

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**COMPARACIÓN DEL USO DE LOS POLÍMEROS
HIDROGEL 660 M Y POLÍMERO HIDROGEL 660 XL
EN EL CULTIVO DE ARROZ *Oryza sativa L.* EN EL
CORREGIMIENTO DE CHIRIQUÍ.**

**RAÚL E. GARRIDO C.
5 – 710 – 562**

**DAVÍD, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2016

**COMPARACIÓN DEL USO DE LOS POLÍMEROS HIDROGEL 660
M Y POLÍMERO HIDROGEL 660 XL EN EL CULTIVO DE ARROZ
Oryza sativa L. EN EL CORREGIMIENTO DE CHIRIQUÍ.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA
OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO EN CULTIVOS TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN,
REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE SER
OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

APROBADO:

ING. ZYDDI S. VISSUETTI S.

DIRECTOR

ING. AMILCAR BEITIA.

ASESOR

ING. RICARDO BLAS.

ASESOR

DAVÍD, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2016

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Por darme fuerza y voluntad, día tras día una luz de esperanza en mi camino, gracias por tus bendiciones.

MIS ASESORES

Ing. Zyddi S. Vissueti S, M.Sc, Ing. Ricardo Blas, M.Sc, Ing. Amilcar Beitia, M.Sc. Por su apoyo en la elaboración de la investigación.

COMPAÑEROS Y AMISTADES

Que de una u otra manera me colaboraron.

Aunque sientas el cansancio,
aunque el triunfo te abandone,
aunque un error te lastime,
aunque una traición te hiera,
aunque una ilusión se apague,
aunque el dolor queme tus ojos,
aunque ignoren tus esfuerzos,
aunque la ingratitud sea la paga,
aunque la incomprensión corte tu risa,
aunque todo parezca nada...
vuelve a empezar.

Raúl Enrique Garrido C.

DEDICATORIA

A JESÚS

Fuente inagotable de amor, paz y misericordia; por siempre estar en mi vida, en cada momento de alegría y de angustia durante el curso de mis estudios en la universidad, por darme la sabiduría y la constancia necesarias para lograr dicha meta.

MIS PADRES

Mis viejos Venancio y Bertina, por su amor, dedicación, sacrificio y paciencia, que hoy hacen posible ésta alegría y la culminación de mi carrera, por su confianza y apoyo en todo momento, pues no dejaron de creer en mí, sin ustedes no habría sido posible.

HERMANOS

Por su incondicional voluntad de apoyo.

FAMILIARES, AMIGOS Y COMPAÑEROS

Por ese respaldo brindado cuando lo necesite, por lo cual tomo espacio y tiempo para expresar a ustedes agradecimiento. Tiempo y momentos compartidos buenos y algunos de pesar; alegrías y porque no tristezas, pero en fin la mezcla de todo ello conllevaron a la vivencia de experiencias únicas; noches que se hicieron mañanas, personas que se volvieron familia & sueños que se hicieron realidad.

Raúl Enrique Garrido C.

COMPARACIÓN DEL USO DE LOS POLÍMEROS HIDROGEL 660 M Y POLÍMERO HIDROGEL 660 XL EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa L*). EN EL CORREGIMIENTO DE CHIRIQUÍ.

Garrido, Raúl 2016. Comparación del Uso de los Polímeros Hidrogel **660 M** y Polímero Hidrogel **660 XL** en el Cultivo de Arroz (*Oryza sativa L*) en el Corregimiento de Chiriquí. Tesis Ingeniería Agronómica en Cultivos Tropicales, F.C.A. UP.

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la provincia de Chiriquí, Facultad de Ciencias Agropecuarias (CEIACHI), en la parcela N° 10 dedicada a la siembra de arroz (*Oryza sativa L*), frente a la carretera Interamericana de Panamá, entre los meses de octubre 2015 a diciembre 2015.

El objetivo fue estudiar el efecto del uso de Polímero Hidrogel a diámetros de Polímero Hidrogel 660 M y Polímero Hidrogel 660 XL en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L*) también evaluar las respuestas de las plantas a un tratamiento Control Mejorado; teniendo como variables de estudio el Tamaño de las plantas (crecimiento) y el desarrollo radicular de las mismas (longitud); Polímero Hidrogel, acondicionador del suelo desarrollado especialmente para la retención y suministro de agua al suelo, absorbiendo y reteniendo las moléculas de agua y minerales hidrosolubles.

Se establecieron 5 tratamientos cada uno con cuatro repeticiones. La toma de datos se realizó a los 30 dds y a los 56 dds. Para obtener los datos experimentales en esta investigación se utilizó un modelo estadístico de doble vía bifactorial, dispuesto en un diseño en Bloques Completamente al Azar. Los resultados obtenidos indican que los tratamientos en si no muestran diferencias significativas para la altura de plantas entre los tratamientos 5, 2, 3, 4 y 1, lo cual se refleja en el análisis de varianza $Pr > F$ y que los tratamientos en si no muestran diferencias significativas para la longitud de raíces entre los tratamientos 5, 2, 3, 4 y 1. Donde el tratamiento 5 (Polímero Hidrogel diámetro 660 XL) para la longitud de raíces presenta un mejor comportamiento con respecto al tratamiento 1 (Testigo).

Palabras claves: Variables, Polímero Hidrogel, Minerales hidrosolubles, estrés hídrico.

COMPARISON OF THE USE OF POLYMERS AND POLYMER HYDROGEL HYDROGEL 660 M 660 XL IN RICE (*Oryza sativa* L). In the village of CHIRIQUÍ.

Garrido, Raul 2016. Comparison Using Hydrogel Polymers and Polymer Hydrogel 660 M 660 XL in the Cultivation of Rice (*Oryza sativa* L) in the Corregimiento of Chiriqui. Thesis Agricultural Engineering in Tropical Crops, F.C.A. UP.

ABSTRACT

This research was carried out in the province of Chiriquí, Faculty of Agricultural Sciences (CEIACHI), in the plot No. 10 dedicated to the planting of rice (*Oryza sativa* L.), in front of the Interamerican highway of Panama, between the months of October 2015 To December 2015.

The objective was to study the effect of using Hydrogel Polymer to diameters of Polymer Hydrogel 660 M and Polymer Hydrogel 660 XL in the rice culture (*Oryza sativa* L) also to evaluate the responses of the plants to an Improved Control treatment; Having as study variables the size of the plants (growth) and the root development of the same (length); Polymer Hydrogel, soil conditioner specially developed for the retention and supply of water to the soil, absorbing and retaining the hydrosoluble water molecules and minerals.

5 treatments were established each with four repetitions. Data collection was performed at 30 and 56 dds dds. a statistical model via double bifactorial was used to obtain the experimental data in this research, design arranged in a randomized complete block. The results indicate that the treatments if they show no significant differences for plant height between treatments 5, 2, 3, 4 and 1, which is reflected in the analysis of variance $Pr > F$ and treatments if not show significant differences for root length between treatments 5, 2, 3, 4 and 5 1. Where the treatment (Polymer Hydrogel diameter 660 XL) for the length of roots presents a better performance with respect to treatment 1 (Control).

Keywords: Variables, Polymer Hydrogel, water-soluble minerals, water stress.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXO.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Justificación	7
1.4. Objetivos	9
1.4.1. General.....	9
1.4.2. Específicos.....	9
1.5. Hipótesis	10
1.6. Alcances y limitaciones del estudio	11
2. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. Descripción polímero hidrogel.....	12
2.2. Polímero Hidrogel óptimo crecimiento de las plantas y uso eficiente del agua.....	13
2.3. También menciona por qué utilizar Polímero Hidrogel.	14
2.4. Además indica sus usos.....	15
2.5. Polímero Hidrogel en suelos y sustratos ofrece muchos beneficios.....	15
2.6. Control sobre la escorrentía y la erosión del suelo.....	15
2.7. Mejora la supervivencia en el transplante.	16
2.8. Polímero Hidrogel consideraciones generales de aplicación.....	16

2.8.1. Aplicación de Polímero Hidrogel prehidratado.....	18
2.9. Propiedades del Polímero Hidrogel.....	19
2.10. Polímero Hidrogel sobre el sistema radicular tras el arranque en vivero o campo.....	20
2.11. Polímero Hidrogel – Componentes.....	21
2.12. Polímero Hidrogel modo de acción.....	21
2.13. Polímero Hidrogel dosis de aplicación.....	22
2.14. Consideraciones generales sobre el material a utilizar en el ensayo.....	24
2.14.1. Origen.....	24
2.14.2. Características.....	24
2.14.3. Reacción a enfermedades y plagas.....	25
2.14.4. Manejo agronómico.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Primera fase.....	27
3.1.1. Ubicación.....	27
3.1.2. Materiales.....	27
3.1.2.1. Suelo.....	28
3.1.2.2. Muestras de suelo.....	28
3.1.2.3. Tratamientos.....	28
3.1.2.4. Semilla.....	29
3.1.2.5. Polímero Hidrogel.....	29
3.2. Segunda fase.....	31
3.2.1. Manejo del cultivo.....	31
3.2.1.1. Establecimiento.....	31
3.2.1.2. Riego.....	31
3.2.1.3. Fertilización.....	32
3.2.1.4. Control de malezas.....	33
3.2.1.5. Control de insectos.....	34
3.3. Tercera fase.....	34
3.3.1. Metodología experimental.....	34
3.3.1.1. Modelo estadístico.....	34

3.3.1.2. Parámetros a evaluar.	36
3.3.1.3. Constantes hídricas del suelo.....	36
3.3.1.4. Distribución al azar de los tratamientos.....	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Información climatológica.....	41
4.2. Constantes hídricas del suelo.	42
4.3. Determinación de los componentes hídricos del suelo.....	44
4.4. Toma de datos a nivel de campo.....	51
4.5. Programa SAS (<i>Statistical Analysis System</i>) <i>Institute</i> de CA 2006 USA, para las pruebas de medias se utilizó la prueba del Rango Múltiple de Duncan.....	62
5. CONCLUSIONES	64
6. RECOMENDACIONES	65
7. REFERENCIAS CITADAS.....	66
ANEXOS	68

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	Pág.
I.	Polímero Hidrogel, dosis de aplicación en cultivos	23
II.	Forma general de la tabla de Análisis de varianza	36
III.	Datos climatológicos, periodo octubre – diciembre 2014 – 2015	41
IV.	Peso de suelo húmedo (P.S.H.) y peso de suelo seco (P.S.S.)	42
V.	Relación entre la densidad aparente del Suelo y crecimiento radicular, en base a la textura del suelo	43
VI.	Determinación de densidad aparente (D.A)	44
VII.	Componentes hídricos en términos gravimétricos del suelo	45
VIII.	Componentes hídricos en términos volumétricos del suelo	46
IX.	Peso de suelo húmedo (P.S.H.) y peso de suelo seco (P.S.S.) después de aplicado el producto	47
X.	Determinación de densidad aparente (D.A) después de aplicado el producto	48
XI.	Componentes hídricos en términos gravimétricos del suelo después de aplicado el producto	49
XII.	Componentes hídricos en términos volumétricos del Suelo después de aplicado el producto	50
XIII.	Bloque 1. Evaluación a los 30 días después de la siembra (D.D.S.) con relación a la altura de la planta y longitud de la raíz	51
XIV.	Bloque 2. Evaluación a los 30 días después de la siembra (D.D.S.) con relación a la altura de la planta y longitud de la raíz	52
XV.	Bloque 3. Evaluación a los 30 días después de la siembra (D.D.S.) con relación a la altura de la planta y longitud de la raíz	53

XVI.	Bloque 4. Evaluación a los 30 días después de la siembra (D.D.S.) con relación a la altura de la planta y longitud de la raíz	54
XVII.	Bloque 1. Evaluación a los 56 días después de la siembra (D.D.S.) con relación a la altura de la planta y longitud de la raíz	55
XVIII.	Bloque 2. Evaluación a los 56 días después de la siembra (D.D.S.) con relación a la altura de la planta y longitud de la raíz	56
XIX.	Bloque 3. Evaluación a los 56 días después de la siembra (D.D.S.) con relación a la altura de la planta y longitud de la raíz	57
XX.	Bloque 4. Evaluación a los 56 días después de la siembra (D.D.S.) con relación a la altura de la planta y longitud de la raíz	58
XXI.	Cuadro de promedios totales para cada uno de los tratamientos en las variables estudiadas	59
XXII.	Análisis de varianza (ANDEVA) para la variable altura de las plantas	62
XXIII.	Análisis de varianza (ANDEVA) para la variable longitud de las raíces	63

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	TÍTULO	Pág.
Figura N° 1	Croquis del ensayo	40
Figura N° 2	Variable altura de las plantas de arroz (<i>Oriza sativa L.</i>) a los 30 d.d.s. y a los 56 d.d.s.	60
Figura N° 3	Variable desarrollo radicular (longitud) de las plantas de arroz (<i>Oriza sativa L.</i>) a los 30 d.d.s. y a los 56 d.d.s.	61

ÍNDICE DE ANEXO

N°	TÍTULO	Pág.
1	Fase de laboratorio, análisis de absorción de agua	68
2	Pesaje de la cantidad de semilla a utilizar, de la dosis de polímero hidrogel a aplicar y de fertilizante	69
3	Delimitación de los tratamientos y establecimiento del ensayo (siembra)	69
4	Manejo agronómico del cultivo - Complejo de malezas	70
5	Toma de medidas - Log. de plantas y raíces	70
6	Determinación constantes hídricas del suelo	71
7	Análisis de suelo – Parcela N° 10	71

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz es uno de los rubros agrícolas importantes a nivel mundial, pues constituye y ocupa un espacio significativo en la alimentación de la sociedad panameña, por ello el manejo requiere de condiciones óptimas para su explotación.

La agricultura es parte del impulso en el crecimiento económico del país, sin embargo cada vez más la actividad productiva se enfrenta a un escenario que limita su desarrollo; aspectos como la falta de políticas a largo plazo que favorezcan la labor productiva, sumado a aspectos de índole ambiental como el cambio climático, favoreciendo el ataque a plagas y organismos patógenos que afectan a los cultivos, la pérdida de la capacidad productiva de los suelos, son situaciones que limitan y comprometen el desarrollo de la actividad agrícola.

La escasez hídrica es un fenómeno que está afectando a las zonas agrícolas del país. En los cultivos, en sus primeras etapas, se requiere mantener la humedad del suelo en los primeros 15 centímetros, si esto se logra se puede asegurar un ecosistema adecuado y por lo tanto la viabilidad de las plantas (Saldívar, 2015).

Esta investigación tiene como propósito evaluar el efecto en la aplicación de polímero (gel hidratante), como acondicionador del suelo en el cultivo de arroz, desarrollado especialmente para la retención y suministro de agua al suelo, permitiendo el manejo eficiente de los recursos como agua y suelo; como garantía para la producción de alimentos, teniendo como prioridad la inocuidad de los mismos.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el cambio climático es una problemática para el desarrollo de la actividad agrícola, estos cambios en las condiciones ambientales, los pronunciados periodos de sequía son ejemplo de ello.

