACION	PROG. RIEGO
I	31/07/2007				RIEGO
	08/08/2007	31,50	29,85	1,65	
	10/08/2007	30,20	29,85	0,35	
	13/08/2007				RIEGO
	15/08/2007	34,25	29,85	4,40	
	17/08/2007	33,52	29,85	3,67	
	20/08/2007	32,30	29,85	2,45	
II	22/08/2007	31,10	29,85	1,25	
	24/08/2007	29,90	29,85	0,05	
	26/08/2007				RIEGO
	27/08/2007	34,30	29,85	4,45	
	29/08/2007	33,62	29,85	3,77	
	31/08/2007	31,19	29,85	1,34	
	03/09/2007				RIEGO
	05/09/2007	35,10	29,85	5,25	
	07/09/2007	33,60	29,85	3,75	
	10/09/2007	30,20	29,85	0,35	
	11/09/2008				RIEGO
	12/09/2007	35,50	29,85	5,65	
	14/09/2007	34,10	29,85	4,25	
	17/09/2007	30,55	29,85	0,70	
	19/09/2007				RIEGO
	21/09/2007	34,65	29,85	4,80	
	24/09/2007	32,45	29,85	2,60	
	26/09/2007	30,25	29,85	0,40	
	27/09/2007				RIEGO
	28/09/2007	35,21	29,85	5,36	
01/10/2007	33,48	29,85	3,63		

N° DE DIAS ANTES DEL RIEGO	% HUMEDAD (VARIACION)
3	0.35
2	0.05
3	1.34
1	0.35
2	0.7
1	0.4
2.00	0.53

Fuente: Elaborado por los responsables.

TRATAMIENTO N° D

FASE	FECHA	% H	%HMR	VARIACION	PROG. RIEGO
I	31/07/2007				RIEGO
	08/08/2007	30,52	27,86	2,66	
	10/08/2007	29,56	27,86	1,70	
	13/08/2007	28,1	27,86	0,24	
	15/08/2007				RIEGO
	17/08/2007	36,52	27,86	8,66	
	20/08/2007	34,25	27,86	6,39	
II	22/08/2007	32,65	27,86	4,79	
	24/08/2007	31,81	27,86	3,95	
	27/08/2007	29,34	27,86	1,48	
	29/08/2007	27,72	27,86	-0,14	
	30/08/2007				RIEGO
	31/08/2007	35,26	27,86	7,4	
	03/09/2007	33,56	27,86	5,70	
	05/09/2007	31,52	27,86	3,66	
	07/09/2007	28,12	27,86	0,26	
	09/09/2008				RIEGO
	10/09/2007	36,52	27,86	8,66	
	12/09/2007	34,1	27,86	6,24	
	14/09/2007	31,25	27,86	3,39	
	17/09/2007	28,64	27,86	0,78	
	19/09/2007				RIEGO
	21/09/2007	35,66	27,86	7,80	
	24/09/2007	32,48	27,86	4,62	
	26/09/2007	30,74	27,86	2,88	
	28/09/2007	28,14	27,86	0,28	
	29/09/2007				RIEGO
01/10/2007	34,26	27,86	6,4		

N° DE DIAS ANTES DEL RIEGO	% HUMEDAD (VARIACION)
2	0.24
1	-0.14
2	0.26
2	0.78
1	0.28
1.6	0.28

Fuente: Elaborado por los responsables.

Anexo 05

PROGRAMACION DE RIEGO PARA CADA TRATAMIENTO Y FASE DE DESARROLLO DEL CULTIVO MAIZ HÍBRIDO INIA 609 – NAYLAMP.

