



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: **Vergara Huamán Edson Abel**

Código de alumno: **091.0103.013**

Correo electrónico: [edsonunasam@gmail.com](mailto:edsonunasam@gmail.com)

Teléfono: **948804290**

DNI o Extranjería: **47316651**

2. Modalidad de trabajo de investigación:

Trabajo de investigación

Trabajo Académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

3. Título profesional o grado académico:

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

**"Requerimiento hídrico y rendimiento del maíz amarillo duro ( *Zea mays*, L) variedad megahibrido, a la aplicación de 4 dosis del polímero lluvia sólida, Barranca, 2017"**

5. Facultad de: **Ciencias Agrarias**

6. Escuela, Carrera o Programa : **Agronomía**

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: **Ayora Garagate Lorenzo Moisés**

Teléfono: **943165050**

Correo electrónico: [lorenzoayora@hotmail.com](mailto:lorenzoayora@hotmail.com)

DNI o Extranjería: **31678002**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.: **47316651**

FECHA: **13 / 12 / 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**REQUERIMIENTO HÍDRICO Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ  
AMARILLO DURO (*Zea mays, L.*), VARIEDAD MEGA HIBRIDO, A  
LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DEL POLÍMERO “*Lluvia  
Sólida*”, BARRANCA, 2019**

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

**PRESENTADO POR:  
Bach. EDSON ABEL VERGARA HUAMÁN**

**ASESOR:  
*Ph D.* LORENZO MOISÉS AYORA GARAGATE**

Huaraz – Perú  
2019



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada: "**REQUERIMIENTO HIDRICO Y RENDIMIENTO DEL MAIZ AMARILLO DURO (*Zea mays, L*) VARIEDAD MEGAHIBRIDO, A LA APLICACIÓN DE 4 DOSIS DEL POLIMERO LLUVIA SOLIDA, BARRANCA, 2017**", presentada por la Bachiller en Ciencias Agronomía **EDSON ABEL VERGARA HUAMAN**, y sustentada el día 26 de Julio del 2019, por Resolución Decanatural N°307-2019-UNASAM-FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 26 de Julio del 2019

Dr. Ing. Teofanes Mejía Anaya  
PRESIDENTE

Dr. Walter Vásquez Cruz  
SECRETARIO

Dr. Luis Orbegoso Navarro  
VOCAL

Ph.D. Lorenzo Ayora Garagate  
PATROCINADOR



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de Tesis presentado por el Bachiller en Ciencias Agronomía **EDSON ABEL VERGARA HUAMAN**, denominado: "**REQUERIMIENTO HIDRICO Y RENDIMIENTO DEL MAIZ AMARILLO DURO (*Zea mays, L*) VARIEDAD MEGAHIBRIDO, A LA APLICACIÓN DE 4 DOSIS DEL POLIMERO LLUVIA SOLIDA, BARRANCA, 2017**", Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

..... *APROBADO* .....

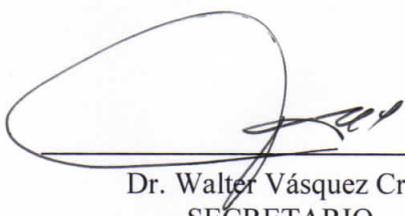
CON EL CALIFICATIVO (\*)

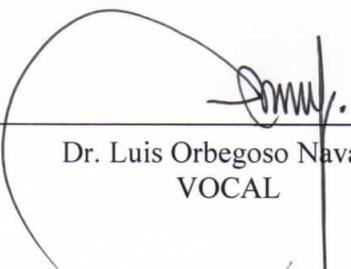
..... *DECISEIS (16)* .....

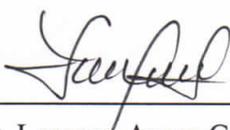
En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 26 de Julio de 2019

  
Ing. Dr. Teófanos Mejía Anaya  
PRESIDENTE

  
Dr. Walter Vásquez Cruz  
SECRETARIO

  
Dr. Luis Orbegoso Navarro  
VOCAL

  
Ph. D. Lorenzo Ayora Garagate  
Patrocinador

(\*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA** (19 – 20), **APROBADO CON DISTINCIÓN** (17 – 18), **APROBADO** (14 -16), **DESAPROBADO** (00 – 13).

## **DEDICATORIA**

Se lo dedico a mi forjador celestial, aquel que guía mi camino, a mis padres por el apoyo incondicional que me han brindado. También se lo dedico a mi fuente de inspiración a mi pequeña hija Luciana y a mi pareja y compañera de vida Yeritza.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradecer a mis padres que siempre estuvieron ahí pendientes de mi carrera profesional, a mis queridas hermanas por darme su apoyo en todo momento.

A mi pequeña princesa Luciana y Yeritza el amor de mi vida.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del problema. ....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación e importancia del estudio. ....	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Objetivos. ....	4
1.5.1. Objetivo general .....	4
1.5.2. Objetivos específicos .....	4
II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Antecedentes del problema. ....	5
2.2. Base teórica. ....	7
2.2.1. Teoría 1: Características del cultivo de Maíz Amarillo Duro. ....	7
2.2.2. Teoría 2. Definiciones generales del riego. ....	12
2.2.3. Teoría 3. Caracterización de los polímeros. ....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
3.1. Materiales. ....	24

3.1.1. Materiales e insumos .....	24
3.1.2. Equipo.....	24
3.1.3. Ubicación del campo experimental.....	24
3.2. Metodología. ....	26
3.2.1. Instalación de Unidades Experimentales (U.E.).....	26
3.2.2. Límites Hídricos del suelo:.....	26
3.2.3. Control teórico de lámina y tiempo de riego por U.E. ....	27
3.2.4. Preparación e instalación de Dosis de Poliacrilato de Potasio. ....	28
3.2.5. Control de caudales y tiempos de riego.....	29
3.2.6. Tratamientos y Frecuencias de riego:.....	30
3.2.7. Programación de riegos. ....	30
3.2.8. Control de la Humedad del suelo: .....	31
3.2.9. Período vegetativo del Maíz Amarillo Duro “Mega Híbrido”. ....	32
3.2.10. Manejo Agronómico.....	32
3.2.11. Análisis de datos:.....	34
IV. RESULTADOS .....	37
4.1. Caudales promedios utilizados en cada riego según la frecuencia por Unidad .....	37
4.1.1. Láminas y volúmenes de agua utilizados según frecuencias de riego.....	37
4.2. Uso de sensores y control de humedad volumétrica: .....	38
4.3. Rendimiento de maíz amarillo duro según frecuencia de riego y tratamientos. ....	40
4.4. Análisis estadístico.....	42
4.4.1. Análisis de varianza.....	42

4.5. Costos de producción. ....	46
V. DISCUSIÓN .....	53
5.1. Control de lámina de agua aplicada en cada riego .....	53
5.2. Del análisis estadístico. ....	53
5.2.1. Análisis para las dosis y para el testigo.....	53
5.3. Costos de producción. ....	54
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	56
6.1. Conclusiones .....	56
6.2. Recomendaciones.....	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
VIII. ANEXOS.....	65
8.1. Panel fotográfico .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de las U.E. en campo según dosis de polímero.....	26
Tabla 2. <i>Límites hídricos del suelo.</i> .....	27
Tabla 3. <i>Cantidad de polímero Poliacrilato de potasio según tratamientos.</i> .....	28
Tabla 4. <i>Programación mensual según frecuencias de riego</i> .....	31
Tabla 5. <i>Análisis de varianza para el diseño factorial de un factor, modelo con efectos fijos.</i> .....	36
Tabla 6. <i>Caudales promedios por riego según frecuencia y U.E.</i> .....	37
Tabla 7. <i>Lámina promedio de riego por U.E. y por frecuencia de riego</i> .....	38
Tabla 8. <i>Volumen de agua utilizado según frecuencia de riego.</i> .....	38
Tabla 9. <i>Cálculo de láminas de agua según frecuencia de riego de 25 días.</i> .....	39
Tabla 10. <i>Rendimientos promedios de M.A.D. Mega Híbrido.</i> .....	40
Tabla 11. <i>Rendimiento en las unidades experimentales</i> .....	42
Tabla 12. <i>ANOVA de un factor</i> .....	43
Tabla 13. <i>Comparaciones múltiples</i> .....	44
Tabla 14. <i>Subconjuntos Homogéneos -Rendimiento</i> .....	45
Tabla 15. <i>Costos de producción y utilidad: MAD-MEGA HIBRIDO INIA 619 sin aplicar “lluvia sólida”</i> .....	47
Tabla 16. <i>Costos de producción: MAD-MEGA HIBRIDO INIA 619 aplicando “lluvia sólida” manualmente, dosis 50 kg/ha</i> .....	48
Tabla 17. <i>Costos de producción: MAD-MEGA HIBRIDO INIA 619 aplicando “lluvia sólida” con maquinaria agrícola.</i> .....	49
Tabla 18. <i>Utilidad del cultivo sin aplicación de poliacrilato de potasio</i> .....	51
Tabla 19. <i>Utilidad del cultivo con aplicación manual de poliacrilato de potasio</i> .....	51
Tabla 20. <i>Utilidad del cultivo con aplicación mecanizada de poliacrilato de potasio</i> ..	52
Tabla 21. <i>Costo de producción maíz amarillo duro</i> .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista panorámica del terreno donde se llevó a cabo el ensayo.....	25
Figura 2. Vista panorámica del campo experimental. ....	25
Figura 3. Aforador tipo vertedero Triangular, registrando ingreso de agua a la parcela experimental.....	29
Figura 4. Semilla certificada de Maíz Amarillo Duro Mega Híbrido. ....	33
Figura 5. Gráfico de barras del rendimiento en función de la dosis .....	41
Figura 6. Rendimiento a nivel de las unidades experimentales.....	41
Figura 7. Diagrama de caja y bigotes .....	46
Figura 8. Maduración del maíz. ....	67
Figura 9. Visita del asesor y el tesista.....	68

## RESUMEN

Los objetivos de la investigación fueron: a) determinar la mejor respuesta del cultivo de Maíz Amarillo Duro (*zea mays L*) Mega Híbrido, a cuatro dosis de poliacrilato de potasio (40, 50, 60 y 80 Kg/ha.); b) determinar el requerimiento hídrico del cultivo de Maíz Amarillo Mega Híbrido, en función a la frecuencia de riego por gravedad aplicada; El diseño estadístico fue un Diseño de bloques al azar; se ensayaron distintos niveles de Poliacrilato de Potasio o “*lluvia sólida*”: 40, 50, 60, y 80 kg/ha, con una frecuencia de riego de 25 días. Los resultados encontrados aplicando el Software SPSS indican que entre los niveles de dosis del polímero “*lluvia sólida*” no hay diferencia significativa, es decir, que para cualquier dosis aplicada, los resultados en el rendimiento de Maíz Amarillo Duro “Mega Híbrido”, son cercanos. La mejor respuesta resulta ser el Tratamiento T3 (60 kg/ha), la demanda hídrica del cultivo ha sido de: 5813.44 m<sup>3</sup>/ha y los rendimientos tomando las medias marginales han sido de: 10422, 12813, 13016, y 13008 kg/ha para las dosis de 40, 50, 60 y 80 kg/ha respectivamente de polímero “*lluvia sólida*”

**Palabras Claves:** Polímero “*lluvia sólida*”, polímeros hidroabsorbentes, volumen de riego, rendimiento del cultivo.

## **ABSTRACT**

The objectives of the investigation were: a) to determine the best response of the cultivation of Hard Yellow Corn (*zea mays L*) Mega Hybrid to four doses of potassium polyacrylate (40, 60, 80 and 100 kg / ha); b) determine the water requirement of the cultivation of Mega Hybrid Hard Yellow Corn, as a function of the gravity irrigation frequency applied. The statistical design was a randomized block design, different levels of Potassium Polyacrylate or "solid rain" were tested: 40, 60, 80 and 100 kg/ha, with a watering frequency of 25 days. The results found applying the SPSS Software indicate that between the polymer dose levels "solid rain" there is no significant difference, that is to say, that for any applied dose, the results in the yield of Hard Yellow Corn "Mega Hybrid", are close. The best response turns out to be the T2 Treatment (60 kg / ha), the water demand of the crop has been: 6,847.30 m<sup>3</sup> / ha and the yields taking the marginal means have been: 9,000, 10,506, 12,240 and 12,708 kg/ha for the doses of 40, 50, 60 and 80 kg/ha of polymer "solid rain"

**Keywords:** Polymer "solid rain", frequency of irrigation

## I. INTRODUCCIÓN

La escases del agua a nivel mundial es cada vez más notoria, originado por varios factores entre los más importantes el cambio climático, éste fenómeno pone en riesgo a la población por sus efectos adversos, que incluyen principalmente la variabilidad y los extremos del clima, incrementando severamente la sequía.

Una alternativa para atenuar la sequía en la agricultura es el uso de los polímeros hidroabsorbentes, que en los últimos años han mostrado sus beneficios y se viene utilizando en la agricultura generando múltiples trabajos de investigación sobre la elaboración y aplicación.

El Poliacrilato de potasio llamado "*lluvia sólida*", es un polímero biodegradable en polvo no tóxico, capaz de almacenar 500 veces su peso en agua, un invento del Ing. Mexicano Sergio Rico Velasco (2014), y cuyo uso se está difundiendo en muchos países latinoamericanos que sufren escases de agua. De allí que esta investigación se ha ejecutado utilizando riego por gravedad, en la provincia de Barranca donde hay escases de agua de riego durante la época de estiaje (Mayo a Noviembre) y la única de la que disponen es la que cada 20 a 30 días les llega como dotación regular del rio Pativilca.

