



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE HIDROGELES PARA LA COSECHA DE  
AGUA DE LLUVIA Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE  
COTOPAXI PERIODO 2021”.**

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingenieras en Medio Ambiente

**Autoras:**

Guano Rengifo Jessica Yessenia  
Guanochanga Chicota Ligia Fernanda

**Tutora:**

Ruiz Depablos Joseline Luisa MSc.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Marzo 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Jessica Yessenia Guano Rengifo, con cédula de ciudadanía No. 0503893778; y, Ligia Fernanda Guanochanga Chicota, con cédula de ciudadanía No. 1725988735; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Síntesis y caracterización de hidrogeles para la cosecha de agua lluvia y su potencial aplicación en la Provincia de Cotopaxi Periodo 2021”, siendo la Ingeniera MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 02 de marzo del 2022

Jessica Yessenia Guano Rengifo  
Estudiante  
CC: 0503893778

Ligia Fernanda Guanochanga Chicota  
Estudiante  
CC: 1725988735

Ing. MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos  
Docente Tutora  
CC: 1758739062

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GUANO RENGIFO JESSICA YESENIA** identificada con cédula de ciudadanía **0503893778** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Síntesis y caracterización de hidrogeles para la cosecha de agua lluvia y su potencial aplicación en la Provincia de Cotopaxi Periodo 2021”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2016 - Marzo 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo. – 20 de Mayo del 2021

Tutora: Ing. MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “Síntesis y caracterización de hidrogeles para la cosecha de agua lluvia y su potencial aplicación en la Provincia de Cotopaxi Periodo 2021”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 02 del mes de marzo del 2022.

Jessica Yessenia Guano Rengifo  
**LA CEDENTE**

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez  
**LA CESIONARIA**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GUANOCHANGA CHICOTA LIGIA FERNANDA** identificada con cédula de ciudadanía **1725988735** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Síntesis y caracterización de hidrogeles para la cosecha de agua lluvia y su potencial aplicación en la Provincia de Cotopaxi Periodo 2021”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2016 - Marzo 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo. – 20 de Mayo del 2021

Tutora: Ing. MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “Síntesis y caracterización de hidrogeles para la cosecha de agua lluvia y su potencial aplicación en la Provincia de Cotopaxi Periodo 2021”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 02 del mes de marzo del 2022.

Ligia Fernanda Guanochanga Chicota  
**LA CEDENTE**

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

**“SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE HIDROGELES PARA LA COSECHA DE AGUA LLUVIA Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2021”**, de Guano Rengifo Jessica Yessenia y Guanochanga Chicota Ligia Fernanda, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 02 de marzo del 2022

Ing. MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

**DOCENTE TUTORA**

CC: 1758739062

## **AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Guano Rengifo Jessica Yessenia y Guanochanga Chicota Ligia Fernanda, con el título del Proyecto de Investigación: “SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE HIDROGELES PARA LA COSECHA DE AGUA LLUVIA Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2021”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 02 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)  
MSc. PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa  
CC: 0604147900

Lector 2  
Ing. Mg. Jaime Rene Lema Pillalaza  
CC: 1713759932

Lector 3  
Ing. Mg. Jose Luis Agreda Oña  
CC: 0401332101

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de todo corazón a mis padres, tíos y hermano por su apoyo incondicional, su comprensión y aliento durante mi etapa universitaria. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme acogido en sus aulas durante mi trayectoria estudiantil, a mis docentes que con su dedicación procuraron brindarme sus conocimientos.

A la Ing. Msc. Joseline Ruiz, quien con sus conocimientos hizo posible el desarrollo exitoso de la investigación, a mi amiga Ligia por su increíble amistad y por la dedicación puesta para sacar adelante el proyecto.

Asimismo agradezco a la Ing. Celene Aguilera y al personal administrativo de la Facultad CAREN por brindarnos su aliento y apoyo moral durante los meses de ejecución de la investigación.

Jessica Yessenia Guano Rengifo

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer primero a Dios por bendecir y guiar cada etapa de mi vida, por darme salud, fuerza y sabiduría para lograr uno de mis anhelos más deseados como es mi carrera.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos 26 años, sin ustedes no hubiera llegado a donde estoy, por enseñarme que se puede llegar lejos con esfuerzo, dedicación y humildad.

Agradezco infinitamente a mis hermanas/o por cuidarme, guiarme y apoyarme en el transcurso de mi carrera y mi vida. De la misma manera a mis sobrinas las cuales me han brindaron su cariño y amor desde que llegaron a mi vida.

A mi compañera de tesis que gracias a su dedicación conseguimos terminar nuestro trabajo de manera exitosa, gracias por respaldar esta investigación.

A mis amigas/os más cercanos, los cuales han permanecido por años junto a mí, por apoyarme de manera desinteresada cuando más los necesité, por extender su mano en momentos difíciles. De manera especial a un gran amigo que me apoyó al inicio de mi carrera y que ahora me cuidará desde el cielo.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la MSc. Joseline Ruiz quien con su paciencia y conocimientos supo guiarnos en este proyecto investigativo. A la Ing. Celene Aguilar por su apoyo brindado en la realización de esta investigación y a mis docentes que me motivaron a lo largo de mi carrera universitaria.

Ligia Fernanda Guanochanga Chicota

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación va dedicado con todo mi amor y cariño a mis padres Luige y Julia por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mi capacidad y por haberme brindado su apoyo incondicional durante mi trayectoria universitaria.

A mi querido hermano Ricardo que con sus palabras de aliento me motivo a seguir adelante para cumplir con este logro importante en mi vida.

A mis abuelitas Rosita y Julita, quienes fueron un pilar fundamental en mi educación, brindándome día a día su cariño y amor. Mis abuelitos Gilberto y Cesar que desde donde estén sé que se encuentran orgullosos de verme cumpliendo mis metas.

A mis primas Lisbeth, Andrea y Zoé por el cariño y apoyo brindado, para que cumplan sus metas y culminen con éxito sus estudios, sepan que siempre estaré para ustedes.

Jessica Yessenia Guano Rengifo

## **DEDICATORIA**

Mi tesis la dedico a mis padres, Humberto y Magdalena, por haberme apoyado en cada uno de mis pasos, este logro es un poco de lo que puedo devolver por todo lo que me han brindado.

A mi hermano y hermanas, Darwin, Isabel, Jenny y Ximena por no dejarme nunca sola y ser un apoyo incondicional en los momentos más difíciles, gracias por hacerme saber que puedo contar con cada uno de ustedes. También quiero dedicar este trabajo a mis pequeñas sobrinas, Mirely, Eimy, Ariana y Arelys quienes con su amor me han ayudado a esforzarme y no rendirme, espero algún día yo me convierta en esa fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino.

Ligia Fernanda Guanochanga Chicota

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE HIDROGELES PARA LA COSECHA DE AGUA DE LLUVIA Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI PERIODO 2021”.**

AUTORAS: Guano Rengifo Jessica Yessenia  
Guanochanga Chicota Ligia Fernanda

**RESUMEN**

El calentamiento global está estrechamente vinculado con el clima y el ciclo hidrológico, trayendo consigo una disminución de la disponibilidad de los recursos hídricos. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue sintetizar y caracterizar un polímero de hidrogel superabsorbente para la cosecha de agua lluvia y su potencial aplicación en la Provincia de Cotopaxi. Se sintetizaron polímeros de hidrogel vía radicales libres a partir de acrilamida (AAm), a 1%, 2 y 3% de N, N-Metil-en-bis-acrilamida (NMBA), ácido acrílico (AAc) a 1% de NMBA, y copolímeros de AAm/AAc en las siguientes proporciones: 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50 con 1% de NMBA. Estos hidrogeles fueron evaluados tanto en agua destilada como en agua lluvia para establecer la capacidad de absorción de cada uno. Mediante el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), curvas de hinchamiento y espectroscopia infrarroja FTIR se pudo determinar el porcentaje de hinchamiento y la estructura funcional de los hidrogeles. Los resultados demuestran que no existe gran diferencia de absorción entre agua lluvia y agua destilada, siendo el hidrogel de AAc al 1% el mejor polímero en captación de agua con un porcentaje de 847%. De igual forma se demostró que los hidrogeles de acrilamida al 1% y el copolímero 90/10, llegan a superar el 100% de absorción de agua con valores de 401% y 349% respectivamente. A partir del análisis estadístico se pudo verificar que el mejor tratamiento para la cosecha de agua es el polímero de AAc al 1% NMBA. En definitiva, todos los hidrogeles sintetizados en esta investigación son hidrogeles superabsorbentes debido a que superan el 100% de la capacidad de absorción de agua, esto se debe a los grupos hidrofílicos por los que están compuestos. Finalmente, los hidrogeles podría ser una alternativa eficiente y rentable para agricultores de la provincia de Cotopaxi porque ahorran significativamente en agua garantizando no solamente la optimización del recurso hídrico sino también la calidad de los cultivos.

**Palabras clave:** Calentamiento global, cosecha de agua lluvia, hidrogel, superabsorbente, curvas de hinchamiento, espectroscopia infrarroja FTIR.

**COTOPAXI TECHNICAL OF UNIVERSITY**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

**TITLE: "SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HYDROGELS FOR RAINWATER HARVESTING AND THEIR POTENTIAL APPLICATION IN THE PROVINCE OF COTOPAXI PERIOD 2021".**

AUTHORS: Guano Rengifo Jessica Yessenia  
Guanochanga Chicota Ligia Fernanda

**ABSTRACT**

Global warming is closely linked to climate and the hydrological cycle, bringing with it a decrease in the availability of water resources. For this reason, the objective of the present work was to synthesize and characterize a superabsorbent hydrogel polymer for rainwater harvesting and its potential application in the Cotopaxi Province. Hydrogel polymers were synthesized via free radicals from acrylamide (AAM), at 1%, 2 and 3% N, N-Methyl-en-bis-acrylamide (NMBA), acrylic acid (AAc) at 1% NMBA, and AAM/AAc copolymers in the following proportions: 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50 with 1% NMBA. These hydrogels were evaluated in both distilled water and rainwater to establish the adsorption capacity of each. Using Randomized Complete Block Design (RCBD), swelling curves and FTIR infrared spectroscopy, the swelling percentage and functional structure of the hydrogels could be determined. The results show that there is no great difference in absorption between rainwater and distilled water, with the 1% AAc hydrogel being the best polymer in water uptake with a percentage of 847%. It was also demonstrated that the 1% acrylamide hydrogels and the 90/10 copolymer exceeded 100% water absorption with values of 401% and 349%, respectively. From the statistical analysis it could be verified that the best treatment for water harvesting is the 1% NMBA AAc polymer. In short, all the hydrogels synthesized in this research are superabsorbent hydrogels due to the fact that they exceed 100% water absorption capacity, this is due to the hydrophilic groups by which they are composed. Finally, hydrogels could be an efficient and profitable alternative for farmers in the province of Cotopaxi because they significantly save water, guaranteeing not only the optimization of the water resource but also the quality of the crops.

**Keywords:** Global warming, rainwater harvesting, hydrogel, superabsorbent, swelling curves, FTIR infrared spectroscopy.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                                      |       |
|----------------------------------------------------------------------|-------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....                                          | ii    |
| AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....                | vii   |
| AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....             | viii  |
| AGRADECIMIENTO .....                                                 | ix    |
| DEDICATORIA .....                                                    | xi    |
| RESUMEN .....                                                        | xiii  |
| ABSTRACT.....                                                        | xiv   |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....                                           | xv    |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                               | xviii |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                               | xviii |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....                                               | xix   |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL .....                                         | 1     |
| 2. INTRODUCCIÓN.....                                                 | 3     |
| 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....                                  | 6     |
| 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....                                  | 7     |
| 5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....                                   | 8     |
| 6. OBJETIVOS .....                                                   | 9     |
| 6.1. General .....                                                   | 9     |
| 6.2. Específicos .....                                               | 9     |
| 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS .....                             | 10    |
| 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TEÓRICA .....                           | 11    |
| 8.1. Calentamiento Global.....                                       | 11    |
| 8.1.1. <i>Cambio Climático</i> .....                                 | 11    |
| 8.1.2. <i>Variabilidad climática</i> .....                           | 11    |
| 8.1.3. <i>Efecto invernadero y gases de efecto invernadero</i> ..... | 12    |
| 8.1.4. <i>Deforestación</i> .....                                    | 12    |
| 8.1.5. <i>Aumento del nivel del mar</i> .....                        | 13    |

|         |                                                         |    |
|---------|---------------------------------------------------------|----|
| 8.1.6.  | <i>Sequías</i> .....                                    | 13 |
| 8.1.7.  | <i>Déficit hídrico</i> .....                            | 14 |
| 8.2.    | Crecimiento poblacional/demográfico .....               | 14 |
| 8.2.1.  | <i>Asentamientos humanos</i> .....                      | 14 |
| 8.3.    | Crisis ambiental.....                                   | 15 |
| 8.4.    | Ciclo hidrológico.....                                  | 15 |
| 8.5.    | Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) ..... | 16 |
| 8.6.    | Desarrollo sustentable .....                            | 16 |
| 8.7.    | Tecnologías para la conservación del agua .....         | 17 |
| 8.7.1.  | <i>Recolección de agua lluvia</i> .....                 | 17 |
| 8.8.    | Hidrogeles .....                                        | 18 |
| 8.9.    | Síntesis de hidrogeles .....                            | 18 |
| 8.10.   | Capacidad de absorción de los hidrogeles .....          | 19 |
| 8.11.   | Métodos de polimerización .....                         | 19 |
| 8.11.1. | <i>Polimerización</i> .....                             | 19 |
| 8.11.2. | <i>Fotopolimerización</i> .....                         | 20 |
| 8.11.3. | Emulsión inversa .....                                  | 20 |
| 8.12.   | Propiedades mecánicas de los hidrogeles .....           | 20 |
| 8.13.   | Uso de los Hidrogeles.....                              | 21 |
| 8.13.1. | <i>Aplicación en la Medicina</i> .....                  | 21 |
| 8.13.2. | <i>Aplicación en el Medio Ambiente</i> .....            | 21 |
| 8.13.3. | <i>Aplicación en la Agricultura</i> .....               | 22 |
| 8.14.   | Marco Legal.....                                        | 22 |
| 9.      | HIPÓTESIS .....                                         | 30 |
| 10.     | METODOLOGÍAS .....                                      | 31 |
| 10.1.   | Tipo de investigación.....                              | 31 |
| 10.2.   | Métodos .....                                           | 31 |
| 10.3.   | Técnicas .....                                          | 32 |
| 10.4.   | Determinación del área de estudio.....                  | 32 |