La estación seca que se registra en la provincia de Chiriquí hace que muchos productores de tierras altas no estén sembrando actualmente y que los ganaderos tengan pérdidas; Las dos terceras partes de los productores de hortalizas en Volcán y Cerro Punta han dejado de sembrar porque no se registran lluvias desde hace muchas semanas y no tienen fuentes de agua viva, según el presidente de la Asociación de Productores de Tierras Altas, Virgilio Saldaña.

A menudo la productividad de las plantas se ve limitada por propiedades físicas y químicas adversas del suelo. Lo descrito en el siguiente párrafo en torno a la situación agrícola productiva da sustento al planteamiento del problema de la presente investigación.

La FAO (2009), reporta que la agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático. El aumento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos deseados, a la vez que provoca la proliferación de malas hierbas y pestes. Los cambios en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo.

El continuo aumento de la demanda global de agua junto con el impacto del cambio climático, están convirtiendo a este recurso en una limitante para la explotación productiva de los cultivos, sumado a que la competencia por el vital líquido cada vez es mayor, lo que económicamente hablando produce un alza en los costos de producción.

1.2. ANTECEDENTES

En el año 2004, fue presentado en la Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura de la Universidad de Santiago de Chile, Comisión de Estudios de Post Grado el trabajo especial de grado **Evaluación de ensayos de forestación con *Eucalyptus gunnii*, CHILE CHICO, IX REGIÓN**. La investigación es un estudio de los métodos de plantación con *Eucalyptus gunnii* durante un periodo de 12 meses, donde se llevaron a cabo distintos tratamientos en base a variables como riego y fertilización, dónde se procuró determinar la respuesta de *Eucalyptus gunnii* ante diferentes métodos de cultivo, empleando siete tratamientos dispuestos completamente al azar, donde el primer ensayo constó de entre otros tratamientos de la aplicación de Polímero gel hidratante a dosis de 5 g / planta, protección lateral de plástico sobre la superficie (20 cm de ancho por 20 cm de largo por 30 cm de alto) y capa subterránea de plástico de forma cuadrada de 30 cm de ancho, con una perforación al centro del diámetro de la maceta que corresponde a 10 cm; teniendo como resultado la mayor respuesta en sobrevivencia (48 por ciento) y crecimiento el de protección lateral del plástico, el cual tuvo por función disminuir la evotranspiración producida por efecto del viento, manteniendo más humedad, que aumenta el periodo estival (Vergara, 2004).

Otro trabajo con Polímero gel hidratante, en el predio San Ramón, ubicado a 5 km al sur de la ciudad de Villarrica, Paraguay, se desarrolló un ensayo, entre noviembre de 2002 y febrero de 2003, con la finalidad de estudiar el efecto de diferentes tratamientos hídricos sobre la producción de lechuga. Se utilizó un acondicionador de suelo (hidrogel), aplicado a la raíz de la plántula al momento del trasplante, al suelo previo al trasplante o a la raíz-suelo en forma conjunta, comparando estos tratamientos con trasplante a raíz desnuda. También se estudió el riego (con y sin riego), dando origen en total a ocho tratamientos. Los parámetros analizados fueron: porcentaje de plantas

establecidas, diámetro de la planta, número de hojas/planta, peso de la planta completa, peso aéreo, peso radical y días desde el trasplante a la cosecha. Todas las mediciones se realizaron al momento de la cosecha.

El diseño experimental fue un diseño de bloques completos al azar, con 3 bloques y con ocho tratamientos cada uno. No hubo diferencias en porcentaje de plantas establecidas. En el diámetro, los mayores valores se obtuvieron cuando se aplicó hidrogel al suelo y a la raíz-suelo. En número de hojas, la mayor cantidad de hojas se presentó cuando se aplicó hidrogel al suelo y a la raíz-suelo. Lo que marcó la diferencia fue el factor riego, ya que al utilizarlo se favoreció a la producción de hojas.

Según SciELO 2004, la relación de los pesos promedio de las plantas, tanto aéreo, completo y radicular, se encontró diferencia significativa para el factor hidrogel; los mayores pesos se obtuvieron al aplicar este producto al suelo y a la raíz-suelo. Para el peso radicular se encontró diferencia significativa para la interacción, y el tratamiento hidrogel aplicado al suelo con riego originó el mayor peso. Con hidrogel aplicado al suelo y a la raíz-suelo, el ciclo vegetativo de la planta en promedio fue más corto que el testigo (trasplante a raíz desnuda). Además, con riego el ciclo vegetativo también en promedio fue más corto. Una evaluación económica indicó que el hidrogel aplicado al suelo, sin riego fue el más rentable, dando un Margen de rentabilidad. En relación con la TIR, todos los tratamientos fueron superiores a la tasa de interés utilizada, por lo tanto cualquiera sea el proyecto (tratamiento) que se elija, conviene realizar la inversión.

Carrillo en el 2008, en su trabajo de investigación **Huertos Familiares y Comunales, Agroforestería y una Alternativa contra el Estrés Hídrico, realizado en la aldea Patache, Guastatoya, el Progreso**, en Guatemala, y el objetivo de ésta investigación, era conocer el efecto que provoca un gel

adsorbente de agua (acrilamida de ácido acrílico) aplicado al suelo, en el rendimiento de la variedad de maíz ICTA B-7, con 4 frecuencias de riego durante la floración del cultivo bajo invernadero. Se empleó un diseño bifactorial en bloques al azar y distribuido en parcelas divididas.

Los tratamientos evaluados eran, factor A: aplicación y no aplicación de acrilamida al suelo, a razón de 1.25 g/maceta y, el factor B: riego con cuatro déficit permitidos de manejo (DPM's), 40 por ciento, 60 por ciento, 80 por ciento y sin riego. La unidad experimental, fueron dos plantas de maíz contenidas en una maceta, y por cada tratamiento existieron 5 repeticiones.

Se establecieron 8 tratamientos: T1-T2, sin/con acrilamida y el riego con un DPM 40 por ciento; T3-T4, sin/con acrilamida y el riego con un DPM 60 por ciento; T5-T6, sin/con acrilamida y el riego con un DPM 80 por ciento, y T7-T8, sin/con acrilamida y sin riego; todas la frecuencias, a partir de la etapa de floración. Es decir, que dos unidades experimentales: una sin acrilamida y la otra con acrilamida, y ambas con la misma frecuencia de riego, revelarían el efecto de la acrilamida sobre el rendimiento. El mejor tratamiento fue T1, sin aplicación de acrilamida y con DPM 40 por ciento, cuyo DPM, generó la frecuencia de riego menor; todos los tratamientos tuvieron un rendimiento similar, incluidos aquellos que contuvieron acrilamida.

Según Evonik 2008, se ha estudiado, se comprobó que en un suelo arenoso luego de 40 días sin riego, el contenido de agua era de 1 litro, mientras que un suelo tratado con Polímero Hidrogel, presentaba la misma cantidad de agua tras 80 días sin riego. De esta forma el potencial agua se mantiene durante un mayor periodo de tiempo a un nivel más alto, reduciendo el nivel de estrés hídrico que pueden sufrir las plantas.

Evonik 2008, menciona que el tomate es un cultivo de alto valor que es muy sensible al estrés hídrico. Durante un ensayo a campo realizado en Florida, un cultivo de tomates sobre un suelo no tratado, fue comparado con tomates cultivados en un suelo donde se aplicó Polímero hidrogel, en la cama de siembra a una dosis de 22,4 kg / ha e incorporado en los primeros 15 cm del suelo. Como resultado, hubo un incremento en el rendimiento en un 12,91 por ciento y adicionalmente, la proporción de tamaños grandes y extra grandes aumentó en forma sustancial.

Por otro lado señala que en el cultivo de la papa, un estudio llevado a cabo a nivel de campo en Sudáfrica en la Universidad del Estado Libre de Bloemfontein, ha demostrado que la aplicación de Polímero hidrogel, en un suelo franco arenoso con riego, a una dosis de 29,7 kg / ha en la línea de siembra, aumento la producción de papa en un 18,96 por ciento. La producción de papas comerciales de tamaños grandes a mediano aumento en un 24,91 por ciento, lo que indica que se pueden alcanzar efectos positivos similares bajo condiciones de producción en secano.

Una parte importante de la precipitación se registra en el descanso vegetativo, la cantidad de agua que la reserva del suelo es capaz de suministrar a la vegetación limita la existencia y productividad de las especies forestales, a igualdad de condiciones climáticas (González Rebollar, 1999).

Mientras que los Técnicos del MIDA en el 2015, estiman que la sequía provocada por el fenómeno de El Niño y la de mayor intensidad en 100 años, se prolongará hasta abril de 2016, el sector agropecuario continúa golpeado por la falta de una política a largo plazo e integral del Gobierno. (Panamá América, julio de 2015).

1.3. JUSTIFICACIÓN

El aumento de las temperaturas y el cambio en los regímenes pluviales tienen efectos directos sobre el rendimiento de los cultivos, en la disponibilidad de agua para el desarrollo de los cultivos tanto en el suelo como a nivel de agua de riego.

La ministra de Medio Ambiente, Mirei Endara en agosto de 2015, declaró estado de emergencia para enfrentar los efectos de la sequía ocasionada por el fenómeno del niño y ordenó medidas inmediatas de ahorro de agua. Ya que el déficit de lluvia este año está golpeando a sectores agrícolas y ganaderos, aclaró que no se trata de crear pánico, sino de atender un fenómeno que reducirá marcadamente las precipitaciones en lo que resta de la temporada lluviosa.

Declaró, además que, según previsiones, en octubre y noviembre habrá un 50 por ciento menos de lluvia que los otros meses. De acuerdo con las estadísticas, el ciclo agrícola 2014-2015 será recordado por los arroceros como el peor de los últimos seis años, pues la falta de agua, además de atrasar las siembras cerró la campaña con 17 mil hectáreas menos que el anterior. Científicos aseguran que el régimen de lluvias en Panamá sufre actualmente las consecuencias de la incidencia moderada del evento ENOS-Oscilación del Sur, conocido por los meteorólogos como El Niño o La Niña, que provoca sequía o inundaciones, según el caso (MIDA, 2015).

Los impactos del cambio climático en la agricultura y el bienestar humano incluyen los efectos biológicos en el rendimiento de los cultivos, causando efecto en los precios de producción y consumo, variables que se manifiestan en el sistema económico a medida que los agricultores y otros participantes

del mercado realizan ajustes de forma autónoma, modificando sus combinaciones de cultivos, uso de insumos, nivel de producción, demanda de alimentos, consumo de alimentos y comercio. En agricultura, los esfuerzos de adaptación se centran en la implementación de medidas que sean más resilientes ante la variabilidad climática y que ayuden a mitigar la problemática de la disponibilidad de agua para el desarrollo de actividad agrícola.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General.

1. Evaluar el uso de polímero hidrogel en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L).

1.4.2. Específicos.

1. Estudiar el efecto del uso de polímero hidrogel a diámetros de Polímero Hidrogel **660 M** y Polímero Hidrogel **660 XL** en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L).
2. Determinar las variables en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) como:
Medir el tamaño de las plántulas y la longitud de las raíces.

1.5. HIPÓTESIS

- ♣ **Ho.** Los tratamientos con Polímeros Hidrogel no actúan efectivamente en el suelo absorbiendo y reteniendo las moléculas de agua y minerales hidrosolubles durante periodos o temporadas de estrés hídrico, aplicado al cultivo de arroz.

- ♣ **Ha.** Los tratamientos con Polímeros Hidrogel actúan efectivamente en el suelo absorbiendo y reteniendo las moléculas de agua y minerales hidrosolubles durante periodos o temporadas de estrés hídrico, en el cultivo de arroz.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

♣ Alcances.

El presente estudio es una tecnología alternativa para hacer frente a la situación que desfavorece actualmente la producción agrícola. La búsqueda de estrategias que garanticen la eficiencia en el uso de los recursos para la actividad productiva; mediante la función de absorber, retener y suministrar agua en el cultivo de arroz (*Oriza sativa* L).

Este trabajo proporcionará información sobre una estrategia para reducir el efecto del cambio climático en la producción agrícola, así como también ser referencia de futuros estudios sobre esta tecnología. A pesar de que la investigación abarca únicamente sobre el cultivo de arroz, servirá de guía para la aplicación de dicha tecnología en explotaciones con otros cultivos.

♣ Limitaciones.

La escasa disponibilidad de información sobre el tema en el país, debido a que no se ha realizado investigaciones sobre este tema. Problemas en lo que respecta la preparación del suelo para el establecimiento del ensayo, debido a las precipitaciones constantes en ese momento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción polímero hidrogel.

El Polímero Hidrogel, es un gel protector para las raíces en base a hidrogeles, presentado en forma de polvo fino hinchable y de gran fiabilidad. Con su aplicación se consigue el óptimo desarrollo de las plantas a la vez, de una gestión racional de sus reservas de agua. Por sus características y versatilidad, los campos de aplicación del polímero gel hidratante son muy numerosos, ya que viene a solucionar problemas vinculados al mundo vegetal. Como muestra de ellos están la jardinería pública y privada como parques, jardines, áreas verdes, azoteas ajardinadas, el de la construcción en los ámbitos de la arquitectura paisajística, taludes de carretera, barreras antirruído, vegetación de escombreras y depósito, el de las zonas deportivas como campos de golf, fútbol, atletismo; los de la producción tanto en cultivos hortícolas, frutícolas como ornamentales, y del medioambiente como es el caso de las reforestaciones, forestaciones, silvicultura, etc. Como agente auxiliar para la retención hídrica de los suelos, cada gramo de polímero gel hidratante almacena hasta 300 ml de agua disponible para las plantas. Este, mediante sus hidrogeles, actúa almacenando el agua alrededor de las raíces y asegurando que estas tengan la humedad suficiente, evitando así que las raíces se sequen (TerraVida, 2004).

Polímero Hidrogel, puede ser aplicado de diferentes formas según las necesidades de cada caso. Como ejemplos están su incorporación en el hoyo de plantación mezclándolo con la tierra excavada, en el saneamiento de árboles aplicándolo sobre las raíces mediante el sistema de pulverización, también mezclado con el sustrato de cultivo en todo tipo de plantas, y su

incorporación sobre superficies mezclado en el terreno en el que se plantarán plantas (TerraVida, 2004).