ITEM	DESCRIPCION	DURACION	COMIENZO	FIN
1	PRIMERA FASE	30 días	31/07/2007	30/08/2007
1.1	Tratamiento 1	24 días	31/07/2007	24/08/2007
1.1.1	Primer riego	8 días	31/07/2007	08/08/2007
1.1.2	Segundo riego	8 días	08/08/2007	16/08/2007
1.1.3	Tercer riego	8 días	16/08/2007	24/08/2007
1.2	Tratamiento 2	20 días	31/07/2007	20/08/2007
1.2.1	Primer riego	10 días	31/07/2007	10/08/2007
1.2.2	Segundo riego	10 días	10/08/2007	20/08/2007
1.3	Tratamiento 3	26 días	31/07/2007	26/08/2007
1.3.1	Primer riego	13 días	31/07/2007	13/08/2007
1.3.2	Segundo riego	13 días	13/08/2007	26/08/2007
1.4	Tratamiento 4	30 días	31/07/2007	30/08/2007
1.4.1	Primer riego	15 días	31/07/2007	15/08/2007
1.4.2	Segundo riego	15 días	15/08/2007	30/08/2007
2	SEGUNDA FASE	50 días	20/08/2007	09/10/2007
2.1	Tratamiento 1	40 días	24/08/2007	03/10/2007
2.1.1	Primer riego	5 días	24/08/2007	29/08/2007
2.1.2	Segundo riego	5 días	29/08/2007	03/09/2007
2.1.3	Tercer riego	5 días	03/09/2007	08/09/2007
2.1.4	Cuarto riego	5 días	08/09/2007	13/09/2007
2.1.5	Quinto riego	5 días	13/09/2007	18/09/2007
2.1.6	Sexto riego	5 días	18/09/2007	23/09/2007
2.1.7	Septimo riego	5 días	23/09/2007	28/09/2007
2.1.8	Octavo riego	5 días	28/09/2007	03/10/2007
2.2	Tratamiento 2	42 días	20/08/2007	01/10/2007
2.2.1	Primer Riego	7 días	20/08/2007	27/08/2007
2.2.2	Segundo riego	7 días	27/08/2007	03/09/2007
2.2.3	Tercer riego	7 días	03/09/2007	10/09/2007
2.2.4	Cuarto riego	7 días	10/09/2007	17/09/2007
2.2.5	Quinto riego	7 días	17/09/2007	24/09/2007
2.2.6	Sexto riego	7 días	24/09/2007	01/10/2007
2.3	Tratamiento 3	40 días	26/08/2007	05/10/2007
2.3.1	Primer riego	8 días	26/08/2007	03/09/2007
2.3.2	Segundo riego	8 días	03/09/2007	11/09/2007
2.3.3	Tercer riego	8 días	11/09/2007	19/09/2007
2.3.4	Cuarto riego	8 días	19/09/2007	27/09/2007
2.3.5	Quinto riego	8 días	27/09/2007	05/10/2007
2.4	Tratamiento 4	40 días	30/08/2007	09/10/2007
2.4.1	Primer riego	10 días	30/08/2007	09/09/2007
2.4.2	Segundo riego	10 días	09/09/2007	19/09/2007
2.4.3	Tercer riego	10 días	19/09/2007	29/09/2007
2.4.4	Cuarto riego	10 días	29/09/2007	09/10/2007
3	TERCERA FASE	53 días	01/10/2007	23/11/2007
3.1	Tratamiento 1	45 días	03/10/2007	17/11/2007

