



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título

“INFLUENCIA DE LA FUENTE DE AGUA DE RIEGO EN LA HIDRATACIÓN
DEL HIDROGEL DE USO AGRÍCOLA”

AUTOR:

FERRIN VERA FANNY ELIZABETH

ANDRADE OBANDO ANDREA ELIZABETH

Unidad Académica

Extensión Chone

Carrera:

Ingeniería Agropecuaria

Chone-Manabí-Ecuador

2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Rubén Darío Rivera Fernández M. Sc. Docente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí Extensión Chone, en calidad de Director del Trabajo de Titulación.

CERTIFICO:

Que el presente TRABAJO DE TITULACIÓN titulado: **“INFLUENCIA DEL TIPO DE AGUA DE RIEGO EN LA HIDRATACIÓN DEL HIDROGEL DE USO AGRÍCOLA”** ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, se encuentra listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en este trabajo de titulación son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de sus autores: **FANNY ELIZABETH FERRIN VERA y ANDREA ELIZABETH ANDRADE OBANDO**, siendo de sus exclusivas responsabilidades.

Chone, agosto de 2019

ING. RUBÉN RIVERA FERNÁNDEZ, M. Sc.

DOCENTE ULEAM-CHONE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de las opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones presentados en este trabajo de titulación, es exclusividad de su autor.

Chone, agosto de 2019

Fanny Elizabeth Ferrin Vera

Obando

AUTOR

Andrea Elizabeth Andrade

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRABAJO

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“INFLUENCIA DE LA FUENTE DE AGUA DE RIEGO EN LA HIDRATACIÓN DEL HIDROGEL DE USO AGRÍCOLA”** elaborado por las egresadas **FANNY ELIZABETH FERRIN VERA y ANDREA ELIZABETH ANDRADE OBANDO** de la carrera de Ingeniería Agropecuaria.

Chone, agosto de 2019

Dr. Marcos Zambrano

DECANO

Ing. Rubén Rivera Fernández, M. Sc.

TUTOR

Ing. Marcos Raúl Heredia Pinos

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Odilón Schnabel Delgado

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lic. Fátima Saldarriaga

SECRETARIA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

Dios todopoderoso, por ser mi apoyo, mi sustento, el que me ha dado la valentía, capacidad y la fortaleza para hacer este sueño realidad. Gracias porque en ti todo es posible, mis sueños, anhelos y todo lo que tengo te pertenece a ti.

A mi madre por su apoyo incondicional brindado a lo largo de todos estos años, por sus esfuerzos y sacrificios que han hecho por mí; para que este sueño se haga realidad.

A mis hijas porque por él es este deseo de superación y han sido mi motor que cada día me impulsa a seguir luchando; nada es imposible mis niñas, sigan adelantes que yo le daré mi apoyo y todo lo que necesite para que cumpla su sueño, fueron motivo de superación para mí.

A mi esposo que siempre me da aliento en seguir cumpliendo mis metas propuestas muchas gracias mi amor.

A todos y cada uno de las personas en mi vida que de alguna manera me ayudaron en esta etapa de mi vida.

Andrea

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

Primeramente, dedicar este trabajo a Dios que cada día me presta vida y fortaleza en la realización de cada uno de mis logros alcanzado.

A mis padres que, sin duda, son el pilar fundamental formadores de conocimientos, sentimiento y valores morales, que hoy en día forman parte de mi vida profesional y humana.

A mis hermanos que representan modelo de superación y gratitud en cada momento requerido de sus valiosos esfuerzos. A toda mi familia en general por haberme brindado su apoyo incondicional en todo momento para alcanzar este objetivo.

También a mis amigos que han estado en el momento más difícil en la etapa final de mis estudios, y todos aquellos que me dieron el ánimo y apoyo en conseguir el objetivo deseado.

Fanny

RECONOCIMIENTO

Anticipadamente, a Dios por permitirnos seguir vivos y luchando para poder alcanzar nuestro gran ansiado sueño.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, institución de prestigio que han dejado una gran huella en nuestra formación no solo profesional sino humanística.

Mi más sincero agradecimiento al Ingeniero Rubén Rivera Fernández, quien fue nuestro tutor, que siempre estuvo presente en la realización de este trabajo.

ÍNDICE

CARATULA.....	i
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iii
APROBACIÓN DEL TRABAJO	iv
DEDICATORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RECONOCIMIENTO.....	vii
ÍNDICE	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	5
MARCO TEÓRICO	5
1. FUENTES DE AGUA DE RIEGO	5
1.1 Generalidades	5
1.2 Tipos de fuentes de agua de riego.....	7
1.2.1 El agua de lluvia.....	8
1.2.2 El agua de los ríos	10
1.2.3 El agua de vertientes	11
1.2.4 Las aguas subterráneas	12
1.2.5 Galerías de infiltración.....	13
1.3 Consideraciones del agua con fines de riego.....	14
1.3.1 Consideraciones de calidad de las aguas para el riego	15
1.4 HIDROGEL DE USO AGRÍCOLA	17
1.4.1 Generalidades	17
1.4.2 Importancia de la utilización de Hidrogel	18
1.4.3 Propiedades del Hidrogel	19
1.4.4 Clasificación del Hidrogel	21
1.4.5 Características físicas del Hidrogel	21
CAPITULO II	25
DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO	25

2.1	Ubicación.....	25
2.1	Metodología.....	25
2.2	Material experimental.....	25
2.3	Manejo de experimento.....	26
2.3.1	Experimento 1.....	26
2.3.2	Experimento 2.....	26
2.3.3	Experimento 3:.....	26
2.4	Variables que se midieron.....	26
2.4.1	Hidratación del hidrogel.....	26
2.4.2	Hidratación del hidrogel en el suelo.....	26
2.4.3	Retención de agua en el hidrogel.....	27
2.4.4	Análisis estadístico.....	27
CAPÍTULO III	30
PROPUESTA	30
CAPÍTULO IV	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
4.1	Conclusiones.....	31
4.2	Recomendaciones.....	31
BIBLIOGRAFÍA	32
Anexos	35

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Elementos químicos que son esenciales para las plantas.....	8
Tabla 2. Parámetros para el agua de riego.....	16
Tabla 3. Ubicación geográfica.....	25
Tabla 4. Absorción del hidrogel según la fuente de agua.....	27
Tabla 5. Análisis del agua.....	28

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases.....	9
Figura 2. Río Chone.....	10
Figura 3. Cascada el Caracol (Cantón Chone)	11
Figura 4. Galerías de infiltración.....	14
Figura 5. Hidrogel para plantas.....	18
Figura 6. Hidrogel para plantas.....	22

RESUMEN

El desarrollo de esta investigación se la llevo a cabo en el cantón Chone, en los predios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, situado al norte de la provincia de Manabí. El objetivo fue determinar la influencia del tipo de agua en la absorción de agua del hidrogel. Como material experimental se tuvo al hidrogel a base de 1% de Potasio. Las unidades experimentales estuvieron integradas por tres recipientes en los cuales se colocó un gramo de hidrogel con tres cantidades diferentes de agua que fueron 80, 90 y 100 mL, de la misma manera se realizó en cada diferente tipo de agua. Después de una hora de realizado la aplicación de agua se eliminó el agua retenida y así se estimó la hidratación. Además, se midió la absorción de agua en el suelo y el tiempo de duración del hidrogel en el suelo. El agua proveniente de ciénaga presento un 20% menos de absorción. La hidratación en el suelo apenas alcanzó entre 26 y 30% en comparación cuando se realiza en agua libre. Tiempo de duración del hidrogel hidratado estuvo entre 12 y 15 días. La absorción del hidrogel depende del contenido de sales de la misma, por otro lado, la duración del hidrogel en el suelo permite optimiza el agua de riego.

Palabras clave: calidad de agua, tiempo de duración, absorción de agua.