El Polímero Hidrogel, se aplica para la retención de agua y nutrientes en suelos, mejorando la gestión del agua y el crecimiento de las plantas, actuando como reservorio de agua y liberándola según las necesidades de las plantas. Reduce la frecuencia de riego hasta en un 50 por ciento y disminuye la necesidad de fertilizantes. Ambientalmente seguro y biodegradable. Tras 50 ciclos de humedad-sequía la capacidad de absorción de este retenedor es superior al 80 por ciento. Polímero Hidrogel prolonga el tiempo hasta que las plantas alcancen el punto de marchitez permanente. Después de 40 días sin riego un suelo arenoso contiene 1 litro de agua; una vez tratado con Polímero Hidrogel ese suelo contenía la misma cantidad (1 L) tras 80 días, el doble de tiempo (Projar, 2015).

2.2. Polímero Hidrogel óptimo crecimiento de las plantas y uso eficiente del agua.

Según Projar 2015, el Polímero Hidrogel actúa como reservorio de agua y nutrientes para las plantas y este autor indica las ventajas con su uso:

♣ Sin Polímero Hidrogel

- ❖ Pérdida de agua por infiltración y evaporación
- ❖ Uso ineficiente de los nutrientes debido a la lixiviación
- ❖ Contaminación de acuíferos.

♣ Con Polímero Hidrogel

- ❖ Disponibilidad de agua y nutrientes en el área de las raíces

- ❖ Aumento de la tasa de supervivencia de plantas/árboles
- ❖ Ahorro de costes (menos riego/menos reposición)
- ❖ Extensión de la temporada de siembra/plantación
- ❖ Mejor eficiencia de los nutrientes, ahorro en fertilizantes.

2.3. También menciona por qué utilizar Polímero Hidrogel.

- ♣ Óptimo crecimiento de las plantas
- ♣ Aumenta la capacidad de retención de agua del suelo durante largo tiempo
- ♣ Uso eficiente del agua, reducción frecuencia riego en un 50 por ciento. 1 kg de producto absorbe y libera hasta 250 litros de agua
- ♣ Rápida capacidad de humedecimiento que garantiza el crecimiento de las plantas tras sequía
- ♣ No pierde capacidad de absorción-liberación de agua tras sequía, capacidad >80 por ciento tras 50 ciclos
- ♣ Permite un más rápido y mejor desarrollo de las raíces
- ♣ Acorta el tiempo de producción de plantas
- ♣ Disminuye la pérdida de los nutrientes
- ♣ Reduce el costo de riego y optimiza la fertilización
- ♣ Ahorra mano de obra
- ♣ Mejora la tasa de supervivencia de las plantas y la germinación de las semillas
- ♣ Reduce el choque debido al trasplante y el estrés por falta de humedad
- ♣ Protege a las plantas de las sequías por más de 15 días
- ♣ Reduce la compactación del suelo y mejora la porosidad
- ♣ Ambientalmente seguro y biodegradable.
- ♣ No contaminación de acuíferos, ahorro en fertilizantes.

2.4. Además indica sus usos.

- ♣ Paisajismo.
- ♣ Campos deportivos.
- ♣ Hidrosiembra.
- ♣ Mezclas de sustratos.
- ♣ Agricultura.
- ♣ Horticultura.
- ♣ Reforestación.

2.5. Polímero Hidrogel en suelos y sustratos ofrece muchos beneficios.

- ♣ Evita la compactación del suelo
- ♣ La disponibilidad y calidad del agua es siempre una garantía.
- ♣ Aumenta la uniformidad del suministro de agua a la planta, lo que incrementa su calidad y la seguridad de la producción.
- ♣ Ahorro de costes: menos riego y más nutrientes.
- ♣ Permite mantener la humedad durante el transporte de la planta para su comercialización.
- ♣ Aumenta la capacidad de retención de agua mientras que la del aire se mantiene (Projar, 2015).

2.6. Control sobre la escorrentía y la erosión del suelo.

Para Evonik 2008, el polímero Hidrogel, ayuda a reducir la compactación del suelo, generando un incremento en la tasa de infiltración de agua. Si el agua de lluvia se infiltra rápidamente, habrá una menor pérdida por escorrentía y la capa superficial del suelo será menos afectada por la erosión.

2.7. Mejora la supervivencia en el trasplante.

Según Projar, 2015, el polímero hidrogel disminuye considerablemente las mareas de plantación. Los volúmenes de agua utilizados en la siembra/trasplante son significativamente menores, sin afectar negativamente a las técnicas de plantación. La temporada de siembra/trasplante puede ser ampliada, incluyendo meses secos. Lo cual sería imposible sin el uso de Polímero Hidrogel debido al alto riesgo de mortalidad. Los costes de plantación se reducen un 25 por ciento.

2.8. Polímero Hidrogel consideraciones generales de aplicación.

De acuerdo a Evonik 2008, para la incorporación de Polímero Hidrogel en el suelo, no se requiere de ningún equipamiento específico para realizar esta tarea. Los equipos que habitualmente son utilizados en las operaciones de labranza y plantación pueden ser adecuados para este propósito. Polímero Hidrogel puede ser aplicado seco o en forma de gel hidratado.

Como gránulo seco, algunas maneras de aplicación del polímero gel hidratante son:

- ♣ Aplicación al voleo: Cuando se aplique solo o mezclado con un fertilizante sólido a granel, distribuir Polímero Hidrogel con una espaciadora de fertilizantes. También puede ser mezclado con fertilizantes orgánicos utilizando una espaciadora de estiércol. Luego de la aplicación al voleo Polímero Hidrogel debe ser incorporado en el suelo a una profundidad mínima recomendada de 10 a 15 cm antes o durante la siembra o trasplante.

- ♣ Aplicación en banda: Aplicar en los surcos del cultivo solo o mezclado con la semilla o con un fertilizante sólido, utilizando una fertilizadora en banda o una sembradora (la aplicación con sembradora solo se puede realizar en condiciones de humedad relativa muy baja).

- ♣ Aplicación en invernaderos: Mezclar a una concentración de 1 – 3 g / L O 1 – 3 kg por metro cúbico de sustrato antes de plantar. Regar inmediatamente luego de la plantación hasta la saturación del suelo.
Según Projar 2015, algunas maneras de aplicación del Polímero gel hidratante.

- ♣ Aplicación superficial.
 - ❖ Difusión solo o combinado con sustrato/semillas en la superficie del suelo.
 - ❖ Incorporar al suelo hasta la zona radicular.
 - ❖ Riego intensivo para activar Polímero Hidrogel.
 - ❖ Continuar el tratamiento del suelo después de que la superficie esté lo suficientemente seca.
 - ❖ Aplicación en hilera.
 - ❖ Aplicar directamente en la hilera de plantación durante la preparación del terreno.
 - ❖ Se puede aplicar solo o con abono y semillas.
 - ❖ Riego intensivo para activar Polímero Hidrogel.

- ♣ Aplicación durante el transplante: Polímero Hidrogel, debe ser mezclado con el suelo extraído del hoyo de plantación o con el sustrato de las plantas. La dosis de aplicación puede variar entre 3 a 40 gramos de

gránulos por planta, dependiendo de la especie, volumen de raíces, altura del transplante y condiciones climáticas (Evonik, 2008).

De acuerdo a Guía verde 2010, como aplicar el polímero hidrogel:

- ❖ En seco: mezclar homogéneamente con el sustrato una dosis de 2 a 4 Kg/m³.
- ❖ Hidratado: 150-250 ml de Polímero Hidrogel hidratado (1/80) en 1 litro de volumen del hoyo de plantación.

2.8.1. Aplicación de Polímero Hidrogel prehidratado.

Según Evonik 2008, el Polímero Hidrogel prehidratado, se obtiene agregando agua al Hidrogel y revolviendo lentamente. Tras un tiempo de hinchado de aproximadamente 30 minutos (dependiendo de la temperatura del agua), el gel queda listo para su uso.

- ♣ Preparación del gel, según Projar, 2015.
 - ❖ Dispersar los gránulos en agua durante el llenado de un tanque.
 - ❖ Agitar para evitar grumos.
 - ❖ Si el proceso de hinchamiento comienza, esperar al menos 30 minutos hasta que el gel sea homogéneo.
 - ❖ La proporción de la mezcla es 1 parte de Polímero Hidrogel en 80 partes de agua (recomendado).
- ♣ Aplicación, según Guía verde 2010.
 - ❖ Extender con tanques de estiércol o con cualquier otro medio.

- ❖ Verter o inyectar en hilera u hoyo de plantación.
- ❖ Mezclar con fertilizantes o cualquier otro material orgánico.
- ❖ Dosis: 2-4 L de Polímero Hidrogel hidratado (1/80) cada 10 metros lineales de cepellón (100-150 kg/ha).

2.9. Propiedades del Polímero Hidrogel.

Según Guía verde 2010, estas son propiedades del polímero gel hidratante.

♣ Mejora la porosidad y permeabilidad del suelo.

Debido a la expansión del hidrogel durante la absorción de agua, el volumen de suelo cambia, resultando en la reducción de la compactación del suelo y una mejora en la porosidad y permeabilidad del suelo. Así, al descompactar el suelo el crecimiento radical se incrementa.

♣ Actúa en el suelo como un intercambiador de iones.

Polímero Hidrogel, es capaz de retener cantidades limitadas de nutrientes mediante intercambio de sus propios cationes (potasio) por otros nutrientes catiónicos (calcio y magnesio). Estos cationes son liberados al suelo mediante procesos osmóticos. Así, se obtiene un equilibrio entre las concentraciones dentro de la red del polímero y en el suelo mediante intercambio iónico. El suministro de nutrientes a las plantas es más uniforme. El lixiviado de nutrientes puede ser evitado.

Para Evonik 2008, estas son propiedades del polímero gel hidratante.

♣ **Mejora la cantidad y calidad de la producción.**

Polímero Hidrogel, proporciona una reserva de agua continua, justo donde la planta lo necesita, en la zona de las raíces. Con un suministro de humedad más estable, se logrará un crecimiento constante y balanceado de la planta, pudiendo aprovechar el potencial de producción de los suelos. En la agricultura de secano, esto puede llevar a un crecimiento más rápido de la planta y así alcanzar una madurez anticipada.

♣ **No es tóxico ni perjudicial para el medio ambiente. Es totalmente degradable.**

Polímero Hidrogel, es seguro para los humanos y el medio ambiente, no es persistente y no contamina el suelo ni el agua superficial o subterránea. Tras un periodo de tiempo el polímero es susceptible a procesos de degradación natural en el suelo a través de la actividad física y microbiana. Tras la solubilización y mineralización, el polímero se descompondrá en componentes inofensivos como sales de potasio, dióxido de carbono y agua. El polímero se integrará completamente en la biosfera del suelo, sin efectos negativos de residuos en plantas, suelo y microorganismos del suelo o en el agua subterránea.

2.10. Polímero Hidrogel sobre el sistema radicular tras el arranque en vivero o campo.

Projar 2015, indica que en el caso de la aplicación del polímero gel hidratante sobre el sistema radicular tras el arranque en vivero o campo de todo tipo de plantas y árboles, protege sus raíces al descubierto durante el transporte y almacenamiento, evitando que se dessequen, además de intensificar la nueva

formación de raíces después de la plantación gracias al óptimo aporte de agua. Esta rápida nueva formación de finas raíces capilares, hace que los resultados de arraigamiento sean sensiblemente mejores, reduciéndose así las pérdidas de plantas.

2.11. Polímero Hidrogel – Componentes.

Polímero Hidrogel, es un polímero aniónico entrelazado súper absorbente e insoluble en agua altamente reticulado que está parcialmente neutralizada con potasio. Polímero Hidrogel 500, es un copolímero que contiene ácido acrílico, acrilamida y potasio. **Polímero Hidrogel 660**, es un homo-polímero basado en ácido acrílico y potasio, libre de acrilamida. Estos acondicionadores de suelo están disponible en forma de gránulos blancos, secos y sólidos con diferentes tamaños de partículas y con excelente poder de absorción de agua. Diferentes tamaños de partículas que se utilizan dependiendo de la textura de los suelos con que se trabaje (Evonik, 2008).

2.12. Polímero Hidrogel modo de acción.

Evonik 2008, señala que el Polímero Hidrogel, al reaccionar con agua se hincha rápidamente transformándose en un hidrogel que absorbe y conserva grandes cantidades de agua disponible para la planta, el hidrogel va liberando el agua reservada poco a poco de acuerdo a la demanda de la misma actuando como reservorio de agua y liberándola según las necesidades de las plantas, hasta que esta logre desarrollar su ciclo completo así este sometida bajo limitaciones hídricas. Esta mayor disponibilidad de agua, ayuda a evitar el estrés hídrico durante largos periodos de sequía.

Durante la fase de liberación de agua del hidrogel, se creará un volumen de poros libres en el suelo, ofreciendo espacios adicionales para el crecimiento de las raíces, la infiltración y almacenamiento del aire y agua. Además tiene la capacidad de absorber nutrientes, asimismo las pérdidas por lixiviación se ven reducidas, posteriormente durante el proceso de secado del suelo tanto el agua como los nutrientes solubles se liberan a la planta de manera soluble. Polímero Hidrogel también resiste fuertemente la presión del suelo a grandes profundidades, sin perder su capacidad de hinchamiento por tanto tampoco su capacidad de absorción.

2.13. Polímero Hidrogel dosis de aplicación.

La dosis de Polímero Hidrogel, puede variar entre 3 a 40 gramos de gránulos por planta, dependiendo de la especie, volumen de raíces, altura del transplante y condiciones climáticas (Evonik, 2008).

CUADRO I. POLÍMERO HIDROGEL, DOSIS DE APLICACIÓN EN CULTIVOS

En este cuadro se muestran dosificaciones con Polímero hidrogel de acuerdo a distintos tipos de cultivos.

Patatas, tomates y vegetales: 40 – 60 kg/ha 30 – 50 kg/ha
Cereales de grano pequeño: 25 – 45 kg /ha 10 – 25 kg /ha
Maíz: 40 – 60 kg/ha 20 – 40 kg/ha
Girasol: 45 – 75 kg/ha 35 – 45 kg/ha
Transplante de vegetales (Tomate, Lechuga, <i>Capsicum annum</i> , etc.): 1.25 – 3 g/plantón
Árboles y arbustos, viña y transplante de plantones ornamentales: 3 – 260 g/plantón
Pequeños plantones de árboles: 3 – 20 g/plantón
Grandes plantones de árbol: 20 – 260 g/plantón
Inyección en árboles, arbustos, viñas y ornamentales: 80 – 400 g/arbusto o árbol
Frutos suaves (a excepción de las fresas): 40 – 80 g/arbusto
Frutos, olivo y palmeras: 80 – 400g/árbol
Sustratos y mezclas para macetas: 1 – 3 kg/m ³

Fuente: Projar, 2015.

2.14. Consideraciones generales sobre el material a utilizar en el ensayo.

El uso del Polímero Hidrogel, se llevó a cabo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), específicamente en la variedad **FCA 97116**.