De allí que el objetivo de este estudio ha sido aplicar diferentes dosis del Poliacrilato de potasio "*lluvia sólida*" en el suelo (a 30 cm de profundidad), antes de la siembra del cultivo de Maíz Amarillo Duro "**Mega Híbrido**", y evaluar su rendimiento para una frecuencia de riego: 25 días; el diseño estadístico utilizado ha sido un diseño Factorial de un Factor con efectos fijos.

### **1.1. Planteamiento del problema.**

El Perú, se encuentra entre los diez países más vulnerables ante eventos climáticos, lo que estaría asociado a la alta dependencia de algunas regiones a sectores sensibles al cambio climático, tales como el agrícola y el pesquero (Vargas, P; Barco, D. 2009). Esto significa alta probabilidad de que algunos o muchos cultivos agrícolas puedan verse afectado en su disponibilidad de agua para satisfacer sus necesidades hídricas ante eventos de sequía.

Entonces, considerando que el hidrogel “*lluvia sólida*” es un almacenador de agua, puede constituirse en una alternativa tecnológica que ayude al pequeño agricultor a cuidar y proteger sus cosechas en condiciones de sequía o cuando la disponibilidad de agua no sea oportuna y este afecte verdaderamente los rendimientos.

El sub sector de riego La florida, de la Junta de Usuarios del Valle Pativilca, tiene la característica de desarrollar una agricultura de subsistencia, sembrando hasta dos cosechas anuales de Maíz Amarillo Duro (MAD), con riegos mensuales que fluctúan entre los 15 a 25 días, por lo que se estima conveniente que hay condiciones ideales para evaluar el efecto de distintas dosis del Polímero “*lluvia sólida*”, combinada con una frecuencias de riego.

### **1.2. Formulación del problema.**

¿Será posible que el polímero Poliacrilato de potasio (“*lluvia sólida*”) absorba el agua de riego y la ponga a disposición de la planta manteniendo condiciones adecuadas de humedad en el perfil del suelo y este influya en mantener y/o mejorar el rendimiento y el requerimiento hídrico del cultivo de maíz amarillo duro (MAD) Mega Híbrido, respetando usos y costumbres en el manejo del cultivo en el sector de riego La Florida –Barranca?

### **1.3. Justificación e importancia del estudio.**

La Comisión de Usuarios del Sub Sector de Riego La Florida, recibe agua del canal alimentador Potao cada 10 a 20 días, los mismos que son utilizados mediante turnos diferenciados a cada agricultor según sus necesidades y requerimientos; esto, indudablemente implica entender la existencia de muchos problemas técnicos que el agricultor por sí sólo no podrá resolver, cómo el investigar los efectos del estrés hídrico de las plantas, cómo afecta el rendimiento del cultivo las condiciones de humedad del perfil del suelo, cuánto de agua es necesario aplicar en cada riego y cuál es la calidad del agua de riego, es decir,, todo aquello que implique un mejor uso del recurso hídrico y que se oriente a favorecer la economía del agricultor y minimice los efectos del cambio climático global.

Por lo que, el presente trabajo tiene la justificación e importancia de difundir la acción y efecto del polímero Poliacrilato de potasio “*lluvia sólida*” para retener humedad en el perfil del suelo y ponerla a disposición de las raíces de las plantas y evaluar su efecto en el rendimiento y requerimiento hídrico del cultivo de maíz.

### **1.4. Hipótesis**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

La aplicación de una adecuada dosis del polímero Poliacrilato de potasio (lluvia sólida), influye significativamente en disminuir el requerimiento hídrico y mejorar el rendimiento promedio del cultivo de Maíz Amarillo Duro “Mega Híbrido”.

## **1.5. Objetivos.**

### **1.5.1. Objetivo general**

- Determinar el rendimiento del cultivo de Maíz Amarillo Duro “Megahíbrido”, aplicando diferentes dosis del Polímero “lluvia sólida”, bajo una frecuencia y volumen de riego, según usos y costumbres de la zona.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la respuesta del cultivo de maíz amarillo duro “Mega Híbrido” a cuatro dosis del polímero Poliacrilato de potasio ( 40, 50, 60 y 80 Kg/ha), distribuidas en los tratamientos al azar y colocado a una profundidad de 30 cm del suelo.
- Determinar el requerimiento hídrico del cultivo de Maíz Amarillo “Mega Híbrido”, en función a la frecuencia de riego por gravedad aplicada.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del problema.

**Anderson, S. (2009)**, en referencia a los retenedores de agua, manifiesta que "...los retenedores de agua favorecen el desarrollo de las plantas cuando carecen de precipitación suficiente, ya que absorben y retienen grandes cantidades de líquidos y nutrientes cuando se aplican en el suelo o en cualquier otro medio de crecimiento. Tomando en cuenta estas consideraciones, el uso de los retenedores podría ser una solución en ciertas partes de nuestro país, especialmente en la región Lambayeque que es árida o deficitaria de agua..."

**Orbegoso, N. (2017)**, manifiesta que "el Poliacrilato de Potasio "*lluvia sólida*" ha tenido un efecto positivo en el rendimiento del Maíz, ya que con 2,239.00 m<sup>3</sup>/ha que corresponde a la frecuencia de riego de 40 días (T4), que representa aproximadamente un tercio (1/3) del volumen de agua aplicado para la frecuencia de riego de 25 días, los rendimientos han sido prácticamente muy parecidos e incluso ligeramente superiores a este último (25 días)"

**Estrada, R. et al (2010)**, a través de su estudio sobre hidrogeles y su potencial aplicables a la agricultura, llega a la conclusión de que "...al modificar los hidrogeles con nanotubos de carbono, aumenta la eficiencia en la absorción de agua, además la liberación de agua no es constante, se hace de manera gradual conforme al paso del tiempo de exposición al calor, por lo tanto, esta manera de liberar agua de los hidrogeles los hace ideales en la agricultura, ya que el agua se puede aprovechar más eficientemente al irse liberando poco a poco..."

**García, D. (2013)**, describe que, como consecuencia del cambio climático, las temperaturas están aumentando y ocasionando que la cantidad de humedad en el suelo

no cumpla con las necesidades que requieren los cultivos, convirtiéndose esto en un factor que limita la agricultura en el país y en diversas regiones del mundo.

Para hacer frente a esta problemática, investigadores del Centro del Agua para América Latina y el Caribe del Tecnológico de Monterrey, liderados por el doctor Roberto Parra, Director de la Cátedra de Bioprocesos Ambientales, llevan a cabo un proyecto con polímeros que tienen la capacidad de absorber grandes volúmenes de agua y almacenarlos como pequeños depósitos cerca de las raíces de las plantas, para que estas puedan disponer del líquido a su necesidad.

“El polímero puede extenderlo a varias semanas con el agua escasa que pueda caer de una lluvia y esto es suficiente para que una planta llegue a cierto nivel y no obtenga ese estrés hídrico que pueda matar esta planta, estamos apostando que podemos extender la capacidad de esa planta para subsistir”

**Haberland, J. (2013)**, citado por la Revista Chilena Panorama Rural, manifiesta que los beneficios derivados del uso de estos polímeros en la agricultura se asocian principalmente a que incrementan la capacidad de almacenar agua en el suelo; mejoran la relación tamaño/número de poros; aumentan las reservas de nutrientes en el suelo y reducen la compactación.

Agrega que el estudio de las aplicaciones de estos químicos se encuentra en expansión a nivel comercial, por lo que validar su funcionamiento en condiciones locales es de gran importancia ya que la aplicación de estos productos actualmente implica una alta inversión inicial, con un mínimo cercano a los \$162,500/ha.

**Huez, et al. (2012)**, ponen de manifiesto que el suelo tratado con gel hidratado y no hidratado mejoró significativamente la retención de humedad comparado al suelo no

tratado. Se encontró que la germinación de semillas de garbanzo mejoró con la aplicación de hidrogel. Hubo diferencias significativas en el número de granos (calibre) y rendimiento de grano al acondicionamiento con hidrogel en un suelo franco arenoso.

**Ochoa, C. S. (2014)**, en relación a su trabajo hecho con polímeros, menciona que "...con los diferentes datos analizados se puede concluir que el polímero a pesar de retener agua en el suelo y que la planta lo manifiesta, éste no influyó en el rendimiento de trigo, debido a que el suelo arcilloso posee una capacidad de retención alta..."

**Rico V. S. (2006)**, en relación a la lluvia sólida, indica que: "... la lluvia sólida es un sistema de riego que a diferencia de otros como el de goteo y cintillo, es el único que emplea agua en estado sólido; los resultados son extraordinarios por que la raíz se mantiene húmeda por varios meses, y se rehidrata en repetidas ocasiones con las precipitaciones.

El agua de lluvia se adhiere al gel localizado en las raíces de las plantas y este se humedece lo suficiente para que aproveche el agua necesaria, por tanto, no hay desperdicio ya que el agua no se infiltra al subsuelo, ni se evapora. "La cualidad de la lluvia sólida de no perderse por filtración al subsuelo lo hace ideal para sembrar en zonas áridas, áreas de baja precipitación y en parcelas sin riego..."

## **2.2. Base teórica.**

### **2.2.1. Teoría 1: Características del cultivo de Maíz Amarillo Duro.**

#### **2.2.1.1. Origen y descripción taxonómica**

En el mundo es considerado el principal cereal domesticado y fue la base alimenticia de las civilizaciones maya, azteca e inca. Las teorías genéticas sobre el origen del maíz

son muy diversas, pero se originó como planta cultivada en algún lugar de América Central.

Su importancia radica en el consumo humano actual en sus diversas formas como para su utilización forrajera. Gracias a su capacidad de adaptación, elevado rendimiento y las posibilidades futuras de mejoras por la vía genética (Villar, 1,995)

#### **2.2.1.2. Clasificación botánica**

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Subclase	:	Commelinidae
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Género	:	<i>Zea</i>
Nombre Científico	:	<i>Zea mays L.</i>

#### **2.2.1.3. Descripción botánica**

El maíz es una planta anual de gran desarrollo vegetativo, que puede alcanzar hasta 3.5 m. de altura (lo normal es de 2 a 2.5 m.).

**Raíz:** todo el sistema radical de la planta adulta es adventicia.

**Tallo:** el tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos, cuyo número y longitud varían notablemente. La parte inferior y subterránea del tallo tiene entrenudos muy cortos de los que salen las raíces principales y los brotes laterales.

Los entrenudos superiores son cilíndricos, en corte transversal se observa que la epidermis se forma de paredes gruesas y haces vasculares cuya función principal es

la conducción de agua y sustancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas.

**Hoja:** este cereal tiene la hoja similar a la de otras poáceas; está constituida de vaina, cuello y lámina. La lámina es una banda angosta y delgada de hasta 1.5 m. de largo por 0.1 m. de ancho, que termina en un ápice muy agudo. El nervio central está bastante desarrollado, es prominente en el envés de la hoja y cóncavo en el lado superior.

**Mazorca:** al contrario de la mayor parte de las proáceas, en el maíz la espiga es compacta y está protegida por las hojas transformadas, que en la mayoría de los casos la cubren por completo (Villar, 1995)

**Panoja:** se encuentra localizada en la parte terminal del tallo, formada por un eje principal y que es la prolongación del tallo y termina en la borla, presentando ramas primarias, secundarias y tercerías (Noriega, 1,992).

#### **2.2.1.4. Requerimiento del cultivo**

La temperatura y la luminosidad influyen directamente sobre el período vegetativo. Temperaturas inferiores a 13°C hacen que el maíz tenga un crecimiento muy limitado. Para el maíz se estima que el rendimiento máximo será obtenido a una temperatura media de 20° a 22°C. A temperaturas más altas, la radiación es usada en forma apenas más significativa y eficiente en la fotosíntesis, pero la duración de las hojas, o sea el tiempo disponible para absorber radiaciones, reducida (Squire, 1,990).

En su ciclo vegetativo, los requerimientos hídricos son de 600 – 800 mm. No debe faltarle agua durante la germinación y floración. En esta última etapa se presenta el máximo requerimiento de agua o sea, 15 días antes de la floración hasta cuando la mazorca está completamente formada y llena. Una deficiencia en el aporte de agua y

nutrientes en especial de los nitrogenados, unas tres semanas, que preceden a la floración femenina, perjudicará el desarrollo de la cosecha de forma irreversible.

En cuanto a los suelos, se adapta a una gran variedad de ellos; no obstante, son preferibles suelos de texturas medias, bien drenados y sueltos con un pH entre 5.5 y 7. La profundidad efectiva del perfil puede constituir un factor limitante; un horizonte o capa compacta puede impedir la penetración de las raíces y ocasionar trastornos nutritivos o fisiológicos que se manifestará en una disminución de la producción (Villa, 1995) (citado por de la Cruz).

#### **2.2.1.5. El cultivo de maíz amarillo duro (MAD).**

El maíz amarillo duro, es el principal componente (53%) de los alimentos balanceados que se producen en el país, de los cuales el 64.24% es utilizado para aves de carne, 26.52% para aves de postura, 3.09% para porcinos y 1.86% para engorde de ganado, entre otros (MINA-DGPA-2012)

Respecto a la producción nacional de maíz amarillo duro, podemos anotar que en la temporada 2011-2012 fue de 8.6%, apoyados por los crecimientos en las siembras de Lambayeque (53.9%), Ucayali (17.8%), San Martín (17.2%), Ica (12.9%), Madre de Dios (11.4%). El departamento que concentra la mayor superficie sembrada es San Martín con un (19%) de participación, seguido de Loreto (12.6%), La Libertad (10.9%), Lima (9.1%), Lambayeque (8.7%), Cajamarca (6.7%) y Piura (5.7%), estas regiones concentran el 72.8% de toda la superficie sembrada del país (MINAG-DGPA-DIA-2012).