ABSTRACT

The development of this research was carried out in the Chone canton, on the grounds of the Eloy Alfaro de Manabí Lay University, located north of the province of Manabí. The objective was to determine the influence of the type of water on the water absorption of the hydrogel. As an experimental material, the hydrogel was based on 1% Potassium. The experimental units were composed of three containers in which a gram of hydrogel was placed with three different amounts of water that were 80, 90 and 100 mL, in the same way it was performed in each different type of water. After an hour of water application, the retained water was removed and hydration was estimated. In addition, the absorption of water in the soil and the duration of the hydrogel in the soil were measured. The water coming from the swamp showed 20% less absorption. Hydration in the soil barely reached between 26 and 30% compared to when it is done in free water. Duration of the hydrated hydrogel was between 12 and 15 days. The absorption of the hydrogel depends on its salt content, on the other hand, the duration of the hydrogel in the soil allows optimizing the irrigation water.

Keywords: water quality, duration, water absorption.

INTRODUCCIÓN

La Influencia del tipo de agua de riego en la hidratación de uso agrícola, es determinante en su aplicación agrícola, es necesario recalcar que nuestro productor desconoce sobre la calidad de agua y la cantidad de su uso en la absorción del hidrogel. Por otro lado, la escases de agua dulce hace necesario utilizar este tipo de tecnología como solución para mitigar estas necesidades y al mismo tiempo satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos.

El impacto de esta técnica radica en el ahorro de agua del cultivo y evitando la muerte a causas de la sequía en zonas donde el agua es poco accesible. Por ejemplo, Santelices (2005), aplicó hidrogel en el establecimiento de plantación de *Eucalyptus goblulus*. Arbona *et al.*, (2005), encontraron un aumento en la retención de humedad del suelo en un 30%. Aunque en sus inicios la principal aplicación del hidrogel fue en ámbito forestal (Johnson y Leah, 1990; Nissen, 1995) hoy en día se utiliza en un sinnúmero de cultivos y tipos de suelo, Rojas *et al.*, (2004), lo utilizaron en suelos áridos de Venezuela e Idrobo *et al.*, (2010), en suelos arenosos, en ambos casos debido que estos suelos son de baja retención de humedad, por tanto, se hace imprescindible evaluar otros tipos de suelos y analizar su comportamiento. En este sentido Rivera y Mesías (2017) presentaron sus primeros indicios al encontrar diferencia en la absorción del agua del hidrogel en tres diferentes tipos de suelos.

Este estudio permitió fortuitamente orientar el manejo del tipo de agua de riego en la hidratación del hidrogel en la zona establecida que ha incidido en una disminución de la producción agrícola, y, sugerir tanto a instituciones como a propietarios interesados, técnicas adecuadas del manejo del hidrogel que redunden en el consumo de agua y mejoras del rendimiento de la actividad de este cantón.

Los antecedentes se tuvo facilidad al evaluar su área de humedecimientos lo que permitió poder tener la certeza de la ubicación correcta hidrogel en el suelo y de esta manera se más eficiente en el cultivo. Por tanto, en este trabajo se identificó la relación entre la profundidad, cantidad y en función de la

granulometría del tipo de suelo en el que se aplica, con el volumen de humedecimiento que se va a formar en el suelo lo cual permite tener un uso más eficiente del hidrogel.

Por ello se entiende como factor primordial la disponibilidad de agua para el riego, convirtiéndola indispensable y limitándola en la producción de cultivos hortícolas y perennes. En las épocas donde las sequías prevalecen durante todo el periodo que dura el verano, y en consecuencia el aumento de los cambios climáticos que afectan directamente a la escasez de recursos hídricos (Katerji *et al.*, 2008).

La principal característica del agro en el mediterráneo español es la escasez de agua y la intensa competencia que existe por su uso con otros sectores de la economía como servicios, industria y urbano. La agricultura utiliza más de 70 % del agua dulce disponible por lo que la necesidad de incrementar la eficiencia del uso del agua ha propiciado la búsqueda de mejores tecnologías en el riego (Vargas *et al.*, 2010).

La tecnología de manejo del agua de riego se fundamenta en la medición o estimación de los requerimientos de agua para satisfacer las demandas fisiológicas de los cultivos de tal forma que se aseguren niveles de rentabilidad atractivos. Cuando el agua de riego es de calidad marginal es necesario aplicar cantidades adicionales de riego para realizar el lavado de las sales excesivas. Otro componente del riego son las pérdidas por aplicación irregular a lo largo del terreno y por la conducción desde la fuente hasta el sitio de uso. La precipitación, aunque reducida es una aportación que reduce la cantidad total de agua de riego, especialmente si no se produce escurrimiento superficial hacia fuera del área de cultivo (Jasso *et al.*, 2007).

La producción de alimentos y el uso de agua están relacionados de forma inseparable. El agua siempre ha sido el principal factor que limita la producción agrícola en gran parte del mundo, donde la precipitación no es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos. Con la competencia cada vez mayor por recursos hídricos no renovables en todo el mundo y la creciente demanda de

productos agrícolas, nunca antes ha sido tan apremiante la necesidad de mejorar la eficiencia y productividad del uso del agua para la producción de cultivos, a fin de garantizar la seguridad alimentaria en el futuro y enfrentar las incertidumbres asociadas con el cambio climático (Fao, 2012).

Problema de investigación

Las tendencias mundiales en la actualidad enmarcan situaciones muy definidas para la producción sustentable, la restricción de agua para la producción en todo tipo de cultivos en diferentes partes del mundo. Se concientiza protegiendo de abuso y si bien la disponibilidad del agua para el riego se convierte de manera eficiente con las nuevas estrategias de aplicación, la utilización del hidrogel contribuye en el aprovechamiento en la entrega del agua en la producción de los cultivos desde su inicio y todo su desarrollo (Katerji *et al.*, 2008).

El principal problema que surge al no conocer el volumen de humedecimiento del hidrogel en el suelo, es la ubicación del producto en el suelo tanto en cantidad, profundidad y diámetro del orificio de aplicación, provocando el uso ineficiente del producto. Esta problemática se debe a la escasa investigación en nuestro medio sobre este tipo de producto en los suelos de uso agrícola de la zona norte de la provincia. Con lo cual se plantea la siguiente interrogante: ¿Qué relación tendrá el volumen de humedecimiento del suelo en función de la aplicación del hidrogel en tres tipos de suelo?

En esta investigación se comparó la hipótesis la cual indica que el tipo de agua de riego incide en la hidratación del hidrogel de uso agrícola. Se tomó como guía las siguientes tareas científicas:

- Determinar la hidratación del hidrogel en función del tipo de agua de riego.
- Determinar el porcentaje de hidratación del hidrogel colocado en el suelo y aplicando diferentes tipos de agua de riego.
- Determinar el tiempo en que se evapora el agua del hidrogel hidratado.

La base teórica en estudio se detallan en el Capítulo I, donde se expresan los conceptos y referencial respecto al hidrogel y su uso en la agricultura. El Capítulo II se muestran los métodos y técnicas utilizadas, como la observación, el ensayo se lo realizo en el laboratorio de suelo y agua de la ULEAM (Extensión Chone) dado que se tiene las condiciones óptimas para realizar las actividades correspondientes. Como material experimental se tuvo al hidrogel a base de 1% de Potasio. El mismo se hidratado con diferentes cantidades de agua y después de una hora de hidratación se medirá la cantidad de agua hidratada.

El Capítulo III se hace un diseño de una propuesta para identificar la influencia de la fuente de agua de riego en la hidratación del hidrogel de uso agrícola, en el cual se indica cada proceso con su respectiva descripción, mencionando como se debe realizar cada proceso. Las conclusiones y recomendaciones de la investigación se redactaron en base a la realización de cada objetivo que ha sido planteado y su debida contestación.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. FUENTES DE AGUA DE RIEGO

1.1 Generalidades

De acuerdo a la Constitución (2014), se consagra el principio de que el agua es patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Por lo tanto, las fuentes de agua para la actividad agrícola, es un bien del estado al que todos pueden acceder, sin embargo, estos recursos naturales deben ser protegidos, evitando su contaminación, en especial las aguas subterráneas y de los ríos que son fuentes hídricas para el desarrollo de toda actividad agrícola ya que en tiempo de sequía o falta de lluvias, son estas las que proporcionan el abastecimiento para la producción de los campos.