3.1.1	Primer riego	5 días	03/10/2007	08/10/2007
3.1.2	Segundo riego	5 días	08/10/2007	13/10/2007
3.1.3	Tercer riego	5 días	13/10/2007	18/10/2007
3.1.4	Cuarto riego	5 días	18/10/2007	23/10/2007
3.1.5	Quinto riego	5 días	23/10/2007	28/10/2007
3.1.6	Sexto riego	5 días	28/10/2007	02/11/2007
3.1.7	Séptimo riego	5 días	02/11/2007	07/11/2007
3.1.8	Octavo riego	5 días	07/11/2007	12/11/2007
3.1.9	Noveno riego	5 días	12/11/2007	17/11/2007
3.2	Tratamiento 2	42 días	01/10/2007	12/11/2007
3.2.1	Primer riego	6 días	01/10/2007	07/10/2007
3.2.2	Segundo riego	6 días	07/10/2007	13/10/2007
3.2.3	Tercer riego	6 días	13/10/2007	19/10/2007
3.2.4	Cuarto riego	6 días	19/10/2007	25/10/2007
3.2.5	Quinto riego	6 días	25/10/2007	31/10/2007
3.2.6	Sexto riego	6 días	31/10/2007	06/11/2007
3.2.7	Séptimo riego	6 días	06/11/2007	12/11/2007
3.3	Tratamiento 3	48 días	05/10/2007	22/11/2007
3.3.1	Primer riego	8 días	05/10/2007	13/10/2007
3.3.2	Segundo riego	8 días	13/10/2007	21/10/2007
3.3.3	Tercer riego	8 días	21/10/2007	29/10/2007
3.3.4	Cuarto riego	8 días	29/10/2007	06/11/2007
3.3.5	Quinto riego	8 días	06/11/2007	14/11/2007
3.3.6	Sexto riego	8 días	14/11/2007	22/11/2007
3.4	Tratamiento 4	45 días	09/10/2007	23/11/2007
3.4.1	Primer riego	9 días	09/10/2007	18/10/2007
3.4.2	Segundo riego	9 días	18/10/2007	27/10/2007
3.4.3	Tercer riego	9 días	27/10/2007	05/11/2007
3.4.4	Cuarto riego	9 días	05/11/2007	14/11/2007
3.4.5	Quinto riego	9 días	14/11/2007	23/11/2007
4	CUARTA FASE	44 días	12/11/2007	26/12/2007
4.1	Tratamiento 1	30 días	17/11/2007	17/12/2007
4.1.1	Primer riego	6 días	17/11/2007	23/11/2007
4.1.2	Segundo riego	6 días	23/11/2007	29/11/2007
4.1.3	Tercer riego	6 días	29/11/2007	05/12/2007
4.1.4	Cuarto riego	6 días	05/12/2007	11/12/2007
4.1.5	Quinto riego	6 días	11/12/2007	17/12/2007
4.2	Tratamiento 2	28 días	12/11/2007	10/12/2007
4.2.1	Primer riego	7 días	12/11/2007	19/11/2007
4.2.2	Segundo riego	7 días	19/11/2007	26/11/2007
4.2.3	Tercer riego	7 días	26/11/2007	03/12/2007
4.2.4	Cuarto riego	7 días	03/12/2007	10/12/2007
4.3	Tratamiento 3	27 días	22/11/2007	19/12/2007
4.3.1	Primer riego	9 días	22/11/2007	01/12/2007
4.3.2	Segundo riego	9 días	01/12/2007	10/12/2007
4.3.3	Tercer riego	9 días	10/12/2007	19/12/2007
4.4	Tratamiento 4	33 días	23/11/2007	26/12/2007
4.4.1	Primer riego	11 días	23/11/2007	04/12/2007
4.4.2	Segundo riego	11 días	04/12/2007	15/12/2007
4.4.3	Tercer riego	11 días	15/12/2007	26/12/2007

Fuente: Elaborado por los responsables.

Anexo N° 06
SUPUESTOS ESTADÍSTICOS

1.- Altura de Planta.

- **Normalidad:**

Pruebas de normalidad

Tratamiento		Shapiro – Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Altura de planta (m)	30%	0.930	4	0.594
	40%	0.991	4	0.962
	50%	0.989	4	0.955
	60%	0.853	4	0.235

a. Corrección de la significación de Lilliefors
 $\alpha = 0.05$

- **Homocedasticidad:**

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
1.525	3	12	.258

$\alpha = 0.05$

2.- Altura de Inserción de Mazorca.

- **Normalidad:**

Pruebas de normalidad

Tratamiento		Shapiro – Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Altura de inserción de la mazorca (m)	30%	0.775	4	0.065
	40%	0.844	4	0.206
	50%	0.950	4	0.714
	60%	0.940	4	0.653

b. Corrección de la significación de Lilliefors
 $\alpha = 0.05$

- **Homocedasticidad:**

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
2.858	3	12	.081

$\alpha = 0.05$

3.- Fenología.

A. Desarrollo vegetativo.

a. Etapa "1". Cuatro hojas.

- Normalidad:

Pruebas de normalidad

Tratamiento		Shapiro – Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Etapa 2 (Cuatro hojas)	30%	.907	4	.465
	40%	.990	4	.956
	50%	.819	4	.141
	60%	.818	4	.138

a. Corrección de la significación de Lilliefors
 $\alpha = 0.05$

- Homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
0.534	3	12	0.668

$\alpha = 0.05$

b. Etapa "2". Ocho hojas.