|         |                                                                  |    |
|---------|------------------------------------------------------------------|----|
| 10.5.   | Materiales y reactivos .....                                     | 34 |
| 10.6.   | Síntesis de los materiales .....                                 | 35 |
| 10.6.1. | <i>Síntesis de hidrogeles de acrilamida</i> .....                | 35 |
| 10.6.2. | <i>Síntesis de los hidrogeles de ácido acrílico</i> .....        | 35 |
| 10.6.3. | <i>Síntesis de hidrogeles de acrilamida/ácido acrílico</i> ..... | 35 |
| 10.7.   | Caracterización de los materiales .....                          | 35 |
| 10.7.1. | <i>Capacidad de absorción del agua</i> .....                     | 35 |
| 10.7.2. | <i>Grado de hinchamiento en peso</i> .....                       | 36 |
| 10.7.3. | <i>Espectroscopia infrarroja de los hidrogeles</i> .....         | 36 |
| 11.     | DISEÑO EXPERIMENTAL .....                                        | 36 |
| 12.     | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....                         | 38 |
| 12.1.   | Capacidad de absorción de los hidrogeles .....                   | 38 |
| 12.2.   | Espectroscopia FT-IR .....                                       | 41 |
| 12.3.   | Interpretación de datos INFOSTAT .....                           | 43 |
| 13.     | IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .....    | 45 |
| 13.1.   | Técnicos.....                                                    | 45 |
| 13.2.   | Ambientales .....                                                | 45 |
| 13.3.   | Sociales .....                                                   | 46 |
| 14.     | PRESUPUESTO.....                                                 | 46 |
| 15.     | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                             | 47 |
| 15.1.   | Conclusiones.....                                                | 47 |
| 15.2.   | Recomendaciones .....                                            | 47 |
| 16.     | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                 | 48 |
| 17.     | ANEXOS .....                                                     | 55 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|          |                                                   |    |
|----------|---------------------------------------------------|----|
| Tabla 1  | Beneficiarios directos e indirectos.....          | 7  |
| Tabla 2  | Actividades y sistema de tareas .....             | 10 |
| Tabla 3  | Marco legal .....                                 | 22 |
| Tabla 4  | Técnicas de investigación.....                    | 32 |
| Tabla 5  | Materiales, reactivos y equipos .....             | 34 |
| Tabla 6  | Tratamientos para el diseño experimental .....    | 37 |
| Tabla 7  | Análisis de varianza.....                         | 37 |
| Tabla 8  | Cuadro de R <sup>2</sup> y CV .....               | 43 |
| Tabla 9  | Cuadro de análisis de varianza .....              | 44 |
| Tabla 10 | Media de tukey .....                              | 44 |
| Tabla 11 | Presupuesto para la elaboración del proyecto..... | 46 |
| Tabla 12 | Formato diseño experimental .....                 | 58 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|           |                                                                        |    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1  | Área de estudio .....                                                  | 33 |
| Figura 2  | Curva de hinchamiento de AAm – agua destilada .....                    | 38 |
| Figura 3  | Curva de hinchamiento de AAm – agua lluvia.....                        | 38 |
| Figura 4  | Curva de hinchamiento hidrogel de AAc – agua destilada .....           | 39 |
| Figura 5  | Curva de hinchamiento de AAc – agua lluvia.....                        | 39 |
| Figura 6  | Curva de hinchamiento hidrogel de Copolímeros – agua destilada .....   | 40 |
| Figura 7  | Curva de hinchamiento de hidrogel de Copolímeros – agua destilada..... | 40 |
| Figura 8  | Espectro de AAm 1% .....                                               | 41 |
| Figura 9  | Espectro de AAc 1%.....                                                | 42 |
| Figura 10 | Espectro de Copolimero 90/10 .....                                     | 42 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ANEXO 1. Pesaje de reactivos.....                                                  | 55 |
| ANEXO 2. Síntesis de hidrogeles .....                                              | 55 |
| ANEXO 3. Proceso de secado y pesaje de los hidrogeles sintetizados.....            | 56 |
| ANEXO 4. Capacidad de absorción de los hidrogeles.....                             | 57 |
| ANEXO 5. Selección de los hidrogeles con mayor capacidad de absorción de agua..... | 58 |
| ANEXO 6. Diseño experimental .....                                                 | 58 |
| ANEXO 7. Mapa de precipitaciones de la provincia de Cotopaxi.....                  | 59 |
| ANEXO 8. Informe de resultados análisis de FTIR.....                               | 60 |
| ANEXO 9. Aval de traducción.....                                                   | 63 |

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

Síntesis y caracterización de hidrogeles para la cosecha de agua lluvia y su potencial aplicación en la Provincia de Cotopaxi Periodo 2021.

### **Fecha de inicio:**

Febrero 2021

### **Fecha de finalización:**

Marzo 2022

### **Lugar de ejecución:**

Provincia de Cotopaxi

### **Institución, unidad académica y carrera que auspicia:**

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

### **Proyecto de investigación vinculado:**

Síntesis de hidrogeles superabsorbentes como mitigador de estrés hídrico en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en los Andes del Ecuador.

### **Nombres de equipo de investigación:**

Tutora: Ing. MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos.

Estudiantes: Srta. Guano Rengifo Jessica Yessenia.

Srta. Guanochanga Chicota Ligia Fernanda.

LECTOR 1: MSc. PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa.

LECTOR 2: Ing. Mg. Jaime René Lema Pillalaza.

LECTOR 3: Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

### **Área de conocimiento:**

Servicios (Protección del Ambiente)

### **Línea de investigación:**

Energías Alternativas y Renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

**Sub Líneas de investigación de la Carrera:**

Manejo y Conservación del Recurso Hídrico

**Línea de vinculación:**

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

## 2. INTRODUCCIÓN

Una de las mayores preocupaciones a nivel mundial es el calentamiento global y sus consecuencias en diferentes sectores económicos. Durante décadas se han realizado observaciones científicas para evidenciar el aumento de la frecuencia de los eventos extremos como inundaciones, sequías y olas de calor en todo el mundo. (Stott1 et al., 2004)

El calentamiento global afecta a la variabilidad del ciclo del agua dando lugar a fenómenos meteorológicos extremos, reduciendo la calidad del agua y disminuyendo la capacidad de previsión de la disponibilidad de los recursos hídricos. Estos factores se consideran como una amenaza al desarrollo sostenible, así como también para los procesos ambientales, sociales y la biodiversidad. (ONU, 2019)

Debido a que los ciclos climáticos e hidrológicos están estrechamente relacionados es difícil definir el límite entre los dos. El clima depende de variables relacionadas con el ciclo hidrológico, como la humedad ambiental y las precipitaciones. Además, el sistema climático y el ciclo hidrológico se encuentran vinculados con el océano, como lo demuestra el fenómeno de El Niño y La Niña. (Belda et al., 2000)

Por tanto, el cambio y la variabilidad climática ha provocado escasez de agua y periodos de sequías prolongadas en función de la zona o época de impacto. De esta manera, cuando el clima varía, las sequías, las inundaciones, el deshielo de los glaciares, el aumento del nivel del mar y las tormentas se intensifican con graves consecuencias. (Grupo Chorlaví, 2012)

En julio de 2009, el Gobierno Ecuatoriano declaró la adaptación y mitigación del cambio climático como una política nacional. Para cumplir con esta tarea, la Secretaría del Cambio Climático del Ministerio de Ambiente ha implementado políticas, programas, proyectos y actividades encaminadas a reducir la vulnerabilidad social, económica y ambiental. Con la ayuda de contribuciones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), se está implementando el Proyecto de Adaptación al Cambio Climático según el Ministerio del Ambiente y Agua, (2012).

En cuanto a las estrategias adoptadas por el Ecuador y a nivel mundial también se encuentra la creación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible la cual fue creada

en el 2015, dentro de ella se desea mitigar y luchar contra la desigualdad y abordar el cambio climático. Sus 17 objetivos están interrelacionados y apuntan a promoverse entre sí, por ejemplo, el Objetivo 6 hace mención a “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”.

En la provincia de Cotopaxi se ha evidenciado la falta de lluvias y la escasez de agua en el sistema de riego, esto se debe a diversos factores, como el aumento en el número de usuarios del sistema de riego; daños en los canales y que los cultivos han excedido los límites agrícolas. (El Comercio, 2020)

En Cotopaxi, existen cuatro canales estatales de riego: Alumines, Canal Norte, Latacunga-Salcedo-Ambato y Jiménez Cevallos, atendiendo los cantones de Saquisilí, Pujilí, Latacunga y Salcedo. Además, según el Ministerio del Ambiente y Agua (MAAE), Pujilí y Salcedo también cuentan con seis canales abiertos. Este sistema riega 47 789,98 hectáreas en esos cuatro cantones, pero en la provincia hay 147 486,07 hectáreas sin riego. (El Comercio, 2020)

Por lo tanto, se plantea una alternativa sostenible para la recolección y almacenamiento de agua que permita aprovechar las precipitaciones durante las épocas lluviosas para su uso posterior en períodos de sequía, que garantice la continuidad de la producción de alimentos como señala (Molden et al., 2003). Por esta razón, el sistema de recolección de agua de lluvia es una tecnología que ha demostrado aumentar la productividad según (Fox & Rockström, 2003). Para (Dávila Newman, 2006) el sistema de recolección de agua puede mejorar la resiliencia y, por lo tanto, conducir a la intensificación de la producción sostenible.

En esta investigación se ha propuesto el uso de hidrogeles superabsorbentes (en inglés Superabsorbent Hydrogel o SAH), los cuales se caracterizan por tener una red tridimensional compuesta por estructuras poliméricas hidrófilas y que se encuentran conectadas por reticulación química o física. Estas son capaces de retener una gran cantidad de agua en un corto intervalo de tiempo. Esta propiedad, combinada con la biodegradabilidad y la no toxicidad los califica como materiales para uso agrícola de liberación controlada. (Junior et al., 2017)

Estudios realizados durante 30 años han verificado que las propiedades que poseen los hidrogeles superabsorbentes van más allá del uso higiénico, se han encontrado

aplicaciones desde la formulación agrícola hasta la dosificación farmacéutica como lo señala (Zohuriaan-Mehr et al., 2010). De acuerdo con (Omidian et al., 1998) en la agricultura se utilizan usualmente los hidrogeles a base de acrilamida con la finalidad de evitar la reducción de capacidad de hinchamiento lo planea.

Por tal motivo, los polímeros hidro-absorbentes se pueden usar en la agricultura como acondicionadores del suelo, ya que aumentan la capacidad de almacenamiento de agua y la retención de nutrientes. Dichos polímeros también ayudan a la reducción de la cantidad de riego e impide la pérdida de nutrientes minimizando los costos de producción según (Meriç & Ahmet, 1958). Para a (Cortés et al., 2007) el uso de hidrogeles es muy beneficioso para suelos que reciben poca lluvia o poseen características porosas. Los polímeros superabsorbentes han evidenciado resultados positivos en la producción de maíz, donde se ha presentado un incremento en la producción de hasta del 10% con el empleo de la misma cantidad de agua. En los cultivos de palma también se han encontrado resultados positivos en condiciones de escasez del recurso hídrico como lo considera Kiatkamjornwong, (2007).

En Brasil, se han mostrado efectos positivos de los hidrogeles para varios cultivos, entre ellos: cilantro, cultivos de cítricos según Ferreira et al., (2014), y eucalipto en Rio Grande do Sul, Brasil según lo expresa (Navroski et al., 2016). Sin duda alguna, el uso de estos polímeros retenedores es mucho más útiles en aquellas regiones con baja disponibilidad de agua o periodos prolongados de sequía, donde se produce una baja humedad del suelo afectando negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Luiz et al., 2017)

Los objetivos de la presente investigación es obtener un hidrogel con propiedades superabsorbentes para la cosecha de agua lluvia, para así crear una alternativa sostenible que ayude a la gestión del recurso hídrico. Esta tecnología de recolección de agua es una estrategia alternativa que permite a los productores locales de los países en desarrollo adaptarse al cambio climático. (Howden et al., 2013)

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El calentamiento global y el rápido aumento de la población mundial, se han convertido en problemas muy críticos a los que se enfrentan los seres humanos. Esto conduce a graves problemas ambientales, pues las altas temperaturas, variabilidad climática y reducción de precipitaciones, dan lugar a la sequía y a su vez a la creciente demanda de agua.

En Ecuador, el agua aún es abundante, pues, el país dispone de una excelente red hidrográfica. Sin embargo, ante los efectos del cambio climático el alto grado de contaminación de las fuentes de abastecimiento se han visto afectadas, y según la Secretaria Nacional del Agua, la demanda del recurso ha aumentado un 16 por ciento durante los últimos años. EL COMERCIO, (2018)

Para conservar el recurso hídrico, recuperar ecosistemas, fomentar una agricultura sustentable, promover una gestión adecuada del líquido, disminuir la degradación de la calidad de los suelos, frenar la sequía y la demanda de agua, es preciso la adopción de tecnologías alternas. Es por ello que cada vez es mayor el interés de impulsar e implementar técnicas que promuevan el desarrollo sustentable. En este contexto, y para luchar contra los efectos del cambio climático, la presente investigación va encaminada en dar como alternativa la captación de agua de lluvia mediante el uso de SAH.

El SAH al presentar diversos grupos hidrófilos actúa como reservorio, es decir que pueden absorber y retener grandes cantidades de agua, durante semanas o meses. En la actualidad son utilizados como método de riego en regiones semiáridas, también como alternativa para la recuperación de suelos degradados. Saha et al., (2020)

Comparado con otras tecnologías, la captación de lluvia mediante SAH es una alternativa de desarrollo sustentable innovadora muy importante, debido a que genera ahorro en cuanto al recurso hídrico. Este proyecto investigativo es relevante, ya que da a conocer una opción eficaz en cuanto a la captura de agua, evitando que se pierda este recurso por la escorrentía, beneficiando al ambiente como también a la producción agrícola y el mejoramiento paisajístico.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

La implementación de tecnologías amigables con el ambiente dentro de la agricultura, es una herramienta que puede ser aprovechada por los agricultores para alcanzar la producción deseada, mejorando su actividad económica siendo este grupo los beneficiarios directos.