La agricultura es el mayor consumidor de agua a nivel global. El 70% del consumo de agua del mundo es para el riego de cultivos. En varios países en vías de desarrollo, el agua destinada al riego de cultivos representa el 95% del agua consumida, y juega un papel clave dentro de la producción de alimentos y seguridad alimentaria. En la mayoría de estos países el desarrollo de estrategias futuras de agricultura pasa por el mantenimiento y mejora de la expansión de esta agricultura de regadío (LennTech, 2019).

El agua subterránea es un recurso importante y su cantidad y calidad juegan un papel importante en el desarrollo socio económico de las comunidades agrícolas, por lo que es necesario establecer una evaluación de la situación en que se encuentran los acuíferos con objeto de implementar programas de

explotación racional. Las necesidades agrícolas han traído consigo una explotación intensiva de algunos acuíferos, manifestándose en un descenso de su nivel potencio métrico y, a veces, un incremento en la salinidad de sus aguas (Peinado *et al.*, 2011).

Es muy frecuente en la producción agrícola de carácter tradicional el consumo excesivo y sin control de la cantidad de agua durante las tareas de riego, esto se debe a que los sistemas de riego, en la gran mayoría se lo hace de forma empírica o tradicional lo cual los hace ineficientes. Adicionalmente, el exceso de agua de riego circula y se filtra a través del suelo hasta las fuentes subterráneas, arrastrando consigo diferentes elementos que conforman el suelo agrícola.

De acuerdo a Abad (2015) a través de este ciclo del agua se evita la acumulación excesiva de contaminantes, naturales en el suelo. Por lo tanto, el regadío siempre usa más agua que la que consume, y el agua aplicada y no consumida vuelve al río o al acuífero (lo que se llama “aguas de retorno del riego”), y lo hace con una pérdida de calidad.

El cultivo de alimentos y el consumo del agua están estrechamente relacionados. El agua siempre ha sido el principal factor que limita la producción agrícola en gran parte del mundo, donde la precipitación no es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos. Con la competencia cada vez mayor por recursos hídricos no renovables en todo el mundo y la creciente demanda de productos agrícolas, nunca antes ha sido tan apremiante la necesidad de mejorar la eficiencia y productividad del uso del agua para la producción de alimentos cultivables.

Como consecuencia del cambio climático se ha registrado un descenso en la precipitación pluvial. La reducción e inestabilidad de las lluvias y el aumento de la temperatura, el nivel del mar y la presencia y magnitud de las sequías y huracanes tendrán un efecto negativo directo en la población (particularmente en la más pobre), en la salud, en los servicios relacionados con el agua y en las actividades económicas y recreativas vinculadas a ella. Estos cambios tendrán

también repercusiones en las cadenas ecológicas y en las especies animales y vegetales del continente (Villalobos *et al.*, 2017).

1.2 Tipos de fuentes de agua de riego

El agua que los agricultores utilizan en las actividades de riego en sus respectivas plantaciones puede tener su origen en distintas fuentes, ya sean de fuentes naturales o de fuentes alternativas como los sistemas de riego más tecnificado. Las fuentes naturales incluyen el agua de lluvia, ríos, lagos y subterráneas. La utilización del recurso agua se la debe hacer de forma planificada y sostenible.

Según (LennTech, 2019); claramente el recurso de agua de lluvia depende de la climatología del área. El agua de superficie es un recurso limitado y normalmente necesita de la construcción de embalses lo cual implica un gran impacto ambiental.

El agua de riego es un factor a considerar en la agricultura, tanto a campo abierto como dentro de los invernaderos, dependiendo del origen se puede apreciar cuales pueden ser sus posibles problemas de calidad, Existen diferentes fuentes de agua que se pueden utilizar para las labores de riego en la actividad y dependiendo del lugar que provengan será su calidad. Las características químicas y físicas de cada una de las fuentes de agua van a variar dependiendo de la estructura del suelo (Hernández, 2017).

Pero adicionalmente se debe mencionar que el agua destinada a la actividad agrícola debe tener ciertas características en cuanto a su composición química y física, así por ejemplo debe ser rica en elementos químicos los mismos que constituyen en los nutrientes que sirven para alimentar y obtener un desarrollo adecuado de una planta que contribuya a la sostenibilidad de esta actividad.

Estas son sustancias necesarias para el metabolismo y la fotosíntesis en plantas que incluyen macro nutrientes (es decir: N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (es decir: Fe, Mn, B, Cu, Mo, Zn y Si). La calidad del agua utilizada para el riego es esencial para el rendimiento y la cantidad de cultivos,

el mantenimiento de la productividad del suelo y la protección del medio ambiente. Por ejemplo, las propiedades físicas y mecánicas del suelo, ejemplo: La estructura del suelo y la permeabilidad, son muy sensibles al tipo de iones intercambiables presentes en las aguas de riego (LennTech, 2019).

Una lista de los elementos químicos que son esenciales para las plantas se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Elementos químicos que son esenciales para las plantas

Esencial Micronutriente	Símbolo	Esencial Micronutrientes	Símbolo
Oxígeno	O	Hierro	Fe
Carbón	C	Manganeso	Mn
Nitrógeno	N	Cobre	Cu
Hidrogeno	H	Zinc	Zn
Fósforo	P	Boro	B
Azufre	S	Silicio	Si
Potasio	K	Molibdeno	Mo
Magnesio	Mg	Cloro	Cl
Calcio	Ca	Vanadio	V
		Cobalto	Co
		Sodio	Na

Fuente: (LennTech, 2019).

1.2.1 El agua de lluvia

La mejor agua es la proveniente de la lluvia, ocupa el primer lugar entre las fuentes de agua utilizadas para la actividad agrícola, no existe en la naturaleza una fuente de agua con características similares. El agua de lluvia tiene una conductividad eléctrica bastante baja cercana a cero y con muy pocas sales disueltas. Esta fuente de agua es esencial para la vida y su escasez afecta negativa y profundamente las posibilidades de desarrollo de la actividad agrícola (FAO, 2013).

La importancia del agua no solamente tiene que ver con las funciones metabólicas del agua para las plantas y animales, sino también con sus características dinámicas en estos procesos metabólicos. La velocidad con que

se puede pasar de una situación de disponibilidad plena hacia una situación de escasez de agua es mayor que en el caso de los nutrientes esenciales. Por ejemplo, un suelo no pasa de rico en nutrientes a una condición de deficiente en pocos días, pero en cambio la disponibilidad de agua sí lo hace.

El volumen de agua infiltrada y almacenada en el suelo y que la planta puede absorber es el realmente aprovechable, es decir, el que contribuye a la producción vegetal. Por medio de diferentes mecanismos internos, el agua es absorbida por la planta, participa de los sistemas funcionales de la misma y vuelve a la atmósfera por medio de la transpiración (Prieto, 2013).

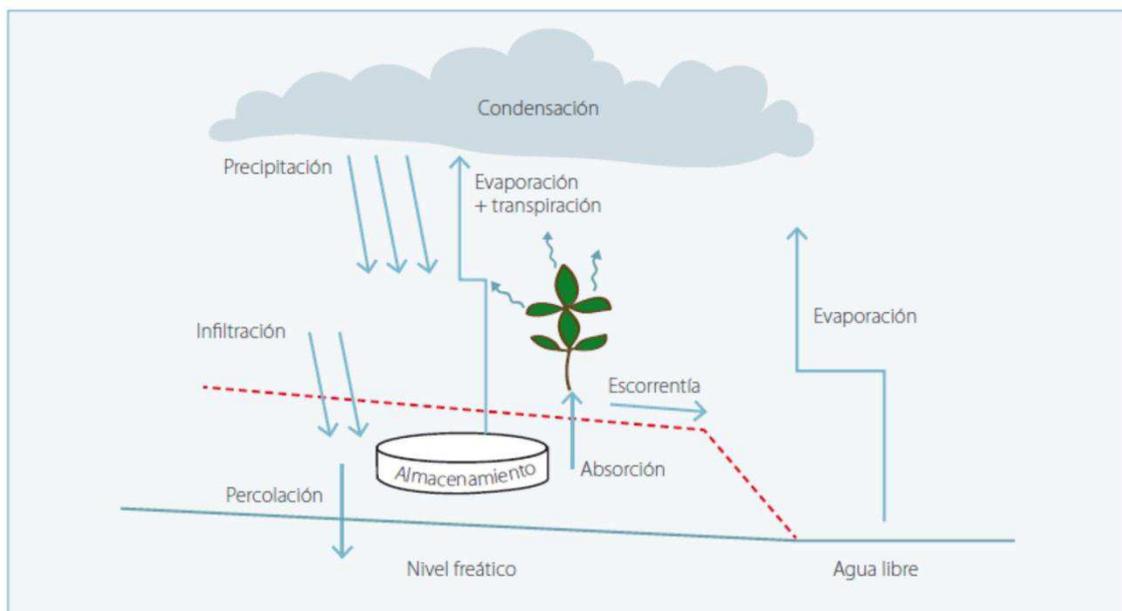


Figura 1. Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases.