- Normalidad:

Pruebas de normalidad

Tratamiento		Shapiro – Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Etapa 3 (Ocho hojas)	30%	0.978	4	0.8924
	40%	0.864	4	0.2732
	50%	0.846	4	0.2130
	60%	0.933	4	0.6131

a. Corrección de la significación de Lilliefors
 $\alpha = 0.05$

- Homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
5.572	3	12	0.013

$\alpha = 0.05$

B. Panoja y Espiga.

c. Etapa "3". Doce hojas.

- Normalidad:

Pruebas de normalidad

Tratamiento	Shapiro – Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Etapa 4 (Doce hojas)	30%	0.824	4	0.1536
	40%	0.765	4	0.0523
	50%	0.869	4	0.2944
	60%	0.748	4	0.0372

a. Corrección de la significación de Lilliefors
 $\alpha = 0.05$

- Homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
3.268	3	12	0.059

$\alpha = 0.05$

d. Etapa "4". Panoja.

- Normalidad:

Pruebas de normalidad

Tratamiento	Shapiro – Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Etapa 5 (Panoja)	30%	0.850	4	0.2253
	40%	0.991	4	0.9606
	50%	0.956	4	0.7506
	60%	0.848	4	0.2183

a. Corrección de la significación de Lilliefors
 $\alpha = 0.05$

- Homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
0.397	3	12	0.758

$\alpha = 0.05$

C. Floración y Fecundación.

e. Etapa "5". Polinización.

❖ Floración Masculina.

▪ Normalidad:

Pruebas de normalidad

Tratamiento	Shapiro – Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Etapa 6 (Floración Masculina)	30%	0.906	4	0.4590
	40%	0.900	4	0.4293
	50%	0.909	4	0.4767
	60%	0.879	4	0.3364

a. Corrección de la significación de Lilliefors
 $\alpha = 0.05$

▪ Homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
2.765	3	12	0.088

$\alpha = 0.05$

❖ Floración Femenina.

▪ Normalidad:

Pruebas de normalidad

Tratamiento	Shapiro – Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Etapa 7 (Floración Femenina)	30%	0.931	4	0.6015
	40%	0.871	4	0.3021
	50%	0.935	4	0.6248
	60%	0.801	4	0.1035

a. Corrección de la significación de Lilliefors
 $\alpha = 0.05$

▪ Homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
0.615	3	12	0.618

$\alpha = 0.05$

D. Cosecha.

f. Etapa "10". Grano Maduro o Madurez Fisiológica (Capa Negra)

❖ Madurez Fisiológica (%):

▪ Normalidad:

Pruebas de normalidad

Tratamiento		Shapiro – Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Madurez Fisiológica (%) por 146 días	30%	0.863	4	0.272
	50%	0.729	4	0.024
	60%	0.895	4	0.406

- a. Corrección de la significación de Lilliefors
 b. Madurez Fisiológica (%) por 146 días es una constante cuando Factor = 40% y se ha desestimado.

$$\alpha = 0.05$$

▪ Homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
3.286	3	12	0.060

$$\alpha = 0.05$$

4.- Rendimiento.

▪ Normalidad:

Pruebas de normalidad

Tratamiento		Shapiro – Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Rendimiento (Kg.) del Maiz Híbrido INIA 609 - Naylamp	30%	0.763	4	0.051
	40%	0.937	4	0.638
	50%	0.887	4	0.367
	60%	0.898	4	0.424

- a. Corrección de la significación de Lilliefors

$$\alpha = 0.05$$

▪ Homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
.484	3	12	.700

$$\alpha = 0.05$$

5.- Componentes Principales del Rendimiento.

a. Peso de Mazorca:

- Normalidad:

Pruebas de normalidad

Tratamiento		Shapiro – Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Peso de Mazorca	30%	0.879	4	0.336
	40%	0.899	4	0.425
	50%	0.951	4	0.719
	60%	0.813	4	0.129

a. Corrección de la significación de Lilliefors

$$\alpha = 0.05$$

- Homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
1.952	3	12	0.175

$$\alpha = 0.05$$

b. Porcentaje de Humedad (%H):

- Normalidad:

Pruebas de normalidad

Tratamiento		Shapiro – Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de Humedad (%H)	30%	0.832	4	0.172
	40%	0.976	4	0.878
	50%	0.876	4	0.322
	60%	0.885	4	0.361

a. Corrección de la significación de Lilliefors

$$\alpha = 0.05$$

- Homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
3.233	3	12	0.061

$$\alpha = 0.05$$

c. Número de Mazorcas por planta (dos mazorcas):