2.14.1. Origen.

La variedad FCA 97116 fue desarrollada a partir de la línea CT11032 – 2 – 4 – 3T – 3P – 2 originada en el cruce CT 6919 – 4 – 2 – 2 – 6 / P5 166 – F2 – 26 – 1 – 1X // CT8285 – 13 – 5 – 2P – 1X. La línea experimental tuvo su origen en el programa de Arroz del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y fue introducida en nuestro país en 1997, a través del Vivero Internacional de Observación de Arroz para América Latina (VIOAL). Este genotipo se introdujo como material de séptima generación, evaluándose primero en parcelas de observación, y luego en varios ciclos de ensayos de rendimiento, y finalmente en pruebas regionales, en fincas de productores, en varias localidades de la República de Panamá (Gaona B, 2006).

2.14.2. Características.

La variedad FCA 97116 es precoz, con ciclo promedio de 112 días, sin embargo, se pueden esperar ciclos tan cortos de 106 días y tan largos de 119 días. Presenta buen vigor inicial es de porte intermedio con altura que oscila entre 110 cm y 126 cm, su macollamiento va de bueno a muy prolífico. La longitud de grano es intermedia, sin aristas, de color pajizo y con un peso promedio de 28.4 gramos / 1000 granos. Tiene potencial para alcanzar producciones de grano limpio y seco sobre los 5,896.76 kg / ha (130 qq / ha) en los ecosistemas de riego. Tiene buen rendimiento en molino y presenta

buena apariencia (más de 90 por ciento de granos traslucidos) (Gaona B, 2006).

2.14.3. Reacción a enfermedades y plagas.

En condiciones experimentales, la variedad mostró tolerancia a las principales enfermedades foliares que atacan al cultivo (*pyricularia*, *helminthosporiosis*, *cercosporiosis*, *podrición de la vaina*, *añublo de la vaina*, etc.), sin embargo, se requiere de protección para un mejor desempeño del cultivar.

En cuanto a las plagas, **la variedad es susceptible al acaro de la vaina del arroz *Steneotarsonemus spinki Smiley***, por lo que se recomienda especial atención en el control del mismo (Gaona B, 2006).

2.14.4. Manejo agronómico.

- ♣ Ecosistema: Esta variedad se recomienda para condiciones de secano favorecido, con lluvias bien distribuidas (unos 1,200 milímetros) durante todo el ciclo del cultivo. Los suelos deben tener buena retención de humedad, pero se deben tener terrenos bajos con lámina permanente de agua, ya que la variedad tiene tendencia al volcamiento bajo condiciones muy favorecidas (Gaona B, 2006).

- ♣ Densidad de siembra: Se recomienda para esta variedad densidades de 250 y 300 libras de semilla seca por hectárea, sin embargo, es necesario considerar la calidad de la semilla y el método de siembra utilizado para definir la cantidad adecuada de semilla por unidad de superficie, además es impotente tomar en cuenta la relación entre la densidad de siembra y los problema de enfermedades y plagas (Gaona B, 2006).

- ♣ Fertilización: Se recomienda la aplicación de cuatro quintales de un fertilizante completo a la siembra y cuatro quintales de fertilizante nitrogenado (urea), fraccionando las dosis totales en varias aplicaciones, coincidiendo estas, fundamentalmente, con las fases de macollamiento e iniciando la panícula. Debe considerarse que las aplicaciones de nitrógeno dos semanas antes de la emergencia de la panícula y en plena floración ayudan a evitar la degeneración de los granos, incrementan el tamaño de la cáscara, estimulan el desarrollo del grano y aumentan el porcentaje de granos maduros (Gaona B, 2006).

- ♣ Control de malezas, enfermedades y plagas: Para un buen control de malezas se requiere una buena preparación de suelo, la utilización de semilla certificada y aplicaciones oportunas de los herbicidas apropiados. Las medidas de control de insectos y enfermedades deben regularse de acuerdo a la naturaleza y la intensidad del daño de la plaga o enfermedad, el estado de desarrollo del cultivo y las condiciones ambientales. La inspección periódica y cuidadosa de los campos permitirá tomar decisiones oportunas (Gaona B, 2006).

- ♣ Cosecha: La cosecha oportuna del grano reduce las pérdidas por desgrane natural, acame, pájaros, ratas y pérdida del valor comercial (calidad). Se considera que la humedad óptima de cosecha esta entre 20 y 27 por ciento. Por encima de 27 por ciento hay menor rendimiento y mayor porcentaje de granos yesosos. Cuando la humedad del grano es menor de 18 por ciento hay pérdida de granos, calidad y mayor riesgo. En términos visuales se considera el punto de cosecha cuando el 80 por ciento de los granos de la panícula estén color paja; en este momento los granos de la porción superior de la panícula están claros y firmes y la mayoría de los de la base se encuentran en la etapa de endurecimiento (Gaona B, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Primera fase.

3.1.1. Ubicación.

La investigación se realizó en la provincia de Chiriquí, en la finca de la Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, específicamente en la parcela productiva N° 10, dedicada a la siembra de arroz (*Oryza sativa L*), ubicada frente a la carretera Interamericana de Panamá. Esta investigación abarcó periodos entre el mes de octubre a diciembre de 2015; área con unos nueve (9) msnm, con una humedad relativa promedio de 85-90 por ciento y con una temperatura promedio de 28 °C.

Al igual que Alanje la precipitación es superior a los 2.000 mm anuales, siendo octubre el mes más lluvioso. La temperatura media anual es 27,4 °C y una humedad relativa media del 79 por ciento. Estas condiciones favorecen el desarrollo de las principales enfermedades foliares del arroz (IDIAP/FCA/CIAT, 1988).

3.1.2. Materiales.

En la investigación se necesitó lo siguiente: 264 m² superficie de terreno, para el establecimiento de cinco tratamientos con cuatro repeticiones, sobres de papel, Semilla de arroz (*Oryza sativa L*) variedad FCA 97116, Polímero Hidrogel **660 M** y Polímero Hidrogel **660 XL**, Polímero Hidrogel, homopolímero con ácido acrílico y potasio, libre de acrilamida; Fertilizante en mezcla química en fórmula comercial 12 – 24 – 12, Fertilizante en mezcla química en fórmula comercial 18 – 46 – 0, Urea, Herbicidas, Insecticidas; a

nivel de campo maquinaria para la preparación del terreno, Bomba de 16 L; a nivel de laboratorio vaso químico de 80 ml - probetas de 10 y 25 ml – viales - balanza digital.

3.1.2.1. Suelo.

El terreno utilizado para la investigación, se marcó para delimitar el establecimiento de cada uno de los tratamientos, se encuentra dispuesto bajo condiciones ambientales naturales. Se preparó con la utilización de maquinaria y fumigación con herbicidas, con el fin de manejar las malezas, y mejorar la estructura del terreno para facilitar el establecimiento de la plantación.

3.1.2.2. Muestras de suelo.

El suelo pertenece a un área de explotación agrícola, se extrajo una muestra, que fue enviada al laboratorio de suelo y agua de la Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, para análisis físicos y químicos (ver anexo N° 7).

3.1.2.3. Tratamientos.

Para obtener los datos experimentales en esta investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar, cinco tratamientos cada uno con cuatro repeticiones. A continuación el detalle de los tratamientos:

Tratamientos: 1. Testigo **A.** / 2. Control con fertilización mejorada (fertilización especial) **B.** / 3. Polímero Hidrogel diámetro **660 MC.** / 4. Control absoluto (convencional) **D.** / 5. Polímero Hidrogel diámetro **660 XL E.**

Un total de 20 unidades experimentales, el análisis estadístico de los resultados obtenidos se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con la sentencia PROC GLM con el programa SAS (*Statistical Analysis System*) *Institute* de CA 2006 USA, para las pruebas de medidas se utilizó la prueba del rango estandarizado de tukey (HSD) y la prueba del rango múltiple de Duncan.

3.1.2.4. Semilla.

Arroz (*Oriza sativa L*), Variedad **FCA 97116**.

159.075 Kgs / ha⁻¹ = 4.77 g / m – Lineal

33 333

14.77 / m – Lineal x 3 = 14.31 g / 3 m – Lineales.

14.31 g / 6 m – Líneas = 85.90 g (Tratamiento).

85.90 g x 4 Tratamiento / repetición = 343.605 (4 repeticiones) Total.

3.1.2.5. Polímero Hidrogel.

El 40 por ciento de todas las unidades experimentales, fueron sometidas al Polímero Hidrogel, el restante 60 por ciento de las unidades experimentales (12 unidades experimentales) las constituyen el tratamiento Testigo, el tratamiento Control con fertilización mejorada (fertilización especial) a base de fertilización convencional + mezcla química comercial 18 – 46 – 0, y un tratamiento de Control absoluto (convencional) con la mezcla química comercial 12 – 24 -12 + Urea, cada tratamiento cuenta con cuatro repeticiones. El 40 por ciento de las unidades experimentales (8 unidades experimentales), se repartió en un 20 por ciento (4 unidades experimentales)

se trataron con Polímero Hidrogel **660 M** y el restante 20 por ciento (4 unidades experimentales) con Polímero Hidrogel **660 XL**, para estos tratamientos manejaremos la misma dosis 21.6 g de Polímero Hidrogel por unidad experimental. Importante mencionar que en cada bloque se hará el establecimiento de seis hileras de siembra de tres metros lineales, con un distanciamiento de 3 cm (0.30 m / hilera), por lo tanto la dosis de Polímero Hidrogel será de 3.60 g por hilera de siembra.

Distancia = 30 cm / hilera.

$$1 \text{ ha}^{-1} = 10\,000 \text{ m}^2 // \frac{10\,000 \text{ m}^2}{30 \text{ cm}} = \frac{10\,000 \text{ m}^2}{0.30 \text{ m}} = 33\,333 \text{ m Lineales.}$$

$$\frac{30 \text{ cm}}{0.30 \text{ m}}$$

$$\frac{40 \text{ kgs}}{\text{ha}}^{-1} = \frac{40 \times 1000}{33\,333} = \frac{40\,000}{33\,333} = 1.20 / \text{m Lineales.}$$

$$\frac{33\,333}{33\,333} \quad \frac{33\,333}{33\,333} \quad \frac{33\,333}{33\,333}$$

$$1.20 / \text{m Lineal} \times 3 \text{ m} = 3.60 \text{ g} / \text{línea de 3 m Lineales de Polímero Hidrogel.}$$

$$3.60 \text{ g} \times 6 \text{ líneas de 3 m Lineales} = 21.6 \text{ g} / \text{Unidad Experimental.}$$

$$21.6 \times 4 \text{ Unidades Experimentales} = 86.4 \text{ g total de Polímero Hidrogel } \mathbf{660M.}$$

$$86.4 \text{ total de Polímero Hidrogel } \mathbf{660 XL.}$$

3.2. Segunda fase.

3.2.1. Manejo del cultivo.

3.2.1.1. Establecimiento.

Una vez preparado el terreno y los tratamientos debidamente delimitados, se procedió a el establecimiento de la plantación, al momento de la siembra junto con la semilla se incorporó al sistema productivo fertilizante en mezcla química en fórmula comercial 12 – 24 – 12 a excepción del tratamiento testigo, también se incorporó la dosis de Polímero Hidrogel **660 M** y Polímero Hidrogel **660 XL** gránulo seco, respectivamente de acuerdo a los tratamientos que correspondían, a una profundidad de 15 cm.

3.2.1.2. Riego.

Esta variable en la investigación se manejó bajo condiciones agroclimáticas que se presentaron durante la ejecución y finalización del ensayo, ya que la idea era conocer que tan eficiente era la aplicación de la tecnología Polímero Hidrogel, el periodo durante el cual se desarrolló la investigación se caracterizó por presentar periodos de sequía, ideal para evaluar el efecto de la tecnología objeto de estudio. La capacidad de absorción del Polímero Hidrogel está determinada por la calidad del agua y el tipo de suelo, en este sustrato la capacidad de almacenamiento varia en torno a 70 – 120 veces su peso. 1 kg de producto absorbe y libera hasta 250 litros de agua, por lo general una capacidad >80 por ciento.

3.2.1.3. Fertilización.

El cultivo de arroz (*Oryza sativa L*) se fertilizó el suelo con un plan de fertilización, fertilizando a la siembra aplicando 73.62 g / tratamiento de 12 (N) – 24 (P₂O₅) – 12 (K₂O), excepto el tratamiento testigo.

$$1\text{qq} / 100 \text{ lbs} = 45.45 \text{ kgs} \times 3 = \underline{136.35 \text{ kgs} / \text{ha}^{-1}} = 4.09 \text{ g} / \text{m Lineales.}$$

$$33 \ 333 \text{ m Lineales}$$

$$4.09 \text{ g} / \text{m Lineales} \times 3 \text{ m} = 12.27 \text{ g} / 3 \text{ m Lineales.}$$

$$12.27 \text{ g} \times 6 \text{ líneas} = 73.62 \text{ g (tratamiento).}$$

$$73.62 \text{ g} \times 4 \text{ repeticiones} = 294.48 \text{ g (4 repeticiones) Total.}$$

También se fertilizó con Urea (5 qq x ha⁻¹) fraccionados.

En la etapa de macollamiento (30 dds) se aplicó 3 qq de fertilizante en la mezcla química en fórmula comercial de Urea (46 por ciento), a dosis de 92 g / unidad experimental, excepto el tratamiento testigo.

$$3 \text{ qq} - 100 \text{ lbs (45 kg/c.d.u)} / 10 \ 000 \text{ m}^2.$$

$$3 \times 2.25 = 6.75 \text{ m}^2 / \text{una Unidad Experimental.}$$

$$3 \text{ qq} / 10 \ 000 \text{ m}^2.$$

$$6.75 \text{ m}^2 = 0.002025 \text{ qq} / \text{Unidad Experimental.}$$

$$0.002025 \text{ qq} \left(\frac{100 \text{ lbs}}{1} \right) \left(\frac{1 \text{ kg}}{2.2046} \right) \left(\frac{1000 \text{ g}}{1} \right) = 92 \text{ g de Urea} / \text{U.E.}$$

$$1 \text{ qq} \quad 2.2046 \text{ lbs} \quad 1 \text{ kg}$$

$$92 \text{ g} \times 4 = 367 \text{ g de Urea} - 4 \text{ Unidades Experimentales.}$$

A los 45 d.d.s. se aplicó 2 qq restantes de Urea.

$$2 \text{ qq} / 100 \text{ lbs (45 kg/c.d.u)} / 10\,000 \text{ m}^2$$

$$3 \times 2.25 = 6.75 \text{ m}^2 / \text{ una Unidad Experimental.}$$

$$2 \text{ qq} / 10\,000 \text{ m}^2.$$

$$6.75 \text{ m}^2 = 0.00135 \text{ qq} / \text{ Unidad experimental.}$$

$$0.00135 \text{ qq} (\underline{100 \text{ lbs}}) \quad (\underline{1 \text{ kg}}) \quad (\underline{1000 \text{ g}}) = 61 \text{ g de Urea} / \text{ U.E.}$$

$$1 \text{ qq} \quad 2.2046 \text{ lbs} \quad 1 \text{ kg}$$

$$61 \text{ g} \times 4 = 245 \text{ g de Urea} - 4 \text{ Unidades Experimentales.}$$

En el caso del tratamiento Control Mejorado (fertilización especial), adicional a las fertilizaciones descritas anteriormente, también se realizó a los 45 d.d.s fertilización con Nitrofoska, la mezcla química en fórmula comercial 18 (N) – 46 (P₂O₅) – 0 (K₂O).

$$1 \text{ qq} = 45.45 \text{ kgs} \times 3 = \underline{136.35 \text{ kgs} / \text{ ha}^{-1}} = 4.09 \text{ g} / \text{ m Lineales.}$$

$$4 \quad 33 \text{ m Lineales}$$

$$4.09 \text{ g} / \text{ m Lineales} \times 3 \text{ m} = 12.27 \text{ g} / 3 \text{ m Lineales.}$$

$$12.27 \times 6 \text{ m Líneas} = 73.62 \text{ g (tratamiento).}$$

$$73.62 \text{ g} \times 4 \text{ repeticiones} = 294.48 \text{ g (4 repeticiones) Total.}$$

3.2.1.4. Control de malezas.

Al tratarse de una siembra directa se realizó aspersiones con Glifosato, para el control presiembra de las malezas, a los 15 d.d.s. control mecánico, a los 36 d.d.s. aspersiones con herbicidas 2 – 4D, Propanil.