Fuente: (Prieto, 2013)

Toda el agua disponible en el planeta es parte de un ciclo (Figura 1). El desarrollo de la ciencia y de la tecnología para uso y manejo del agua deben orientarse a la búsqueda de un mejor aprovechamiento de este recurso en sus diversas fases y formas dentro del ciclo hidrológico. El agua es esencial para la vida y su escasez afecta negativa y profundamente las posibilidades de desarrollo de una región. Sin agua disponible todo el tiempo, quedan comprometidas las posibilidades de lograr una adecuada producción agrícola en los campos (Prieto, 2013).

Sin embargo, el exceso de agua también puede causar severos daños a la producción agrícola produciéndose pérdida de cosechas, empobrecimiento del suelo por efectos de la erosión, riesgos de derrumbes, avalanchas e inundaciones, entre otros. Por lo tanto, es necesario que el agricultor comprenda el ciclo hidrológico y saber cuáles son sus variables manejables es importante para alcanzar el objetivo de mejorar la captación y aprovechamiento del agua de lluvia.

1.2.2 El agua de los ríos

Los ríos son parte del ciclo hidrológico, el agua se acumula generalmente en un río de precipitación a través de una cuenca de drenaje de la escorrentía superficial y de otras fuentes, tales como la recarga de acuíferos, manantiales y la liberación de agua almacenada en el hielo natural y la acumulación de nieve de los glaciares. Por lo tanto, la conformación de un río va a depender del número de afluentes, estos pueden estar ubicados a lo largo del recorrido del caudal del río.



Figura 2. Río Chone

Fuente: <https://www.google.com.mx/search?q=Rio+Chone&source=Inms&tbm=>

Según Barón et al., (2003), el agua dulce es vital para la vida humana y para el bienestar económico. La cuenca del río es un elemento indispensable para toda la vida y conformación del ecosistema. Sin embargo, la contaminación que

el ser humano produce tiene consecuencias devastadoras, pues deterioran la calidad del agua de manera progresiva. Esto genera desequilibrios ambientales diversos:

- Deforestación en las riberas de los ríos.
- Las aguas se contaminan por efecto de arrojar basura o desechos tóxicos.
- El aire contaminado se mezcla con el agua de los ríos, posteriormente se transforma en agua de lluvia contaminada.

1.2.3 El agua de vertientes

La actividad agrícola abarca una extensión de territorio muy amplia y se la realiza en distintos escenarios, próximo al caudal de los ríos, en la montaña, en los valles, entre otros en donde las aguas de los ríos no llegan o no existe. Los agricultores deben buscar fuentes de agua alternativas que les permita realizar las actividades agrícolas, fuentes como las vertientes que son aguas que se producen debidos a las aguas superficiales que brotan de la tierra. Por lo general estas vertientes de agua tienden a secarse en ciertas épocas del agua por lo que no constituyen una fuente permanente del líquido vital para la actividad agrícola.



Figura 3. Cascada el Caracol (Cantón Chone)

Fuente: <https://www.goraymi.com/es-ec/santa-rita/cascada-el-caracol-atwas8ggz>

1.2.4 Las aguas subterráneas

Dentro de los recursos de agua dulce explotable existentes en la tierra, el agua subterránea constituye casi un 98% del total. El agua subterránea es utilizada para el abastecimiento de agua potable, tanto en viviendas individuales, como en aglomeraciones urbanas, en proyectos agropecuarios para riego y para uso animal; igualmente, muchas industrias consumidoras de grandes cantidades de agua hacen uso de este recurso (Vélez, 1999).

Uno de los aspectos más importantes y de utilidad práctica relacionada con el agua dulce subterránea para el consumo humano y riego, es el menor grado de contaminación a la que está sometida y la capacidad de filtración del suelo que la hace generalmente más pura que las aguas superficiales. Además, que este recurso es poco afectado por períodos prolongados de sequía ya que forma parte de reservorios naturales ubicados a distintas profundidades y en distintos lugares

De acuerdo a (Vélez, 1999), la habilidad del agua subterránea para disolver los minerales y elementos químicos que se encuentran en el suelo y redistribuir grandes cantidades de masa disuelta tiene importantes aplicaciones en la agricultura, el agua es el principal catalizador de las reacciones y recristalización de los minerales existentes.

El agua subterránea es toda aquella que se presenta en el suelo, cualquiera sea su tipo y profundidad. Cantidades importantes de agua son retenidas en la superficie de los granos o contra las paredes de los micros fisuras por efecto de interacciones agua / roca, mediante fuerzas de atracción molecular y tensión superficial, que se presentan debido a la estructura bipolar de la molécula de agua.

Según (Pérez, 2011), la captación de agua subterránea por medio de pozos excavados constituye el método más antiguo y más elemental conocido a través de la historia de la humanidad. Por lo general, el agua que va a ser utilizada inunda el pozo desde el fondo hasta alcanzar su propio nivel, se filtra por los orificios que existen entre las piedras o ladrillos.

Para (Pérez, 2011), los pozos excavados pueden ser construidos bajo los siguientes parámetros:

- Lejos de una fuente de contaminación como por ejemplo pozos de absorción, campos de infiltración tanques sépticos, letrinas o sumideros y campos de infiltración
 - Evitar las zonas de inundación.
 - Ubicar posibles fallas o grietas del subsuelo.
 - Se debe constatar la presencia de piedras a junta perdida para asegurar el corrimiento libre del agua de la fuente.
- El diámetro deberá ser de 90 cm. para realizar los mantenimientos.
- En estación seca un manto de agua deberá tener un nivel mínimo de 1.5 m.
- La cota de agua normal del pozo deberá recuperarse en un máximo de 12 horas.

1.2.5 Galerías de infiltración

Este tipo de sistemas de captación de agua tiene como característica principal la instalación de ductos o canales horizontales por donde circula el agua que se infiltra de corrientes de agua subterránea o de ríos, para tal efecto se pone en práctica los principios de la gravedad que permite su flujo hacia el lugar de recolección. Frecuentemente las galerías de infiltración son instaladas cerca o paralelamente a los lechos de los ríos con esto se garantiza una recolección permanente (González, 2005).

Las galerías de infiltración se las construye en base a la utilización de tuberías o canales con un espacio suficiente que garanticen la capacidad de flujo el líquido vital. En el caso de utilización de las tuberías, estas se colocan de un tamaño adecuado para captar el caudal de agua destinado al riego. Las tuberías utilizadas deberán estar recubiertas con material graduado, tomando como referencia la granulometría del material de la fuente y las características del agua (González, 2005).



Figura 4. Galerías de infiltración.

Fuente: (González, 2005).