Sin embargo, algo que resulta interesante resaltar es que para finales del año 2016, el **sector agropecuario** creció 1.15% y, donde el sub sector agrícola (-1.41%) decreció por menores volúmenes de producción de maíz amarillo duro (-30.04%) (INEI-2016).

En la actualidad en la costa peruana los agricultores utilizan diferentes tecnologías en el manejo agronómico del cultivo de maíz amarillo duro.

Algunas de ellas no son apropiadas para las diferentes zonas maiceras, generando pérdidas, bajos rendimientos y altos costos en su producción, lo que no permite al cultivo expresar su máximo potencial.

Además el maíz amarillo duro es un cultivo que es atacado durante todo su desarrollo por muchos insectos, que disminuyen su rendimiento, calidad y valor alimenticio. Algunos insectos son muy importantes por la frecuencia y gravedad de sus daños, mientras que otros, sólo se presentan en raras oportunidades, considerándoseles plagas secundarias (Guía Técnica: “Manejo Integrado de Maíz Amarillo Duro, 2010).

#### **2.2.1.6. Fertilización nitrogenada**

El nitrógeno (N) es el nutriente requerido en mayor cantidad por el cultivo de maíz, especialmente controlando la producción de biomasa, y es el que más limita el rendimiento de dicho cultivo.

El maíz tiene una fuerte respuesta positiva al abastecimiento de nitrógeno y su déficit es el más importante, después del déficit de agua, en la producción de maíz tropical. Aun cuando haya nitrógeno disponible en el suelo, las competencias de las malezas pueden llevar a una deficiencia nitrogenada en el cultivo.

Se pueden obtener aumentos significativos de rendimiento con dosis adecuadas de fertilizante nitrogenado, cuando otros factores limitantes de rendimiento son controlados. El nitrógeno es siempre el nutriente con mayores dificultades para realizar recomendaciones precisas y esto es principalmente debido a su dinámica y a su movilidad

en el suelo y en la planta. El desarrollo de herramientas de diagnóstico para fertilización nitrogenada ha sido un desafío para los especialistas en fertilidad de suelos (Bianchini, 2002).

#### **2.2.1.7. Densidad de siembra**

Al inicio de la siembra del maíz una de las primeras consideraciones a tener es la densidad de siembra a seguir con la finalidad de mejorar la productividad pues influye mucho en el manejo del cultivo.

La densidad de plantas es la herramienta más efectiva para mejorar la captura de luz, la cantidad de plantas necesarias para lograr plena cobertura es función del área foliar de cada una y de la disposición de sus hojas (erectas o planas), las plantas poco foliosas y de hojas erectas requerirán densidades mayores para conseguir la cobertura total del suelo (Cirilo, 1996).

La modificación de la distancia entre los surcos en maíz plantea dificultades operativas para llevarla a la práctica, por lo que sólo cuando puedan esperarse beneficios de su empleo, una menor distancia entre los surcos de siembra permite cubrir mejor el suelo y capturar más luz desde etapas tempranas del cultivo, incrementando la producción de biomasa (Andrade, 2002).

### **2.2.2. Teoría 2. Definiciones generales del riego.**

#### **2.2.2.1. Disponibilidad de Agua:**

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) considera que aproximadamente el 86% de la demanda de agua a nivel de cuencas, está orientada hacia el sostenimiento de la Agricultura, y que uno de los varios desafíos que se plantea a través de la Ley de Recursos Hídricos, es incrementar la eficiencia del uso de agua en la agricultura. La demanda

hídrica a nivel de las tres grandes cuencas hidrográficas, representa 16,267 Hm<sup>3</sup>, de las cuales, a la vertiente del pacífico le corresponde el 87.2% (14,200 Hm<sup>3</sup>), con una eficiencia de uso de 30 a 35%. (M INAG-DGAS-1992).

#### **2.2.2.2. Demanda de Agua:**

El contexto global señala que los conflictos socio-ambientales están escalando, en particular, los relacionados por la disputa por el agua; estos se derivan, en parte, del crecimiento demográfico, pero sobre todo, por el avance de los usos industriales, tanto de la agricultura tecnificada y de la minería intensiva, así como por el aumento exponencial del consumo per cápita urbano. Además, de un factor crítico de reciente aparición; el cambio climático o calentamiento global (Luque, 2013) Anteriormente se señaló que el mayor porcentaje de la demanda se concentra en el sector agrícola.

#### **2.2.2.3. Aprovechamiento del Agua:**

La FAO en el 2013, informó que la utilización de los recursos de agua dulce deja mucho que desear, especialmente en la agricultura. En algunos casos, estos recursos son sobreexplotados si el consumo supera al suministro de recursos renovables, originándose así una situación insostenible. Generalmente, el despilfarro en una zona priva a otras áreas del agua que necesitan, disminuyendo allí la producción agrícola y el empleo. Otros casos de mala gestión del agua se deben a la extracción de agua de buena calidad y al retorno al sistema hidrográfico de aguas de calidad inaceptable. Ya sea por los retornos de riego que a menudo están contaminados por sales, pesticidas y herbicidas, así como por la industria y los centros urbanos que llegan a retornar el agua contaminada; tanto superficial como subterránea. Además, el despilfarro de los recursos hídricos ocurre con frecuencia en cada interferencia humana en el ciclo hidrológico natural. El riego es evidentemente poco

eficiente: el agua se desperdicia en cada fase, desde las filtraciones de los canales de riego, hasta en la aplicación en tierras cultivadas.

#### **2.2.2.4. Alternativas para optimizar el agua:**

En 2010, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia, y la Cultura (UNESCO), dio a conocer en su tercer informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, así como algunos de los programas y actividades para tratar directamente la evaluación, asignación o conservación de los recursos hídricos. En dicho informe se menciona que la gobernabilidad del agua se puede mejorar con una gestión más efectiva del agua y de los usos actuales y futuros, además de una mayor información a los usuarios, a las partes interesadas, y a los responsables de la toma de decisiones sobre las consecuencias de las acciones que se acaten (o no) para tratar estos problemas. Sabemos que las actividades agropecuarias son la base de la alimentación y de la sobre vivencia para el hombre, por ello, cada una de sus áreas o disciplinas de estudio e investigación, deben fortalecerse para producir más con menos recursos y a un menor costo. Dado a la estrecha relación en uso, administración y preservación del recurso hídrico en los riegos, es necesario realizar más estudios para implementar los avances tecnológicos (Cisneros, 2003)

#### **2.2.2.5. Programación de riego: Glez (2013),**

Define a la programación de riego como una metodología que permite determinar el nivel óptimo de riego a aplicar en los cultivos. Esta consiste en establecer la frecuencia (¿cuándo regar?), y tiempo de riego (¿cuánto regar?) de acuerdo a las condiciones edafo - climáticas (perteneciente o relativo al suelo y clima) del predio. Una apropiada programación del riego permite optimizar el uso del agua y maximizar la producción y

calidad de los productos agrícolas. Así mismo, señala que para programar el riego es esencial estimar tanto el agua que consumen los cultivos o su evapotranspiración y la cantidad de agua que puede almacenar el suelo explorado por las raíces del cultivo.

**Cisneros R. (2003)**, menciona que el calendario o programación de riego, será útil para informar cuando menos los siguientes puntos:

- N° de riegos por aplicar al cultivo
- Intervalos entre riegos
- Láminas de requerimiento de riego
- Láminas netas de riego

### **2.2.3. Teoría 3. Caracterización de los polímeros.**

#### **2.2.3.1. Polímeros para la retención de agua en el suelo:**

Actualmente se desperdician altas cantidad de agua por infiltración, la cual se puede disminuir con el uso de polímeros en el suelo. En 2010, Cabildo, Claramunt, Cornago, Escolástico, Esteban, Farrán, García, López, Pérez, J. Pérez, M. Gutiérrez, y Sanz, hacen mención sobre la importancia de los polímeros súper absorbentes, como componente de muchos productos siendo su principal aplicación en pañales desechables. No obstante, desde hace unos 20 años se han realizado ensayos que demuestran que su uso extensivo mejora la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por tanto el desarrollo de las plantas. De esta forma al mezclarse el polímero con el suelo se consigue, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, y por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma. Consiguiendo mejorar la actividad biológica y aumentar la producción del suelo. Además, la utilización de polímeros también produce una mejora de la estructura del suelo y de la aireación del mismo.

### 2.2.3.2. ¿Qué es un Polímero?

Los polímeros son macro moléculas cuyo elevado tamaño se ha conseguido por la unión de moléculas más pequeñas, llamados monómeros. El polímero se consigue uniendo estas pequeñas moléculas una a continuación de otra, a modo de eslabones de una cadena. El número de eslabones o unidades de monómero se denomina grado de polimerización y el proceso por el cual se realiza esta unión, polimerización, esto según Díaz, Espí, Fontecha, Jiménez, López y Salmerón. (2001).

Aunado a esto, aclaran que si el polímero está formado por una única especie o monómero se denomina fotopolímero, mientras que si en el polímero se unen más de un tipo de monómero se llama copolímero. Casi toda la totalidad de los monómeros que se utilizan industrialmente se obtienen del petróleo.

Por otro lado, Besednjak (2009), explica etimológicamente la palabra polímero proviene del griego y significa "muchos miembros o partes". Por lo que, al definirlo químicamente se expone como un material construido por grandes moléculas, las cuales se forman por la secuencia repetitiva de otras más pequeñas o agrupaciones de partículas de átomos simples. Aquellas que dan origen a los polímeros reciben el nombre de monómeros, los cuales se encuentran en el carbono siendo rentable su extracción desde el petróleo, carbón y gas natural.

Por lo tanto, un polímero es un compuesto de varias moléculas que individualmente son llamados monómeros que puede abarcar desde estructuras orgánicas como las proteínas, algodón, caucho natural, etc. e inorgánicas como los plásticos.

### **2.2.3.3. ¿Cómo funcionan los polímeros absorbentes?**

El mecanismo por el que los polímeros son capaces de absorber tanto volumen de soluciones acuosas no es solamente físico, sino que depende de su naturaleza química.

Entre las fuerzas que contribuyen a su hinchamiento son la energía libre de mezcla y la respuesta elástica del entrecruzamiento, aunque también existen polímeros que presentan en su estructura unidades ionizables, es decir que presentan forma de iones. Así, cuando un polímero de estas características se introduce en un medio acuoso, las unidades iónicas se disocian y crean una densidad de carga a lo largo de las cadenas y una elevada densidad de iones en el gel. Este carácter iónico produce unas nuevas fuerzas que condicionan el hinchamiento. Por un lado, la diferencia entre la concentración de iones entre el gel hinchado y la solución externa produce una presión osmótica, es decir la fuerza que debe aplicarse sobre una solución cuando se necesita frenar el flujo por medio de una membrana de características semipermeables, que sólo puede reducirse a través de la dilución de carga, es decir, por el hinchamiento del gel, y por otro, la densidad de carga neta entre las cadenas genera repulsiones electrostáticas que tienden a expandir el gel, lo que contribuye al hinchamiento. (Cabildo et al, 2010)

En síntesis, el funcionamiento de estos polímeros comienza en su estado seco donde su estructura molecular es similar a un ovillo rizado, que al entrar en contacto con el agua causa que esta se despliegue y endurezca; aumentando así la viscosidad del líquido circulante.

### **2.2.3.4. Tipos de Polímeros:**

No existe una clasificación única para los polímeros, esto se debe a las distintas propiedades que poseen.

Una de las tipificaciones más sencillas para lograr distinguirlos se encuentra en su origen, la cual (Ríos, 2010), explica a continuación:

- **Naturales:** Son aquellos procedentes directamente del reino vegetal o animal, así como la seda, lona, algodón, celulosa, almidón, proteínas, caucho natural (látex o hule), ácidos nucleicos, como el ADN, entre otros.

- **Sintéticos:** Son los transformados o "creados" por el hombre. Están aquí todos los plásticos, los más conocidos en la vida cotidiana son los nylon, el polietileno, el polícloruro de vinilo (PVC), etc.

- **Semi sintéticos:** Son aquellos que se obtienen por transformación de polímeros naturales. Por ejemplo, el nitro celuloso, caucho, llantas de automóviles o el caucho vulcanizado.

De esta forma, la variedad de propiedades físicas y químicas de estos compuestos permiten aplicarlos en construcción, embalaje, industria automotriz, aeronáutica, electrónica, agricultura y medicina.

#### **2.2.3.5. Propiedades de los polímeros:**

Beltrán y Marcilla (2012), mencionan que, a pesar de las grandes diferencias de su composición y estructura, hay una serie de propiedades comunes a todos ellos que los distinguen de otros materiales. Comenzando con la densidad, la cual es relativamente baja y se extiende desde 0.9 hasta 2.3 gr/cm<sup>3</sup>. Esto se debe fundamentalmente a que los átomos que los componen son ligeros y con una separación relativamente grande. Permitiendo un fácil manejo y otorgándoles una ventaja al realizar diseños, en donde el peso sea una limitante.

Por otro lado, la conductividad térmica es otra de las características que los autores consideran; ocasionada por la ausencia de electrones libres que tiende a ser sumamente pequeña. Generando un inconveniente durante su transformación, provocada por su lenta absorción de calor así como en su eliminación que muchas veces resulta costosa. No obstante, su aplicación térmica es una cualidad que permite ser utilizado como aislante térmico.

En cuanto a su conductividad eléctrica, presenta una alta resistencia a ella por lo que son utilizados como aislantes en aparatos y conducciones que funcionan con corriente o la transportan.

Así mismo, las propiedades ópticas son otro de los parámetros que los autores toman en cuenta, dado a que los polímeros sin aditivos por lo general son bastantes traslucidos, aunque esta propiedad se encuentra fuertemente influida por la cristalinidad del material. Los polímeros amorfos resultan transparentes mientras que los translúcidos son opacos. Esto ocasionado por las zonas cristalinas dispersoras de luz, evitando su libre trasmisión, dando lugar a translucidez u opacidad exceptuándose cuando se orienta a secciones muy finas.