▪ **Normalidad:**

Pruebas de normalidad

Tratamiento		Shapiro – Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Número de mazorcas por planta (Dos mazorcas)	30%	.928	4	.583
	40%	.923	4	.555
	50%	.840	4	.196
	60%	.989	4	.954

- a. Corrección de la significación de Lilliefors
 $\alpha = 0.05$

▪ **Homocedasticidad:**

Prueba de homogeneidad de varianzas:

Estadístico de Levene	gl ₁	gl ₂	Sig.
.891	3	12	.474

$\alpha = 0.05$

Anexo N° 07

COSTOS DE PRODUCCION POR HECTAREA DEL MAIZ AMARILLO DURO HÍBRIDO INIA 609 – NAYLAMP.

CULTIVO : MAIZ AMARILLO DURO HÍBRIDO INIA 609 - NAYLAMP TECNOLOGIA : MEDIA
 SUPERFICIE : 1,0 Ha / TIPO DE RIEGO : POR GOTEO RENDIMIENTO(Kg./Ha): 12,060.83
 EPOCA DE CULTIVO: 29/07/07- 07/12/07 ABONAMIENTO(NPK) : 220 - 100 -120
 FECHA DE ELABORACION: JUN 2009 DISTANCIAMIENTO : 0,75 cm. X 0,4 cm.

	ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/)	COSTO TOTAL (S/)
I.	COSTOS DIRECTOS				4648,30
A.	MANO DE OBRA				884,00
1,0	PREPARACION DE TERRENO				
	A. Junta Y Quema De Rastrojos	Jornal	2	16,00	32,00
	B. Riego machaco	Jornal	1	16,00	16,00
	C. Tendido De Cintas	Jornal	3	16,00	48,00
	D. Reforzamiento De Bordos	Jornal	3	16,00	48,00
					144,00
2,0	SIEMBRA				
	A. Desinfección de semilla	Jornal	0,25	16,00	4,00
	B. Siembra definida	Jornal	15	16,00	240,00
	C. Resiembra a mano	Jornal	1	16,00	16,00
					260,00
3,0	LABORES CULTURALES				
	A. Abonamiento	Jornal	4	16,00	64,00
	B. Aplicación de pesticidas	Jornal	3	16,00	48,00
	C. Deshierbas	Jornal	3	16,00	48,00
	D. Riegos (operador)	Jornal	3	16,00	48,00
					208,00
4,0	COSECHA				
	A. Corte de choclo	Jornal	5	16,00	80,00
	B. Tumba de chala	Jornal	2	16,00	32,00
	C. Despanque	Jornal	5	16,00	80,00
	D. Ensacado y estiba	Jornal	3	16,00	48,00
	E. Carguío	Jornal	2	16,00	32,00
					272,00
B.	MAQUINARIA AGRICOLA				
	A. Arado	Hora/ Maqui	2	80,00	160,00
	B. Gradeo	Hora/ Maqui	2	80,00	160,00
	C. Rufeado	Hora/ Maqui	1	80,00	80,00
	D. Cultivo	Día	2	30,00	60,00
	E. Trilladora	Hora/ Maqui	1,5	45,00	67,50
					527,50
C.	INSUMOS				3236,80

1,0	SEMILLA	KG	25,0	7,20	180,00
2,0	FERTILIZANTES				
	A. Urea	Kg.	410,0	1,20	492,00
	B. Fosfato diamónico	Kg	218,0	1,80	392,40
	C. Sulfato de potasio	Kg	250,0	1,60	400,00
	D. Sulfato de zinc	Kg	20,0	0,80	16,00
	E. Sulfato de magnesio	Kg	20,0	0,60	12,00
	F. Boro	Kg	5,0	0,80	4,00
					1316,40
3,0	PESTICIDAS				
	A. Orthene	Kg	0,10	120,0	12,00
	B. Vitavax	Kg	0,10	160,0	16,00
	C. LARVIN (thiodicxarb)	Lt	0,30	210,0	63,00
	D. Granúlate (diazinon)	Kg	10,00	2,8	28,00
	E. Adherente	Lt	0,10	18,0	1,80
					120,80
4,0	AGUA				
	Pozo Tubular	M3	4530,00	0,32	1449,60
5,0	TRASPORTE				
	A. Flete insumos	Global		50,0	50,0
	B. Flete cosecha	Global		120,0	120,0
					170,0
I I.	COSTOS INDIRECTOS				650,762
	Gastos administrativos	%	8,0	74,3728	371,864
	Imprevistos	%	2,5	23,2415	116,2075
	Asistencia técnica	%	3,5	32,5381	162,6905
I I I.	COSTO DE PRODUCCION TOTAL				5.299,06
	COSTOS DIRECTOS		4648,30		
	COSTOS INDIRECTOS		650,762		
I I I.	COSTO DE PRODUCCION TOTAL POR AÑO APROXIMADO				10.598,12