1.3 Consideraciones del agua con fines de riego.

De acuerdo a García (2015), se plantea que la calidad del agua para riego depende del contenido y tipo de sales. Según este autor los problemas más comunes derivados de la calidad del agua se deben a los siguientes efectos:

- **Salinidad:** a medida que aumenta el contenido de sales en la solución del suelo, se incrementa la tensión osmótica y, por tanto, la planta tiene que hacer mayor esfuerzo para absorber el agua por las raíces, o sea, disminuye de la cantidad de agua disponible para las plantas.
- **Infiltración del agua en el suelo:** contenidos relativamente altos de sodio y bajos de calcio provocan que las partículas de suelo tiendan a disgregarse, ocasionando una reducción en la velocidad de infiltración del agua, que puede implicar poca disponibilidad de agua en el suelo.
- **Toxicidad:** algunos iones, tales como sodio, cloro y boro, se pueden acumular en los cultivos en concentraciones suficientemente altas como para reducir el rendimiento de las cosechas, además facilitan la obstrucción de algunos sistemas de riego.
- **Otros efectos:** en ocasiones hay que considerar los nutrientes contenidos en el agua de riego, con el fin de restringir la fertilización o porque

produzcan excesos contraproducentes. Otras veces pueden producir corrosión excesiva en el equipo de riego, aumentando costos de mantenimiento.

1.3.1 Consideraciones de calidad de las aguas para el riego

De acuerdo a (AGROCALIDAD, 2015), la Resolución técnica N° 0037 emitida el 06 de abril de 2015, trata respecto de las Buenas prácticas agrícolas, se menciona lo siguiente:

CAPÍTULO VII DE LA CALIDAD DEL AGUA

Artículo 14.- AGUA DE RIEGO

- a) Se debe identificar las fuentes del agua utilizada en la UPA.
- b) Se debe evaluar el riesgo potencial del sistema de distribución de agua, verificando su calidad microbiológica y química, e identificar acciones correctivas para prevenir o reducir al mínimo la contaminación.
- c) Se deben realizar análisis químico, físico y microbiológico del agua que se utiliza. La frecuencia dependerá de las fuentes de donde proviene el agua y de la evaluación de los riesgos de contaminación. Estos análisis deben ser realizados en laboratorios adecuados al menos una vez al año.
- d) El agua utilizada para riego debe tomar en cuenta los parámetros establecidos por la ANC5. (Tabla 2)
- e) En caso de detectar agua contaminada, se deben tomar acciones correctivas a fin de garantizar que el agua sea idónea para su uso en agricultura.
- f) Se debe realizar el mantenimiento oportuno y continuo del sistema de riego, de acuerdo al criterio técnico del fabricante.
- g) Se recomienda realizar una planificación de la cantidad de agua requerida para la producción, considerando factores como: especie, estado fenológico, factores climáticos, tipo de suelo, sistema de riego, entre otros. A fin de precautelar la eficiencia en el uso del recurso.
- h) No se deben utilizar sin previo tratamiento, aguas residuales para riego.

Tabla 2: Parámetros para el agua de riego.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	Mg/l	5
Arsénico	As	Mg/l	0.1
Bario	Ba	Mg/l	1
Berilio	Be	Mg/l	0.1
Boro	B	Mg/l	1
Cadmio	Cd	Mg/l	0
Carbamatos totales	Concentración total de Carbamatos	Mg/l	0.1
Cianuro	CN	Mg/l	0.2
Cobalto	Co	Mg/l	0.05
Cobre	Cu	Mg/l	2
Cromo	Cr	Mg/l	0.1
Flúor	F	Mg/l	1
Hierro	Fe	Mg/l	5
Litio	Li	Mg/l	2.5
Manganeso	Mn	Mg/l	0.2
Molibdeno	Mo	Mg/l	0.1
Mercurio	Hg	Mg/l	0.01
Níquel	Ni	Mg/l	0.2
Plata	Ag	Mg/l	0.05
Potencial de hidrógeno	pH		6 a 9
Plomo	Pb	Mg/l	0.05
Selenio	Se	Mg/l	0.02
Sólidos disueltos totales		Mg/l	3.000,0
Transparencia de las aguas			Mínimo 2,0 m
Aceites y grasa		Mg/l	0,3
Coliformes Totales			1000
Huevos de		Huevos/l	00

parásitos			
Zinc	Zn	Mg/l	2.0
Vanadio	V	Mg/l	0.1

Fuente: (AGROCALIDAD, 2015).

1.4 HIDROGEL DE USO AGRÍCOLA

1.4.1 Generalidades

El uso racional y eficiente del agua en riego de cultivos es un factor que cada día toma mayor importancia. En este sentido emplear polímeros que permitan incrementar la capacidad de retención de agua del suelo, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego y, paralelamente, disminuir las pérdidas por filtración, contribuye a mejorar la eficiencia en el manejo del agua, minimizar los costos y proteger de los ecosistemas (Idrobo *et al.*, 2010).

Los geles, en general, son sólidos porosos, con una matriz continúa formada por una red esquelética. El espacio entre las redes está lleno de un líquido, generalmente agua, por lo cual se denominan hidrogeles. Son muy activos desde el punto de vista osmótico, por ello se dice que físicamente son especies intermedias entre el estado sólido y el estado líquido. Por su naturaleza los hidrogeles hinchados tienen simultáneamente las propiedades cohesivas de los sólidos y las propiedades difusivas de transporte de los líquidos (Rojas *et al.*, 2004).

El grado de hinchamiento viene determinado por la naturaleza de las cadenas de polímeros y la densidad de los enlaces transversales. Cuando los hidrogeles se secan, la red hinchada se colapsa por lo que el gel seco es de tamaño mucho menor al del gel hinchado. Entre sus aplicaciones, los hidrogeles se pueden utilizar para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo y para espaciar las frecuencias de riego en los suelos muy áridos (Rojas *et al.*, 2004).

El hidrogel tiene la capacidad de absorber agua y proporcionarla lentamente a las raíces de las plantas mejora algunas características del suelo, tales como

retención y disponibilidad del agua, aireación y disminución de compactación. Es utilizado en diversos sectores, como la agricultura y la arquitectura paisajista, logrando reducir el consumo de agua hasta en un 50% (Rodríguez *et al.*, 2010).

Algunas propiedades del hidrogel son relacionadas con la capacidad de retención del agua, la dosificación de los nutrientes y el mejoramiento de la actividad biológica, los cuales contribuyen al óptimo desarrollo de las plantas, aún en tiempos de sequía (Martínez *et al.*, 1997).

1.4.2 Importancia de la utilización de Hidrogel

Una aplicación que está cobrando interés en la actualidad es el empleo de estos polímeros en el campo de la agricultura, para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por tanto el desarrollo de las plantas. Al mezclar el hidrogel con el suelo se logra, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, y, por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma. Estos factores son suficientes para mejorar la actividad biológica y aumentar la producción del suelo (Gonzalez, 2007).



Figura 5. Hidrogel para plantas.

Fuente: <https://www.google.com.mx/search?q=hidrogel&source>

Además, la utilización de polímeros también produce una mejora de la estructura del suelo y de la aireación del mismo. Así, el uso de este tipo de polímeros permite, por ejemplo, la recuperación de zonas semiáridas o terrenos de cultivos abandonados y poco fértiles cuando se emplea de forma extensiva.

El estudio de materiales con propiedades especiales que permitan el aprovechamiento de estos suelos, ha encontrado en los hidrogeles una posible solución, siendo utilizados en terrenos desérticos para mantener la humedad, y en regiones montañosas, en las que las lluvias arrastran las sustancias necesarias para el desarrollo de cultivos, para la liberación controlada de sales orgánicas y abonos nitrogenados.

1.4.3 Propiedades del Hidrogel

El término hidrogel se utiliza para denominar a un tipo de material de base polimérica caracterizado por su extraordinaria capacidad para absorber agua y diferentes fluidos. Estas propiedades de absorber agua les convierten en materiales de enorme interés, en distintas actividades y sobre todo en la agricultura como una forma alternativa de riego controlado.

Los hidrogeles son materiales poliméricos súper absorbentes, son sólidos granulares caracterizados por tener estructura tridimensional entrecruzada de cadenas flexibles. En contacto con agua, esta se desplaza hacia el interior de la partícula de hidrogel, dada la menor actividad de agua que allí se presenta; a medida que el agua se difunde, la partícula incrementa su tamaño y las cadenas poliméricas se mueven para acomodar las moléculas de agua, simultáneamente, la presencia de puntos de entrecruzamiento evita que las cadenas en movimiento se separen y por tanto se disuelvan en el agua (Barón *et al.*, 2007).