Por otro lado, la comunidad universitaria y los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente se verán beneficiados con la práctica y realización de trabajos similares para ser aprovechados desde el punto de vista académico e investigativo.

**Tabla 1 Beneficiarios directos e indirectos**

| <b>BENEFICIARIO DIRECTOS</b>             |               | <b>BENEFICIARIOS INDIRECTOS</b> |               |
|------------------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Agricultores de la provincia de Cotopaxi |               | Provincia de Cotopaxi           |               |
| Hombres                                  | 52437         | Hombres                         | 198625        |
| Mujeres                                  | 73703         | Mujeres                         | 210580        |
| Comunidad universitaria                  |               |                                 |               |
| Hombres                                  | 822           |                                 |               |
| Mujeres                                  | 955           |                                 |               |
| <b>Total</b>                             | <b>194314</b> | <b>Total</b>                    | <b>409205</b> |

**Fuente:** (INEC, 2010)

**Elaborado por:** Guano J & Guanochanga L, 2021.

## **5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El déficit del recurso hídrico es una de las problemáticas que se ha presentado como consecuencia del cambio climático, aumentando la escasez de agua y provocando efectos negativos en las diferentes actividades realizadas por el ser humano.

En todo el mundo, el 70% del agua disponible se utiliza para la agricultura, el 20% para la industria y el 10% para los hogares. De la misma manera en el Ecuador la mayor parte de la demanda de agua se concentra en el sector agrícola según el Ministerio de Agricultura., (2011).

En la Provincia de Cotopaxi la variabilidad climática se ha presentado en varios cantones causando sequías e inundaciones, trayendo consigo pérdidas económicas. Así lo menciona (Maisache, 2016) donde en los cantones Latacunga, Saquisilí y Salcedo la afectación por la sequía sería a 15000 agricultores según los datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. De la misma manera se ha evidenciado una temporada invernal muy fuerte en los cantones de Pangua, Sigchos, Pujilí y La Maná donde se han presentado deslizamientos, colapsos estructurales e inundaciones. (DIALOGUEMOS, 2017).

Para adaptarse al cambio climático y asegurar los bienes y servicios es necesario mejorar la gestión de los recursos hídricos, implementando técnicas que ayuden al retroceso de la degradación del suelo. Por lo que es preciso implementar políticas de desarrollo sostenible que ayuden al fortalecimiento del cuidado ambiental y conservación del agua.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1.General**

Sintetizar un polímero de hidrogel superabsorbente para la cosecha de agua lluvia en la Provincia de Cotopaxi.

### **6.2.Específicos**

- Obtener un polímero de hidrogel superabsorbente a partir de acrilamida y ácido acrílico mediante polimerización vía radicales libres.
- Caracterizar los hidrogeles obtenidos mediante espectroscopia infrarroja y curvas de hinchamiento.
- Evaluar la capacidad de absorción del hidrogel en un fluido que simule el agua de lluvia.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS

**Tabla 2** Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

| <b>OBJETIVOS</b>                                                                                                                               | <b>ACTIVIDAD</b>                                                                                                                                    | <b>RESULTADO DE LA ACTIVIDAD</b>                                                                                                | <b>METODOLOGÍA</b>                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.</b> Obtener un polímero de hidrogel súper absorbente partir de acrilamida y ácido acrílico mediante polimerización vía radicales libres. | Recopilar información sobre las distintas maneras de obtención de hidrogel.<br>Preparar diferentes tipos de polímeros de hidrogel superabsorbentes. | Se recabaron 20 artículos científicos sobre las técnicas para la obtención de polímeros de hidrogeles.<br>Polímeros de hidrogel | Búsqueda y selección de artículos científicos.<br>Polimerización vía radicales libres. |
| <b>2.</b> Caracterizar los hidrogeles obtenidos mediante espectroscopia infrarroja y curvas de hinchamiento.                                   | Recopilar información sobre las distintas metodologías para caracterizar hidrogeles.<br>Interpretar los resultados obtenidos.                       | Identificar los grupos hidrófilos de los hidrogeles sintetizados.<br>Curvas de hinchamiento y espectroscopia infrarroja.        | Espectroscopia infrarroja.<br>Ecuación de grado de hinchamiento                        |
| <b>3.</b> Evaluar la capacidad de absorción del hidrogel en un fluido que simule el agua de lluvia.                                            | Interpretación de datos estadísticos a partir de la capacidad de absorción del hidrogel.                                                            | Gráficos sobre el porcentaje de absorción de agua.                                                                              | Curvas de hinchamiento.<br>Análisis estadístico.                                       |

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TEÓRICA**

### **8.1. Calentamiento Global**

Benavides & León, (2007) menciona que el calentamiento global puede entenderse de forma simplificada como el aumento gradual de la temperatura planetaria debido al aumento de las emisiones de ciertos gases de efecto invernadero (GEI), que normalmente impiden que los rayos del sol salgan de la tierra. La capa “más gruesa” de gases de efecto invernadero bloqueará más infrarrojos y elevará la temperatura.

Para Moya et al., (2005) el calentamiento global está relacionado con un comportamiento climático anormal en la mayor parte del mundo. En los últimos años, el aumento de las temperaturas, el aumento del nivel del mar y el aumento de la incidencia de sequías e inundaciones son algunos de los fenómenos más preocupantes.

#### **8.1.1. Cambio Climático**

De acuerdo con Lavell, (2010) el cambio climático es un cambio sustancial en los patrones y parámetros climáticos causado por cambios en los factores naturales y el impacto de la intervención humana, a través de la emisión de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono y el metano.

A juicio de Benavides & León, (2007) desde un punto de vista meteorológico, se denomina cambio climático, a la alteración de condiciones importantes. Los procesos externos, como cambios en la radiación solar, cambios en los parámetros orbitales terrestres (excentricidad, inclinación del eje terrestre con respecto a la eclíptica), movimiento de la corteza terrestre y actividad volcánica, son cambios muy importantes en el clima. Los procesos internos del sistema climático también pueden producir cambios de suficiente magnitud y variabilidad a través de la interacción entre sus elementos.

#### **8.1.2. Variabilidad climática**

Lavell, (2010) postula que la variabilidad climática se refiere al clima o tiempo “fijo” o estable, que representa la diferencia en sus normas o promedios año a año, estación a estación, día y noche. En otras palabras, es la variabilidad interna del clima normal, que

se expresa a través de la ocurrencia de eventos climáticos irregulares, repetidos, pero en el tiempo, extremos o anormales.

De acuerdo con Oiver, (2004) al igual que el clima, el concepto de variabilidad climática se puede definir en términos de tiempo o espacio. En la escala temporal y más allá del orden de la escala sinóptica hace mención a varios días. En términos de espacio, el ejemplo más común de esta variabilidad es la clasificación del clima por región, donde el espacio y el tiempo de cada región son relativamente uniformes con respecto a las variables consideradas durante el período de tiempo previamente determinado.

### ***8.1.3. Efecto invernadero y gases de efecto invernadero***

Para Villacis, (2010) el efecto invernadero es un fenómeno natural en el que una parte de la energía solar emitida por la tierra es absorbida y retenida en forma de calor en la atmósfera inferior. Los gases de efecto invernadero atrapan el calor en el sistema troposférico de la tierra, lo que se denomina efecto invernadero natural. Sin embargo, debido a la presencia excesiva y concentración de los mismos gases que absorben la radiación infrarroja de la superficie terrestre han dado como resultado un aumento de la opacidad infrarroja de la atmósfera.

De acuerdo con Benavides & León, (2007) según datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Medio Ambiente (IDEAM), los gases de efecto invernadero (GEI) también pueden provocar el cambio climático y la destrucción de la capa de ozono. Estos gases se producen de forma natural, pero se ven afectados directa o indirectamente por las actividades humanas, mientras que otros los factores son de naturaleza completamente artificial.

### ***8.1.4. Deforestación***

Amestoy, (2010) postula que “la deforestación y la degradación forestal causan casi el 1% de los gases de efecto invernadero, lo que hace que las emisiones de gases de efecto invernadero sean la segunda causa más importante del cambio climático a escala mundial”.

Como lo hace notar Bala et al., (2007) la deforestación afecta el clima global al liberar carbono almacenado en plantas vivas y en el suelo, además de cambiar las propiedades físicas de la superficie del planeta. La deforestación tiene un efecto de calentamiento en

la tasa de transpiración y aumenta el flujo de calor sensible, lo que lleva a una disminución de la precipitación regional y un aumento de la temperatura de la superficie.

#### **8.1.5. Aumento del nivel del mar**

Bosello et al., (2007) agrega que el aumento del nivel del mar es muy significativo, y que en las valoraciones de los impactos del cambio climático y en la estimación del costo del aumento del nivel del mar también es significativo. La mayoría de las estimaciones de las pérdidas económicas causadas por el calentamiento global se basan en el método de costo directo, es decir, la pérdida es igual al precio multiplicado por la cantidad.

Según Castillo & Alvis, (2003) los expertos en cambio climático señalan que, en los últimos 100 años, el nivel medio del mar ha aumentado de la media mundial de 10 cm a 25 cm. Para 2100, aumentará en 20 cm y 86 cm. La “mejor estimación” es de 38 cm hasta 55 cm. Dado que esta tasa de aumento puede ser rápida, los ecosistemas y sistemas de producción ubicados en las áreas costeras pueden no tener suficiente tiempo para adaptarse por completo y, por lo tanto, pueden tener enormes impactos socioeconómicos y ambientales negativos en diferentes países.

#### **8.1.6. Sequías**

Argeñal, (2010) señala que la sequía se define como disminución en los totales de lluvia con respecto de las condiciones normales o previstas de precipitación, es decir, respecto de una media estadística o de un promedio. El déficit de precipitación se puede presentar a largo o corto tiempo o a su vez puede tardar varios meses en manifestarse a través de la reducción de los caudales en ríos, en los niveles de los embalses o en la altura de las aguas subterráneas.

Para Monreal, (2006) la falta continua de lluvias es una sequía climática o meteorológica. Esta es la sequía que provoca otros tipos de sequía y suele afectar a grandes superficies. La causa fundamental de la escasez de lluvias está relacionada con el comportamiento global del sistema océano-atmósfera, donde influyen tanto factores naturales como los antropogénicos.

Con base en García & Llanias, (1995) la sequía agrícola o sequía clásica suele ser la que tiene mayor impacto social. Este efecto se refiere esencialmente al impacto de la escasez (o distribución desigual), de las lluvias sobre el rendimiento de la agricultura de secano.

En el pasado, hasta hace unos siglos, estas sequías fueron la causa de las hambrunas, y las hambrunas redujeron considerablemente la población mundial. También hace mención a la sequía ecológica, que se refiere a los problemas causados por la reducción de la producción de biomasa.

### **8.1.7. Déficit hídrico**

Según Cabuslay et al., (2002) “la escasez de agua (a menudo llamada sequía), se puede definir como la falta de agua suficiente para que las plantas crezcan normalmente y completen su ciclo de vida”.

Moreno, (2009) agrega que la escasez de agua no solo ocurre cuando hay poca agua en el ambiente, sino que también es causada por la baja temperatura y la alta salinidad del suelo. Estas condiciones que pueden inducir una disminución del agua disponible en el citoplasma también se denominan presión osmótica. Este estado tendrá un impacto negativo en el crecimiento y metabolismo de muchas plantas, y su respuesta depende de la severidad y duración del estrés, el genotipo de la planta, la etapa de desarrollo y factores ambientales.

## **8.2.Crecimiento poblacional/demográfico**

Para Manrique et al., (2007) el crecimiento de la población no es fijo y se está volviendo cada vez más rápido: en los 300 años de 1200 a 1500, la población mundial creció un poco más del 10%; en los siguientes tres siglos (de 1500 a 1800), se duplicó; en 198 años desde 1800 hasta 1998, aumentó seis veces.

Como expresa Vargas, (2011) el crecimiento de la población supera la capacidad de producción de los recursos naturales, por lo que es necesario adoptar medidas de control para reducir el crecimiento de la población. La visión demográfica tradicional muestra que existe una relación causal y lineal entre la población y el medio ambiente. Según esto, el crecimiento de la población ejerce presión sobre las reservas y el potencial de los recursos naturales y es la principal causa de degradación ambiental.

### **8.2.1. Asentamientos humanos**

Según Cantú, (2014) las Naciones Unidas señalaron que, en los asentamientos humanos, especialmente en áreas densamente pobladas como ciudades, actividades sociales y

económicas, e industriales y otras infraestructuras productivas, las diferencias en las tasas de consumo de energía han provocado el calentamiento global, la contaminación industrial, deforestación y cambio de uso del suelo.

Como lo hace notar Aguilar & Ibáñez, (1995) los asentamientos humanos deben considerar la lógica y las formas de producción del marco; los mecanismos formales e informales de acceso al suelo urbano y la distribución de las diferentes actividades urbanas y grupos sociales dentro del territorio; tasa de crecimiento urbano (población y expansión material), densidad ocupacional y la composición económica. Otro punto a discutir es la ubicación ecológica del asentamiento. Por un lado, es la compatibilidad del asentamiento designado con su entorno natural circundante y, por otro lado, a la funcionalidad o relación entre las características de las funciones de dicho asentamiento con los recursos naturales y/o características del medio natural.

### **8.3.Crisis ambiental**

Cantú, (2012) manifiesta que la crisis ambiental es el resultado del flujo y la llegada de la modernidad. Se inició a principios del siglo XVI y alcanzó su mayor desempeño en el segundo período de industrialización a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. No cabe duda de que en las últimas dos décadas el mantenimiento de los cimientos de nuestra compleja sociedad ha tropezado con serias dificultades. Además de elevar la vigencia de conocimientos valiosos, estas dificultades también se relacionan con ciertas cuestiones críticas y permanentes. Propone la vigencia de ciertos conceptos y comportamientos. En los últimos dos siglos, ha sido producto de la humanidad. Para Martínez, (2010) la “crisis ambiental” se genera a través de las formas en que los seres humanos o la sociedad en su conjunto se relacionan con el medio ambiente (apropiación indebida, producción y consumismo). La responsabilidad de todos es la epistemología de las personas que deben comprender la relación sostenible con el medio ambiente y la sociedad.