Por el contrario, en los polímeros amorfos el acomodo al azar de sus moléculas no causa difracción de la luz importante, permitiendo una transparencia muy buena y transmitancia de luz superior al 90 %.

La resistencia química que presenta está fuertemente influenciada por el grado de cristalinidad. En los polímeros cristalinos los disolventes pueden atacar ligeramente la superficie del polímero, que tiene una menor cristalinidad. Cuando se aplica un esfuerzo las grietas producidas no se propagan una vez que llegan a las zonas cristalinas.

Los polímeros amorfos presentan una mayor solubilidad que los cristalinos. Los disolventes atacan al polímero formando pequeñas grietas que se extienden por todo el polímero cuando se aplica un esfuerzo por pequeño que sea.

#### **2.2.3.6. Ventajas y desventajas:**

Entre algunas de las ventajas que presentan los polímeros, Cabildo et al. (2010) mencionan los siguientes:

Tienen una gran inercia química y, en consecuencia, no son atacados ni por los ácidos ni por las bases ni por los agentes atmosféricos.

- Son muy resistentes a la rotura y al desgaste
- Tienen una gran elasticidad
- Se tiñen fácilmente en todos los colores.
- Son poco densos
- Se obtienen fácilmente y son relativamente baratos.
- Pueden fundirse y usarse para producir otros productos
- Así mismo, Pérez, Peñata, Parejo y Osorio (2013), señalan algunas de sus desventajas, como:
  - Si bien es una ventaja que pueden fundirse, también el plástico ardiendo puede liberar gases tóxicos.
  - El reciclado es una ventaja, pero hacerlo es muy caro
  - Algunos polímeros pueden tardar 100 años en degradarse.

Este último es discutible. Si bien la alta durabilidad de los polímeros puede ser provechosa en algunos casos solo terminan contaminando. Un claro ejemplo es una bolsa de plástico.

#### **2.2.3.7. Recomendación en su uso en la agricultura:**

En los últimos años, debido sobre todo a las posibilidades comerciales que presentan estos compuestos, se ha desarrollado un importante trabajo de investigación sobre estos materiales, lo que ha derivado en la obtención de polímeros súper absorbentes usados en nuevas y diversas aplicaciones. Así, se están fabricando productos con estos polímeros que ya forman parte de la vida cotidiana, y que van desde pañales hasta productos para agricultura, la industria alimentaria, o las telecomunicaciones, entre otros.

Pese a que su uso está enfocado principalmente en los plásticos para los invernaderos, su aplicación con los polímeros súper absorbentes tiene poco tiempo de implementación.

Desde hace unos 20 años se están realizando ensayos que demuestran que el uso extensivo de polímeros súper absorbentes mejora la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por tanto el desarrollo de las plantas (Van Cotthem et al. 1991). Al mezclarse el polímero con el suelo se consigue, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego, al perderse menor cantidad de agua por filtración, y por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma. Estos dos factores son suficientes para mejorar la actividad biológica y aumentar la producción del suelo (Azzam, 1993). Además, la utilización de polímeros también produce una mejora de la estructura del suelo y de la aireación del mismo. Así, el uso de este tipo de polímeros permitiría, por ejemplo, la recuperación de zonas semiáridas o terrenos de cultivos abandonados y poco fértiles

cuando se emplea de forma extensiva. También se han utilizado, mezclándolos con abonos, en campañas de reforestación, donde proporcionan a los plántones una reserva de agua para las primeras fases (las más críticas) de su adaptación al terreno, permitiendo una disminución en la cantidad de agua empleada en el riego o bien, un mayor espaciado de los mismos, con el consiguiente ahorro de agua y dinero que ello supone (Estrada, 2006)

Aun así, los elevados costos de esta tecnología deben de analizarse de manera cuidadosa, especialmente en zonas donde la disponibilidad de agua es nula. Como se ha mencionado, son pocas las investigaciones de estos hidrogeles, además, la mayoría se han realizado en sustratos, siendo sólo la investigación de Bórquez et al (2013) la única probada en campo; dejando desconocida la cantidad adecuada a emplear para justificar la inversión.

#### **2.2.3.8. Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables a la agricultura.-**

Por su importancia en la agricultura y la recuperación de terrenos por falta de agua, en los laboratorios de películas delgadas y nanotecnología de la Universidad Iberoamericana Ciudad de México, se dieron a la tarea de buscar un nuevo hidrogel capaz de retener agua y que además sea biodegradable. Esta propiedad de ser biodegradable es una innovación tecnológica en el desarrollo de este tipo de polímeros, ya que los hidrogeles actuales no son biodegradables y al terminar su vida útil hay que retirarlos de la tierra. El hacer que el hidrogel sea biodegradable resuelve el problema de tener que retirarlo de la tierra cuando termina su vida útil, ya que gracias a esta propiedad se reincorpora a la tierra y tiene, en ella, la función de composta (Ackerman *et al*, 2012)

Los biopolímeros comúnmente usados en la elaboración de películas son carbohidratos, proteínas, almidón y pectina. El uso de polímeros biodegradables para empaçado ofrece una alternativa y una solución parcial al problema de acumulación de residuos sólidos provenientes de los polímeros sintéticos (Nava *et al*, 2009)

Debido al potencial comercial que presentan, en los últimos años se ha desarrollado un importante trabajo de investigación sobre ellos, lo cual ha derivado en la obtención de polímeros hidroabsorbentes aptos para usarse en nuevas y diversas aplicaciones (Estrada *et al*, 2010).

#### **2.2.3.9. Características físicas y químicas de los retenedores de Agua**

La estructura de los hidrogeles o microgeles son macromoléculas intermolecularmente entrecruzadas de tamaño coloidal, funcionalmente tienen la habilidad de hincharse y deshincharse frente a un disolvente adecuado como respuesta a ciertos factores externos como: Temperatura, pH, fuerzas iónicas, campos eléctricos (Echevarría, C., Mijangos, C., 2008)

La capacidad del hidrogel de absorber agua y proporcionarla lentamente a las raíces de la planta mejora algunas características del suelo, tales como retención y disponibilidad del agua, aireación y disminución de compactación. Es utilizado en diversos sectores, como la agricultura y la arquitectura paisajística, logrando reducir el consumo de agua hasta en un 50 % (Idrobo, Rodríguez y Díaz, 2010)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales.

##### 3.1.1. Materiales e insumos

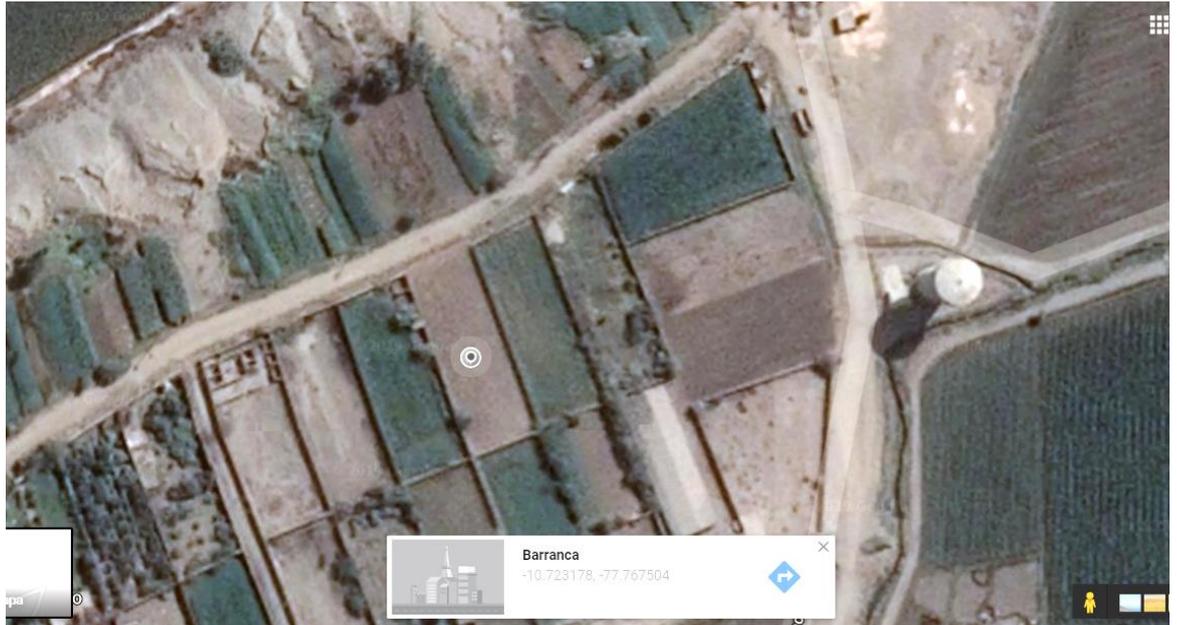
- Cordeles
- Wincha
- Cinta métrica
- Polímero Poliacrilato de potasio (lluvia solida)
- Semilla de maíz (INIA 619 – MEGA HIBRIDO) “Vista Florida”
- Fertilizantes.
- Herbicidas y plaguicidas.

##### 3.1.2. Equipo

- Sensores de humedad
- Bombas de fumigar tipo mochila
- Wincha
- Sensores de pH
- Balanza electrónica
- Ordenador e impresora
- Cámara fotográfica

##### 3.1.3. Ubicación del campo experimental.

El campo experimental está ubicado en el sector agrícola “*La Florida*”, de la Comite de Usuarios Arguay, Junta de Usuarios del Valle Pativilca, Provincia de Barranca, siendo su ubicación en coordenadas geográficas la siguiente: latitud 10.72°, longitud 77.76°, altura 81 m.s.n.m. Su ubicación en coordenadas UTM (GWS 84), Este = 197270 y Norte = 8813294.



**Figura 1. Vista panorámica del terreno donde se llevó a cabo el ensayo.**  
Fuente: Google Maps



**Figura 2. Vista panorámica del campo experimental.**  
Fuente: Archivos gráficos del tesista.

### 3.2. Metodología.

#### 3.2.1. Instalación de Unidades Experimentales (U.E.)

Cada U.E. se diseñó en función a 4 surcos con distanciamiento de 0.80 m. y longitud de 5.00 m, haciendo un área total por U.E. de 16.00 m<sup>2</sup>; se utilizaron 20 U.E. con un área neta de 256 m<sup>2</sup>. Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones.

**Tabla 1. Distribución de las U.E. en campo según dosis de polímero**

BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV
T2	T3	T2	T4
T1	T0	T4	T2
T4	T1	T1	T0
T3	T4	T3	T3
To	T2	T0	T1

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.2. Límites Hídricos del suelo:

La Capacidad de Campo (CC) se obtuvo aplicando el método de campo; el Punto de Marchitez Permanente (PMP), se ha calculado por el método propuesto por García P. *et al* (2012), según fórmula:

$$\%PMP = \%CC * 0.74 - 5 \quad (1)$$

Considerando que la mayor concentración de raíces absorbentes se localizó a la profundidad de 25 a 30 cm, se elaboró la Tabla 4 que indica los valores promedios de humedad gravimétrica que permitieron calcular la lámina de agua de riego según la frecuencia establecida.

**Tabla 2. Límites hídricos del suelo.**

Profundidad (cm)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		
	MÉTODO GRAVIMETRICO		HUMEDAD VOLUMÉTRICA
	CC	PMP	Dap g/cm <sup>3</sup>
0.0 - 30.0	32.51	19.06	1.29

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3. Control teórico de lámina y tiempo de riego por U.E.

La lámina y el tiempo de riego, se calcularon teniendo en cuenta las siguientes fórmulas:

$$L = (\theta_{cc} - ) * P_r \text{ (mm)} \text{ ----- (2)}$$

**Donde:**

L= lámina de agua de riego teórico para reponer la humedad hasta 40 cm de profundidad radicular.

P<sub>r</sub>= Profundidad (mm)

$$T_r = (L * A)/Q \quad (\text{min}) \quad (3)$$

**Donde:**

T<sub>r</sub> = tiempo de riego teórico (min.)

L = lámina calculada con ecuación (6) en mm

A = área de unidad experimental (16 m<sup>2</sup>)

Q = caudal de riego estimado en función al tipo de aforador que se va a utilizar, en l/s o m<sup>3</sup>/s.

La lámina de agua teórica (2), se calculó teniendo en cuenta los horizontes formativos del perfil del suelo (de 0 a 30 cm), y la profundidad máxima radicular a humedecer hasta la capacidad de campo (40 cm), de tal manera que la lámina de agua a reponer en cada riego, debe ser de 52.0 mm.

El tiempo de riego (3) teórico por unidad experimental, considerando un caudal de 2.5 l/s, resultó ser de 7.47 minutos, habiéndose cumplido con los tiempos requeridos en cada riego.

### 3.2.4. Preparación e instalación de Dosis de Poliacrilato de Potasio.

Se prepararon todas las dosis pre establecidas en el diseño, guardando este producto en bolsas de papel para su traslado definitivo a campo, donde se instaló manualmente a la profundidad de 30 cm de la superficie del surco. Se utilizaron 1.472 kg del polímero “*lluvia sólida*”. Ver Tabla 3.

**Tabla 3. Cantidad de polímero Poliacrilato de potasio según tratamientos.**

Tratamiento	Dosis (kg/ha)	Área de U.E. (m <sup>2</sup> )	Nº de U.E.	Cantidad polímero (kg)
T0	0	16	4	0
T1	40	16	4	0.256
T2	50	16	4	0.320
T3	60	16	4	0.384
T4	80	16	4	0.512
<b>TOTAL</b>				<b>1.472</b>

Fuentes: Elaboración propia.