Los Hidrogel absorben agua cientos de veces su peso y la proporciona paulatinamente a las raíces de todo tipo de plantas. El producto mejora las características del suelo, como son la retención y disponibilidad del agua, la aireación y la descompactación. Su aplicación en la agricultura, invernaderos y viveros, el sector forestal (Hidrogelmex, 2012). De acuerdo a la publicación de Hidrogelmex (2012), los cristales de hidrogel presentan las siguientes características:

- Aumenta la capacidad de retención de agua de los suelos por varios años

- La frecuencia de riego se puede reducir en un 50%
- Limita las pérdidas de agua y nutrientes por lixiviación
- Reduce la evaporación del suelo
- Mejora las propiedades físicas de los suelos compactos
- Mejora el crecimiento de las plantas
- El agua y los nutrientes están continuamente disponibles en la zona de las raíces para una óptima absorción por las plantas.

De acuerdo con Gonzales (2007), señala las siguientes consideraciones para la aplicación de los geles en la agricultura:

- En el caso de los cultivos masivos o extensivos, se debe aplicar el hidrogel antes de aplicar la semilla, a una profundidad de entre 7 cm a 12 cm, dependiendo el tipo de cultivo.
- En el caso de aplicar fertilizantes, se puede realizar en forma simultánea. El hidrogel tiene la propiedad de solubilizar los fertilizantes de tal forma que los hace asimilables para las plantas y los retiene por mayor tiempo en el suelo, evitando de esta manera la lixiviación del mismo
- Para mantener el hidrogel en condiciones adecuadas en el suelo, se recomienda que las siembras se realicen a través del sistema de siembra directa para no destruir la capa de gel y este pueda optimizar su vida útil (mínimo 3 años).
- La aplicación se puede realizar con cualquier tipo de sembradora y/o fertilizadora. En caso de cultivos de siembra manual se deberá dosificar adecuadamente su uso.
- En el caso de los cultivos perennes ya establecidos, se debe colocar el hidrogel alrededor de las raíces secundarias de los árboles a través de orificios que se realizan en el suelo.
- La cantidad requerida de producto dependerá del diámetro del tronco o de la altura del árbol dependiendo si estos son cultivos forestales o frutales se aplica en forma localizada junto a la raíz debido al peso que ejerce el suelo.
- Su aplicación debe ocurrir a escasas profundidades y cerca del sistema radicular de la planta.

1.4.4 Clasificación del Hidrogel

Los hidrogeles pueden clasificarse de varias formas, dependiendo de las características y propiedades que se tomen como referencia. Con base a la naturaleza de los grupos laterales, pueden clasificarse en neutros o iónicos (aniónicos, catiónicos, anfóliticos). De acuerdo a sus características mecánicas y estructurales, se pueden clasificar en redes afines o redes fantasmas. Dependiendo del método de preparación, en red homopolimérica, copolimérica, o red polimérica interpenetrada. Finalmente, pueden clasificarse con base en la estructura física de la red en hidrogeles amorfos, semicristalinos, estructuras por enlaces de hidrogeno y agregados hidrocoloidales (Gonzalez, 2007).

1.4.5 Características físicas del Hidrogel

Todos los hidrogeles se caracterizan midiendo su capacidad y velocidad de hinchamiento, su capacidad elástica y la capacidad de liberación del líquido almacenado. En la aplicación agrícola usualmente se emplean hidrogeles con alta capacidad de absorción con el fin de evitar la reducción de capacidad de hinchamiento que se requiere normalmente en el suelo o en el agua de irrigación (Barón *et al.*, 2007).

Los suelos que reciben poca lluvia o irrigación o son demasiado porosos para retener la humedad en la zona de las raíces, se benefician notablemente con el uso de hidrogeles. Adicionalmente, en suelos arcillosos los hidrogeles ayudan a mejorar el contenido de aire del suelo dado el proceso de expansión que se genera por los ciclos de absorción liberación del material (Barón *et al.*, 2007).



Figura 6: Hidrogel para plantas

Fuente: <http://www.hidrogelplantas.com/hidrogel-para-plantas/>

Uno de los principales usos del hidrogel, es para las plantas. El hidrogel incrementa el agua disponible en el suelo para las plantas. No sólo incrementa el agua disponible en el suelo, sino la aireación y sustratos. En definitiva, con el hidrogel para plantas, el agua y los nutrientes están disponibles para las plantas para periodos más largos de tiempo, lo que resulta en un crecimiento más fuerte y sano de las plantas también en condiciones secas y muy cálidas.

El hidrogel para plantas, tiene un funcionamiento muy sencillo. El hidrogel es una sustancia en seco, en polvo, que, al echarle agua, en vez de disolverse en ella, la absorbe, creando una estructura esponjosa llena de agua. Una vez ha absorbido el agua, la suelta a necesidad del suelo. Además, una vez la ha soltado, vuelve a absorber agua, aguantando hasta más de 3 años y más de 50 ciclos de riego. En esta imagen puedes ver un cristal de hidrogel en seco y cristal de hidrogel hidratado.

Principalmente hay 3 tipos de hidrogel para plantas:

- **Poliacrilato de sodio:** El poliacrilato de sodio son los polvos que usan los pañales de los bebés y tienen una gran capacidad de absorción de agua. Utilizados en muchos casos para agricultura, tiene algunas retenciones por la liberación del ion sodio.

- **Poliacrilato de potasio:** El poliacrilato de potasio es el material al que nos referimos aquí cuando hablamos de hidrogel, ya que es un material para su uso en plantas. Es llamado en ocasiones también acrilato de potasio o lluvia sólida.
- **Poliacrilamida:** La poliacrilamida es un polímero absorbente y además es un floculante de líquidos. Es algo menos absorbente que los poliacrilatos, pero es utilizado también en ocasiones en agricultura.

Osram (2017), algunos de los motivos por los que el hidrogel es bueno para las plantas sería:

- Incrementa la capacidad de retención del suelo
- Reduce la frecuencia necesaria de riego
- Reduce los costes asociados con el riego y con el mantenimiento del mismo.
- Previene la pérdida de nutrientes necesarios.
- Aumenta las ratios de supervivencia de árboles nuevos y arbustos.
- Mejora la calidad de las plantas
- Permite el crecimiento de las plantas en zonas extremadamente calientes y secas.

Cada día somos más conscientes de la necesidad de cuidado del agua. En la agricultura el buen uso del agua es fundamental, pues supone en la agricultura se utiliza el 80% del agua dulce. El resto del agua dulce se usa en industria y en el consumo humano.

El inicio del uso del hidrogel estuvo impulsado por factores decorativos, pero poco a poco detectaron los beneficios del uso del producto y se detectó un el mercado que ya existía.

Hidrogel no es un producto tóxico, y para su elaboración no se requiere de grandes equipos que podrían implicar significativos costos. Con el hidrogel puedes disminuir hasta un 50% la frecuencia de riego. En pruebas realizadas con la aplicación de hidrogel: tras cuarenta días sin riego un suelo contiene 1

litro de agua; una vez tratado con hidrogel ese suelo contenía la misma cantidad (1 Litro) tras 80 días, es decir la duración del agua con hidrogel es del doble.

El hidrogel es además reutilizable, después de 50 ciclos de uso de hidrogel, la absorción de este El hidrogel incrementa la porosidad expandiendo el volumen de la tierra y dando por tanto un mejor espacio para el crecimiento de las raíces. Si se aplica en un rango de 3g/L, la compactación de la tierra se reduce un 23%, y el volumen de los poros aumenta un 41%. La infiltración de agua y retención es mejorada enormemente, y la erosión del suelo se reduce hasta un 50% (Osram, 2017).

CAPITULO II

DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO

2.1 Ubicación

El desarrollo de esta investigación se la llevó a cabo en el cantón Chone, en los predios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, situado al norte de la provincia de Manabí. A continuación, se presentan las características geográficas y condiciones climáticas de la zona en estudio en el cuadro 1.

Tabla 3. Ubicación geográfica y condiciones climáticas del cantón Chone.