### **8.4.Ciclo hidrológico**

A juicio de Campos, (1998) el ciclo hidrológico es un concepto académico útil, a partir del cual se inició el estudio de la hidrología. El ciclo hidrológico es un término descriptivo que se aplica al ciclo general del agua en la tierra. Se define como las etapas

sucesivas por las que pasa el agua cuando fluye de la atmósfera a la tierra y regresa a la atmósfera: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, la precipitación, la acumulación y la reevaporación en el suelo o el agua. El ciclo hidrológico implica una incertidumbre permanente y un proceso de transporte cíclico. Este movimiento permanente del ciclo se debe principalmente a dos razones: primero, el sol que proporciona energía para elevar el nivel del agua (evaporación); el segundo es la gravedad del suelo, que provoca una caída de condensado (precipitación y escorrentía). Mook, (2002) da a conocer que el ciclo hidrológico global y su motor, la radiación solar, constituyen el soporte básico para el origen de grandes producciones biológicas. Proporciona la cantidad de agua necesaria para absorber carbono y juega un papel importante en el suministro y transporte de nutrientes. Por otro lado, el ciclo hidrológico es el motivo de las condiciones de temperatura moderadas y favorables que prevalecen en la tierra a través de la conexión con el ciclo atmosférico global.

### **8.5.Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH)**

Como expresa la ONU, (1992) desde una perspectiva multidisciplinaria, la gestión integrada de los recursos hídricos incluye la gestión cualitativa, cuantitativa y ecológica de las aguas superficiales y subterráneas, y vincula su disponibilidad a las necesidades de las sociedades relacionadas con el agua.

Martínez & Villalejo, (2018) define que la propia GIRH promueve el desarrollo de la fragmentación a la integración, del desarrollo de recursos a la protección y uso racional de los mismos y de la gestión de la infraestructura, a la gestión eficiente. Desde el punto de vista de García et al., (2007) la gestión de los recursos hídricos es un proceso de desarrollo coordinado de los recursos naturales que maximiza el bienestar social y económico de manera justa sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas importantes.

### **8.6.Desarrollo sustentable**

Para Treviño et al., (2004) el desarrollo sustentable guía la interacción entre la naturaleza y la sociedad para gobernar el cambio climático, la desigualdad social, la pobreza, la pérdida de biodiversidad, la superpoblación y escasez de recursos, etc.

## **8.7. Tecnologías para la conservación del agua**

Como plantea Manco et al., (2012) el desarrollo urbano, el cambio climático, el crecimiento demográfico, la contaminación del agua y los cambios en los patrones de consumo han contribuido al desequilibrio entre la disponibilidad de fuentes hídricas de calidad y la demanda de la misma. Los cambios a impulsar en la gestión de la demanda del recurso hídrico se deben enfocar en la capacidad científica y tecnológica.

Para Sain, (1996) la creciente importancia de la protección del medio ambiente ha llevado a la gente a pensar más en tecnologías que pueden aumentar simultáneamente la productividad del sistema y ahorrar recursos como el suelo, el agua y los nutrientes. Estos tipos de tecnologías se denominan tecnologías que mejoran la productividad y ahorran recursos. La premisa básica que rige este tipo de tecnologías es que los objetivos de aumentar la productividad y proteger la base de recursos no pueden considerarse por separado en el sistema agrícola.

De acuerdo con Torres et al., (2009) las tecnologías de aprovechamiento del agua de lluvia son muy adecuadas para los principios del desarrollo sostenible porque contribuyen al uso racional del agua y los recursos. Las nuevas tecnologías y los materiales modernos hacen que los sistemas de captación de agua de lluvia sean factibles y estén al alcance de las comunidades que carecen de un suministro de agua adecuado. A partir de estas comunidades se ha desarrollado el concepto de uso racional del agua y su metodología, que ahora se ha aplicado en lugares donde los problemas de abastecimiento de agua no son demasiado graves. Luiz et al., (2017) ratifica que entre las tecnologías que brindan alternativas para el uso eficiente del agua en Brasil se encuentran los hidrogeles, logrando un progreso considerable en los últimos 15 años debido a su retención de agua y propiedades de nutrientes que mejoran las propiedades físicas de las plantas.

### **8.7.1. Recolección de agua lluvia**

Ballén et al., (2006) declara que, a lo largo de la historia de la civilización, tradicionalmente se han utilizado diferentes formas de recolección de agua de lluvia. Pero estas tecnologías no se han investigado ni lanzado hasta hace poco. De acuerdo con los restos de las estructuras de captación de agua de lluvia en el mundo y el uso continuo de

estas obras en la historia, se puede concluir que la tecnología de captación de agua de lluvia juega un papel importante en la agricultura y la producción agrícola en el proceso de satisfacer las necesidades domésticas y utilizarlas en gran medida.

Rodríguez et al., (2010) describe que las ventajas de recolectar agua de lluvia en el medio natural son: agua dulce limpia en comparación con otras fuentes disponibles, este recurso es básicamente gratuito, independiente de empresas de suministro de agua que requieren una infraestructura. Como lo hace notar Pacheco, (2008) el uso planificado del agua de lluvia debe garantizar la soberanía alimentaria, la reposición de los acuíferos, promover la reducción de desastres y la supervivencia de ecosistemas estratégicos. También tiene una dimensión cultural, que ayuda a mantener los valores y símbolos locales y fortalece las responsabilidades de las mujeres en la gestión de recursos. La cosecha del agua lluvia, sigue siendo un bien público, afortunadamente la captación de agua de lluvia debe ser considerada seriamente como un método alternativo para prevenir riesgos urbanos y regionales. La recolección de la lluvia siempre ha sido una actividad ancestral, en el contexto de pobreza y prosperidad, muchas culturas de regiones húmedas y áridas la practican.

### **8.8.Hidrogeles**

Los conocidos geles hidrofílicos o hidrogeles son materiales superabsorbentes caracterizados por su capacidad de retener grandes cantidades de agua, esta propiedad surge de los grupos funcionales hidrófilos unidos al esqueleto polimérico según lo menciona Escobar et al., (2002).

En los últimos 50 años los hidrogeles han recibido una atención considerable en el ámbito agrícola. Pues los SAH influyen en la permeabilidad, la textura, la evaporación y las tasas de infiltración del agua a través del suelo. En particular, los hidrogeles reducen la frecuencia de riego y la tendencia a la compactación, detienen la erosión y la escorrentía de agua, y aumentan la aireación del suelo y la actividad microbiana. Neethu et al., (2018)

### **8.9.Síntesis de hidrogeles**

De acuerdo con Ahmed, (2015) se requiere de un agente iniciador que será el responsable de la formación de radicales libres que permitirá el crecimiento de las cadenas y un agente

entrecruzante (AE) que ayudara a que el hidrogel obtenga una estructura reticulada. Esta estructura permite la presencia del agua en su interior.

Con base en Rudzinski et al., (2012) un proceso de polimerización es uno de los métodos de síntesis de hidrogel más utilizados. Es posible disolver monómeros tales como ácido acrílico, acrilamida y metilen-bis-acrilamida en un disolvente y usar un iniciador apropiado para polimerizar a una temperatura dada. Los productos obtenidos por este método suelen ser sustancias espesas, viscosas y gomosas. La delicadeza de procesar este tipo de gomitas es uno de los factores limitantes de este método. El ácido acrílico tiene un alto calor de polimerización, por lo que el control de la temperatura es importante para evitar reacciones exotérmicas.

### **8.10. Capacidad de absorción de los hidrogeles**

En presencia de agua los hidrogeles, se expande hasta aproximadamente 200-800 veces su volumen original. Existe suficiente potencial para captar el agua de riego y de lluvia, que luego se pueden recolectar, almacenar y liberar gradualmente para satisfacer las necesidades a largo plazo de los cultivos. El hidrogel mezclado con el suelo aumenta la permeabilidad del suelo y la tasa de germinación. Neethu et al., (2018)

Según Arredondo & Londoño, (2009) manifiestan que el proceso de obtención del hidrogel determina la capacidad de hinchamiento que tendrá, porque el espacio que se establezca entre las redes poliméricas flexibles formadas en el proceso determinará la cantidad de agua que puede contener el hidrogel. Se ha demostrado que esta flexibilidad es función de los siguientes factores: peso molecular, pureza del polímero y su concentración en la solución acuosa, y factores inherentes a los métodos de síntesis física o química.

### **8.11. Métodos de polimerización**

#### ***8.11.1. Polimerización***

La polimerización es una reacción química en la cual los monómeros (bajo peso molecular) forman enlaces químicos entre sí para dar lugar a largas cadenas poliméricas de gran peso molecular llamadas polímeros. La polimerización por radicales libres o radicalaria que es un tipo concreto de polimerización en cadena. Los radicales libres se

forman de diversas maneras, siendo la más común el uso de moléculas iniciadoras. Aranzana et al., (2016)

### ***8.11.2. Fotopolimerización***

El mecanismo de fotopolimerización se basa en el uso de fotones luminiscentes responsables de la transferencia de energía, y la utilización de fotoactivadores, que generan radicales libres por acción de la radiación, que pueden actuar sobre los monómeros y desencadenar reacciones. La mayoría de las reacciones son polimerización de crecimiento en cadena iniciada por absorción de luz visible o ultravioleta. La luz puede ser absorbida directamente por monómeros reactivos (fotopolimerización directa) o puede ser absorbida por un fotosensibilizador, que absorbe la luz y luego transfiere energía al monómero. Melara Munguía et al., (2008)

### ***8.11.3. Emulsión inversa***

La polimerización en emulsión inversa se utiliza para preparar dispersiones (basadas en disolventes orgánicos) de polímeros producidos a partir de monómeros solubles en agua. El proceso es similar a la polimerización en emulsión convencional, pero la fase dispersa es una solución de monómeros y la fase continua es un disolvente orgánico (por ejemplo, polimerización de acrilamida). La polimerización en emulsión se produce en un medio heterogéneo y normalmente consiste en un medio de dispersión de naturaleza coloidal, pudiendo también estar presentes monómeros, emulsionantes, iniciadores y agentes de transferencia de cadena. Radicalarias, (2013)

## **8.12. Propiedades mecánicas de los hidrogeles**

Javier & Agorreta, (2016) mencionan que los materiales poliméricos tienen la capacidad de sufrir deformaciones temporales cuando se aplica una fuerza. A esto se lo llama elasticidad y se relaciona con la flexibilidad molecular de los polímeros. La resistencia mecánica representa la capacidad de un material para soportar la acción de una fuerza sin romperse y se caracteriza por el esfuerzo (de compresión o tracción) que induce dicha ruptura. La acción de una fuerza puede cambiar por su:

- Viscosidad: toda la fuerza aplicada al cuerpo lo deforma y al dejar de actuar, permanece la deformación.

- Elasticidad: una vez que cesa la aplicación de la fuerza desaparece la deformación inducida, recuperándose el trabajo correspondiente.

### **8.13. Uso de los Hidrogeles**

Con elaboración de los primeros hidrogeles sintéticos realizados por Wichterle y Lim en el año de 1954, la tecnología de hidrogeles se ha aplicado en productos de higiene, agricultura, en los fármacos, deshidratación de carbón, nieve artificial, aditivos alimentarios, en la biomedicina, la ingeniería y medicinas regenerativas como; diagnóstico, apósito para heridas, separación de biomoléculas o células, y materiales de barrera para regular las adherencias biológicas. Ahmed, (2015)

#### ***8.13.1. Aplicación en la Medicina***

Debido a la buena interacción de los hidrogeles con los tejidos vivos, son materiales muy adecuados para aplicaciones médicas, ya que por un lado tienen una buena biocompatibilidad, que se debe principalmente a su consistencia blanda, elástica y contenido de agua. En la aplicación como agente de liberación de fármacos, los hidrogeles se han utilizado ampliamente como vehículos inteligentes para sustancias activas, y sus propiedades físicas y químicas (como capacidad de hinchamiento, cinética de liberación, respuesta al medio ambiente o biodegradabilidad); han sido trabajadas por la ingeniería hasta niveles moleculares con el fin de lograr su optimización. Arredondo & Londoño, (2009)

#### ***8.13.2. Aplicación en el Medio Ambiente***

La compatibilidad de los hidrogeles altamente absorbentes con el medio ambiente es un aspecto importante que debe asegurarse antes de usarse como enmienda del suelo en condiciones de estrés hídrico. Investigaciones anteriores han enfatizado el hecho de que el SAH disponible comercialmente es un material no tóxico y puede considerarse inofensivo para el medio ambiente. Dada la capacidad de retención de cationes de metales pesados en disoluciones acuosas que poseen los hidrogeles debidamente funcionales, su utilización como materiales descontaminantes de las aguas es una apuesta que debe ser contemplada. Saha et al., (2020)

### 8.13.3. Aplicación en la Agricultura

El uso de polímeros en la agricultura puede proporcionar soluciones a los problemas agrícolas actuales, incluida la maximización de la productividad de la tierra y el agua sin amenazar el medio ambiente y los recursos naturales. Los hidrogeles superabsorbentes influyen potencialmente en la permeabilidad, densidad, estructura, textura, evaporación e infiltración del agua del suelo a través de los suelos. Santhosh et al., (2011)

### 8.14. Marco Legal

Dentro de la normativa ecuatoriana no se evidencia una norma que regule el uso de polímeros de hidrogel o un listado de insumos con las características y componentes iguales o parecidos a los hidro retenedores como la acrilamida y ácido acrílico. Por otro lado, se estableció una base legal en función de la pirámide de Kelsen donde hace mención sobre la gestión del recurso hídrico (Tabla 3).