ANALISIS DE RENTABILIDAD			
I.-	VALORACION DE LA COSECHA	UNIDAD	TOTAL
	Rendimiento	Kg.	12,060.83
	Precio de venta	S/.	0.68
	Valor bruto de la producción		8,201.36
II.-	ANALISIS DE RENTABILIDAD		
	Costos de producción total	S/	5,299.06
	Valor bruto de la producción	S/	8,201.36
	Utilidad bruta de la producción	S/	2,902.30
	Costo de producción unitario	S/	1.55
	Margen de utilidad unitario	S/	0.87
	Relación beneficio costo		1.55
	Rentabilidad	%	54.77

ANEXO N° 08

COSTOS DE PRODUCCION DE MAIZ AMARILLO DURO POR HECTAREA

CULTIVO : MAÍZ AMARILLO DURO

TECNOLOGÍA : MEDIA

SUPERFICIE : 1,0 HA / TIPO DE RIEGO: GRAVEDAD

RENDIMIENTO(KG./HA): 8000,00

ÉPOCA DE CULTIVO: 29/07/07- 07/12/07

ABONAMIENTO(NPK) : 100 - 80 -40

FECHA DE ELABORACIÓN: JUN 2009

DISTANCIAMIENTO : 0,90 CM X 0,25 CM

ACTIVIDAD		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
I.	COSTOS DIRECTOS			3.608,70	
A.	MANO DE OBRA			820,00	
1	PREPARACION DE TERRENO				
	A. Junta y quema de rastrojos	Jornal	1	16,00	16,00
	B. Riego machaco	Jornal	1	16,00	16,00
	C. Tomero	Jornal	1	16,00	16,00
	D. Limpieza de acequia	Jornal	1	16,00	16,00
				64,00	
2	SIEMBRA				
	A. Desinfección de semilla	Jornal	0,25	16,00	4,00
	B. Siembra definida	Jornal	15	16,00	240,00
	C. Resiembra a mano	Jornal	1	16,00	16,00
				260,00	
3	LABORES CULTURALES				
	A. Abonamiento	Jornal	3	16,00	48,00
	B. Aplicación de pesticidas	Jornal	3	16,00	48,00
	C. Deshierbas	Jornal	4	16,00	64,00
	D. Riegos (operador)	Jornal	4	16,00	64,00
				224,00	
4	COSECHA				
	A. Corte de choclo	Jornal	5	16,00	80,00
	B. Tumba de chala	Jornal	2	16,00	32,00
	C. Despanque	Jornal	5	16,00	80,00
	D. Ensacado y estiba	Jornal	3	16,00	48,00
	E. Carguio	Jornal	2	16,00	32,00
				272,00	
B.	MAQUINARIA AGRICOLA				
	A. Arado	Hora/ Máq.	1	80,00	80,00
	B. Gradeo	Hora/ Máq.	1	80,00	80,00
	C. Rufeado	Hora/ Máq.	1	80,00	80,00
	D. Cultivo	Día	2	30,00	60,00
	E. Trilladora	Hora/ maqui	1,5	45,00	67,50
				367,50	