Complejo de malezas: *Murdania nudiflora*, *Cyperus rotundus*, *Echinochloa colonum*, *Paspalum fasciculatum*, *Malva americana*, *Fimbristylis miliacea* y *anua*, *Cleome viscosa*, *Mimosa púdicas*, *Calopogonium mucunoide* (ver anexo 4).

3.2.1.5. Control de insectos.

A los 56 d.d.s. se realizó aspersiones con Arrivo 6 E.C. Insecticida – Piretroide – Cipermetrina. Es un insecticida que actúa tanto estomacal como de contacto, demostrando actividad adulticida, ovicida y particularmente larvicida contra una gran variedad de especies de plagas.

3.3. Tercera fase.

3.3.1. Metodología experimental.

3.3.1.1. Modelo estadístico.

Se utilizó un modelo estadístico conocido como diseño de doble vía bifactorial, dispuesto en un Diseño en Bloques Completamente al Azar en parcelas divididas, con 5 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento, éste modelo se empleó para facilitar el manejo de los tratamientos. A continuación se presentan características del modelo estadístico:

- ♣ Las unidades experimentales son heterogéneas.
- ♣ Las unidades homogéneas están agrupadas formando los bloques.
- ♣ En cada bloque se tiene un número de unidades igual al número de tratamientos (bloques completos)
- ♣ Los tratamientos están distribuidos al azar en cada bloque.
- ♣ El número de repeticiones es igual al número de bloques.

Con los datos obtenidos del diseño se evaluó el desarrollo de las plantas, el efecto de los polímeros en retención de agua y la absorción de

nutrientes del suelo. El diseño utilizado es conocido como diseño de doble vía, se aplica cuando el material es heterogéneo y las unidades experimentales homogéneas se agrupan formando grupos homogéneos llamados bloques.

- ♣ Tratamientos A, B, C, D, E
 - ❖ Bloque I : C E B D A
 - ❖ Bloque II : A D C B E
 - ❖ Bloque III: B C E A D
 - ❖ Bloque IV: D B A E C

Las fuentes de variación para el análisis estadístico son:

- ♣ Fuentes Grados de libertad
 - ❖ Tratamiento $(t-1) = 4$
 - ❖ Bloques $(r-1) = 3$
 - ❖ Error $(t-1)(r-1)=12$

- ♣ Modelo.

Cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el modelo para el diseño de bloques completos al azar:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i=1,2,\dots, t \\ j=1,2,\dots, r \end{array}$$

- ❖ μ = Parámetro, efecto medio
- ❖ T_i = Parámetro, efecto del tratamiento I
- ❖ β_j = Parámetro, efecto del bloque j
- ❖ ε_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la u.e. i,j
- ❖ Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

3.3.1.2. Parámetros a evaluar.

Se empleó un diseño doble vía bifactorial en bloques completamente al azar y distribuido en parcelas divididas. Los parámetros objeto de análisis serán:

- ♣ Factor A. Aplicación y no aplicación de Polímero Hidrogel.
- ♣ Factor B. Aplicación de Polímero Hidrogel a diferentes diámetros.
- ♣ Factor C. Plan de fertilización Control absoluto (convencional) y Plan de fertilización mejorada.

VARIABLES A EVALUAR:

- ♣ Medir el tamaño de las plántulas (*Oryza sativa L.*)
- ♣ Longitud radicular.
- ♣ Estimar la capacidad de campo en condiciones naturales en los tratamientos con polímeros.

CUADRO II. FORMA GENERAL DE LA TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
TRATAMIENTOS	$T-1 = 5-1=4$
BLOQUE	$R-1 = 4-1=3$
ERROR	$(T-1)(R-1) = 12$

3.3.1.3. Constantes hídricas de suelo.

- ♣ Peso de suelo húmedo (P.S.H.) y peso de suelo seco (P.S.S.)
 - ❖ Suelo húmedo: Expresa la proporción de agua presente en el suelo. Es la relación entre el peso de agua del suelo y el peso de su fase sólida.

❖ Suelo seco: Cuando la muestra de suelo no contiene la fase líquida, el mismo que no existe en la naturaleza, solamente se obtiene en laboratorio. La película de agua absorbida, no desaparece por completo al someter el suelo al horno a temperaturas de 105°C - 110°C por 24 horas, luego se pesa el conjunto de muestra más recipiente, se vuelve a llevar al horno y se verifica, después de 1 hora, si la masa es constante. La muestra no se debe pesar inmediatamente sacada del horno, se debe facilitar un enfriamiento de ella.

♣ Determinación de la densidad aparente (D.A.)

Según USDA 199, la densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo. Esta condición puede ser alterada por mecanización; pisoteo de animales; maquinaria agrícola. La D.A es un indicador de que tan suelto o compacto es un suelo, altas densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces, e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo.

El método más utilizado en nuestro país para realizar esta determinación es el método del cilindro. Una de las desventajas de tomar la muestra con el cilindro, es que el valor puede variar con el tamaño del cilindro, siendo mayor la densidad cuando menor es el tamaño del cilindro, a causa de que no se captan los poros de mayor diámetro.

Para la determinación densidad aparente fue necesario calcular el volumen del cilindro de metal, empleando la siguiente formula:

$$\text{Vol. cilindro} = \pi * r^2 * h$$

$$\text{Vol. cilindro} = 3.1416 * (2.52 \text{ cm})^2 * 5.00 \text{ cm}$$

$$\text{Vol. cilindro} = 100 \text{ cm}^3$$

Consistió en introducir un cilindro biselado de volumen conocido en el suelo, enrasando el suelo con los bordes, secar la muestra en estufa a 105° C hasta peso constante y obtener su valor de la siguiente manera:

$$D_{Ap} (g \text{ cm}^{-3}) = \frac{\text{peso suelo seco (g)} \times 100}{\text{Volumen del cilindro (cm}^{-3}\text{)}}$$

♣ **Análisis Granulométrico.**

Se llama también Análisis Mecánico y consiste en la determinación de los porcentajes de piedra, grava, arena, limo y arcilla que hay en una cierta masa de suelo; es decir, el análisis granulométrico se refiere a determinar la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. La composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado.

♣ **Peso específico del suelo.**

Es la relación entre el peso del suelo y su volumen. También se denomina peso volumétrico; es decir peso de dicho suelo contenido en la unidad de volumen.

♣ **Capacidad de Campo (C.C).**

Se denomina Capacidad de Campo a la cantidad de agua humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente (EcuRed, 2010).

$$\% \emptyset g = \frac{P.S.H. - P.S.S}{P.S.S} \times 100$$

♣ Punto de Marchitez Permanente (P.M.P.)

Se conoce como tal al porcentaje o nivel de humedad del suelo al cual las plantas se marchitan en forma permanente. Si el suelo no recibe nuevos aportes de agua, la evaporación desde el suelo y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a un nivel en el que las raíces ya no pueden extraer agua del suelo (EcuRed, 2010).

$$\text{Punto de Marchitez Permanente \% (P.M.P.)} = \frac{C.C}{1.84}$$

♣ Medidas de la altura de las plantas y la longitud de las raíces.

Empleando una cinta métrica, así fue como determinamos las variables de estudio, a nivel de campo se llevó a cabo la toma de datos, medidas de la longitud de las plantas (crecimiento) y su desarrollo radicular (Longitud radicular).

De cada unidad experimental se tomaron al azar tres muestras para la variable tamaño de la planta (crecimiento), así como también tres muestras para la variable desarrollo radicular, seis muestras por unidad experimental, para un muestreo de 30 muestras en cada bloque. Para un total de 120 muestras en todo el ensayo.

3.3.1.4. Distribución al azar de los tratamientos.

El diseño del ensayo obedece a un total de cinco tratamientos, cada uno con cuatro repeticiones, con las dimensiones y distanciamientos que se detallan en el croquis. 1. Testigo **A.** / 2. Control con fertilización mejorada (fertilización especial) **B.** / 3. Polímero Hidrogel diámetro **660 M C.** / 4. Control absoluto (convencional) **D.** / 5. Polímero Hidrogel diámetro **660 XL E.**

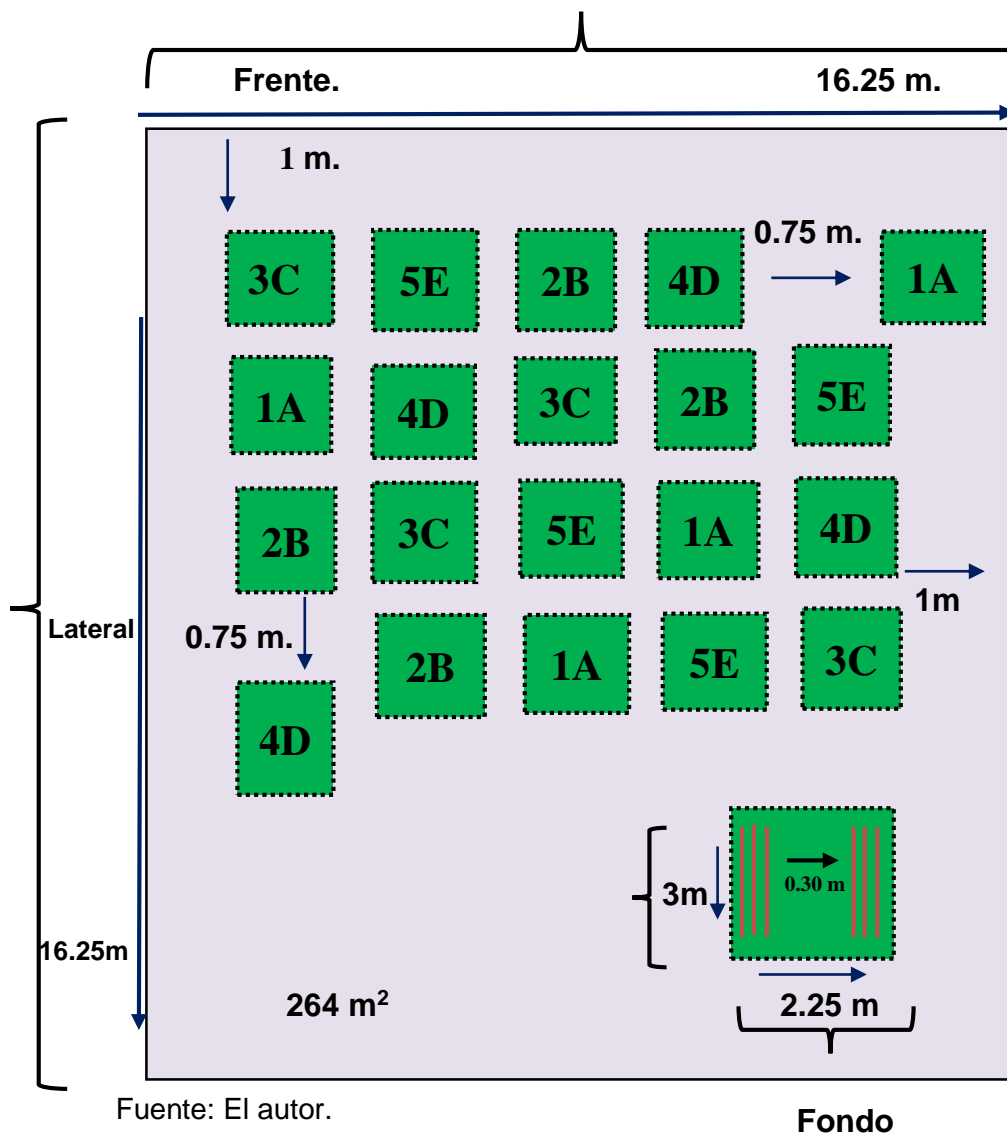


FIGURA 1. Croquis del ensayo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados de esta investigación.

4.1. Información Climatológica.

Los datos climatológicos registrados durante el desarrollo de la investigación, se obtuvieron de la Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, sede Chiriquí, David, Rep. De Panamá.

CUADRO III. DATOS CLIMATOLÓGICOS, PERIODO OCTUBRE – DICIEMBRE 2014 - 2015

PRECIPITACIÓN EN mm		
MES	AÑO	
OCTUBRE	2014	2015
Total	495.5	239.5
N° de días con lluvia	23	15
N° de aguaceros > de 10 mm	15	4
NOVIEMBRE	2014	2015
Total	315.5	285.5
N° de días con lluvia	16	16
N° de aguaceros > de 10 mm	11	7
DICIEMBRE	2014	2015
Total	207.5	23.5
N° de días con lluvia	7	2
N° de aguaceros > de 10 mm	4	1

Fuente: Estación meteorológica de la F.C.A, UP.

Este cuadro III, muestra la reducción promedio de las precipitaciones a partir del mes de octubre hacia el mes de diciembre en los dos años (2014 – 15). Se observa que estas estimaciones registran que la precipitación durante el establecimiento de esta investigación fue menor que en el año anterior, datos difieren debido a los cambios agroclimáticos.

4.2. Constantes hídricas del suelo.

CUADRO IV. PESO DE SUELO HÚMEDO (P.S.H.) Y PESO DE SUELO SECO (P.S.S.)