**Tabla 3 Marco legal**

| NORMATIVA                                                                                                                | ARTÍCULOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR</b></p> <p>Última modificación: 01-ago.-2018</p> <p>Estado: Reformado</p> | <p>Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.</p> <p>Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.</p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>ART. 14.- Derecho de la población a un buen vivir.</p> <p>ART. 15.- Uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.</p> <p>ART. 32.- Derecho a la salud vinculada: al derecho al agua, la seguridad social, los ambientes sanos.</p> <p>ART. 71.- Derecho a la naturaleza y respeto integral a su existencia y mantenimiento.</p> <p>ART. 72.- Derecho a la restauración de la naturaleza.</p> <p>ART. 369.- El seguro universal obligatorio cubrirá las contingencias definidas por la ley.</p> <p>Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.</p> <p>ART. 395.- Reconoce los principios ambientales: Modelo de Desarrollo</p> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Sustentable, aplicación de las políticas de gestión ambiental y, la participación activa y permanente de los ciudadanos.</p> <p>ART. 397.- Garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas en caso de daños ambientales.</p> <p>ART. 398.- Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, la cual se informará amplia y oportunamente.</p> <p>ART. 399.- El ejercicio integral de la estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación.</p> <p>Art. 408.- Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo.</p> <p>Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.</p> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | <p>Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p><b>TRATADOS Y CONVENIOS</b></p>            | <p>Acuerdo de París (De la Convención Marco sobre el Cambio Climático)</p> <p>Protocolo de Kyoto (De la Convención Marco sobre el Cambio Climático)</p> <p>Convención Internacional de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación en particular en África.</p> <p>Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.</p> <p>Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.</p> <p>Tratado De Río De Janeiro Tratado de agua dulce, Principios generales.</p> <p>Acuerdo de la cumbre sobre cambio climático de Cancún de 2010.</p> |
| <p><b>CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA)</b></p> | <p>Art. 29.- Regulación de la biodiversidad. La biodiversidad es un recurso estratégico del Estado, que deberá incluirse en la</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017</p> <p>Estado: Vigente</p> | <p>planificación territorial nacional y de los gobiernos 17 autónomos descentralizados como un elemento esencial para garantizar un desarrollo equitativo, solidario y con responsabilidad intergeneracional en los territorios.</p> <p>Art.30.- Objetivo del Estado relativo a la biodiversidad es:</p> <p>Conservar y usar la biodiversidad de forma sostenible.</p> <p>Mantener la estructura, la composición y el funcionamiento de los ecosistemas, de tal manera que garantice su capacidad de resiliencia y la posibilidad de generar bienes y servicios ambientales.</p> <p>Proteger y recuperar el conocimiento tradicional, colectivo y saber ancestral de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades asociados con la biodiversidad, e incorporar dichos saberes y conocimientos en la gestión de las políticas relacionadas con la biodiversidad.</p> <p>Art. 245.- Obligaciones generales para la producción más limpia y el consumo sustentable. Todas las instituciones del Estado y las personas naturales o jurídicas, están obligadas según corresponda, a:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Incorporar en sus propias estructuras y planes, programas, proyectos y actividades, la normativa y principios generales relacionados con la prevención de la</li></ol> |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                           | <p>contaminación, establecidas en este Código;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Optimizar el aprovechamiento sustentable de materias primas;</li> <li>3. Fomentar y propender la optimización y eficiencia energética, así como el aprovechamiento de energías renovables;</li> <li>4. Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes al ambiente, considerando el ciclo de vida del producto;</li> <li>5. Fomentar procesos de mejoramiento continuo que disminuyan emisiones;</li> <li>6. Promover con las entidades competentes el acceso a la educación para el consumo sustentable;</li> <li>7. Promover el acceso a la información sobre productos y servicios en base a criterios sociales, ambientales y económicos para la producción más limpia y consumo sustentable;</li> <li>8. Coordinar mecanismos que faciliten la transferencia de tecnología para la producción más limpia;</li> <li>9. Minimizar y aprovechar los desechos; y,</li> <li>10. Otros que la Autoridad Ambiental Nacional dicte para el efecto.</li> </ol> |
| <p><b>CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL</b></p> <p>Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010</p> <p>Última modificación: 31-dic.-2019</p> | <p>Artículo 136.- Ejercicio de las competencias de gestión ambiental.- De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Estado: Reformado</p>                                                                                                                          | <p>articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley.</p> <p>Artículo 140.- Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. - La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al cantón se gestionan de manera concurrente y de forma articulada con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley.</p> |
| <p><b>LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA</b></p> <p>Registro Oficial N° 305 -- miércoles 6 de agosto de 2014.</p> | <p>Art. 1.- Naturaleza jurídica. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria.</p> <p>Art. 5.- Sector estratégico. El agua constituye patrimonio nacional, sector estratégico de decisión y de control exclusivo del Estado a través de la Autoridad Única del Agua. Su gestión se orientará al pleno ejercicio de los derechos y al interés público, en atención a su decisiva influencia social, comunitaria, cultural, política, ambiental y económica.</p> <p>Art. 18.- Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:</p> <p>l) Establecer mecanismos de coordinación y complementariedad con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en lo referente a la prestación de servicios públicos de riego y drenaje, agua potable, alcantarillado, saneamiento, depuración de aguas residuales y otros que establezca la ley.</p> <p>m) Emitir informe técnico de viabilidad para la ejecución de los proyectos de agua potable, saneamiento, riego y drenaje.</p> <p>s) Implementar un registro para identificar y cuantificar los caudales y las autorizaciones de uso o aprovechamiento</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>productivo cuando se trata de caudales que fluyen por un mismo canal o sistema de riego.</p> <p>Art. 35.- Principios de la gestión de los recursos hídricos. La gestión de los recursos hídricos en todo el territorio nacional se realizará de conformidad con los siguientes principios:</p> <p>d) La prestación de los servicios de agua potable, riego y drenaje deberá regirse por los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.</p> <p>Art. 40.- Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje. El riego y drenaje es un medio para impulsar el buen vivir o sumak kawsay. La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental.</p> |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 9. HIPÓTESIS

**Hp:** Es posible que todos los hidrogeles de acrilamida y ácido acrílico absorban el mismo porcentaje de agua.

**Ha:** Es posible que el hidrogel de ácido acrílico absorba mayor cantidad de agua.

## **10. METODOLOGÍAS**

### **10.1. Tipo de investigación**

En el presente trabajo investigativo se desarrollaron los siguientes tipos de investigación:

#### **Investigación bibliográfica y documental**

Según Torres, (2008) “la investigación bibliográfica es una investigación realizada mediante consulta de libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, etc.”

Se consideró este tipo de investigación para recopilar información relevante al tema, haciendo uso bases de datos tales como; Dialnet, Elsevier, Google, Redalyc, ResearchGate, Repositorio UTC, Scholar Google, ScienceDirect, Scielo.

#### **Investigación cuantitativa**

Según Pelekais, (2000) “la investigación cuantitativa es explicar, predecir y/o controlar fenómenos a través de la recogida de datos numéricos o herramientas del campo de la estadística”.

Este tipo de investigación se aplicó durante la síntesis del SAH para variar las concentraciones de los monómeros, medir la capacidad de absorción del hidrogel en dos fluidos con pH similares.

#### **Investigación cualitativa**

Según Fernández & Díaz, (2002) “la investigación cualitativa intenta determinar la naturaleza profunda de la realidad, las relaciones y las estructuras dinámicas”.

Este tipo de investigación se realizó al interpretar las características de los grupos funcionales que conforman la estructura del hidrogel.

#### **Investigación analítica**

Según Lopera et al., (2010) “el método analítico es un método para obtener resultados mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constituyentes”.

Se utilizó este tipo de investigación en el análisis de los grupos funcionales que posee el hidrogel mediante el método de espectroscopia infrarroja.

### **10.2. Métodos**

En la presente investigación se utilizaron los siguientes métodos:

#### **Método científico**

Según Parra & Asensi, (2002) “es un conjunto sistemático de conocimientos, una elaboración consciente y organizada de los diferentes ordenamientos que se orientan para efectuar una acción discursiva de nuestra mente”.

Se utiliza la investigación científica para obtener una amplia extensión de nuestros conocimientos a base de seguir procedimientos sistemáticos que desean cumplir los objetivos y la obtención de los resultados.

### **Método deductivo**

Según Dávila, (2006) “es un método para ordenar hechos conocidos y extraer conclusiones de las mismas, lo cual se logra mediante una serie de enunciados que comprenden tres elementos: la premisa, la deducción y la conclusión”.

En la presente investigación el método deductivo constituye el problema, es decir cómo afecta el calentamiento global a los recursos hídricos siguiendo el proceso: principio, deducción y consecuencia.

### **10.3. Técnicas**

**Tabla 4 Técnicas de investigación**

| <b>Nº</b> | <b>TÉCNICA</b>                             | <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                      |
|-----------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>  | <b>Revisión bibliográfica o documental</b> | Se efectuó esta técnica para recopilar información acerca de las distintas maneras de obtención de hidrogeles y metodologías para la caracterización, siendo útil para el tema abordado y para cada etapa del proyecto. |
| <b>2</b>  | <b>Observación</b>                         | Se aplicó la observación directa como técnica para interpretar datos estadísticos a partir de la síntesis, caracterización y capacidad de hinchamiento del hidrogel.                                                    |
| <b>3</b>  | <b>Experimental</b>                        | En lo que respecta a la presente investigación se aplicó esta técnica para preparar los hidrogeles superabsorbentes.                                                                                                    |

### **10.4. Determinación del área de estudio**

La presente investigación se realizó en la Provincia de Cotopaxi, localizada en la región sierra centro-norte de la República del Ecuador. La provincia se encuentra dividida políticamente en 7 cantones: Latacunga, Salcedo, Pujilí, Pangua, Sigchos, La Maná, Saquisilí. El lugar de estudio cuenta con una precipitación media de 1626 mm anuales y

una temperatura media anual de 16 °C. Dentro de las principales actividades económicas de la población se encuentra la agricultura, ganadería y turismo. Al menos 126.14 habitantes se dedican a la agricultura creando un crecimiento zonal en este sector.

**Figura 1** Área de estudio



*Nota.* Mediante el Sistema de Información Geográfica ArcGIS, se determinó los cantones pertenecientes a la provincia de Cotopaxi.

## 10.5. Materiales y reactivos

**Tabla 5** Materiales, reactivos y equipos

| <b>Materiales</b>                  | <b>Reactivos</b>               | <b>Equipos</b>             |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| • Agua destilada                   | • Acrilamida 500 g             | • Balanza analítica        |
| • Agua lluvia                      | • Ácido acrílico 98%           | • Espectrofotómetro        |
| • Cajas petri                      | • N, N<br>Metilendisacrilamida | • Estufa                   |
| • Cutter                           | • Persulfato de amonio         | • Plancha de calentamiento |
| • Espátula                         |                                |                            |
| • Frascos de compota               |                                |                            |
| • Jarra                            |                                |                            |
| • Papel absorbente                 |                                |                            |
| • Papel film                       |                                |                            |
| • Papel filtró                     |                                |                            |
| • Pipeta graduada 1 ml             |                                |                            |
| • Termómetro                       |                                |                            |
| • Tubos de ensayo                  |                                |                            |
| • Soporte universal                |                                |                            |
| • Varilla de agitación             |                                |                            |
| • Vasos de precipitación de 500 ml |                                |                            |

*Nota.* Los reactivos como acrilamida (AAM), ácido acrílico (AAc), agente entrecruzante N,N-metilendisacrilamida (NMBA) y Persulfato de Amonio (PSA) fueron distribuidos por la empresa NOVACHEM DEL ECUADOR y LABSUPPLY.

## **10.6. Síntesis de los materiales**

### ***10.6.1. Síntesis de hidrogeles de acrilamida***

Para la preparación de los hidrogeles se utilizó 1.4 ml de agua destilada contenidos en los tubos de ensayo, 2 g del monómero acrilamida y el agente entrecruzante (AE) al 1%, 2 % y 3% respectivamente. Luego se procedió a colocar 0.5% de iniciador (PSA), a cada ensayo. Posteriormente las reacciones fueron colocadas en baño maría en una temperatura de 25° C, siendo esta la temperatura ideal para la síntesis de polímeros de hidrogel de acrilamida.

### ***10.6.2. Síntesis de los hidrogeles de ácido acrílico***

Para la preparación de este hidrogel se utilizó 1.4 ml de agua destilada contenido en un tubo de ensayo, 2 ml de ácido acrílico y el agente entrecruzante NMBA al 1%, luego se añadió 0.5% de (PSA). De la misma manera esta reacción fue colocada en baño maría a una temperatura de 40° C, siendo esta la temperatura ideal.

### ***10.6.3. Síntesis de hidrogeles de acrilamida/ácido acrílico***

Los hidrogeles usando acrilamida y ácido acrílico se prepararon en las siguientes proporciones: 90/10; 80/20; 70/30; 60/40 y 50/50. En cuanto al agente entrecruzante NMBA se pesó 0.02 g para reticular los hidrogeles al 1% y 0.5% g del agente iniciador (PSA). Para la síntesis de estos hidrogeles la temperatura ideal fue de 35° C. Los hidrogeles obtenidos fueron cortados en forma de discos para colocarlos en agua destilada para eliminar posibles trazas de monómeros y homopolímeros.

## **10.7. Caracterización de los materiales**

### ***10.7.1. Capacidad de absorción del agua***

Para determinar la capacidad de absorción de agua los hidrogeles fueron secados en una estufa a 40° C hasta que su peso sea constante en función del tiempo. Luego los discos se colocaron en frascos de vidrio con un volumen de 50 ml de agua lluvia y destilada, para pasarlos a la estufa a 25° C. Los hidrogeles fueron pesados durante todo el proceso

de hinchamiento en un intervalo de tiempo (60 min), por 50 horas hasta que se alcanzó el equilibrio termodinámico.

### ***10.7.2. Grado de hinchamiento en peso***

La cantidad de agua retenida por los hidrogeles se calculó mediante el grado de hinchamiento en peso según la siguiente fórmula y a partir de la cual se graficaron las curvas de hinchamiento.

$$\%m = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100$$

Donde:

m= es la masa del hidrogel a un tiempo (t)

m<sub>0</sub>= la masa del xerogel.

### ***10.7.3. Espectroscopia infrarroja de los hidrogeles***

Este ensayo permitirá corroborar que los monómeros utilizados se hayan incorporado a la estructura de los copolímeros. Con esta técnica se observaron una serie de bandas de absorción que permitieron identificar los grupos funcionales formados en la síntesis de cada hidrogel. Las muestras fueron enviadas a los Laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional donde se utilizó el espectrofotómetro infrarrojo TRANSF. DE FOURIER FT-IR Jasco 4600.

## **11. DISEÑO EXPERIMENTAL**

- **Factores de estudio**

Evaluación de nueve tipos de hidrogeles considerando los factores de tiempo y la absorción.