Para la aplicación del polímero se preparó en gabinete la dosis para cada golpe, que se guardó en bolsitas de papel listo para el momento de la siembra. Para el tratamiento T1 por cada golpe se aplicó 1.6 g, para el T2 se aplicó 2.0g, para el T3 2.4g, y para el T4 3.2g.

### 3.2.5. Control de caudales y tiempos de riego.

Se utilizó un aforador portátil tipo *vertedero triangular*, de fabricación casera, el que fue instalado en el canal de ingreso de la parcela experimental con lo que se calculó el caudal de riego por U.E y se anotó los tiempos en que el agua de riego prácticamente llenaban los surcos, tiempo superior y suficiente al tiempo teórico, ya que cada U.E. se regaba entre 8 a 10 minutos, tiempo suficiente para humedecer el perfil del suelo hasta los 40 cm de profundidad en cada frecuencia de riego.



Figura 3. Aforador tipo vertedero Triangular, registrando ingreso de agua a la parcela experimental

La ecuación general que gobiernan estos equipos es la siguiente:

$$Q = (8/15) * C_d * (2g)^{1/2} \tan(\Theta/2) * H^{5/2} \quad (4)$$

Para el presente caso  $\Theta = 90^\circ$ , se considera  $C_d = 0.593$

Agrupando las constantes en una sola se obtiene la ecuación

$$Q = 1.4 * H^{5/2} \quad (5)$$

Donde:

H = profundidad de agua (m)

Q = caudal en m<sup>3</sup>/s

### **3.2.6. Tratamientos y Frecuencias de riego:**

Se estudiaron cuatro (04) tratamientos de dosis de Poliacrilato de potasio o “*lluvia sólida*”:

To = testigo 0.0 Kg/ha

T1 = dosis de 40 kg/ha

T2 = dosis de 50 kg/ha

T3 = dosis de 60 kg/ha

T4 = dosis de 80 kg/ha

La frecuencia de riego se determinó tomando como punto de partida los usos y costumbres del momento de riego de los agricultores de este sector, es decir, que la línea base fue a partir de los 25 días. Por lo tanto:

Frecuencia de riego: 25 días

### **3.2.7. Programación de riegos.**

A partir del día 15 de abril que se dio el riego general, se iniciaron los controles de los tiempos para los riegos programados según se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 4. Programación mensual según frecuencias de riego**

Programación de riego		
Riego N°	Fechas de riego	Frecuencia de riego (días)
1	Abril 15, 2019	25
2	Mayo 10, 2019	25
3	Junio 04, 2019	25
4	Junio 28, 2019	25
5	Julio 23, 2019	25
6	Agosto 17, 2019	25

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.8. Control de la Humedad del suelo:

Se hicieron controles de la humedad del suelo a la profundidad de 25 cm, utilizando el método gravimétrico corroborado con la medición directa utilizando sensores analógicos. Este control de humedad se hizo en forma progresiva para cada frecuencia de riego.

Fórmula a utilizar:

$$\%W = \frac{(P_w - P_s) * 100}{P_s} \quad (6)$$

Donde:

%W = contenido de humedad en base a masa

P<sub>w</sub> = peso húmedo de muestra de suelo (gr)

P<sub>s</sub> = peso seco de muestra de suelo (gr)

### **3.2.9. Período vegetativo del Maíz Amarillo Duro “Mega Híbrido”.**

El período vegetativo del cultivo de Maíz Amarillo Duro “Mega Híbrido”, fue de 150 días, considerados a partir del día de la siembra que fue el 21 de abril del año 2018. A partir de entonces se considera 4 fases o etapas de desarrollo conforme se indica a continuación.

- Fase inicial: del 21 de abril al 26 de mayo: 30 días
- Fase de desarrollo: del 21 de mayo al 30 de junio: 40 días
- Fase media: del 01 de julio al 19 de agosto: 50 días
- Fase de maduración: del 20 de agosto al 19 de setiembre: 30 días.

### **3.2.10. Manejo Agronómico**

#### **Siembra.**

Después de la preparación del terreno: Barbecho, rastraje y surcado, la siembra se realizó el 21 de abril del 2018. La emergencia empezó el sexto día y al octavo día se llegó al 100 %. Se utilizó semilla certificada del INIA. Figura 4.



Figura 4. Semilla certificada de Maíz Amarillo Duro Mega Híbrido.

### **Desahíje.**

Cuando las plantas tenían entre 15 a 20 cm se realizó el desahíje, especialmente en aquellos donde emergían más de tres plántulas, dejando sólo tres plantas por golpe, con la finalidad de uniformizar la competencia entre ellas.

### **Aporque.**

El aporque se realizó después de la segunda fertilización, utilizándose caballos aradores.

### **Deshierbo y control de plagas.**

#### **1. Deshierbo.**

Se hizo de forma manual y oportuna. En cuanto a las malezas, la más importancia ha sido el “paco yuyo”, “amor seco”, el “culantrillo” y la “grama china” (*Elytrigia repens*), fueron eliminadas oportunamente.

## **2. Control de plagas: aplicación de pesticidas.**

Como preventivo se aplicó el producto VORTEX, para controlar el gusano de tierra. De igual manera se tuvo que controlar la aparición del gusano cogollero utilizando SKIRLA + LARVIS, se controló la evolución de este gusano y posteriormente se aplicó DIPTER con la finalidad de controlar y eliminarlo al gusano.

## **3. Fertilización.**

El abonamiento se realizó con el fertilizante MOLIMAX (20-20-20), aplicado en dos oportunidades, la primera cuando la planta presentaba dos a tres hojas y la segunda 30 días después, teniendo en cuenta que esta es la forma como los agricultores de esta zona aplican su fertilizante al cultivo de maíz.

## **4. Cosecha.**

Posiblemente debido a que las temperaturas de verano con el invierno no han sido muy diferenciadas como en otros años, el cultivo a los 130 días ya estaba en etapa de maduración, sus hojas estaban amarillentas y la mazorca empezó a secarse. Entonces se procedió al corte del agua de riego, como el campo era pequeño se dejó secar por 20 días más en la misma planta, fecha en la que se procedió a la cosecha manual. Por lo tanto, el período vegetativo ha sido de 150 días.

### **3.2.11. Análisis de datos:**

El análisis estadístico corresponde a un Diseño Factorial de un Factor con efectos fijos, tal como se indican a continuación:

## DISEÑO FACTORIAL DE UN FACTOR

El diseño experimental que más se ajusta a los objetivos de la investigación es el

Diseño Completo al Azar con 4 repeticiones

**Modelo estadístico:**

$$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}; \quad i=1,2,3,4; \quad j=1,2,3,4.$$

Donde:

**$y_{ij}$** : es el valor de la variable respuesta (rendimiento de manzano kg/ha.) en el nivel  **$i$**  del factor A, en su  **$j$** -ésima repetición.

**$\mu$** : es la gran media  $\bar{\mu}$

**$t$** : es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (niveles de Polimero: 0, 110, 120, 140 Kg/Ha.)

**$e_{ij}$** : es el error experimental del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición.

Numero de repeticiones  $r = 4$

Número de unidades experimentales  $n=20$

Frecuencia de riego  $fr= 25$  días

**Tabla 5. Análisis de varianza para el diseño factorial de un factor, modelo con efectos fijos.**

Fuentes de Variación	Grados de Libertad (gl)	Sumas de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Fc
Tratamientos	$t - 1$	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_{i\bullet}^2}{r_i} - TC$	$\frac{SC(\text{Trat})}{gl(\text{Trat})}$	$\frac{CM(\text{Trat})}{CM(\text{Error})}$
Error Experimental	$r_{\bullet} - t$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{r_i} Y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^t \frac{Y_{i\bullet}^2}{r_i}$	$\frac{SC(\text{Error})}{gl(\text{Error})}$	
Total	$r_{\bullet} - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{r_i} Y_{ij}^2 - TC$		

Fuente: Elaboración propia

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Caudales promedios utilizados en cada riego según la frecuencia por Unidad Experimental (UE).

La Tabla 6, muestra el resumen de los caudales promedios que se han utilizado en cada riego y frecuencia por Unidad Experimental. Ver Foto 3.

**Tabla 6. Caudales promedios por riego según frecuencia y U.E.**

Frecuencia Riego (días)	Número de riego	Caudal riego (lps)
25	1 (RG*)	2.35
5	2	2.50
25	3	2.75
25	4	3.25
25	5	3.70
25	6	2.95

Fuente: Elaboración propia

Los caudales de riego en cada U.E. se han controlado con aforadores tipo vertedero triangular, según se indican en las Tabla 6.

#### 4.1.1. Láminas y volúmenes de agua utilizados según frecuencias de riego.

La lámina de agua de control para satisfacer la profundidad de humedecimiento de 30 cm, que es donde se concentra la mayor cantidad de pelos absorbentes del cultivo de maíz, ha sido calculada según los límites hídricos del suelo (CC y PMP) y ha sido de 52.0 mm.

La lámina promedio de agua que se ha aplicado en cada riego, se indica en la Tabla 6, donde se puede comprobar que sí se han satisfecho las demandas de humedecimiento en cada riego.

En la Tabla 8 se muestran los volúmenes de agua utilizados en cada frecuencia de riego, es decir, que es la cantidad de agua que se les ha aplicado durante toda la campaña

y con los cuales se han obtenido rendimientos importantes en condiciones de baja disponibilidad del recurso hídrico.

**Tabla 7. Lámina promedio de riego por U.E. y por frecuencia de riego**

<b>Frecuencia de riego (días)</b>	<b>Lámina promedio de riego por U.E. (mm)</b>
25	96.89

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8. Volumen de agua utilizado según frecuencia de riego.**

<b>Frecuencia (días)</b>	<b>Volumen de riego (m<sup>3</sup>/ha)</b>
25	5813.44

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2. Uso de sensores y control de humedad volumétrica:**

Durante este trabajo, se usaron dos sensores eléctricos de humedad los mismos que se introducían al costado de la planta para determinar cómo iba variando la humedad del suelo a la profundidad de 30 cm.

**Tabla 9. Cálculo de láminas de agua según frecuencia de riego de 25 días.**

Frecuencia de Riego (días)	Orden de Riego	Tiempo promedio de riego (min)	Área de la U.E. (m <sup>2</sup> )	Caudal medido	Lámina agua calculada en función a los límites hídricos del suelo en (mm) y hasta los 40 cm de profundidad	Lámina de agua aplicada en cada riego (mm) por U.E.	Lámina de Agua (m <sup>3</sup> /ha)
25	1* (RG)	10.00	16	2.35	52.00	88.13	881.25
	2	8.00	16	2.50	52.00	75.00	750.00
	3	8.50	16	2.75	52.00	87.66	876.56
	4	9.00	16	3.15	52.00	106.31	1063.13
	5	9.50	16	3.50	52.00	124.69	1246.88
	6	9.00	16	2.95	52.00	99.56	995.63
<b>TOTAL AGUA APLICADA</b>						<b>581.34</b>	<b>5,813.44</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3. Rendimiento de maíz amarillo duro según frecuencia de riego y tratamientos.

La Tabla 10, indica los rendimientos promedios obtenidos de maíz amarillo duro Mega Híbrido INIA 619 que han expresado en kg/ha.

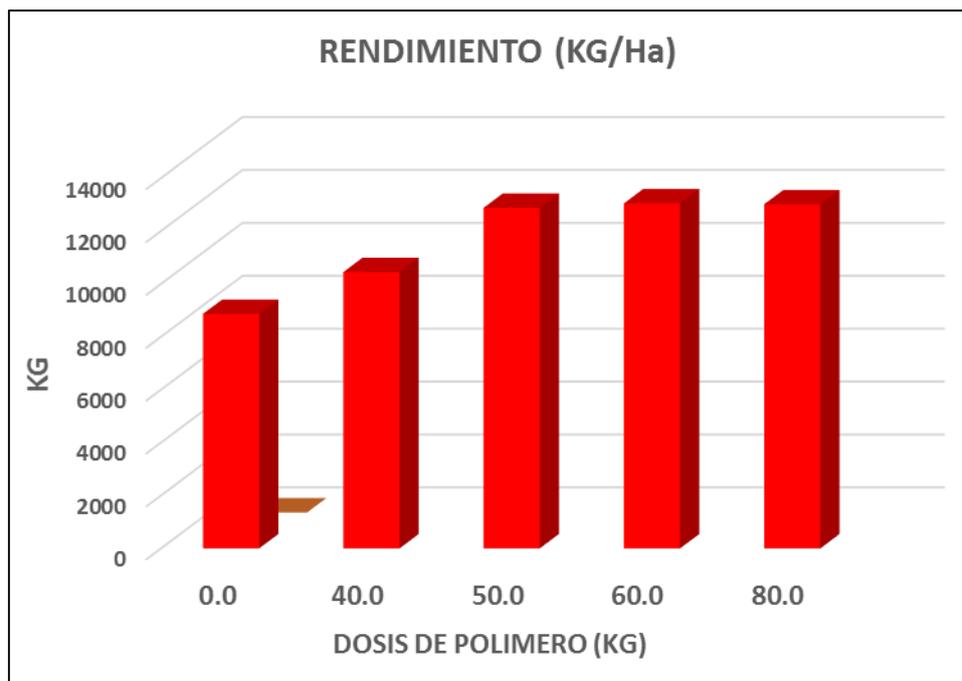
**Tabla 10. Rendimientos promedios de M.A.D. Mega Híbrido.**

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTOS	FRECUENCIA RIEGO
	(Kg/ha)	(días)
To	8867	25
T1	10422	25
T2	12813	25
T3	13016	25
T4	13008	25

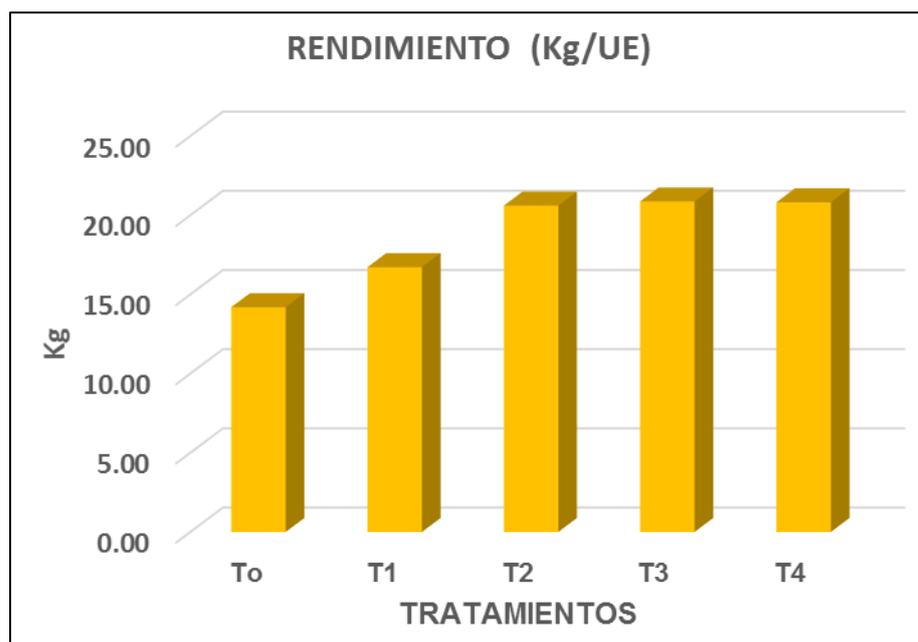
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se expresa el rendimiento de los tratamientos en kg/ha, notándose que con la aplicación del polímero poliacrilato de potasio se incrementa sustancialmente la producción de maíz.