C.	INSUMOS			2.421,20	
1	SEMILLA	KG	25,0	7,20	180,00
2	FERTILIZANTES				
	A. Urea	Kg	410,0	1,48	606,80
	B. Fosfato diamónico	Kg	218,0	1,80	392,40
	C. Sulfato de potasio	Kg	250,0	3,30	825,00
	D. Sulfato de zinc	Kg	20,0	0,80	16,00
	E. Sulfato de magnesio	Kg	20,0	0,60	12,00
	F. Boro	Kg	5,0	0,80	4,00
				1.856,20	
3	PESTICIDAS				
	A. Orthene	Kg	0,10	120,00	12,00
	B. Vitavax	Kg	0,10	160,00	16,00
	C. Larvin (thiodicarb)	Lt	0,30	210,00	63,00
	D. Granolate(diazinon)	Kg	10,00	2,80	28,00
				119,00	
4	AGUA				
	Riego (3)	Hr	6,00	16,00	96,00
5	TRANSPORTE				
	A. Flete insumos	Global		50,00	50,00
	B. Flete cosecha	Global		120,00	120,00
				170,00	
II.	COSTOS INDIRECTOS			505,22	
	Gastos administrativos	%	8,0	57,74	288,70
	Imprevistos	%	2,5	18,04	90,22
	Asistencia Técnica	%	3,5	25,26	126,30
III.	COSTO DE PRODUCCION TOTAL			4.113,92	
	COSTOS DIRECTOS		3.608,70		
	COSTOS INDIRECTOS		505,22		
	COSTO DE PRODUCCION TOTAL POR AÑO			8.227,84	

ANALISIS DE RENTABILIDAD			
I.-	VALORACION DE LA COSECHA	UNIDAD	TOTAL
	Rendimiento	Kg.	8,000.00
	Precio de venta	S/.	0,68
	Valor bruto de la producción		5,440.00
II.-	ANALISIS DE RENTABILIDAD		
	Costos de producción total	S/	4,113.92
	Valor bruto de la producción	S/	5,440.00
	Utilidad bruta de la producción	S/	1,326.08
	Costo de producción unitario	S/	1.32
	Margen de utilidad unitario	S/	0.64
	Relación beneficio costo		1.32
	Rentabilidad	%	32.23

ANEXO N° 09
PRESUPUESTO DE RIEGO A BAJA PRESION

Cultivo : Maíz Amarillo Duro INIA 609

Area : 1,00 Ha

Distanciamiento entre surcos : 0,75 m

Distanciamiento entre emisores: 0,20 m

Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/.	Costo Parcial S/.	Costo Total S/.
1,0	SISTEMA DE RIEGO					
1,1	Arcos de Riego	und.	2,00	40,00	80,00	80,00
1,2	Tuberías PVC desagüe φ 2"	und.	34,00	4,00	136,00	136,00
1,3	Conectores y Empaque de jebe	und.	67,00	0,65	43,55	43,55
1,4	Manguera de polietileno 20 mm	m	67,00	0,50	33,50	33,50
1,5	Cinta de goteo de 16 mm	m	6.667,00	0,30	2.000,10	2.000,10
1,6	Terminales o Purgadores	und.	67,00	15,00	1.005,00	1.005,00
Sub Total						3.298,15
2,0	MATERIALES E INSUMOS					
2,1	Pagamento OATEY	gln.	0,25	92,00	23,00	23,00
2,2	Lija N° 80	pliego	3,00	1,50	4,50	4,50
2,3	Teflon Rojo	und.	5,00	1,00	5,00	5,00
2,4	Hoja Sierra	und.	2,00	4,00	8,00	8,00
2,5	Tijeras Punta Roma	und.	3,00	2,00	6,00	6,00
Sub Total						46,50
Total						3.344,65

FOTOS



Foto N° 01: Levantamiento topográfico.



Foto N° 02: Trazado del terreno.



Foto N° 03: Determinación del caudal unitario del emisor.



Foto N° 04: Prueba de bulbo de humedecimiento (radio de humedecimiento).



Foto N° 05: Prueba de bulbo de humedecimiento (profundidad de humedecimiento).



Foto N° 06: Medición de la presión.



Foto N° 07: Siembra (preparación de la semilla).



Foto N° 08: Siembra



Foto N° 09: Control de malezas.



Foto N° 10: Etapa "1". Cuatro hojas.



Foto N° 11: Etapa "5". Floración Masculina.



Foto N° 12: Etapa "6". Floración Femenina.



Foto N° 13: Altura de inserción de mazorca.



Foto N° 14: Cosecha.



Foto N° 15: Pesado.

PLANOS