Características de la zona en estudio	
Latitud	0.69819
Longitud	80.0936127
Altitud	17 msnm
Superficie	3,571 km ²
Clima	Cálido húmedo
Temperatura media anual	26.8 ° C
Humedad relativa media anual	74 %
Precipitación anual	1058 mm

Fuente: Weather Spark

2.1 Metodología

El ensayo se desarrolló en el laboratorio de suelo y agua de la ULEAM (Extensión Chone) dado que se tiene las condiciones óptimas para realizar las actividades correspondientes.

2.2 Material experimental

Como material experimental se tuvo al hidrogel a base de 1% de Potasio. El mismo fue hidratado con diferentes cantidades de agua y después de una hora de hidratación se midió la cantidad de agua hidratada.

2.3 Manejo de experimento

2.3.1 Experimento 1

El ensayo se llevó a cabo mediante una distribución aleatoria. Las unidades experimentales estuvieron integradas por tres recipientes en los cuales se colocó un gramo de hidrogel con tres cantidades diferentes de agua que fueron 80, 90 y 100 mL, de la misma manera se realizó en cada diferente tipo de agua. Después de una hora de realizado la aplicación de agua se eliminó el agua por la transpiración y así se estimó la hidratación.

2.3.2 Experimento 2

Este ensayo consistió en colocar en el suelo un gramo de hidrogel sin hidratar y después aplicar agua de diferentes tipos, posteriormente se calculó la cantidad de agua retenida por el hidrogel mediante gravimetría, considerando la equivalencia de a 1 g a 1 mL.

2.3.3 Experimento 3:

En este ensayo se determinó el tiempo que ocurre para que el agua contenida en el hidrogel se evaporo por factores climáticos o ambientales. Tanto cuando estuvo en el suelo y en condiciones libres.

2.4 Variables que se midieron

Se midió las siguientes variables:

2.4.1 Hidratación del hidrogel

Esta variable midió la cantidad de agua absorbida por unidad de hidrogel. La cantidad de agua se estimó en mL.

2.4.2 Hidratación del hidrogel en el suelo

Para la medición de esta variable se consideró el peso del hidrogel después de realizo la hidratación en el suelo. Para ello se tuvo la precaución de recoger la totalidad de los geles hidratados en el suelo y pesarlos. Esta variable se dio a

medida como el porcentaje de hidrogel hidratado con respecto al hidratado en agua libre.

2.4.3 Retención de agua en el hidrogel

Se estimó el tiempo que demoró en deshidratarse el hidrogel tanto al ambiente y en el suelo. La variable se estableció en días u horas de ser el caso.

2.4.4 Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante estadística inferencial, como el análisis de varianza, regresión y correlación con un nivel de confianza del 95%. En caso de tener diferencias estadísticas entre las variables en estudio se realizó la comparación de medias con Tukey del 5% de error.

2.5 Resultados

En la tabla 1, se aprecia los valores correspondientes a la absorción de agua por el hidrogel, donde se tiene que la única fuente de agua en la cual se presenta una influencia en la absorción de agua, es la Ciénega la misma que un 20% menos de absorción comparada con las demás, las cuales absorbieron la totalidad del agua suministrada. El análisis de agua nos permite tener una idea el factor que está influyendo en la absorción del hidrogel.

Tabla 4.- Absorción del hidrogel según la fuente de agua.

Fuente de agua	Contenido hidratado (mL)
Río	100
Ciénega	80±1,7
Pozo profundo	100
Cascada	100
Agua de consumo domestico	100

Fuente: (Andrade & Ferrin, 2019). Agua aplicada 100 mL/g de hidrogel.

El análisis de agua muestra un elevado contenido de sales, así como de cationes en especial el sodio, estos valores sugieren que las altas concentraciones de sales en el agua evitan que se tenga una absorción normal. Estos datos sugieren que las sales no entran en la partícula del hidrogel por

peso o tamaño, deduciendo que los espacios que dejan los enlaces de la estructura del hidrogel son menores que las partículas de las sales presentes en el agua. De ser el caso se necesita conocer si todos los cationes o aniones presentes en el agua tienen la misma dificultad o solo los de mayor peso o tamaño. Esto es importante conocerlo ya que si se necesita agregar fertilizante en el agua de hidratación para su fertilización en el cultivo este no tendría una acción.

Tabla 5.- Análisis del agua

Examen físico	Unidad	Valor	Interpretación	
Reacción del agua (pH):	u	8,06	Alcalina	
Conductividad Eléctrica (CE):	Micromhos	3520	Salina C4	
Sólidos Disueltos Totales:	mg/l	2252,8	Salina S4	
Dureza Total (CO ₃ Ca):	mg/l	247	Moderada	
Dureza Alcalina (CO ₃ Ca):	mg/l	269	Moderada	
Examen químico				
CATIONES		meq/l	% relat.	mg/l
Calcio (Ca)		1,71	4,86	34,20
Magnesio (Mg)		3,23	9,18	39,24
Sodio (Na)		27,96	79,43	643,08
Potasio (K)		2,30	6,53	89,93
TOTAL:		35,20	100,00	806,45
Hierro (Fe)				
Manganeso (Mn)				
ANIONES				
Carbonatos (CO ₃)				
Bicarbonatos (CO ₃ H)		5,38	15,28	328,18
Sulfatos (SO ₄)		7,50	21,31	360,00
Cloruros (Cl)		14,00	39,77	496,30
Nitratos (NO ₃)				
TOTAL:		26,88	76,36	1184,48
Índices de Calidad para Uso camaronera		Siglas	Valor	Niv. C.
Relación de Adsorción de Sodio		RAS	17,87	> 4,0
Carbonato de Sodio Residual		CARSOR	0,44	< 1,25
Clasificación USDA		C-S	C4S4	C2S1

Fuente: (Andrade & Ferrin, 2019).

Determinar el porcentaje de hidratación del hidrogel colocado en el suelo y aplicando diferentes tipos de agua de riego.

La hidratación del hidrogel en el suelo no presenta una ventaja dado que su absorción se ve disminuida comparada con la que se realiza en agua libre, sin importar la fuente de agua que se agregue. Por tanto, la recomendación de su

aplicación conjuntamente con la preparación del terreno o la inclusión en la mezcla de sustrato en viveros no parece ser una opción favorable. A penas entre el 26 y 30% con respecto a la hidratación en agua libre, se obtiene en el suelo, lo cual se traduce en un menor tiempo de duración del producto. El factor que está influyendo en su absorción en el suelo es el mismo suelo, el cual hace una resistencia a su hidratación debido al espacio físico que no se tiene al colocar el hidrogel en el suelo. Lo cual es necesario verificarlo en futuros experimentos.

Duración del hidrogel hidratado en el suelo

El tiempo de duración del hidrogel en el suelo estuvo entre 12 y 15 días, claro está que la misma depende de las condiciones climáticas durante su evaluación, las mismas que influyen en el suelo ya que este a medida pierde agua la tensión aumenta lo que hace que absorba el agua contenida en el hidrogel. Otra variable a considerar es la cantidad de producto aplicado, de manera que es posible que entre más cantidad de hidrogel su duración será mayor, esta interrogante no fue objeto de estudio, sin embargo, es necesario medir este parámetro.

Se pudo observar que la exposición directa del hidrogel a las condiciones ambientales, provoca una pérdida de la estructura de la molécula del hidrogel, en observación directa se refleja como una solución acuosa sin la forma propia del producto. Entre los factores ambientales más influyente se tiene a la radiación y la temperatura ambos relacionados. Estas evidencias sugieren que el producto debe ser colocado en la parte interna del suelo evitando así la pérdida de su condición.

Al realizar los monitoreos del hidrogel en el suelo se pudo notar que la pérdida de agua fue gradualmente, aunque no se pudo establecer una tendencia por la dificultad al medir la misma, se observó su disminución y finalmente solo se presentó una zona húmeda donde estaba colocado el mismo.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

Con las evidencias encontradas se puede proponer los siguientes:

3.1 Aplicación del hidrogel

El uso de hidrogel en la agricultura es amplio y su eficiencia depende en gran medida del manejo del mismo, por ello se establece que no se puede utilizar agua para hidratar el hidrogel que contenga altos contenidos de sales como es el caso del agua de Ciénega de la parroquia Bachillero del cantón Tosagua, obviamente esta recomendación no se puede inferir para todos los lugares del cantón, sin embargo, previo su uso se recomienda un análisis de calidad de agua previo su uso tanto para riego como para la hidratación del hidrogel de uso agrícola.