- **Variables**

Las variables a considerar son:

VI: composición química de los hidrogeles

VD: Propiedades absorbentes para la cosecha de agua lluvia

- **Unidad Experimental**

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron dos unidades experimentales como fue el agua lluvia y destilada

- **Tratamientos**

**Tabla 6 Tratamientos para el diseño experimental**

| Tratamientos | Código          | Descripción                                  |
|--------------|-----------------|----------------------------------------------|
| T1           | AAm 1%          | AAm (2 g) + 1% E + 0,5% PSA                  |
| T2           | AAm 2%          | AAm (2 g) + 2% E + 0,5% PSA                  |
| T3           | AAm 3%          | AAm (2 g) + 3% E + 0,5% PSA                  |
| T4           | AAc 1%          | AAc (2 ml) + 1% E + 0,5% PSA                 |
| T5           | AAm/AAc (90/10) | AAm (1,8 g) + AAc (0,2 ml) + 1% E + 0,5% PSA |
| T6           | AAm/AAc (80/20) | AAm (1,6 g) + AAc (0,4 ml) + 1% E + 0,5% PSA |
| T7           | AAm/AAc (70/30) | AAm (1,4 g) + AAc (0,6 ml) + 1% E + 0,5% PSA |
| T8           | AAm/AAc (60/40) | AAm (1,2 g) + AAc (0,8 ml) + 1% E + 0,5% PSA |
| T9           | AAm/AAc (50/50) | AAm (1 g) + AAc (1 ml) + 1% E + 0,5% PSA     |

*Nota.* Tratamientos considerando los factores de estudio. AAm: Acrilamida, AAc: Ácido Acrílico; NMBA: N, N Metilenbisacrilamida, PSA: Persulfato de Amonio.

- **Análisis de varianza**

Para el presente estudio se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con nueve tratamientos y seis repeticiones, con la prueba de rango múltiple de Tukey al 0.01% de probabilidad, para esto se utilizó el programa estadístico INFOSTAT.

**Tabla 7 Análisis de varianza**

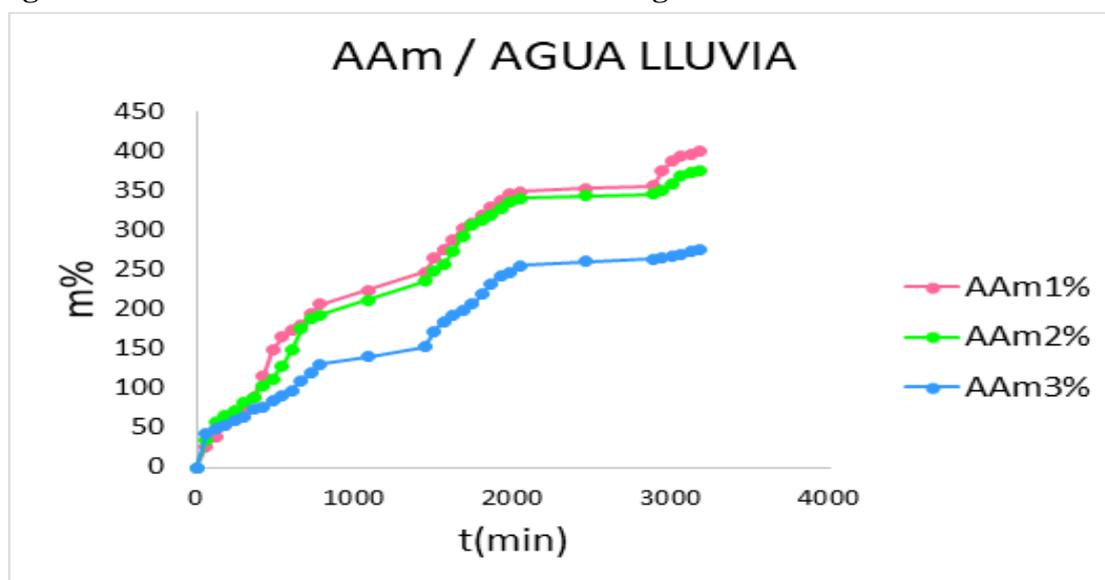
| Fuente de Variación |                                     | Grados de Libertad |
|---------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Bloque              | (b-1)                               | 5                  |
| Tratamiento         | (t-1)                               | 8                  |
| Error               | (b-1) (t-1)                         | 40                 |
| <b>Total</b>        | <b>(b -1) + (t-1) + (b-1) (t-1)</b> | <b>53</b>          |

## 12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

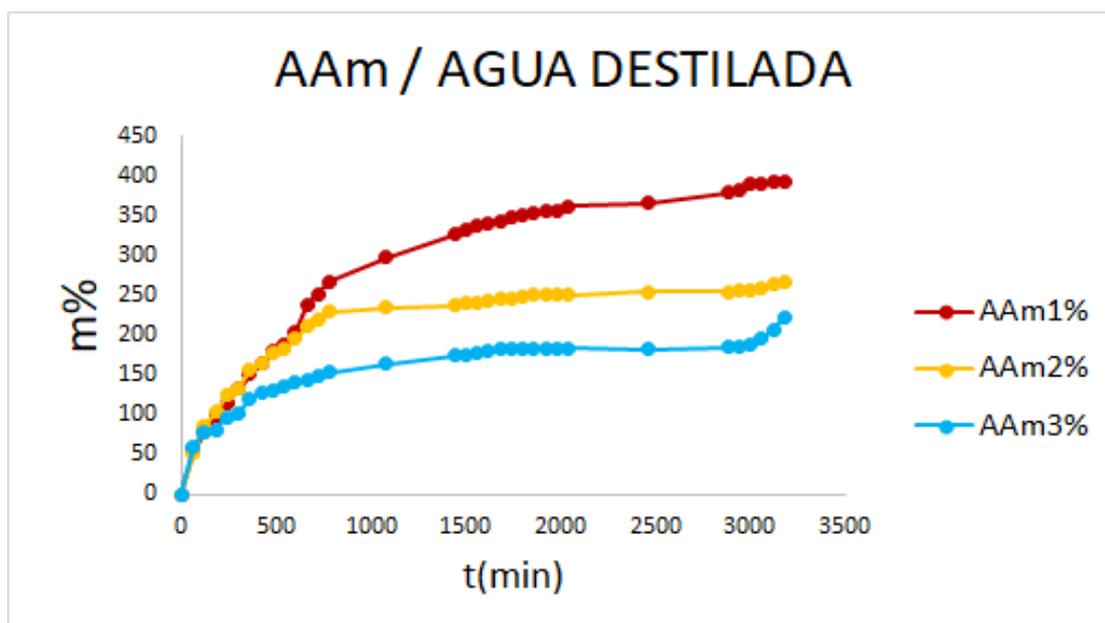
### 12.1. Capacidad de absorción de los hidrogeles

En las figuras 2 y 3 se presentan las curvas de hinchamiento de agua destilada y lluvia a 25° C de los hidrogeles de acrilamida (AAm) al 1%, 2% y 3% de AE sintetizados. Se observa que los hidrogeles con menor cantidad de AE presentan un mayor grado de hinchamiento llegando a absorber en agua destilada 394% mientras que el hidrogel evaluado en agua lluvia absorbió 401%.

**Figura 2** Curva de hinchamiento de AAm – agua destilada

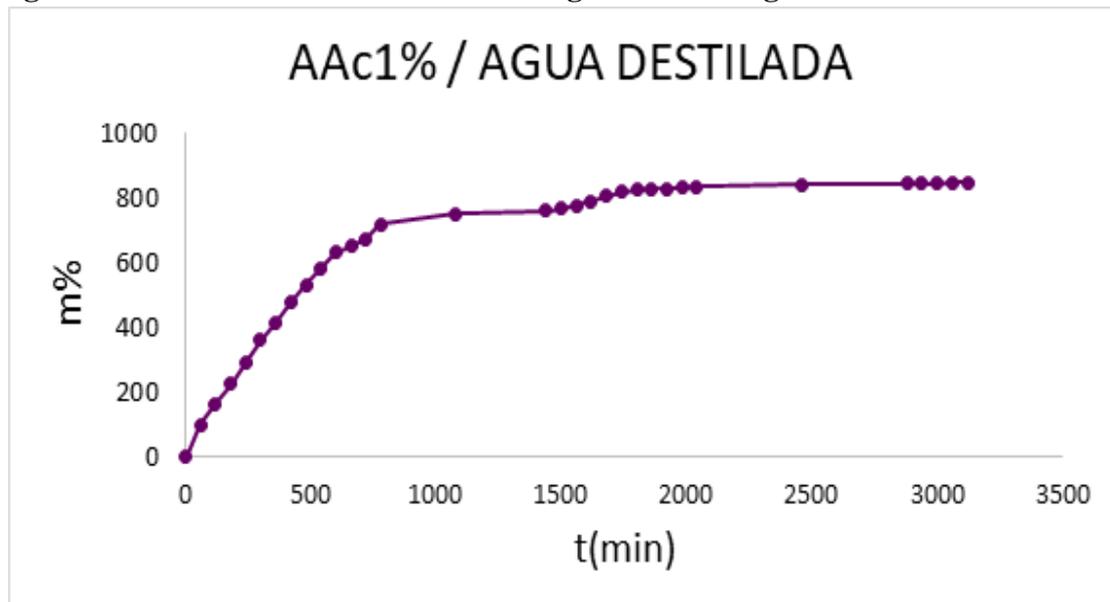


**Figura 3** Curva de hinchamiento de AAm – agua lluvia

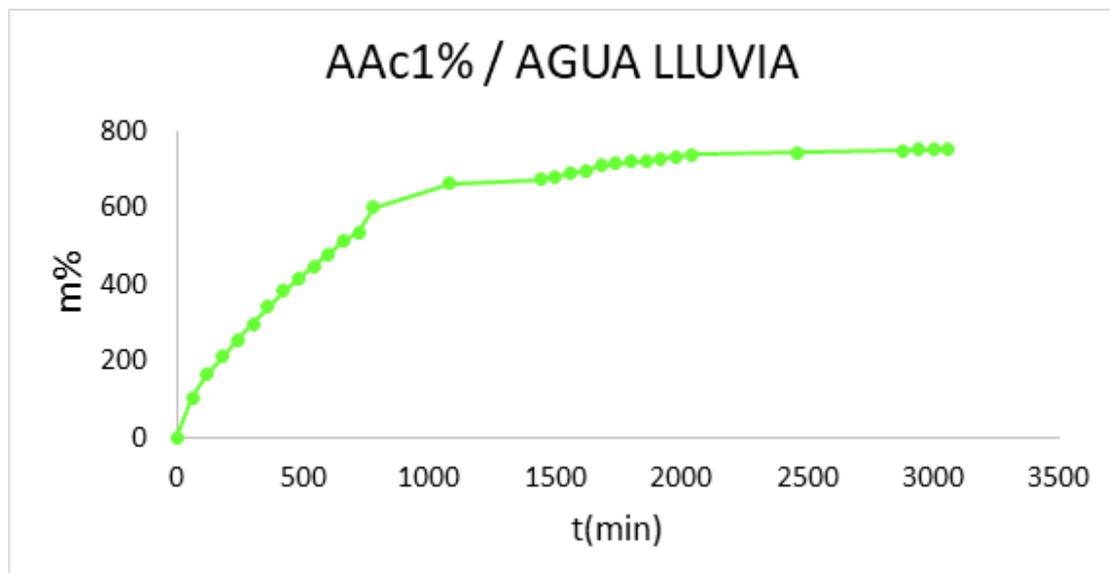


En las figuras 4 y 5 se presentan las curvas de hinchamiento de los hidrogeles de ácido acrílico sintetizados a 40° C durante 480 minutos al 1 % de AE los cuales fueron evaluados en agua destilada como en agua lluvia. Se observó que la capacidad de absorción en agua destilada es de 847% mientras que en el ensayo de agua lluvia el porcentaje de retención es de 753%.

**Figura 4** Curva de hinchamiento hidrogel de AAc – agua destilada

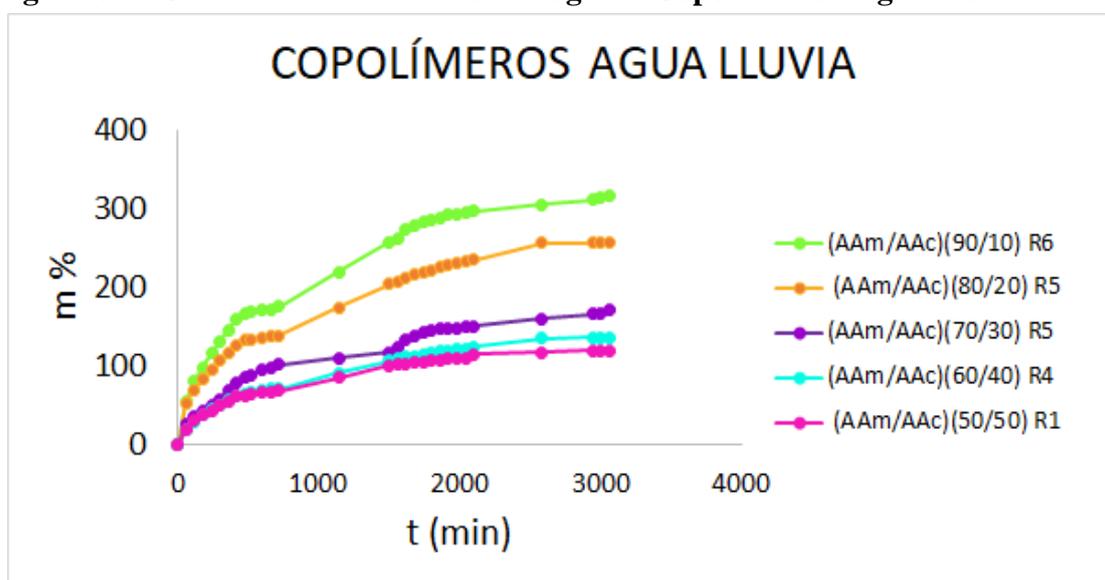


**Figura 5** Curva de hinchamiento de AAc – agua lluvia

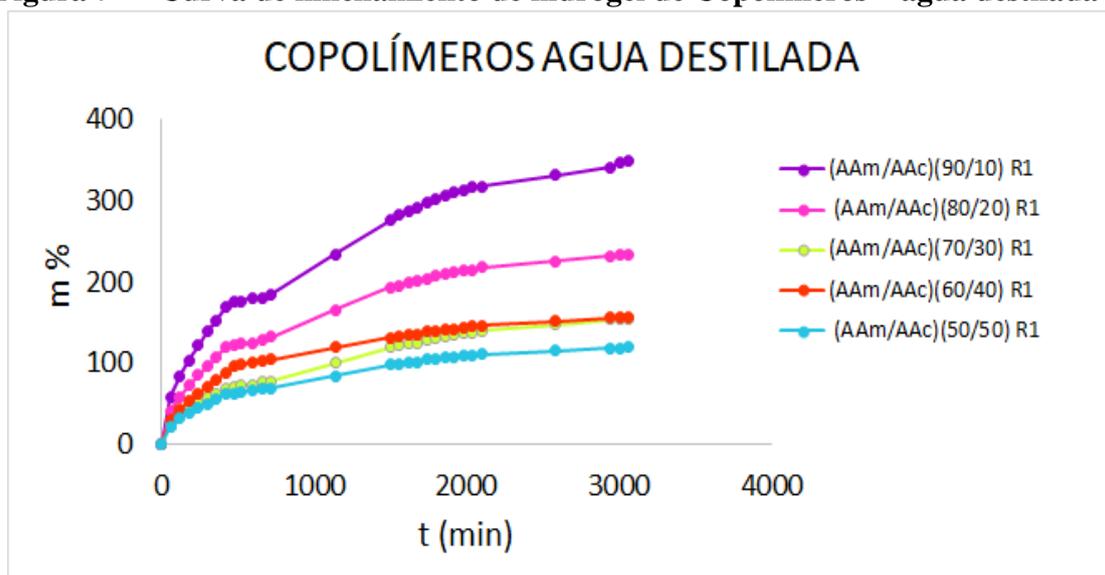


En las figuras 6 y 7 se presentan las curvas de hinchamiento de agua destilada y lluvia de los hidrogeles de acrilamida y ácido acrílico en las siguientes proporciones: 90/10, 80/20, 70/30, 60/40 y 50/50, los cuales fueron sintetizados a 35° C durante 360 minutos al 1% de AE. Se puede observar que los hidrogeles de AAm/AAC de 90/10 evaluados en agua destilada llegan a absorber 349% mientras que en agua de lluvia su capacidad de absorción es de 318%. Por otro lado, los demás hidrogeles híbridos (80/20, 70/30, 60/40, 50/50), presentan un grado de hinchamiento de 234%, 155%, 156% y 119% en agua destilada y 258%, 173%, 137% y 120% en agua lluvia.