La figura 5 muestra gráficamente la variación del rendimiento del maíz duro amarillo como consecuencia de la aplicación del polímero, notándose que existe diferencia sustancial entre el testigo y los tratamientos, pero se evidencia la poca diferenciación entre las dosis de 50, 60 y 80 kg/ha



**Figura 5. Gráfico de barras del rendimiento en función de la dosis**



**Figura 6. Rendimiento a nivel de las unidades experimentales**

En la figura 6 se nota la influencia del polímero aplicado a las unidades experimentales (UE), se advierte el incremento del rendimiento con respecto al testigo.

#### 4.4. Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico del diseño Factorial de dos factores fijos, se ha utilizado el Software “*Statistical Product and Service Solutions*” mejor conocido como SPSS. Es a través de esta herramienta de trabajo que se ha hecho el análisis de variancia para el rendimiento del Maíz en Kg, obtenido de toda la superficie de cada Unidad Experimental (UE)

Es preciso señalar que se han realizado las comparaciones múltiples entre el testigo y los tratamientos, así como entre todos los tratamientos.

También se han determinado los subconjuntos homogéneos, así como el diagrama de cajas y bigotes.

El análisis general es el siguiente:

##### 4.4.1. Análisis de varianza

###### A. Rendimiento y desviación típica

**Tabla 11. Rendimiento en las unidades experimentales**

Tratamiento	Media	N	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Varianza
T0	14,1875	4	,20156	13,90	14,35	,041
T1	16,6750	4	,54391	15,95	17,25	,296
T2	20,5000	4	,49666	19,90	21,10	,247
T3	20,8250	4	,55453	20,15	21,50	,308
T4	20,8125	4	,34004	20,45	21,15	,116
Total	18,6000	20	2,80549	13,90	21,50	7,871

Fuente: Elaboración propia

Como se visualiza en la tabla 11, el máximo rendimiento 21.50 kg/UE se obtiene con el tratamiento T3 que expresado en Tn/ha es 13.016

El mínimo rendimiento es 13.90 kg/UE que corresponde al testigo To que expresado en Tn/ha es 8.867. De forma análoga se detecta que la varianza mínima es 0.41, y la máxima es 0.308

## B. Anova

**Tabla 12. ANOVA de un factor**

<b>Rendimiento</b>						
	Suma	de	gl	Media	F	Sig.
	cuadrados			cuadrática		
Inter grupos	146,526	4		36,632	182,020	,000
Intra-grupos	3,019	15		,201		
Total	149,545	19				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se observa que la diferencia intergrupos es significativa, lo que corrobora a la preposición de la hipótesis.

### C. Pruebas post hoc

**Tabla 13. Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: Rendimiento

HSD de Tukey						
(I) DOSIS	(J) DOSIS	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
,0	40,0	-2,48750*	,31721	,000	-3,4670	-1,5080
	50,0	-6,31250*	,31721	,000	-7,2920	-5,3330
	60,0	-6,63750*	,31721	,000	-7,6170	-5,6580
	80,0	-6,62500*	,31721	,000	-7,6045	-5,6455
40,0	,0	2,48750*	,31721	,000	1,5080	3,4670
	50,0	-3,82500*	,31721	,000	-4,8045	-2,8455
	60,0	-4,15000*	,31721	,000	-5,1295	-3,1705
	80,0	-4,13750*	,31721	,000	-5,1170	-3,1580
50,0	,0	6,31250*	,31721	,000	5,3330	7,2920
	40,0	3,82500*	,31721	,000	2,8455	4,8045
	60,0	-,32500	,31721	,840	-1,3045	,6545
	80,0	-,31250	,31721	,858	-1,2920	,6670
60,0	,0	6,63750*	,31721	,000	5,6580	7,6170
	40,0	4,15000*	,31721	,000	3,1705	5,1295
	50,0	,32500	,31721	,840	-,6545	1,3045
	80,0	,01250	,31721	1,000	-,9670	,9920
80,0	,0	6,62500*	,31721	,000	5,6455	7,6045
	40,0	4,13750*	,31721	,000	3,1580	5,1170
	50,0	,31250	,31721	,858	-,6670	1,2920
	60,0	-,01250	,31721	1,000	-,9920	,9670

Fuente: Elaboración propia

#### D. Subconjuntos homogéneos

**Tabla 14. Subconjuntos Homogéneos -Rendimiento**

DOSIS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
,0	4	14,1875		
40,0	4		16,6750	
50,0	4			20,5000
80,0	4			20,8125
60,0	4			20,8250
Sig.		1,000	1,000	,840

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se observa que se agrupan por subconjuntos los tratamientos T2, T3 y T4 ya que estos reportan rendimientos semejantes con poca diferenciación.

Como es de observarse en la tabla 14, en las comparaciones múltiples se determina que hay significancia en los tratamientos con respecto al testigo, así mismo se advierte que no hay significancia entre los tratamientos, la comparación entre el T2 con T3 y T4; cuando se compara T3 con T2 y T4, y al comparar T4 con T2 y T3.

#### E. Diagrama de caja y bigotes

En la figura 7, se grafica el rendimiento en kg/UE da cada tratamiento notándose que los rendimientos de los tratamientos T2, T3 y T4 son semejantes sin marcada diferencia entre ellos.

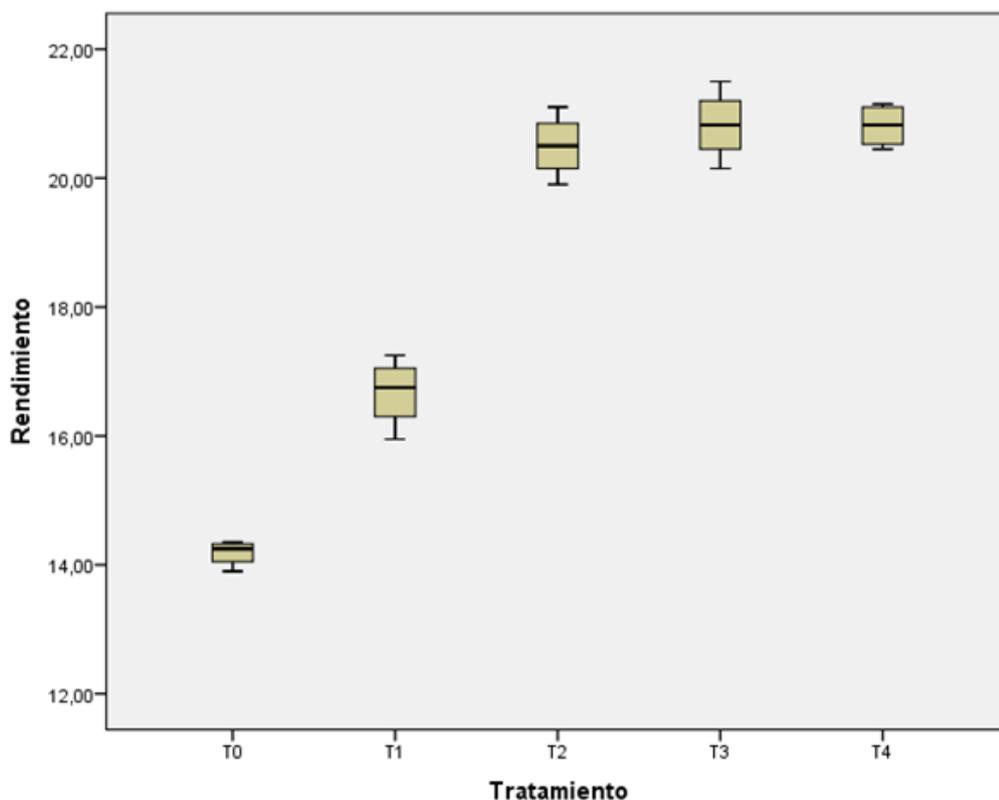


Figura 7. Diagrama de caja y bigotes

#### 4.5. Costos de producción.

Los costos de producción están referidos a los Gastos Indirectos y los Gastos Directos efectuados desde la limpieza, riego pesado, preparación del terreno con maquinaria, seguido de la instalación del polímero “*lluvia sólida*”, siembra, conducción y mantenimiento del cultivo hasta la cosecha final del Maíz Amarillo Duro – MEGA HIBRIDO INIA 619. Precizando que se han tomado en cuenta factores que muchas veces se deja de lado tales como el precio por el uso del terreno (alquiler), el interés sobre el capital que se destina para el cultivo del maíz.

También se ha costado el cultivo de maíz, con el componente de siembra y aplicación del polímero en forma mecanizada.

**Tabla 15. Costos de producción y utilidad: MAD-MEGA HIBRIDO INIA 619 sin aplicar “llovía sólida”**

<b>I. COSTO DIRECTO</b>	<b>S/.</b>
1.- PREPARACIÓN DE TERRENO	667.50
2.- SIEMBRA	210.00
3.- LABORES CULTURALES	1002.43
4.- INSUMOS	1666.07
4.- COSECHA	729.60
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>4275.60</b>
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>	
* ALQUILER DE LA TIERRA	1800.00
* GASTOS ADMINISTRATIVOS	85.51
* GASTOS FINANCIEROS	171.02
* ASISTENCIA TÉCNICA	85.51
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>2142.04</b>
<b>III. TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN</b>	<b>6417.64</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>0.68</b>
rendimiento Obtenido	8867.00
Precio de venta- en chacra	0.85
VBP	7536.95
Venta de Coronta/ha	200
<b>UTILIDAD</b>	<b>1319.31</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 15, los gastos efectuados para el cultivo de maíz, en la modalidad de siembra convencional, sin aplicación de la “llovía sólida” asciende a S/. 6417.64, lográndose un rendimiento de 8867 kg/ha, y un precio de venta en chacra de S/. 0.85/kg, obteniéndose un margen de utilidad de S/. 1,319.31/ha.

**Tabla 16. Costos de producción: MAD-MEGA HIBRIDO INIA 619 aplicando “lluvia sólida” manualmente, dosis 50 kg/ha**

<b>I. COSTO DIRECTO</b>	<b>S/.</b>
1.- PREPARACIÓN DE TERRENO	635.00
2.- SIEMBRA	390.00
3.- LABORES CULTURALES	1002.43
4.- INSUMOS	3666.07
4.- COSECHA	800.63
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>6494.13</b>
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>	
* ALQUILER DE LA TIERRA	1800.00
* GASTOS ADMINISTRATIVOS	129.88
* GASTOS FINANCIEROS	259.76
* ASISTENCIA TÉCNICA	129.88
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>2319.52</b>
<b>III. TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN</b>	<b>8813.65</b>
<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>0.68</b>
rendimiento Obtenido	12813.00
Precio de venta- en chacra	0.85
VBP	10891.05
Venta de Coronta/ha	200
<b>UTILIDAD</b>	<b>2277.40</b>

Fuente: Elaboración propia

Bajo estas condiciones los gastos efectuados para el cultivo de maíz, en la modalidad convencional, con aplicación manual de la “lluvia sólida” han sido del orden de S/. 8813.65, con un rendimiento de 12813kg, y un precio de venta en chacra de S/. 0.85/kg, obteniéndose un margen de utilidad de 2277.40 conforme se analiza en la tabla 15.

Con el propósito de bajar los costos de siembra y aplicación del polímero en el cultivo del maíz, se realizó un costo proyectado con el uso de maquinaria agrícola, que

básicamente comprende adaptar una sembradora de maíz para que en una sola operación, deposite la semilla juntamente con el polímero.