Es conveniente que la aplicación del hidrogel en la planta sea previa su hidratación en agua libre, ya que si se aplica en el suelo sin hidratar las posibilidades de obtener una hidratación adecuada son bajas, con apenas entre un 26 a 30% comparado con su hidratación en agua libre. También se debe considerar las cantidades del producto a aplicar por planta la misma que debe ser en función de tamaño del cultivo.

La duración del hidrogel hidratado en el suelo nos permite entender el tiempo en que se debe volver a hidratarlo para mantener la de su contenido de agua y por tanto la humedad en el suelo para ser absorbida por la planta. Por tanto, la aplicación de agua de riego debe ser estimada con la ausencia del hidrogel en el suelo, lo cual ocurre entre los 12 y 15 días, aunque podría variar en función de los parámetros climáticos. Relacionando estas variables se puede proponer realizar riegos para 15 días estimando que los geles se vuelvan a rehidratar.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En base a los hallazgos encontrados podemos concluir lo siguiente:

- El contenido de sales del agua que se va a utilizar hidratar el hidrogel influyen en su capacidad de absorción provocando un 20% menos de absorción de agua.
- La hidratación del hidrogel colocado en el suelo tiene entre 26 y 30% de hidratación con respecto a la hidratación en agua libre por lo que es conveniente aplicarlo en el suelo con la hidratación previa.
- El tiempo que ocurre desde la aplicación del hidrogel hidratado en el suelo hasta que se consuma toda el agua de su contenido por acción del suelo está entre 12 y 15 días, aunque se debe considerar los factores climáticos como influyentes para este tiempo.

4.2 Recomendaciones

En base a los hallazgos encontrados podemos recomendar lo siguiente:

- Es recomendable utilizar el hidratante con el sustrato en la germinación de la semilla para que planta no sufra estrés hídrico al momento del trasplante y observar si existe un crecimiento más eficaz y las raíces son más fortalecidas.
- Mantener un riego firme a la planta ya con hidratante o con riego normal, ayudara en su crecimiento constante de ella.
- Se hace necesario realizar varios ensayos sobre la aplicación de hidratante en diferentes lugares y especies con la finalidad de comparar el comportamiento de estos en diferentes zonas del cantón Chone.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, J. (2015). El uso del agua en la agricultura de regadío y la investigación pública. *Esfera del agua*, 1.
- Agrocalidad. (2015). Guía de buenas prácticas agrícolas. Quito.
- Arbona V; Iglesias D; Jacas J; Primo-Millo E; Talon M y Gómez A. 2005. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus Plants. *Plant and Soil*. 270: 73–82
- Barón, A., Barrera, I., Boada, L., & Rodríguez, G. (2007). Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales. Bogotá: ingeniería e Investigación.
- Barón, J., Poff, L., & Angermeier, P. (2003). Ecosistemas de Agua Dulce Sustentables. Nuevo México.
- Constitución Del Estado. (2014). Ley Orgánica Recursos Hídricos usos y aprovechamiento del agua. Quito.
- FAO. (2013). Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Santiago.
- FAO. 2012. Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Estudio FAO: Riego y drenaje. 66. recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i2800s.pdf>
- González, J. (2005). Protección de captaciones de agua para consumo humano. Guatemala.
- González, O. (2007). Hidrogeles mejoradores de cultivos agrícolas. Saltillo.
- Gracia, Y. (2015). Calidad del agua con fines de riego. Las Tunas.
- Hernández, F. (2017). Fuentes de Agua de Riego y su Calidad. Asistencia Técnica Agrícola, 1.

- Hidrogelmex. (2012). Obtenido de http://hidrogelmex.com/beneficios_de_hidrogel.html
- Idrobo H; Rodríguez A; Díaz J. 2010. Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. *Recurso naturales y ambiente*. Numero 9: 33-37.
- Jasso, R., Faz, R., Berzoza, M., Chávez, N., Nunez, G., y Orozco, G. 2007. Requerimiento hídricos y manejos del agua de riego en cultivos forrajeros. *inifap*. (3). Obtenido de <http://biblioteca.inifap.gob.mx>.
- Johnson, M. S., and R. T. Leah. 1990. Effect of superabsorbent polyacrylamide on efficacy of water use by crop seedlings. *J. Sci. Food Agric*. 52(3): 431-434
- Katerji, N., Mastrorilli, M., Rana, G., 2008. Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: Review and analysis. *Eur. J. Agron*. 28, 493-507.
- LennTech. (2019). Lenntech B.V. Recuperado el 12 de abril de 2019, de <https://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/agua-de-riego.htm>
- Martínez, G., Sánchez, M., & Madruga, E. (1997). Polímetros supe absorbentes. *Revista de plásticos modernos ciencia y tecnología de polímetros*, 437 - 445.
- Nissen, J. 1995. Hidrogeles, análisis comparativo y costo de aplicación de una alternativa no tradicional de abastecimiento de agua a cultivos y frutales del sur de Chile. *Agroanálisis*. 11(131):19-20.
- Osram, P. (2017). Hidrogel para plantas. *Hidrogel plantas*.
- Peinado, H., Green, C., Herrera, J., & Escolero, O. (2011). Calidad y aptitud de uso agrícola del agua del acuífero del río Sinaloa, porción costera. México.
- Pérez, F. (2011). Captación de aguas superficiales y subterráneas. Cartagena.

- Prieto, M. (2013). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. FAO, 12. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5039820>
- Rivera, R; Mesías, F. 2017. Absorción de agua de hidrogel de uso agrícola y su humedecimiento de tres tipos de suelo. Revista de la Facultad de ciencias Agrarias. UNCUYO. En prensa.
- Rodríguez, A., Díaz, J., & Idrobo, H. (2010). Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. Cali.
- Rojas, B., Aguilera, R., Prin, J., & Cequea, H. (2004). Estudio de la germinación de semillas de tomate en suelos áridos al utilizar polímeros de tipo hidrogeles. Cumana.
- Santelices R. 2005. Desarrollo de una plantación de *Eucaliptulus globulus* establecida en primavera con diferentes tratamientos de riego. Bosque. 26(3):105-112.
- Vargas, M., Guzmán, A., Villena, I., Mounzer, O., Muñoz, J., García, J., y Sánchez, C. (2010). Riego deficitario en melocotonero. Análisis del rendimiento y de la eficiencia en el uso del agua. Revista Fitotecnia Mexicana, 33(4), 89-93.
- Vélez, M. (1999). Hidráulica de aguas de las aguas subterráneas. Medellín.
- Villalobos, V., García, M., & Ávila, F. (2017). El agua para la agricultura de las Américas. IICA, 39 - 58.

Webgrafía

<https://www.google.com.mx/search?q=Rio+Chone&source=Inms&tbm=>

<https://www.goraymi.com/es-ec/santa-rita/cascada-el-caracol-atwas8ggz>

<https://www.google.com.mx/search?q=hidrogel&source>

<http://www.hidrogelplantas.com/hidrogel-para-plantas/>

Anexos

Anexo 1.- Tipos de agua como: lluvia, ríos, sequias, lagunas.



Anexo 2.- Preparación de la tierra para aplicar el hidrogel.



Anexo 3.- Preparación de la tierra para aplicar el hidrogel.



Anexo 4.- Preparación de la tierra para aplicar el hidrogel.



Anexo 5.- Preparación de la tierra para aplicar el hidrogel en campo.



Anexo 6.- Preparación de la tierra para aplicar el hidrogel en campo.



Anexo 7.- Preparación de la tierra para aplicar el hidrogel en campo.



Anexo 8.- Aplicación del hidrogel en campo.



Anexo 9.- Aplicación del hidrogel en campo.



Anexo 10.- Hidrogel en el hoyo.



Anexo 11.- Hidrogel en el hoyo.



Anexo 12.- Hidrogel en la planta con diferentes tipos de agua.



Anexo 13.- Hidrogel en el suelo encapsulado.



Anexo 14.- Hidrogel en el suelo encapsulado.