N°	Profundidad (cm)	Peso de Suelo Húmedo (P.S.H.)			Peso de Suelo Seco (P.S.S.)		
		Peso de suelo húmedo (gr.)	Peso del cilindro (gr.)	Peso de suelo húmedo corregido (gr.)	Peso de suelo seco (gr.)	Peso del cilindro (gr.)	Peso de suelo seco corregido (gr.)
1	0-15	255.71	95.00	160.71	216.16	95.00	121.16
		263.06	95.00	168.06	220.82	95.00	125.82
PROMEDIO		259.385	95.00	164.39	218.49	95.00	123.49
2	15-30	248.6	95.00	153.60	211.78	95.00	116.78
		279.06	95.00	184.06	235.29	95.00	140.29
PROMEDIO		263.83	95.00	168.83	223.535	95.00	128.54

Fuente: El autor.

El cuadro IV, muestra el peso de suelo húmedo obtenido en los primeros 15 cm del perfil del suelo, dio un peso promedio corregido de 164,39 gramos y en los segundos 15 cm del perfil del suelo (30 cm de profundidad total) se tiene un resultado de 168.83 gramos.

Respecto al peso de suelo seco obtenido en los primeros 15 cm del perfil del suelo, se tiene un peso promedio corregido de 123.49 gramos y en los segundos 15 cm del perfil del suelo (30 cm de profundidad total) el resultado es de 128.54 gramos.

Un suelo con una densidad aparente de **1,8** gr/cm³ es un suelo muy compacto y duro, por otro lado un suelo con una densidad aparente de **0,6** gr/cm³ es un suelo muy suelto y poroso (USDA, 1999).

CUADRO V. RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO Y CRECIMIENTO RADICULAR, EN BASE A LA TEXTURA DEL SUELO

Textura del suelo	Densidad aparente ideal para el crecimiento radicular (gr/cm ³)	Densidad aparente que pueden afectar el crecimiento radicular (gr/cm ³)	Densidad aparente que restringen el crecimiento radicular (gr/cm ³)
Arenoso, franco arenoso	<1.6	1.69	>1.8
Franco arenoso, Franco	<1.4	1.63	>1.8
Franco arcillo arenoso, franco arcilloso	<1.4	1.60	>1.75
Limoso, franco limoso	<1.4	1.60	>1.75

Fuente: USDA, 1999.

En el cuadro V, se muestra como varía la D.A. de acuerdo al tipo de estructura de suelo. En el siguiente cuadro VI, se muestran resultados de la determinación de la D.A. de la parcela donde se realizó la investigación, para efecto de comparación se tomará como base datos del cuadro V, para comparar los resultados obtenidos en el cuadro VI.

CUADRO VI. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD APARENTE (D.A.)

N°	Profundidad (cm)	Peso de suelo seco (gr.)	Vol. Cilindro (cm ³)	Densidad Aparente (gr./cm ³)
1	0-15	121.16	100	1.21
		125.82	100	1.26
PROMEDIO		123.49	100	1.24
2	15-30	116.78	100	1.17
		140.29	100	1.40
PROMEDIO		128.53	100	1.29

Fuente: El autor.

En el cuadro VI, la densidad aparente obtenida en los primeros 15 cm del perfil, hay una densidad promedio de 1.24 gr/cm³, lo cual indica que a esta profundidad no hay compactación relevante en el suelo, ya que los datos de densidad aparente oscilan entre los rango de 0.6 – 1.7 gr/cm³. En los segundos 15 cm del perfil del suelo (30 cm de profundidad), se obtuvo una densidad promedio de 1.29 gr/cm³. Al igual que la profundidad anterior este dato de densidad, indica que no hay compactación relevante alguna a esta profundidad.

Los resultados obtenidos de la D.A. a los 15 cm (D.A = 1.24) y a los 30 cm (D.A = 1.29) de profundidad del suelo, al compararlos con datos del cuadro V, nos indica que a esta densidad aparente el crecimiento radicular no se verá afectado ni restringido.

4.3. Determinación de los componentes hídricos del suelo.

La determinación de los componentes hídricos del suelo de la parcela, se fundamentó en la obtención de componentes tanto en términos gravimétricos y volumétricos, tales como Capacidad de Campo (C.C.), Punto de Marchitez Permanente (P.M.P.) límites que definen la necesidad

de agua de un cultivo para su óptimo desarrollo. Como componentes adicionales y necesarios mostramos el Peso de Suelo Húmedo (P.S.H.) y el Peso de Suelo Seco (P.S.S.).

CUADRO VII. COMPONENTES HÍDRICOS EN TÉRMINOS GRAVIMÉTRICOS DEL SUELO

N°	Profundidad (cm)	Peso de suelo húmedo (gr.)	Peso de suelo seco (gr.)	Capacidad de Campo % (C.C.)	Punto de Marchitez Permanente % (P.M.P.)	Gramos de agua a C.C	Gramos de agua a P.M.P
1	0-15	160.71	121.16	32.64	17.74	39.55	21.49
		168.06	125.82	33.57	18.25	42.24	22.96
PROMEDIO		164.39	123.49	33.12	18.00	40.90	22.23
2	15-30	153.6	116.78	31.53	17.14	36.82	20.01
		184.06	140.29	31.20	16.96	43.77	23.79
PROMEDIO		168.83	128.535	31.35	17.04	40.30	21.90

Contenido volumétrico de agua (g/cm^3) = contenido de agua en el suelo (g/g) x densidad aparente (g/cm^3)

Fuente: El autor.

Este cuadro VII, presenta la determinación de los componentes hídricos expresados en términos gravimétricos, esto hace referencia al peso de suelo ocupado por el agua. Cabe resaltar que la capacidad de campo promedio en los primeros 15 cm de perfil del suelo consta de 33.12 por ciento, lo que indica que 100 g de tierra seca retienen 40.90 g de agua. El punto de marchitez permanente en este perfil consta de un promedio de 18.00 por ciento, significa que, cuando se alcanza la marchitez de la planta, el suelo tenía 22.23 g de agua por 100 g de tierra seca. El agua útil (disponible) para la planta sería 18.67 g de agua por 100g de tierra seca. La capacidad de campo promedio en los segundos 15 cm de perfil de suelo (30 cm de profundidad total) consta de 31.35 por ciento, lo que indica que 100 g de tierra seca retienen 40.30 g de agua. El punto de marchitez permanente en este perfil consta de un promedio de 17.04 por ciento,

significa que, cuando se alcanza la marchitez de la planta, el suelo tenía 21.90 g de agua por 100 g de tierra seca. El agua útil (disponible) para la planta sería 18.40 g de agua por 100g de tierra seca.

CUADRO VIII. COMPONENTES HÍDRICOS EN TÉRMINOS VOLUMÉTRICOS DEL SUELO

N°	Profundidad (cm)	Densidad Aparente (gr./cm ³)	Capacidad de Campo (C.C.)		Punto de Marchitez Permanente % (P.M.P.)		Cm Cúbicos de C.C	Cm Cúbicos de C.C
			Humedad gravimétrica %	Humedad volumétrica %	Humedad gravimétrica %	Humedad volumétrica %		
1	0-15	1.23	33.12	40.73	18.00	22.14	0.407	0.221
2	15-30	1.29	31.35	40.49	17.04	22.01	0.405	0.220

Fuente: El autor.

El cuadro VIII, muestra los componentes hídricos expresados en términos volumétricos, lo cual hace referencia al porcentaje de peso de suelo ocupado por el agua. La capacidad de campo promedio a los primeros 15 cm de perfil del suelo consta de 40.73 por ciento, lo que indica que el volumen de suelo ocupado por agua, es de 0.407 cm³ en 1 cm³ de suelo. El punto de marchitez permanente en este perfil consta de un promedio de 22.14 por ciento, que equivale a 0.221 cm³ de agua higroscópica ocupado en 1 cm³ de suelo en esta muestra de suelo promedio.

La capacidad de campo promedio en los segundos 15 cm de profundidad del perfil de suelo (30 cm de profundidad total) consta de 40.49 por ciento, lo que indica que el volumen de suelo ocupado por agua, es de 0.405 cm³

en 1 cm³ de suelo. El punto de marchitez permanente en este perfil consta de un promedio de 22.01 por ciento, que equivale a 0.220 cm³ de agua higroscópica ocupado en 1 cm³ de suelo en esta muestra de suelo promedio.

CUADRO IX. PESO DE SUELO HÚMEDO (P.S.H.) Y PESO DE SUELO SECO (P.S.S.) DESPUÉS DE APLICADO EL PRODUCTO

N°	Profundidad (cm)	Peso de Suelo Húmedo (P.S.H.)			Peso de Suelo Seco (P.S.S.)		
		Peso de suelo húmedo (gr.)	Peso del cilindro (gr.)	Peso de suelo húmedo corregido (gr.)	Peso de suelo seco (gr.)	Peso del cilindro (gr.)	Peso de suelo seco corregido (gr.)
1	0-15	255.71	95.00	170.00	220	95.00	125.00
		263.06	95.00	150.50	225	95.00	115.2
PROMEDIO		259.385	95.00	160.25	222.5	95.00	120.10
2	15-30	248.6	95.00	153.60	227.2	95.00	132.2
		279.06	95.00	184.06	225.4	95.00	130.4
PROMEDIO		263.83	95.00	168.83	226.3	95.00	131.30

Fuente: El autor.

El cuadro IX, muestra el peso de suelo húmedo obtenido en los primeros 15 cm del perfil del suelo, dio un peso promedio corregido de 160.25 gramos y en los segundos 15 cm del perfil del suelo (30 cm de profundidad total) se tiene un resultado de 168.83 gramos.

Respecto al peso de suelo seco obtenido en los primeros 15 cm del perfil del suelo, se tiene un peso promedio corregido de 120.10 gramos y en los segundos 15 cm del perfil del suelo (30 cm de profundidad total) el resultado es de 131.30 gramos.

Lo que indica que bajo las condiciones agroclimáticas en que se realizó el ensayo el suelo presentaba baja capacidad de suelo húmedo (anegado) por la poca precipitación anual, por lo cual se observó el efecto de los polímeros en la retención de la humedad.

**CUADRO X. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD APARENTE (D.A.)
DESPUÉS DE APLICADO EL PRODUCTO**

N°	Profundidad (cm)	Peso de suelo seco (gr.)	Vol. Cilindro (cm ³)	Densidad Aparente (gr./cm ³)
1	0-15	125	100	1.25
		115.2	100	1.15
PROMEDIO		120.1	100	1.20
2	15-30	132.2	100	1.32
		130.4	100	1.30
PROMEDIO		131.3	100	1.31

Fuente: El autor.

En el cuadro X, la densidad aparente obtenida en los primeros 15 cm del perfil, hay una densidad promedio de 1.20 gr/cm³, lo cual indica que a esta profundidad no hay compactación relevante en el suelo, ya que los datos de densidad aparente oscilan entre los rango de 0.6 – 1.7 gr/cm³. En los segundos 15 cm del perfil del suelo (30 cm de profundidad), se obtuvo una densidad promedio de 1.31 gr/cm³. Al igual que la profundidad anterior este dato de densidad, indica que no hay compactación relevante alguna a esta profundidad.

Los resultados obtenidos de la D.A. a los 15 cm (D.A = 1.24) y a los 30 cm (D.A = 1.31) de profundidad del suelo, al compararlos con datos del cuadro V, nos indica que a esta densidad aparente el crecimiento y desarrollo radicular de las plantas no se vio afectado ni restringido.

- ♣ **Determinación de los componentes hídricos del suelo después de aplicado el producto.**

CUADRO XI. COMPONENTES HÍDRICOS EN TÉRMINOS GRAVIMÉTRICOS DEL SUELO

N°	Profundidad (cm)	Peso de suelo húmedo (gr.)	Peso de suelo seco (gr.)	Capacidad de Campo % (C.C.)	Punto de Marchitez Permanente % (P.M.P.)	gramos de agua a C.C	gramos de agua a P.M.P
1	0-15	170	125	36.00	19.57	45.00	24.46
		150.5	115.2	30.64	16.65	35.30	19.18
PROMEDIO		160.25	120.1	33.43	18.17	40.15	21.82
2	15-30	153.6	132.2	16.19	8.80	21.40	11.63
		184.06	130.4	41.15	22.36	53.66	29.16
PROMEDIO		168.83	131.3	28.58	15.53	37.53	20.40

Fuente: El autor.

Este cuadro XI, presenta la determinación de los componentes hídricos expresados en términos gravimétricos, esto hace referencia al peso de suelo ocupado por el agua. Cabe resaltar que la capacidad de campo promedio en los primeros 15 cm de perfil del suelo consta de 33.43 por ciento, lo que indica que 100 g de tierra seca retienen 40.15 g de agua. El punto de marchitez permanente en este perfil consta de un promedio de 18.17 por ciento, significa que, cuando se alcanza la marchitez de la planta, el suelo tenía 21.82 g de agua por 100 g de tierra seca. El agua útil (disponible) para la planta sería 18.33 g de agua por 100g de tierra seca.

La capacidad de campo promedio en los segundos 15 cm de perfil de suelo (30 cm de profundidad total) consta de 28.58 por ciento, lo que indica que 100 g de tierra seca retienen 37.53 g de agua. El punto de marchitez permanente en este perfil consta de un promedio de 15.53 por ciento, significa que, cuando se alcanza a marchitez de la planta, el suelo tenía 20.40 g de agua por 100 g de tierra seca. El agua útil (disponible) para la planta sería 17.13 g de agua por 100g de tierra seca.

CUADRO XII. COMPONENTES HÍDRICOS EN TÉRMINOS VOLUMÉTRICOS DEL SUELO

N°	Profundidad (cm)	Densidad Aparente (gr./cm ³)	Capacidad de Campo (C.C.)		Punto de Marchitez Permanente % (P.M.P.)		Cm Cúbicos de C.C	Cm Cúbicos de P.M.P
			Humedad gravimétrica %	Humedad volumétrica %	Humedad gravimétrica %	Humedad volumétrica %		
1	0-15	1.20	33.43	40.12	18.17	21.80	0.401	0.218
2	15-30	1.22	28.58	34.87	20.68	25.23	0.349	0.252

Fuente: El autor.

El cuadro XII, muestra los componentes hídricos expresados en términos volumétricos, lo cual hace referencia al porcentaje de peso de suelo ocupado por el agua. La capacidad de campo promedio a los primeros 15 cm de perfil del suelo consta de 40.12 por ciento, lo que indica que el volumen de suelo ocupado por agua, es de 0.401 cm³ en 1 cm³ de suelo. El punto de marchitez permanente en este perfil consta de un promedio de 21.80 por ciento, que equivale a 0.218 cm³ de agua higroscópica ocupado en 1 cm³ de suelo en esta muestra de suelo promedio.

La capacidad de campo promedio en los segundos 15 cm de profundidad del perfil de suelo (30 cm de profundidad total) consta de 34.87 por ciento, lo que indica que el volumen de suelo ocupado por agua, es de 0.349 cm³ en 1 cm³ de suelo. El punto de marchitez permanente en este perfil consta de un promedio de 25.23 por ciento, que equivale a 0.253 cm³ de agua higroscópica ocupado en 1 cm³ de suelo en esta muestra de suelo promedio.