En la tabla 16, observa que el costo de producción es S/. 8651.65, proyectando el mismo rendimiento que para la aplicación manual del polímero 12813 kg/ha, con precio de venta en chacra de S/. 0.85/kg, se obtiene un margen de utilidad de S/. 2439.40

**Tabla 17. Costos de producción: MAD-MEGA HIBRIDO INIA 619 aplicando “lluvia sólida” con maquinaria agrícola.**

<b>I. COSTO DIRECTO</b>	<b>S/.</b>
1.- PREPARACIÓN DE TERRENO	635.00
2.- SIEMBRA	240.00
3.- LABORES CULTURALES	1002.43
4.- INSUMOS	3666.07
4.- COSECHA	800.63
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>6344.13</b>
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>	
* ALQUILER DE LA TIERRA	1800.00
* GASTOS ADMINISTRATIVOS	126.88
* GASTOS FINANCIEROS	253.76
* ASISTENCIA TÉCNICA	126.88
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>	<b>2307.52</b>
<b>III. TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN</b>	<b>8651.65</b>
COSTO UNITARIO	0.68
rendimiento Obtenido	12813.00
Precio de venta- en chacra	0.85
VBP	10891.05
Venta de Coronta/ha	200
<b>UTILIDAD</b>	<b>2439.40</b>

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se observa que la utilidad es ligeramente mayor al que se obtiene cuando se siembra y se aplica el polímero en forma manual

#### **4.6. Rentabilidad del cultivo.**

En la presente investigación se hace un análisis del margen de rentabilidad del cultivo tanto en el tipo de siembra convencional, sin aplicación de lluvia sólida, cuando se aplica el polímero poliacrilato de potasio manualmente y, cuando se aplica el polímero con maquinaria agrícola

Es necesario precisar que el análisis de costos y rentabilidad se hace para una hectárea, ya que por los protocolos vigentes todo cálculo está referido a la superficie de una hectárea

En las tablas 18, 19 y 20 se detallan los componentes que intervienen para hallar la utilidad del cultivo, el que predomina es la producción expresado en kilogramos, le sigue el precio del producto o al momento la venta, asimismo influyen los costos directos e indirectos que al final determinan el costo de producción.

Es importante destacar que para este análisis se han mantenido constantes los factores como: kilogramos por hectárea semilla, cantidad de mano de obra en las diferentes actividades del proceso productivo, dosis de fertilización, horas maquinas en la preparación de suelos y cantidad de agroquímicos aplicados durante el período vegetativo del maíz.

**Tabla 18. Utilidad del cultivo sin aplicación de poliacrilato de potasio**

<b>CALCULO DE UTILIDAD</b>				<b>\$</b>		<b>S/.</b>	
TOTAL COSTO				1915.72	1915.72	6417.66	
COSTO UNITARIO			0.22 0.72	0.22			
rendimiento Obtenido		8867					
Valor Bruto de la Produccion (VBP)			0.25	2249.84			
Venta de Coronta/HA			59.70 200.00	200.00			
<b>UTILIDAD</b>				<b>534.11</b>		<b>1789.29</b>	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18, se aprecia que la utilidad obtenida sin aplicación del polímero poliacrilato de potasio es de S/. 1,789.29/ha como consecuencia de una baja producción de grano originado por la carencia de agua.

**Tabla 19. Utilidad del cultivo con aplicación manual de poliacrilato de potasio**

<b>CALCULO DE LA UTILIDAD</b>				<b>\$</b>		<b>S/.</b>	
COSTO UNITARIO			0.21 0.69	0.21			
Total Costo de Produccion					2630.95	8814	
Rendimiento Obtenido		12813					
Precio de venta- en chacra			0.25				
Valor Bruto de la Produccion (VBP)				3251.06	3251.06	10891	
Venta de Coronta/ha			59.70 200.00	59.70		200	
<b>UTILIDAD</b>					<b>679.81</b>	<b>2277</b>	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, se observa que la utilidad obtenida con aplicación manual del polímero poliacrilato de potasio es de S/. 2,277/ha como consecuencia de una mayor producción de grano originado por la disponibilidad de agua durante la fase vegetativa del cultivo.

**Tabla 20. Utilidad del cultivo con aplicación mecanizada de poliacrilato de potasio**

<b>CALCULO DE LA UTILIDAD</b>						
			\$	S/.	\$	S/.
COSTO UNITARIO			0.20	0.68	0.20	
rendimiento Obtenido	12813					
Total costo de produccion					2582.59	8651.68
Precio de venta- en chacra			0.25			
Valor Bruto de la Produccion (VBP)					3251.06	10891.1
Venta de Coronta/ha			59.70	200.00	59.70	200
UTILIDAD					<b>728.17</b>	<b>2439.37</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20, se observa que la utilidad obtenida con aplicación mecanizada del polímero poliacrilato de potasio es de S/. 2,439.37/ha como consecuencia de un menor costo de producción por la disminución en los costos directos, específicamente en el componente de la aplicación del polímero al momento de la siembra.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Control de lámina de agua aplicada en cada riego

El control de la lámina de agua que se aplicó en cada riego se registra en la tabla 9, correspondiente a la frecuencia de riego de 25, días, a 1 a profundidad de 30 cm, como se advierte la lámina real aplicada fue mayor a la lámina calculada, debido a la variación en el caudal de ingreso y al tiempo de riego.

A esta profundidad, los tratamientos con el polímero poliacrilato de potasio mantienen humedad por encima del PMP, la humedad gravimétrica tratamiento testigo (T0), es el único que cuya humedad está por debajo del PMP, lo que ha generado estados de estrés hídrico en la planta y consecuentemente ha incidido en el rendimiento, corroborándose la acción del efecto benéfico del Poliacrilato de potasio “*lluvia sólida*”

### 5.2. Del análisis estadístico.

#### 5.2.1. Análisis para las dosis y para el testigo.

Los resultados de la Tabla 13 permiten comparar y establecer el nivel de significancia estadística entre las dosis determinándose que no existen diferencias significativas al comparar las dosis T2 y T3, T2 y T4, T3 y T4, pero si se establece alto nivel de significancia al comparar la dosis T1 con las dosis T2, T3 y T4.

La significancia que se observa al comparar el testigo con las cuatro dosis de poliacrilato de potasio, demuestra que las UE con *lluvia solida* han mantenido niveles de humedad por encima del PMP en comparación con el testigo, lográndose una mayor producción, situación que ayuda mucho al pequeño agricultor en situaciones de escasas o sequía de agua de riego.

En la tabla 14, se visualiza el agrupamiento de subconjuntos homogéneos, lo que corrobora que entre las dosis T2, T3 y T4 el rendimiento es casi similar con escasa diferencia los mismos que se han agrupado en el subconjunto 3, en cambio en el rendimiento obtenido con T1 si existe diferencia notable con respecto a los demás tratamientos.

### **5.3. Costos de producción.**

Es preciso indicar que para los cálculos de los costos de producción bajo las tres modalidades siembra convencional sin poliacrilato potasio, cultivo convencional con aplicación manual de poliacrilato de potasio y cultivo con mención al con aplicación mecanizada de poliacrilato potasio, se han mantenido constantes los otros factores que inciden en el rendimiento del maíz amarillo duro.

Específicamente se han mantenido constante en los tres cálculos la cantidad de mano de obra para las diferentes labores culturales, se ha mantenido constante la cantidad de semilla por hectárea se ha mantenido constante los insumos como agroquímicos y fertilizantes en resumen solamente se ha variado el costo de aplicación del poliacrilato de potasio así como adicional como insumo el costo del polímero.

Analizando la tabla 15 se observa que el costo total de producción de maíz amarillo duro Mega híbrido sin aplicación del polímero poliacrilato de potasio asciende a S/. 6,417.64; asimismo analizando la tabla 18 se establece un margen de utilidad de S/. 1,789.29 por hectárea, monto promedio que se obtiene en la zona.

Observando la tabla 16 se observa que el costo total de producción de maíz amarillo duro Mega híbrido con aplicación manual del polímero poliacrilato de potasio asciende a S/. 8,813.65; asimismo analizando la tabla 19 se establece un margen de utilidad de S/.

2,277.00 por hectárea, cantidad que es mayor en S/. 487.71 al que se obtiene cultivando en forma convencional sin aplicación del polímero lluvia sólida.

Analizando la tabla 17 se observa que el costo total de producción de maíz amarillo duro Mega híbrido con aplicación mecanizada del polímero poliacrilato de potasio asciende a S/. 8,651.65; asimismo interpretando la tabla 20 se establece un margen de utilidad de S/. 2,439.37 por hectárea, cantidad que es mayor en S/. 162.37 al que se obtiene cultivando con aplicación manual del polímero lluvia sólida.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- El costo total de producción del MAD “Mega Híbrido-INIA 619”, en la modalidad de aplicación del polímero poliacrilato de potasio (50 kg/ha) en forma manual, ha sido de S/. 8,813.65; el mejor rendimiento del cultivo de maíz se consigue con la frecuencia de riego de 25 días y para la dosis de 50 kg/ha (T2), para comparar los beneficios de la aplicación mecanizada, se han formulado los costos totales de producción en base a “*aplicación manual*” y “*aplicación mecanizada*” para la instalación del polímero “*lluvia sólida*”, resultando ser: S/. 8,813.65 y S/. 8,651.65 respectivamente. Aparentemente es un costo elevado para el pequeño agricultor, pero que al mediano y largo plazo, sería favorable porque se compensaría con: utilizar menos agua para el cultivo, contar con los beneficios del polímero Poliacrilato de potasio “*lluvia sólida*” en el suelo, por lo menos durante ocho (08) años y obtener un rendimiento significativo bajo condiciones de limitada disponibilidad de agua de riego por gravedad.
- Del análisis del consumo de agua para los 4 tratamientos, y el testigo, nos permite afirmar que con un volumen de agua de 5813.44 m<sup>3</sup> por campaña, para una dosis de 50 kg/ha de polímero “*lluvia sólida*” se obtiene un rendimiento de 12,813 kg/ha de maíz amarillo duro, el que es significativamente mayor al que se obtiene con el testigo que es 8,867
- El requerimiento hídrico del cultivo de Maíz Amarillo Duro (MAD) Mega Híbrido INIA 619, ha sido de 5,813.44 m<sup>3</sup>/ha, para la frecuencia de riego de 25 días. El Poliacrilato de Potasio “*lluvia sólida*” ha tenido un efecto positivo en el rendimiento del maíz, ya que con un volumen de agua de 5,813.44 m<sup>3</sup>/ha, se ha obtenido un rendimiento de 13,015.63 kg/ha que representa aproximadamente un 41.87% menos del volumen de agua que se aplica en la zona.

## 6.2. Recomendaciones

- Repetir el experimento, utilizando una sembradora-abonadora de montaje integral en el tractor agrícola, con la variante de que en lugar de aplicar fertilizante se aplique el polímero “lluvia sólida” en chorro continuo.
- Replicar los ensayos con frecuencias de riego de 30 y 40 días, usando maquinaria agrícola para la siembra y aplicación del polímero poliacrilato de potasio.
- Iniciar experimentos de la aplicación del polímero poliacrilato de potasio en cultivos de frutales, tanto los que se hallan en producción, así como los que están en la fase de crecimiento.
- Realizar la transferencia tecnológica de los resultados del experimento entre los agricultores del sub sector de riego La Florida, para que utilicen semilla certificada del INIA-EEA “Vista Florida”, Maíz Amarillo Duro-MEGA HIBRIDO- y Polímero “*lluvia sólida*”, por las ventajas comparativas en el rendimiento y en el uso del agua.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON S., 2009, Silvotecnia, Costa Rica. <http://www.silvotecniacr.com/productos.html>

Ackerman, John M., Carreño, C., Gutiérrez M., Jusidman., Pérez V., Trejo D. (2013). Revista de la Universidad Iberoamericana. 19.38-100p.

Andrade, C (2002). Efecto de las fuentes orgánicas: Humus de Lombriz, Compost y la sustancia Húmica Ekotron en el Rendimiento del Grano de Maíz Morado. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima – Perú. 93 p.

Azam (1993) *water productivity framework for understanding and action*. In: Kijne J.W., Barker R., Molden D. (eds.) *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. CABI Publishing, Wallingford, UK. pp. 1-18,

**Barón, A., Barrera, I., Boada, L., Rodríguez, G. (2007).** *Evaluación de Hidrogeles para aplicaciones Agroforestales*. Revista Ingeniería e Investigación Vol. 27. N° 3. Colombia.

**Beltrán, M y Marcilla, A. (2012).** *Tecnología de Polímeros Procesados*. Publicación de la Universidad de Alicante Campus de San Vicente, España.

**Bórquez, E y Valdés, L (2013).** *Respuesta de Sorgo a la Retención de Humedad de Agua por Acrilato de Potasio con 2 y 4 riegos de auxilio en suelos arcillosos del Valle del Yaqui*. Ponencia presentada en Producción y Protección de Cultivos: Bajo un escenario de Cambio Climático, Mexicali, Baja California.

Bensednjak. E. (2009). Efecto Sinérgico de Algaensims y Poliacrilato de Potasio en las Variables Fisiológicas del Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y en la Retención

de Humedad de Cuatro Sustratos Bajo Invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Ciencias del Suelo. Saltillo, Coahuila, México.

Bianchini, D.: *Accounting for water use and productivity*. SWIM Paper 1. International Irrigation Management Institute: Colombo, Sri Lanka, 16pp., 1997

Cabildo, I. et al (2008). Efecto del polímero AquiaStock en la capacidad de retención de humedad del suelo y su efecto en el rendimiento de la acelga (*Beta vulgaris* var. *Cycla*). *Revista Chapingo Seria Zonas Áridas*, 7, 65-72.