**Figura 6 Curva de hinchamiento hidrogel de Copolímeros – agua destilada**



**Figura 7 Curva de hinchamiento de hidrogel de Copolímeros – agua destilada**

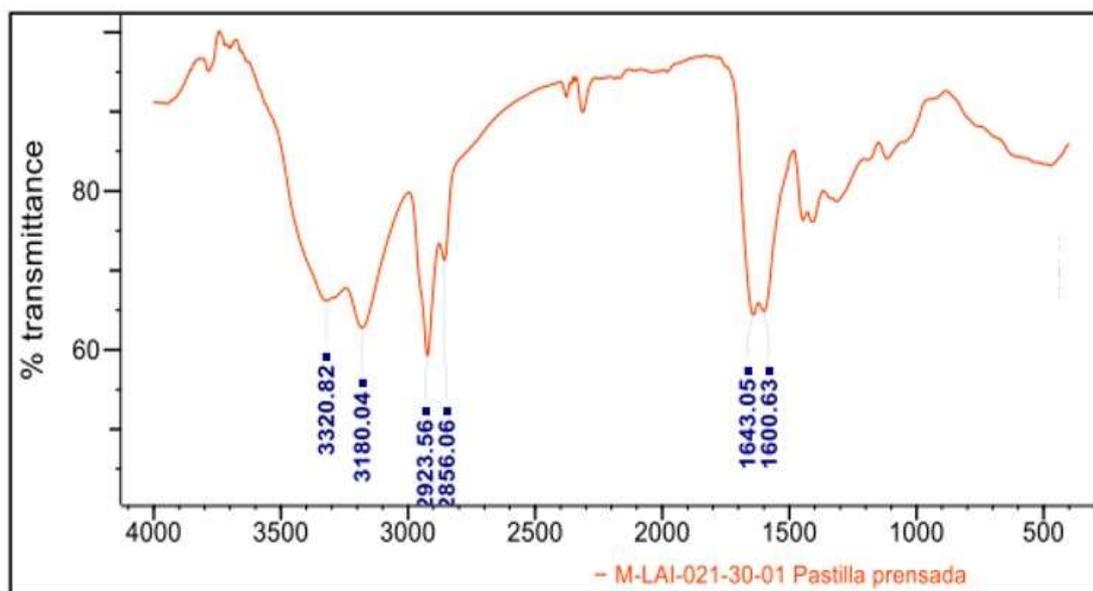


Los hidrogeles de ácido acrílico sintetizados al 1% de AE presentan una mayor capacidad de absorción (847%), con respecto a los hidrogeles de acrilamida puros (401%), e híbridos (349%). Esto se debe a que el ácido acrílico está compuesto por grupos funcionales muy hidrofílicos (COOH), los cuales tienen mayor afinidad con las moléculas de agua. Sin embargo, esta capacidad disminuye las propiedades mecánicas del hidrogel, ya que se obtiene un monolito de mayor fragilidad y menor resistencia.

La capacidad de absorción de los hidrogeles en todos los ensayos se ven modificados por la cantidad de agente entrecruzante obteniendo un mayor grado de hinchamiento en los ensayos al 1%. Esta relación se debe a que entre mayor grado de NMBA se reducirá el espacio libre en la estructura del hidrogel y mayor será la resistencia a la elongación, lo cual disminuye la capacidad de absorción de agua (Ramirez et al., 2016).

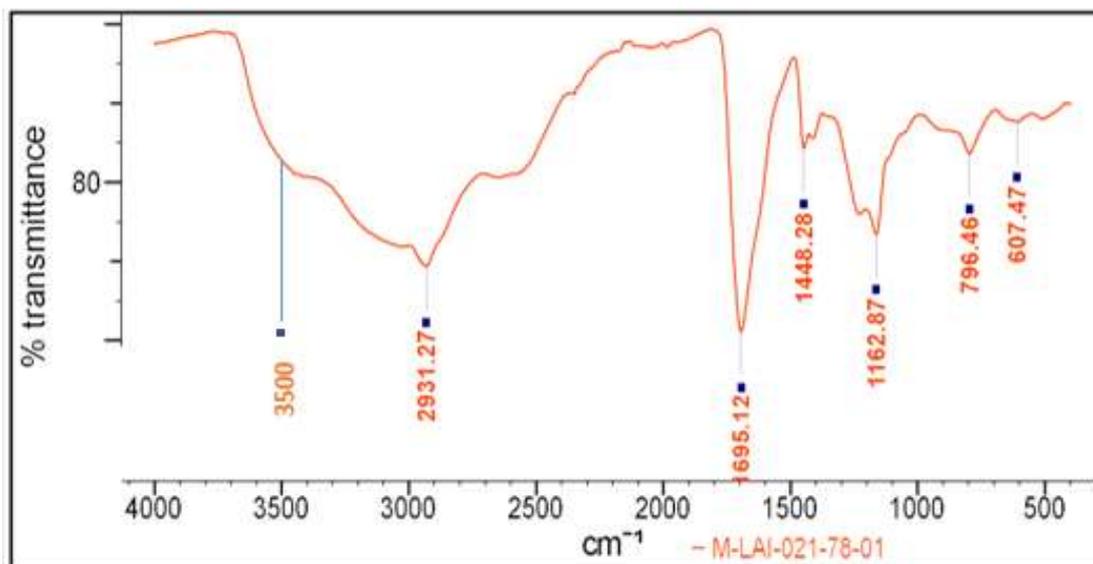
## 12.2. Espectroscopia FT-IR

**Figura 8** Espectro de AAm 1%



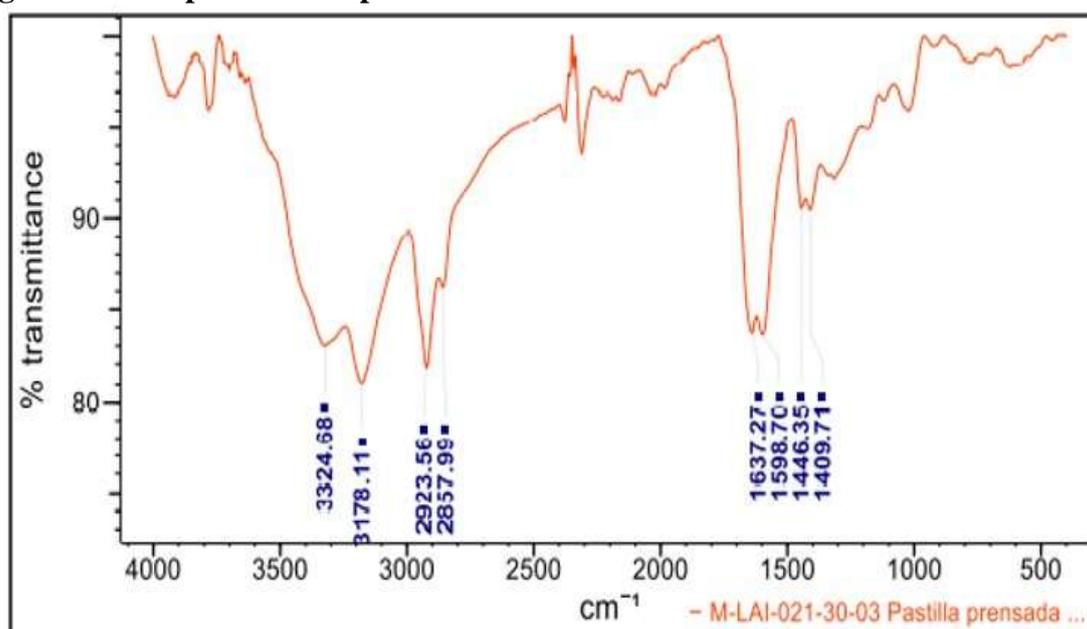
En la figura 9, se presenta el espectro infrarrojo del hidrogel de acrilamida, el cual fue entrecruzado con 1% de NMBA. En el espectro se destaca lo siguiente: dos bandas en la región de 1600 y 1643  $\text{cm}^{-1}$  atribuidas a la vibración de estiramiento del grupo NH y a movimientos de flexión del grupo carbonilo (C=O). También se presentan dos bandas 2856  $\text{cm}^{-1}$  y 2923  $\text{cm}^{-1}$  correspondientes al estiramiento de los enlaces CH y CH<sub>2</sub>. De la misma manera se pueden observar bandas de absorción en la región de 3180 y 3320  $\text{cm}^{-1}$  las cuales son atribuidas a estiramientos de los enlaces NH.

**Figura 9** Espectro de AAc 1%



Al igual que en el hidrogel de AAm, se identificaron los grupos funcionales del monómero de ácido acrílico (figura 10). Se observaron las siguientes absorciones: las bandas de 796 cm<sup>-1</sup> y 1162 cm<sup>-1</sup> corresponden al estiramiento de los enlaces C-O y C-C respectivamente. De la misma forma se presentan dos bandas en las regiones de 1448 cm<sup>-1</sup> y 2931 cm<sup>-1</sup> pertenecientes al grupo CH, en la región 1695 cm<sup>-1</sup> se presenta una banda fuerte asociada al estiramiento del grupo C=O. Finalmente en la banda de la región 3500 cm<sup>-1</sup> se puede observar la deformación del grupo OH.

**Figura 10** Espectro de Copolimero 90/10



En el espectro del hidrogel de AAm/AAc 90/10 (figura 11) al 1% de AE, se puede apreciar una banda alrededor de 1409 cm<sup>-1</sup> y 1446 cm<sup>-1</sup> correspondiente al estiramiento del enlace COOH del grupo carboxilo. Se presenta una vibración de estiramiento en la banda 1598 cm<sup>-1</sup> y 1637 cm<sup>-1</sup> del grupo NH y C=O; dos picos en las bandas 2857 cm<sup>-1</sup> y 2923 cm<sup>-1</sup> pertenecientes a un estiramiento asimétrico de los grupos funcionales CH y CH<sub>2</sub> respectivamente. Así mismo es visible en la banda 3324 cm<sup>-1</sup> el grupo funcional NH.

### 12.3. Interpretación de datos INFOSTAT

En el Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) se puede observar que:

- El p-valor <0,0001 de la variable de clasificación TRATAMIENTOS sugiere el rechazo de la hipótesis planteada, aceptando la hipótesis alterna que menciona que el hidrogel de AAc absorbe mayor cantidad de agua. Es decir, existen diferencias estadísticamente significativas entre los TRATAMIENTOS considerando la variable m%.

**Tabla 8** Cuadro de R<sup>2</sup> y CV

| Análisis de la varianza |   |                |                |    |       |
|-------------------------|---|----------------|----------------|----|-------|
| Variable                | N | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> | Aj | CV    |
| m (%)                   | 5 | 0,97           | 0,96           |    | 12,91 |

*Nota.* Tomando en cuenta el valor de R<sup>2</sup> (0,97) y CV (12,91), se puede determinar la confiabilidad del Análisis de la varianza para la variable m% (capacidad de hinchamiento).

**Tabla 9 Cuadro de análisis de varianza**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F. V         | SC         | gl | CM        | F      | p-valor |
|--------------|------------|----|-----------|--------|---------|
| Modelo       | 1856340,50 | 13 | 142795,42 | 105,60 | <0,0001 |
| Tratamientos | 1850806,33 | 8  | 231350,79 | 171,09 | <0,0001 |
| Repeticiones | 5534,17    | 5  | 1106,83   | 0,82   | 0,5437  |
| Error        | 54088,33   | 40 | 1352,21   |        |         |
| Total        | 1910428,83 | 53 |           |        |         |

En los resultados (tabla 10), se muestra que en el análisis de medias el grupo A perteneciente al hidrogel de AAc 1% es el mejor tratamiento para la absorción de agua, seguido del grupo B correspondiente a AAm 1%, seguido del grupo BC donde constan los tratamientos 90/10 y AAm 2%. Por último, se encuentra el grupo E en los cuales se presentan los polímeros 70/30, 60/40, 50/50 presentando un bajo porcentaje de absorción.