4.4. Toma de datos a nivel de campo.

A continuación en los cuadros XIII, XIV, XV, XVI se detallan los resultados obtenidos de las alturas de las plantas y las longitudes de las raíces a los 30 d.d.s.

CUADRO XIII. BLOQUE 1. EVALUACIÓN A LOS 30 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (D.D.S.) CON RELACIÓN A LA ALTURA DE LA PLANTA Y LONGITUD DE LA RAÍZ

BLOQUE1	ALTURA DE LAS PLANTAS CM				LONGITUD DE LAS RAÍCES CM			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
UN.EX1 3	26cm	27cm	28cm	27cm	8cm	9cm	8cm	8cm
UN.EX2 5	37cm	32cm	28cm	32cm	8cm	7cm	10cm	8cm
UN.EX3 2	28cm	30cm	27cm	28cm	8cm	10cm	12cm	10cm
UN.EX4 4	37cm	33cm	29cm	33cm	11cm	9cm	10cm	10cm
UN.EX5 1	29cm	27cm	30cm	29cm	11cm	8cm	11cm	10cm

1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El Autor.

Este cuadro XIII, muestra promedios de crecimiento de las plantas, resultados que indican que no hay diferencia significativa, al igual que para la variable desarrollo radicular, sin embargo la varianza de los datos refleja que el tratamiento control absoluto logró el mayor crecimiento de las plantas.

CUADRO XIV. BLOQUE 2. EVALUACIÓN A LOS 30 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (D.D.S.) CON RELACIÓN A LA ALTURA DE LA PLANTA Y LONGITUD DE LA RAÍZ

BLOQUE2	ALTURA DE LAS PLANTAS CM				LONGITUD DE LAS RAÍCES CM			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
UN.EX1 1	32cm	27cm	29cm	29cm	11cm	7cm	10cm	9cm
UN.EX2 4	25cm	24cm	29cm	26cm	8cm	7cm	6cm	7cm
UN.EX3 3	28cm	22cm	22cm	24cm	11cm	6cm	8cm	8cm
UN.EX4 2	20cm	18cm	25cm	21cm	9cm	7cm	8cm	8cm
UN.EX5 5	28cm	26cm	31cm	28cm	8cm	7cm	8cm	7 cm

1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El Autor.

En el cuadro XIV, con los promedios obtenidos se tiene que no hubo diferencia significativa en cuanto al crecimiento de las plantas, sin embargo hay un mayor crecimiento de las plantas del tratamiento testigo sobre los demás tratamientos. Con respecto al desarrollo radicular no se observa diferencia significativa, sin embargo de acuerdo a la varianza de los datos en este bloque las plantas del tratamiento testigo tienen la mayor longitud de las raíces.

CUADRO XV. BLOQUE 3. EVALUACIÓN A LOS 30 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (D.D.S.) CON RELACIÓN A LA ALTURA DE LA PLANTA Y LONGITUD DE LA RAÍZ

BLOQUE 3	ALTURA DE LAS PLANTAS CM				LONGITUD DE LAS RAÍCES CM			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
UN.EX1 2	39cm	27cm	34cm	33cm	8cm	11cm	11cm	10cm
UN.EX2 3	33cm	33cm	26cm	30cm	8cm	7cm	8cm	8cm
UN.EX3 5	35cm	34cm	30cm	33cm	10cm	11cm	8cm	9cm
UN.EX4 1	23cm	22cm	23cm	33cm	6cm	10cm	9cm	8cm
UN.EX5 4	21cm	26cm	26cm	24cm	8cm	11cm	7cm	9cm

1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El Autor.

En cuanto al cuadro XV, en los cinco tratamientos, con la mayor altura de las plantas son los tratamientos 2, 5, 1; resultados muy similares al tratamiento 3, sin embargo de acuerdo a la varianza de los datos, si comparamos el crecimiento de las plantas de los tratamientos antes mencionados con las del tratamiento control mejorado, hay ventaja en cuanto al crecimiento de las plantas. En desarrollo radicular no hay diferencia significativa, sin embargo los resultados muestran el mayor crecimiento radicular para las plantas del tratamiento control mejorado.

CUADRO XVI. BLOQUE 4. EVALUACIÓN A LOS 30 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (D.D.S.) CON RELACIÓN A LA ALTURA DE LA PLANTA Y LONGITUD DE LA RAÍZ

BLOQUE4	ALTURA DE LAS PALNTAS CM				LONGITUD DE LAS RAICES CM			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
UN.EX1 4	26cm	24cm	32cm	27cm	6cm	9cm	8cm	8cm
UN.EX2 2	29cm	28cm	33cm	30cm	11cm	10cm	10cm	10cm
UN.EX3 1	28cm	27cm	23cm	26cm	10cm	11cm	9cm	10cm
UN.EX4 5	31cm	26cm	30cm	29cm	12cm	9cm	8cm	10cm
UN.EX5 3	30cm	22cm	24cm	25cm	8cm	7cm	7cm	7cm

1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El Autor.

Cuadro XVI, con promedios sin diferencia significativa para la variable crecimiento de las plantas, teniendo el mayor crecimiento las plantas del tratamiento control mejorado. En cuanto a desarrollo radicular los resultados indican que no hay diferencia significativa, sin embargo de acuerdo a la varianza de los datos se observa que tienen mayor longitud radicular las plantas del tratamiento 660 XL en comparación a las plantas del tratamiento 660 M.

En los cuadros XVII, XVIII, XIX y XX se presentan resultados obtenidos para las variables altura de las plantas y longitud de las raíces a los 56 d.d.s.

CUADRO XVII. BLOQUE 1. EVALUACIÓN A LOS 56 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (D.D.S.) CON RELACIÓN A LA ALTURA DE LA PLANTA Y LONGITUD DE LA RAÍZ

BLOQUE1	ALTURA DE LAS PALNTAS CM				LONGITUD DE LAS RAICES CM			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
UN.EX1 3	37cm	40cm	28cm	35cm	10cm	9cm	9cm	9cm
UN.EX2 5	41cm	39cm	40cm	40cm	12cm	13cm	12cm	12cm
UN.EX3 2	40m	38cm	39cm	39cm	12cm	9cm	11cm	10cm
UN.EX4 4	40cm	42cm	43cm	42cm	12cm	9cm	13cm	11cm
UN.EX5 1	39cm	41cm	40cm	40cm	11cm	8cm	14cm	11cm

1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El Autor.

El cuadro XVII, muestra promedios de crecimiento de las plantas, resultados sin diferencia significativa, sin embargo la varianza de los datos refleja que el tratamiento control absoluto tuvo un mejor comportamiento en cuanto al crecimiento de las plantas. Para la variable desarrollo radicular, los resultados obtenidos no son significativos, sin embargo saliendo favorecido con el mayor crecimiento de las raíces las plantas del tratamiento 660 XL. Con respecto al tratamiento control mejorado, de acuerdo a los resultados se observa que las plantas no presentan ninguna respuesta que indique una diferencia significativa para ninguna de las variables estudiadas, es decir las plantas no expresan el efecto de la fertilización especial.

CUADRO XVIII. BLOQUE 2. EVALUACIÓN A LOS 56 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (D.D.S.) CON RELACIÓN A LA ALTURA DE LA PLANTA Y LONGITUD DE LA RAÍZ

BLOQUE2	ALTURA DE LAS PALNTAS CM				LONGITUD DE LAS RAICES CM			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
UN.EX1 1	37cm	35cm	40cm	37cm	11cm	9cm	12cm	10cm
UN.EX2 4	35cm	36cm	39cm	36cm	9cm	7cm	10cm	8cm
UN.EX3 3	40cm	41cm	39cm	40cm	11cm	12cm	13cm	12cm
UN.EX4 2	36cm	40cm	34cm	36cm	11cm	9cm	10cm	10cm
UN.EX5 5	46cm	41cm	44cm	43cm	15cm	14cm	15cm	15cm

1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El Autor.

Los promedios en el cuadro XVIII, indican que para las variables estudiadas no hubo diferencia significativa, sin embargo de acuerdo a la varianza de los datos el mayor crecimiento en ambas variables fue para los tratamientos polímero hidrogel 660 M y 660 XL, de estos presento mejor comportamiento el tratamiento 660 XL. En cuanto al tratamiento control mejorado las plantas no presentan respuestas significativas que demuestren el efecto de la fertilización mejorada.

CUADRO XIX. BLOQUE 3. EVALUACIÓN A LOS 56 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (D.D.S.) CON RELACIÓN A LA ALTURA DE LA PLANTA Y LONGITUD DE LA RAÍZ

BLOQUE 3	ALTURA DE LAS PALNTAS CM				LONGITUD DE LAS RAICES CM			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
UN.EX1 2	39cm	37cm	37cm	37cm	11cm	8cm	12cm	10cm
UN.EX2 3	38cm	35cm	40cm	37cm	13cm	12cm	14cm	13cm
UN.EX3 5	39cm	38cm	37cm	38cm	16cm	15m	16cm	16cm
UN.EX4 1	29cm	36cm	43cm	36cm	8cm	10cm	12cm	10cm
UN.EX5 4	31cm	36cm	36cm	34cm	10cm	13cm	15cm	12cm

1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El Autor.

En este cuadro XIX, los resultados no muestran diferencia significativa, pero de acuerdo a la varianza de los datos, las plantas del tratamiento 660 XL tienen el mayor crecimiento, además de presentar un mejor comportamiento que el tratamiento 660 M. En cuanto a desarrollo radicular no hay diferencia significativa, sin embargo, el tratamiento 660 XL tiene el mayor crecimiento de las raíces, mientras que las plantas del tratamiento control mejorado (fertilización especial) no expresan respuesta que nos indique que hayan hecho provecho de la fertilización mejorada.

CUADRO XX. BLOQUE 4. EVALUACIÓN A LOS 56 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (D.D.S.) CON RELACIÓN A LA ALTURA DE LA PLANTA Y LONGITUD DE LA RAÍZ

BLOQUE4	ALTURA DE LAS PALNTAS CM				LONGITUD DE LAS RAICES CM			
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
UN.EX1 4	36cm	34cm	38cm	36cm	8cm	10cm	9cm	9cm
UN.EX2 2	39cm	41cm	37cm	39cm	9cm	13cm	12cm	11cm
UN.EX3 1	40cm	28cm	38cm	35cm	12cm	10cm	10cm	10cm
UN.EX4 5	38cm	36cm	40cm	38cm	14cm	15cm	15cm	15cm
UN.EX5 3	35cm	32cm	44cm	37cm	7cm	15cm	11cm	11cm

1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El Autor.

Cuadro XX, con promedios sin diferencia significativa en cuanto a la variable de crecimiento de las plantas, teniendo la mayor altura las plantas del tratamiento control mejorado. En cuanto a desarrollo radicular los resultados no muestran diferencia significativa, sin embargo de acuerdo a la varianza de los datos se observa que el mayor crecimiento radicular en se dio en las plantas del tratamiento 660 XL superando el crecimiento radicular de las plantas del tratamiento 660 M y las de los demás tratamientos.

Se detalla en el cuadro XXI los promedios totales por bloque y por tratamiento luego de transcurrido los 30 d.d.s y los 56 d.d.s.

CUADRO XXI. CUADRO DE PROMEDIOS TOTALES PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS EN LAS VARIABES ESTUDIADAS

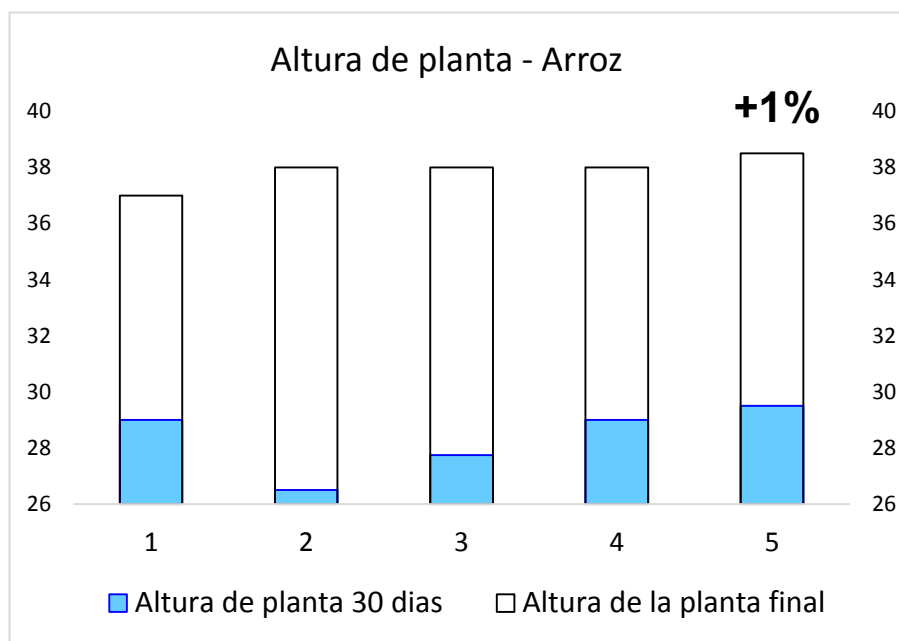
PROMEDIOS										
PARA LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA EN CM A LOS 30 D.D.S.						PARA LA VARIABLE LONGITUD DE LA RAÍZ EN CM A LOS 30 D.D.S.				
	TESTIGO	CONTROL MEJORADO	POLÍMERO HIDROGEL 660 M	CONTROL ABSOLUTO	POLÍMERO HIDROGEL 660 XL	TESTIGO	CONTROL MEJORADO	POLÍMERO HIDROGEL 660 M	CONTROL ABSOLUTO	POLÍMERO HIDROGEL 660 XL
BLQ 1	29 cm	28 cm	27 cm	33 cm	32 cm	10 cm	10 cm	8 cm	10 cm	8 cm
BLQ 2	29 cm	21 cm	24 cm	26 cm	28 cm	9 cm	8 cm	8 cm	7 cm	7 cm
BLQ 3	33 cm	33 cm	30 cm	24 cm	33 cm	8 cm	10 cm	8 cm	9 cm	9 cm
BLQ 4	26 cm	30 cm	25 cm	27 cm	29 cm	10 cm	10 cm	7 cm	8 cm	10 cm
TOTAL		28 cm	27 cm	28 cm	31 cm	9.2 cm	10 cm	8 cm	9 cm	8 cm
	30.5 cm									
PARA LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA EN CM A LOS 56 D.D.S.						PARA LA VARIABLE LONGITUD DE LA RAÍZ EN CM A LOS 56 D.D.S.				
	TESTIGO	CONTROL MEJORADO	POLÍMERO HIDROGEL 660 M	CONTROL ABSOLUTO	POLÍMERO HIDROGEL 660 XL	TESTIGO	CONTROL MEJORADO	POLÍMERO HIDROGEL 660 M	CONTROL ABSOLUTO	POLÍMERO HIDROGEL 660 XL
BLQ 1	40 cm	39 cm	35 cm	42 cm	40 cm	11 cm	10 cm	9 cm	11 cm	12cm
BLQ 2	37 cm	36 cm	40 cm	36 m	43 cm	10 cm	10 cm	12 cm	8 cm	15 cm
BLQ 3	36 cm	37 cm	37 cm	34 cm	38 cm	10 cm	10 cm	13 cm	12 cm	16 cm
BLQ 4	35 cm	39 cm	37 cm	36 cm	38 cm	10 cm	11 cm	11 cm	9 cm	15 cm
TOTAL		38 cm	37.3 cm	37 cm	40 cm	10.2cm	10.2 cm	11.2 cm	10 cm	15cm
	37 cm									
PROMEDIO TOTAL POR TRATAMIENTO						PROMEDIO TOTAL POR TRATAMIENTO				
30 d.d.s.	30.5cm	28 cm	27 cm	28 cm	31 cm	9.2 cm	10 cm	7.8 cm	9 cm	8 cm
56 d.d.s.	37cm	38 cm	37.3 cm	37 cm	40 cm	10.2cm	10.2 cm	11.2 cm	10 cm	15cm
	33 cm	33 cm	32 cm	32 cm	35 cm	10 cm	10 cm	10 cm	9 cm	12 cm

1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El autor.