**Caje.me.** (s.f.). Recuperado el 12 de enero del 2016. Disponible en: <http://caje.me/historia/65-valle-del-yaqui>

**Cisneros, R. (2003).** *Sistemas de Riego y Drenaje*. Recuperado el 10 de enero de 2016. Disponible en: <http://ingeniería.uaslp.mx/web2010/estudiantes/apuntes/apuntes°/020de%20riego°/020y°/020drenaje°/020v.2.pdf>

Diaz , M. Pery, O. Marfá, and L. Serrano. (2001) The effect of a hydrophilic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. *HortTechnology* 5: 141-143. SAS Institute Inc. 1996. The SAS System for Windows Release 6.12. Cary, NC, USA

**Del Campo, G., Aguilera, A., Lidón, A., Segura, G. (2008).** *Influencia del tipo y dosis de hidrogel en las propiedades hidrofísicas de tres suelos forestales de distinta textura*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. ISSN: 1575 - 2410

**Erazo, Y. A. (2011).** *Evaluación del comportamiento inicial del pino (*Pinus radiata*) mediante la aplicación de retenedores de agua en Tanlagua*, San Antonio de Pichincha. Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Ecuador.

**Estrada, A. (2006).** *Los Polímeros*. Ponencia presentada en el II encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. León. Guanajuato. México.

**Estrada, R. et al (2010).** *Hidrogeles Biopoliméricos potencialmente aplicables en*

**Agricultura. Revista Iberoamericana de Polímeros.** Volumen 12 (2). Obregón. D.F. México. México

Estrada Rodolfo F., Lemus T., Mendoza A. y Rodríguez. (2010) Hidrogeles en agricultura. 2010 Revista Iberoamericana de Polímeros. México D.F. México. 12(2). 2-12p.

Estrada, A. (2006). *Los Polímeros*. Ponencia presentada en el II encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. León. Guanajuato. México.

Estrada, A. (2010). *Polímeros súper absorbentes para uso agrícola – hidrogeles*. Venezuela.

Echevarria, C. y Mijangos ,C. (2008) Efecto del uso de una poliacrilamida en la lixiviación de nitrógeno y de potasio sobre trigo (*Triticum sp.*), en un suelo volcánico. *Agro sur* 25: 196-202

**FAO INFORME SOBRE TEMAS HÍDRICOS (2013).** Afrontar la escasez de agua. *Un marco de acción para la agricultura y seguridad alimentaria*. Roma.

García, D. (2013). Centro del Agua para América Latina y el Caribe. Disponible en:

[http://www.centrodelagua.org/centrodelagua.org/www/m4rks\\_cms/4cms/docdwld/files/158/NotaCDA\\_DrAldo-PANORAMA\\_Mayo2013.pdf](http://www.centrodelagua.org/centrodelagua.org/www/m4rks_cms/4cms/docdwld/files/158/NotaCDA_DrAldo-PANORAMA_Mayo2013.pdf)

GARCÍA, L. A.; CUN, G. R.; MONTERO, S. L. (2012) Efecto de la hora del día en el potencial hídrico foliar del sorgo y su relación con la humedad en el suelo, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3): 7-11, 2010, ISSN-1010-2760, RNPS-0111.

**Gutiérrez, I. et al (2008).** *Efecto del polímero Aquastock en la capacidad de retención de humedad del suelo y su efecto en el rendimiento de la acelga (Beta vulgaris var. Cycla).* Revista Chapingo Seria Zonas Áridas, 7, 65-72.

Guía técnica el cultivo de maíz manejo integrado (2010) IICA- MAG, El Salvador.  
40 p

Heberland , J. (2009) Agua Sólida para Riego Residencial e Industrial. México.

**Hernández, R. M. E. (2012).** *Efecto Sinérgico de Algaensims y Poliacrilato de Potasio en las Variables Fisiológicas del Cultivo de Frijol (Phaseolus vulgaris L.) y en la Retención de Humedad de Cuatro Sustratos Bajo Invernadero.* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Ciencias del Suelo. Saltillo, Coahuila, México.

**Huez, M., López, J., Jiménez, J., Rueda, E., Garza, S., Preciado, F. (2012).** *Capacidad de retención de agua del suelo y comportamiento de garbanzo afectado por la aplicación de un polímero al suelo.* XV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas.

Idrobo, H., A. M. Rodríguez y J. E. Díaz O. 2010. Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. *Ing. Rec. Nat. Amb.* 9: 33-37

INEI (2016) Información agrario de la agricultura peruana

**Instituto Politécnico Nacional (IPN) (2012).** *Egresado el IPN Desarrolla Proyecto de Lluvia Sólida para Combatir Sequías*. Recuperado el 25 de diciembre 2015. <http://www.ccs.ipn.mx/com-004-2012.Pdf>

**López, E., Garza, S., Jiménez, J., Huez, M., Garrido, O. (2016).** *Uso de un Polímero Hidrófilo A Base de Poliacrilamida para mejorar la eficiencia en el Uso del Agua*. (2016). Disponible en: URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n15p160>

**López, E. et al (2013).** *Evaluación de un Polímero Hidrófilo en Chile Anaheim (Capsicum annuum L.) Cultivado en Invernadero*. XV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo. México.

Luque E. (2013). Síntesis de hidrogeles a partir De acrilato de sodio Y metacrilamida para la liberación controlada de fertilizantes. Tesis pregrado, Universidad del Valle, Cali, Colombia 158pp.

**Ministerio de Agricultura (2012).** *Agro Economía del Maíz Amarillo Duro (MAD)*. Ministerio de Agricultura. Primera Edición. Lima.

MINA -DGP. (2012) Análisis estadístico de producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> (Consulta: agosto 10, 2019)

Nava, A. C., S. R. Lucena e A. A. Schmitz. (2009) Produção de meloeiro utilizando um polímero hidrofílico em diferentes frequências de irrigação em casa-de-vegetação. Irriga Botucatu 10: 82-87.

Noriega (1992) Efecto del agua sobre el rendimiento de cultivos. Estudios FAO: Riego y Drenaje No.33: FAO. Roma. 212p.

Orbegoso, Luis. (2017). Efecto del polímero (lluvia solida) y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo (mega híbrido), bajo condiciones de cambio climático, fundo "la pampa", C.U. MORROPE, LAMBAYEQUE, 2016.. Lambayeque: Morrope.

Ochoa, C. (2014). Efecto con diferentes dosis de polímero (acrilato de potasio) en trigo para retención de agua en suelos arcillosos en el Valle del Yaqui. Obregón. Sonora. México.

Perez, G., Aguilera, A., Lidón, A., Segura, G. (2008). Influencia del tipo y dosis de hidrogel en las propiedades hidrofísicas de tres suelos forestales de distinta textura. Sociedad Española de Ciencias Forestales. ISSN: 1575 – 2410

**Pincay, R. G. (2016).** *Comportamiento de tres dosis de Hidratantes en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) en huerto Organopónico Cantón Marcelino Madueño, provincia del Guayas.* Tesis.

Rico J. (2006) *Para mitigar problemas escasez hídrica: El agua sólida promete regar en épocas de sequía [en línea] 2014 , Disponible en:* Disponible en: <https://www.facebook.com/Silos-de-Agua-LLuvia-Solida-161003817357156> [Consulta: 17 de noviembre de 2016 ].

RÍOS, M., J. y QUIRÓS D., J. 2002. El Fríjol (*Phaseolus vulgaris L.*): Cultivo, beneficio y variedad con Lluvia solida. Boletín Técnico. FENALCE. Bogotá. 193 pp.

Squire, I. A. 2003. Hidrogeles inteligentes. Rev. Iberoam. Polímeros 1: 1-42.

UNESCO (2010). Egresado el IPN Desarrolla Proyecto de Lluvia Sólida para Combatir Sequías. Recuperado el 25 de enero del 2019. <http://www.ccs.ipn.mx/com-004-2012>. Pdf

Van, Cotthem, Aguilera R, Luis Prin J, Torres C.: (1991) Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos, *Revista Iberoamericana de Polímeros. Aplicaciones de los Hidrogeles*, 7 (3): 17-27, 2016. ISSN: 1988-4206.

**Vargas, P. (2009).** *El Cambio Climático y sus Efectos en el Perú*. Banco Central de Reserva del Perú.

Villar. G. (1995). Comportamiento de tres dosis de Hidratantes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en huerto Organopónico Cantón Marcelino Madueño, provincia del Guayas. Tesis.

## VIII. ANEXOS

**Tabla 21. Costo de producción maíz amarillo duro**

<b>COSTO DE PRODUCCION MAIZ AMARILLO DURO</b>						
APLICANDO POLIACRILATO DE POTASIO- con MAQUINARIA						
<b>CULTIVO</b>	MAIZ AMARILLO DURO		NIVEL TECNOLOGICO MEDIO			
<b>EXTENSION</b>	1 HA		ACCESO RIEGO	RESTRINGIDO		
<b>PERIODO VEGETATIVO</b>	05 MESES		MESES DE SIEMBRA	TODO EL AÑO		
<b>VARIEDAD</b>	INIA 619		MESES COSECHA	TODO EL AÑO		
<b>FECHA DE COSTEO</b>	30/10/2018		TIPO DE CAMBIO \$=S	3.35		
ESTRUCTURA DE COSTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT		PARCIAL	TOTAL
			\$	S/.	\$	\$
						S/.
<b>I. COSTO DIRECTO</b>						
<b>1.- PREPARACION DE TERRENO</b>						
* PIQUETE JUNTA Y QUEMA	JORNAL	2	8.96	30.00	17.91	
* LIMPIA DE ACEQUIAS	JORNAL	2	8.96	30.00	17.91	
* RIEGO REMOJO	JORNAL	2	8.96	30.00	17.91	
* ARADURA	H-M	3	20.90	70.00	62.69	
* GRADEO	H-M	1.5	20.90	70.00	31.34	
* SURCADO	H-M	2	20.90	70.00	41.79	
<b>2.- SIEMBRA</b>						71.64
* SIEMBRA Y APLICAC DEL POLIMERO	H-M	3	20.90	70.00	62.69	
* ABRIR REGADERAS	JORNAL	1	8.96	30.00	8.96	
<b>3.- LABORES CULTURALES</b>						299.23
* PRIMER ABONAMIENTO	JORNAL	4	8.96	30.00	35.82	
* APLICACION HERBICIDAS	JORNAL	2	8.96	30.00	17.91	
* APORQUE	JORN(Cabal	3	17.91	60.00	53.73	
* SEGUNDO ABONAMIENTO	JORNAL	3	8.96	30.00	26.87	
* APLICACION INSECTICIDAS	JORNAL	3	8.96	30.00	26.87	
* DESHIERBOS	JORNAL	4	8.96	30.00	35.82	
* RIEGOS(06)	JORNAL	6	8.96	30.00	53.73	
* LIMPIEZA TOMAS	JORNAL	2	8.96	30.00	17.91	
* AGUA-RIEGO	M3/Camp	5813	0.01	0.02	30.58	
<b>4.- INSUMOS</b>						1094.35
* SEMILLA	KILOS	25	4.78	16.00	119.40	
* UREA	BOLSA	6	27.76	93.00	166.57	
* SUPER FOSFATO TRIPLE	BOLSA	4	28.36	95.00	113.43	
* CLORURO DE K	BOLSA	2	31.34	105.00	62.69	
* VENCETHO x 100 grs.	KILOS	0.1	3.45	11.55	0.34	
* DIATREX	KILOS	20	0.61	2.06	12.29	
*TAMARON	LITRO	2	11.30	37.87	22.61	
* LLUVIA SOLIDA	KILOS	50	11.94	40.00	597.01	
<b>4.- COSECHA</b>						239.00
* CORTE	JORNAL	6	8.96	30.00	53.73	
* DESPANQUE	JORNAL	8	8.96	30.00	71.64	
* CARGUIO DE ERA	JORNAL	3	8.96	30.00	26.87	
* DESGRANE - MAQUINA	KILOS	12813	0.01	0.02	68.85	
* COSIDO DE SACOS	JORNAL	1	8.96	30.00	8.96	
* GUARDIANIA ERA	JORNAL	1	8.96	30.00	8.96	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					1893.77	1893.77
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>						
* ALQUILER DE LA TIERRA					537.31	1800
* GASTOS ADMINISTRATIVOS	2%				37.88	126.883
* GASTOS FINANCIEROS	4%				75.75	253.766
* ASISTENCIA TECNICA	2%				37.88	126.883
<b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>					688.82	<b>688.82</b>
<b>TOTAL COSTO</b>					2582.59	<b>2582.59</b>
						<b>8651.68</b>

<b>COSTO DE PRODUCCION MAIZ AMARILLO DURO</b>						
APLICANDO POLIACRILATO DE POTASIO- con MAQUINARIA						
<b>CULTIVO</b>	MAIZ AMARILLO DURO	NIVEL TECNOLOGICO MEDIO				
<b>EXTENCION</b>	1 HA	ACCESO RIEGO		RESTRINGIDO		
<b>PERIODO VEGETATIVO</b>	05 MESES	MESES DE SIEMBRA		TODO EL AÑO		
<b>VARIEDAD</b>	INIA 619	MESES COSECHA		TODO EL AÑO		
<b>FECHA DE COSTEO</b>	30/10/2018	TIPO DE CAMBIO \$=S		3.35		
<b>CALCULO DE LA UTILIDAD</b>						
			\$	S/.	\$	S/.
COSTO UNITARIO			0.20	0.68	<b>0.20</b>	
rendimiento Obtenido	12813					
Total costo de produccion					2582.59	8651.68
Precio de venta- en chacra			0.25			
Valor Bruto de la Produccion (VBP)					3251.06	3251.06
Venta de Coronta/ha			59.70	200.00	59.70	59.70
UTILIDAD					<b>728.17</b>	<b>2439.37</b>

Fuente: Elaboración propia

## 8.1. Panel fotográfico



**Figura 8. Maduración del maíz.**



**Figura 9. Visita del asesor y el tesista**



**Figura 10. Supervisión del asesor**



**Figura 11. Panojamiento del maíz**



**Figura 12. Medición de la longitud de la mazorca del maíz**