En este cuadro XXI, se presentan los promedio totales de cada periodo de toma de datos (30 días después de la siembra y 56 días después de la siembra) donde los resultados indican que no existe diferencia significativa, sin embargo de acuerdo a la varianza de los datos para las variables estudiadas (altura de la planta y longitud de las raíces) el tratamiento **Polímero Hidrogel 660 XL**, presentó un mejor comportamiento con respecto a los demás tratamientos.

FIGURA N° 2. VARIABLE ALTURA DE LAS PLANTAS DE ARROZ (*Oriza sativa L*) A LOS 30 DDS Y A LOS 56 DDS



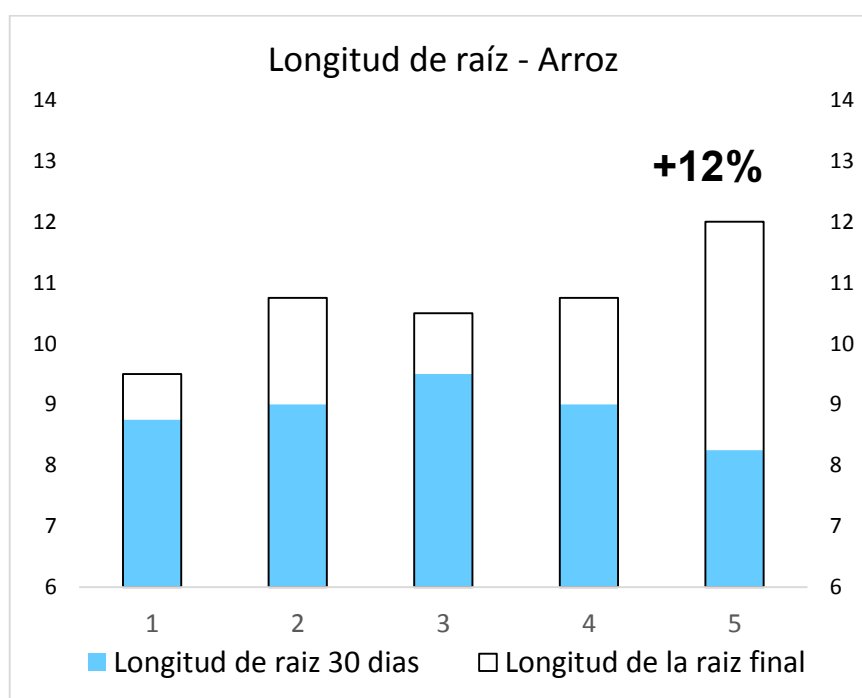
1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El autor.

Esta figura N°2, sobre la variable altura muestra que al cabo de los 56 d.d.s. las plantas del tratamiento Polímero Hidrogel **660 XL**, tenían un mayor crecimiento en comparación a las plantas de los demás tratamientos (uno por ciento), lo cual pareciera poco, sin embargo ese uno (1) por ciento en agricultura puede hacer la diferencia en rentabilidad; el crecimiento de la planta indica mayor área foliar lo que le permite a la planta tener una mejor capacidad de realizar el proceso de fotosíntesis. También es importante destacar que el tratamiento mejorado después de los 56 d.d.s no tiene ventaja de crecimiento para ninguna de las variables estudiadas en comparación a los demás tratamientos, específicamente refiriéndome a los tratamientos Polímero Hidrogel **660 XL** y **660 M**, una conclusión interesante para el productor, indicando de que si la planta no tiene una fuente

disponible de agua, no es nada viable fertilizar de más, ya que queda demostrado que no es garantía de que se obtendrá más desarrollo y por ende rendimiento, porque la limitante es la disponibilidad de agua.

FIGURA N° 3. VARIABLE DESARROLLO RADICULAR (LONGITUD) DE LAS PLANTAS DE ARROZ (*Oriza sativa* L) A LOS 30 DDS Y A LOS 56 DDS



1 Testigo 2. Control mejorado 3. Polímero Hidrogel 660M 4. Control absoluto 5. Polímero Hidrogel 660XL

Fuente: El autor.

Se observa en la figura N°3, que a los 30 d.d.s los resultados en porcentaje son bastante similares; mientras que a los 56 d.d.s las plantas del tratamiento Polímero Hidrogel **660 XL** lograron hasta un 12 por ciento de raíces más desarrolladas en comparación a las plantas de los demás tratamientos.

En este periodo las plantas del tratamiento Hidrogel **660 XL**, la poca disponibilidad de agua en el medio fue suficiente para que las plantas desarrollaran a un 12 por ciento más su sistema radicular.

4.5. Programa SAS (*Statistical Analysis System*) Institute de CA 2006 USA, para las Pruebas de Medias se utilizó la Prueba del Rango Múltiple de Duncan

Sistema SAS 15:48 Wednesday, Feb 18, 2016.

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase

Clase Niveles Valores

tra 5 1 2 3 4 5

blo 4 1 2 3 4

Número de observaciones 20

CUADRO XXII. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANDEVA) PARA LA VARIABLE ALTURA DE LAS PLANTAS

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tra	4	4.80000000	1.20000000	0.16	0.9539 NS
blo	3	17.80000000	5.93333333	0.80	0.5183 NS
Error	12	89.20000000	7.43333333		
Total correcto	19	111.80000000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	altp	Media
	0.202147	7.193705	2.726414		37.90000

NS: Indica que no existe diferencia significativa.

Fuente: El autor.

Se observa en el cuadro XIII del análisis de varianza que los tratamientos en si no muestran diferencias significativas para la altura de plantas entre los tratamientos 5, 2, 3, 4 y 1, lo cual se refleja en el análisis de varianza $Pr > F$, es decir no hay diferencia significativa en el 95 % de los casos.

CUADRO XXIII. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANDEVA) PARA LA VARIABLE LONGITUD DE LAS RAÍCES

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Ftra	4	12.70000000	3.17500000	1.66	0.2225 NS
blo	3	2.60000000	0.86666667	0.45	0.7192 NS
Error	12	22.90000000	1.90833333		
Total correcto	19	38.20000000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	longr Media	
	0.400524	12.91051	1.381424	10.7000	

NS: Indica que no existe diferencia significativa.

Fuente: El autor.

En el cuadro XIX de análisis de varianza para la variable longitud de las raíces que los tratamientos en si no muestran diferencias significativas para la longitud de raíces entre los tratamientos 5, 4, 3, 2 y 1. Donde el tratamiento 5 (Polímero Hidrogel diámetro **660 XL**) para la longitud de raíces presenta un mejor comportamiento.

5. CONCLUSIONES

- ♣ Los tratamientos no muestran diferencias significativas para la altura de las plantas entre los tratamientos 5, 2, 3, 4 y 1, lo cual se refleja en el análisis de varianza $Pr > F$, es decir no hay diferencia significativa en el 95 % de los casos.

- ♣ No hay diferencias significativas entre los tratamientos para la longitud de raíces entre los tratamientos 5, 4, 3, 2 y 1. Donde el tratamiento 5 (Polímero Hidrogel diámetro **660 XL**) para la longitud de raíces presenta un mejor comportamiento.

- ♣ Resaltar que antes de llevar acabo la explotación de un cultivo agrícola la disponibilidad de agua para suministrar al cultivo debe ser uno de los principales requerimientos a considerar.

6. RECOMENDACIONES

- ♣ Llevar a cabo este estudio en otras áreas del país y en otros cultivos, para así poder disponer de más información sobre esta alternativa.

- ♣ Realizar este estudio bajo condiciones controladas (vivero) ya que para efecto de este estudio se realizó a la intemperie y bajo condiciones adversas.

- ♣ Hacer otros estudios con esta tecnología empleando otros sustratos, que brinden facilidad de tener acceso al sistema radicular de las plantas para su extracción sin causarle daño.

7. REFERENCIAS CITADAS

Carrillo León, O. 2008. Huertos Familiares y Comunes, Agroforestería y una Alternativa contra el Estrés Hídrico, realizado en la aldea Patache, Guastatoya, el Progreso. Tesis. Lic. Ing. Agrónomo en sistemas de producción agrícola. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 129 p.

Castillo, C. (24 de julio de 2015). Gobierno no tiene política seria para enfrentar sequía. *Panamá América*. Recuperado de <http://www.panamaamerica.com.pa/tema-del-dia/gobierno-no-tiene-politica-seria-para-enfrentar-sequia-985058>

EcuRed, 2010. Capacidad de Campo y Punto de Marchitez (en línea). Cuba. Consultado 5 de Nov. 2015. Disponible en https://www.ecured.cu/Capacidad_de_campo_y_Punto_de_marchitez

Evonik, 2008. **STOCKOSORB**, Su clave para el manejo eficiente del agua y el suelo, Cultivos agrícolas y hortalizas (en línea). Sudáfrica. Consultado 6 Nov. 2015. Disponible en http://www.guiaverde.com/productos/retenedor_de_agua_stockosorb_1237

FAO, 2009. CAMBIO CLIMÁTICO, El impacto en la agricultura y los costos de adaptación (en línea). Washington, D.C, EE.UU. Consultado 6 Nov. 2015. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf

Gaona B, 2006. Universidad de Panamá. *FCA 97116: Nueva Variedad de Arroz para Panamá. Panamá.*

González Rebollar J.L., 1999. Suelo, relieve, agua y paisaje. Invest. Agr.: Sist. Recur. Forestales.

Guía verde, 2010. Retenedor de agua Stockosorb (en línea). España. Consultado 7 Nov. 2015. Disponible en http://www.guiaverde.com/productos/retenedor_de_agua_stockosorb_1237
<http://an-gel.com.co/hidrogel.html>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), 2015. Informe de la producción de arroz para el consumo interno nacional.

Projar, 2015. Productos, Retenedor de agua STOCKOSORB (en línea). S.I. Consultado 7 Nov. 2015. Disponible en <http://www.projar.es/productos/retenedor-agua/retenedor-de-agua-stockosorb/>

Roberto Saldivar, 2014. Generan Biofertilizantes a través de polímeros para retener agua. El universal México.

SciELO, 2004. Uso de poliacrilamidas y el riego en el manejo hídrico de lechugas (*Lactuca sativa L*) (en línea). Valdivia, Chile. Consultado 6 Nov. 2015. Disponible en http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S030488022004000200001&script=sci_arttext

TerraVida, 2004. Medidas de apoyo a la plantación: Stockosorb (en línea). Fuengirola, España. Consultado 8 Nov. 2015. Disponible en <http://terravida.es/stockosorb/>

USDA, 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo (en línea). Estados Unidos. Consultado 27 de Octubre, 2015. Disponible en https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf

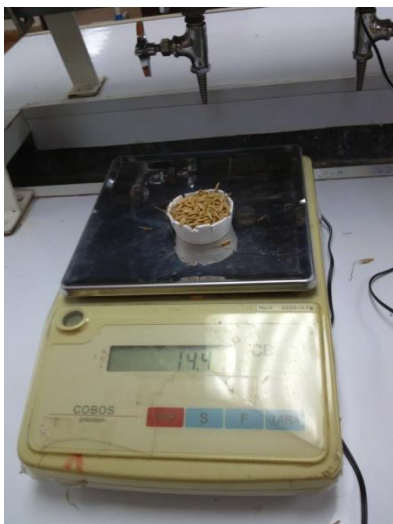
Vergara Recabal, K. 2004. Evaluación de ensayos de forestación con *Eucalyptus gunnii*, CHILE CHI CO, IX REGIÓN. Tesis. Profesional de Ing. Forestal. Santiago de Chile. Universidad de Chile. 107 p.

ANEXOS

ANEXO N° 1. FASE DE LABORATORIO, ANÁLISIS DE ABSORCIÓN DE AGUA



ANEXO N° 2. PESAJE DE LA CANTIDAD DE SEMILLA A UTILIZAR, DE LA DOSIS DE POLÍMERO HIDROGEL A APLICAR Y DE FERTILIZANTE



ANEXO N° 3. DELIMITACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS Y ESTABLECIMIENTO DEL ENSAYO (SIEMBRA)



ANEXO N° 4. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO - COMPLEJO DE MALEZAS



Murdania nudiflora



Cyperus rotundus



Echinochloa colonum

ANEXO N° 5. TOMA DE MEDIDAS - LOG. DE PLANTAS Y RAÍCES



ANEXO N° 6. DETERMINACIÓN CONSTANTE HÍDRICAS DEL SUELO



ANEXO N° 7. ANÁLISIS DE SUELO – PARCELA N° 10

PARAMETROS FÍSICO - QUÍMICO		MACRONUTRIENTES					MICRONUTRIENTES				
Valores	0,14 5,5 0,35 0	7,89 3,87 88,5 54 28,19	3,96 233,3 9,5 73,4 0,6								
		Cmol/Kg Cmol/Kg Cmol/Kg Ppm Ppm Ppm Cmol/Kg	Cmol/Kg Ppm Ppm Ppm Ppm Ppm								
Rangos Óptimos	%MO PH AC AL CICE	P K Na Ca Mg Fe Cu Mn Zn									
	3 – 6 5,5- <0,5 0,5 – >0,5	10 – 50 - 50 – 2 - 0,6 - 25 - 2 – 6 15 - 4 -									
	6,5 2,5	32 150 150 5 1,5 74 49 14									
		Rangos de suficiencia 30 – 150 - 1 - 400 - 100 - 5 - 1 – 12 8 - 3									
		100 350 60 200 300 50 50 20									
		ARCILLA ARENA LIMO CLASIFICACIÓN TEXTURAL									
		% 16,3 54,2 29,5 Franco Arenoso									

Fuente: LABSA, 2015.