**Tabla 10 Media de tukey****Test:Tukey Alfa=0,01 DMS=82,59760**

| <i>Error: 1352,2083</i> |        | <i>gl:40</i> |       |     |
|-------------------------|--------|--------------|-------|-----|
| Tratamientos            | Medias | n            | E.E.  |     |
| T4 (AAc 1%)             | 768,33 | 6            | 15,01 | A   |
| T1 (AAm 1%)             | 325,67 | 6            | 15,01 | B   |
| T5 (90/10)              | 298,67 | 6            | 15,01 | B C |

|             |        |   |       |   |     |
|-------------|--------|---|-------|---|-----|
| T2 (AAm 2%) | 295,67 | 6 | 15,01 | B | C   |
| T3 (AAm 3%) | 239,83 | 6 | 15,01 |   | C   |
| T6 (80/20)  | 229,33 | 6 | 15,01 | C | D   |
| T7 (70/30)  | 156,83 | 6 | 15,01 |   | D E |
| T8 (60/40)  | 134,83 | 6 | 15,01 |   | E   |
| T9 (50/50)  | 115,33 | 6 | 15,01 |   | E   |

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,01$ )

### **13. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

#### **13.1. Técnicos**

- Promueve el uso de tecnologías amigables con el medio ambiente.
- El uso de nuevas tecnologías y los materiales modernos hacen que la captación de agua de lluvia sea factible y esté al alcance de las comunidades que carecen de este suministro.

#### **13.2. Ambientales**

- Disminución de consumo de agua, se ha determinado que uno de los beneficios de aplicar hidrogeles es reducir el consumo de agua necesaria para el riego de los cultivos.
- Reduce la compactación del suelo permitiendo que el agua no se pierda por infiltración, evitando la erosión del mismo.
- Evita el estrés hídrico ayudando a mantener la composición de los suelos.
- Limita las pérdidas de agua y nutrientes por lixiviación.

- Protege al medio ambiente contra la sequía y la contaminación de las aguas subterráneas.

### 13.3. Sociales

- Proporciona una alternativa diferente dentro de la producción agrícola manteniendo los cultivos en las épocas más críticas del año donde el sol consume los cultivos y el agua no llega de manera adecuada.
- Promueve una cultura agrícola sustentable, mediante la gestión adecuada de los recursos hídricos, disminuyendo la degradación de la calidad de los suelos.

## 14. PRESUPUESTO

**Tabla 11 Presupuesto para la elaboración del proyecto**

| RECURSOS                   | DESCRIPCIÓN                      | CANTIDAD | UNIDAD   | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL       |
|----------------------------|----------------------------------|----------|----------|----------------|-------------------|
| <b>HUMANO</b>              | Investigador                     | 2        |          | \$100,00       | \$200,00          |
|                            | Tutor                            | 1        |          |                |                   |
| <b>TECNOLÓGICO</b>         | Servicio de luz                  | 3        | h/m      | \$15,00        | \$30,00           |
|                            | Servicio de Internet             | 5        | h/m      | \$22,00        | \$44,00           |
| <b>MATERIALES</b>          | Acrilamida                       | 3        | unidades | \$6,44         | \$19,32           |
|                            | Ácido acrílico                   | 3        | unidades | \$4,00         | \$12,00           |
|                            | Persulfato de amonio N,N         | 3        | unidades | \$4,57         | \$13,71           |
|                            | Metilbisacrilamida               | 3        | unidades | \$4,68         | \$14,04           |
|                            | Agua destilada                   | 5        | litros   | \$1,90         | \$9,50            |
|                            | Pipeta graduada                  | 1        | ml       | \$3,00         | \$3,00            |
|                            | Papel filtro                     | 2        | unidades | \$1,00         | \$2,00            |
|                            | Tubos de ensayo                  | 12       | unidades | \$6,00         | \$6,00            |
| <b>OTROS</b>               | Ensayo Espectroscopía Infrarroja | 3        | unidades | \$33,33        | \$120,00          |
|                            | Servicio de logística            | 2        | unidades | \$5,75         | \$11,50           |
|                            | Transporte                       | 2        |          | \$230,50       | \$461,00          |
|                            | Alimentación                     | 2        |          | \$13,50        | \$27,00           |
| <b>SUBTOTAL</b>            |                                  |          |          |                | \$973,07          |
| <b>10 % DE IMPREVISTOS</b> |                                  |          |          |                | \$280,00          |
| <b>TOTAL</b>               |                                  |          |          |                | <b>\$1.253,07</b> |

## 15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 15.1. Conclusiones

De acuerdo con los objetivos planteados, se obtuvieron 9 hidrogeles superabsorbentes a partir de la síntesis de los monómeros de acrilamida, ácido acrílico y copolímeros de acrilamida/ácido acrílico.

Todos los materiales sintetizados se caracterizaron mediante espectroscopia infrarroja en la cual se identificaron los grupos funcionales de interés de cada uno de los hidrogeles, donde se encontró la relación entre la estructura de los hidrogeles y la capacidad de hinchamiento. A partir de las curvas de hinchamiento, se determinó el porcentaje de absorción de cada uno de los hidrogeles.

Dentro del análisis, se estableció al agua destilada como fluido para determinar la capacidad de absorción de los hidrogeles, debido a que el pH de agua lluvia y agua destilada son similares.

### 15.2. Recomendaciones

Siendo satisfactorio los resultados de esta investigación, se proponen las siguientes recomendaciones con el propósito de continuar con el estudio de estos materiales y mejorar sus características:

- Se recomienda que se realicen investigaciones con relación a la aplicación de los hidrogeles en el sector agrícola dentro de la Facultad CAREN, para aprovechar sus propiedades en los cultivos. Esta es una muy buena opción especialmente para lugares donde llueve muy poco y las sequías son muy persistentes.
- Se recomienda la aplicación del hidrogel de ácido acrílico al 1% de agente entrecruzante, debido a que presenta mayor porcentaje de absorción en comparación a los hidrogeles sintetizados con acrilamida y los copolímeros.
- Es recomendable el uso de los hidrogeles ya que permite un ahorro de hasta el 80% en gastos en sistemas de riego. Además, permite la reducción de consumo de agua dentro de los cultivos.
- Determinar las propiedades mecánicas de los polímeros de hidrogel mediante ensayos de tracción y/o compresión.

- Determinar la textura y porosidad de los hidrogeles sintetizados mediante un análisis de microscopía de barrido.
- Para posteriores investigaciones se recomienda realizar pruebas de sensibilidad al pH.
- Determinar el tiempo de desorción de agua de los hidrogeles.
- Se recomienda realizar un estudio de mercado para determinar la viabilidad económica en cuanto a la elaboración o la compra de hidrogeles, de esta manera se encontraría la mejor opción para los agricultores.

## 16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, R. (2013). Effect of shape on cell internalization of polymeric hydrogel nanoparticles. <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/30325>
- Aguilar, A., & Ibáñez, C. (1995). Expansión Urbana y Deterioro Ambiental. Áreas de Conservación Ecológica en la Ciudad de México. *Revista Geográfica*, 122, 49–81. <http://www.jstor.org.ezproxy.unal.edu.co/stable/40993145>
- Ahmed, E. M. (2015). Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of Advanced Research*, 6(2), 105–121. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>
- Amestoy, J. (2010). El planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones. In *El planeta Tierra en peligro: Calentamiento Global, Cambio Climático, Soluciones* (pp. 1–343).
- Aranzana, S., Mendel, F., & Sánchez, C. (2016). Modulación mecánica en hidrogeles de polietilenglicol. *Universidad de Zaragoza (ICMA) Tesis*, 1, 40.
- Argeñal, F. (2010). Variabilidad Climática y Cambio Climático en Honduras. *Programa de Las Naciones Unidas Para El Desarrollo PNUD*, 85. [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/GOLFONSECA/0173/14\\_variabilidad\\_climatica\\_Honduras.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/GOLFONSECA/0173/14_variabilidad_climatica_Honduras.pdf)
- Arredondo, A., & Londoño, M. (2009). Hidrogeles: Potenciales Biomateriales Para La Liberación Controlada De Medicamentos. *Revista Ingeniería Biomédica*, 3(5), 83–94. <https://doi.org/10.24050/19099762.n5.2009.70>
- Bala, G., Caldeira, K., Wickett, M., Phillips, T., Lobell, D., Delire, C., & Mirin, A. (2007). Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(16), 6550–6555.

<https://doi.org/10.1073/pnas.0608998104>

- Ballén, J., Galarza, M., & Ortiz, R. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. *International Symposium on Hydraulic Structures - XXII Congreso Latinoamericano de Hidraulica*, 1–12.
- Belda, J., Elorduy, G., Lluch, S., & Ponce, G. (2000). Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano. *BAC*.
- Benavides, H., & León, G. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. *Ideam*, 1–102. <https://doi.org/IDEAM-METEO/008-2007>
- Bosello, F., Roson, R., & Tol, R. S. J. (2007). Economy-wide estimates of the implications of climate change: Sea level rise. *Environmental and Resource Economics*, 37(3), 549–571. <https://doi.org/10.1007/s10640-006-9048-5>
- Cabuslay, G., Ito, O., & Alejar, A. (2002). Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. *Plant Science*, 163(4), 815–827. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00217-0](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00217-0)
- Campos, D. (1998). Procesos del ciclo hidrológico. In *Universidad Autónoma de San Luis Potosí* (Universita). <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tkUYqd0Aac8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=ciclo+hidrológico+del+agua&ots=HU2P87KaAt&sig=z5xrvxF9lBp2B1DMeqHkdbTnXk0#v=onepage&q=ciclo hidrológico del agua&f=false>
- Cantú, P. (2012). Crisis ambiental: desconocimiento del conocimiento. *Ciencia UANL*, 15(58), 20–27.
- Cantú, P. (2014). Cambio climático: sus repercusiones para la sustentabilidad. *Ciencia UANL*, 67, 31–36.
- Castillo, N., & Alvis, D. (2003). *El mundo marino de Colombia: investigación y desarrollo de territorios olvidados* (Vol. 1). <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9XBYusN370MC&oi=fnd&pg=PA75&dq=aumento+del+nivel+del+mar&ots=mNl2H6fECU&sig=DvwoNNrl8Vmyfk18gz0kFtPSoao#v=onepage&q=aumento del nivel del mar&f=false>
- Cortés, A., Xiomara, I., Ramírez, B., Francisco, L., Eslava, B., & Niño, R. (2007). *Evaluating hydrogels for agriforestry applications*. 27(3), 35–44.

- Dávila Newman, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12, 180–205. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.065>
- DIALOGUEMOS. (2017). *Tres cantones han sido los más afectados por las lluvias en Cotopaxi / Dialoguemos*.
- El Comercio. (2020). *Pugnas por el agua para riego, en Cotopaxi; agricultores, empresarios agrícolas y autoridades buscan soluciones*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/pugnas-agua-sistema-riego-cotopaxi.html>
- EL COMERCIO. (2018). *La mitad de la población vive en áreas con falta de agua*.
- Escobar, J. L., García, D. M., Zaldivar, D., & Katime, I. (2002). Hidrogeles. Principales Características en el diseño de sistemas de liberación controlada de fármacos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 3(3), 1–28.
- Ferreira, E., Silva, V., Elisângela, A., & Helbert de Rezende, O. (2014). *Eficiência do hidrogel e respostas fisiológicas de mudas de cultivares apirênicas de citros sob déficit hídrico*. 2014, 158–165.
- Fox, P., & Rockström, J. (2003). Supplemental irrigation for dry-spell mitigation of rainfed agriculture in the Sahel. *Agricultural Water Management*, 61(1), 29–50. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(03\)00008-8](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00008-8)
- García, E., & Llanias, R. (1995). *Contribución al conocimiento de las sequías de Madrid*. 2, 17–36.
- García, M., Carvajal, Y., & Jiménez, H. (2007). La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático. *Ingeniería y Competitividad*, 9(1), 19–29. <https://doi.org/10.1080/03081067508717092>
- Grupo Chorlavi. (2012). *Impactos del cambio climático en el uso y gestión del agua: respuesta de las poblaciones rurales de América Latina*. 1, 28.
- Howden, M., Soussana, J., Tubiello, F., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H. (2013). Adapting agriculture to climate change. *International Journal of Security and Its Applications*, 7(4), 433–444.
- INEC. (2010). Fascículo Provincial Cotopaxi. *Resultados Censo 2010*, 1–8.

- Javier, F., & Agorreta, P. (2016). *Trabajo Fin de Grado Modulación de las propiedades mecánicas de.*
- Junior, C., De Moura, M., & Aouada, F. (2017). Synthesis and characterization of intercalated nanocomposites based on poly(methacrylic acid) hydrogel and nanoclay cloisite-Na<sup>+</sup> for possible application in agriculture. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 17(8), 5878–5883. <https://doi.org/10.1166/jnn.2017.13843>
- Kiatkamjornwong, S. (2007). *Superabsorbent Polymers and Superabsorbent Polymer Composites. 1*, 39–43. [https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2007.33\(s1\).039](https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2007.33(s1).039)
- Lavell, A. (2010). Gestión Ambiental y Gestión del Riesgo de Desastre en el Contexto del Cambio Climático: Una Aproximación al Desarrollo de un Concepto y Definición Integral para Dirigir la Intervención a través de un Plan Nacional de Desarrollo. *Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible*, 0, 56.
- Luiz, J., Monteiro, L., Araújo, W., Chagas, E., Siqueira, R., Oliveira, G., & Abanto, C. (2017). Hidrogel in Brazilian Agriculture. *Revista Agroambiente On-Line*, 11, 347–360.
- Maisache, F. (2016). *Grave sequía destruye los cultivos en Cotopaxi - El Comercio.*
- Manco, D., Guerrero, J., & Ocampo, A. (2012). Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial. *Ingeniería Universidad de Medellín*, 11(21), 23–38.
- Manrique Abril, F., Martínez Martín, A., & Ospina Díaz, J. (2007). Crecimiento poblacional y políticas públicas. *CENES Apuntes*, 27(44), 149–162.
- Martínez, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 97–111.
- Martínez, Y., & Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58–72.
- Melara Munguía, A., Guinot Jimeno, F., & Arregui Gambús, M. (2008). Actualización de los diferentes tipos de lámparas de fotopolimerización. Revisión de la literatura. *Odontología Pediátrica*, 16(3), 140–152.
- Meriç, A., & Ahmet, A. (1958). *HYDROGELS AND THEIR APPLICATION AREAS*. 143–148.
- Ministerio de Agricultura. (2011). Plan Nacional De Riego Y Drenaje 2011 - 2026. *Subsecretaria de Riego y Drenaje*, 19–266.

- Ministerio del Ambiente y Agua. (2012). *El cambio climático afecta los recursos hídricos*.  
<https://www.ambiente.gob.ec/el-cambio-climatico-afecta-los-recursos-hidricos/>
- Molden, D., Murray, H., Sakthivadivel, R., & Makin, I. (2003). *A Water Productivity Framework for Understanding and Action*. International Water Management Institute.  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=qKe3MmJjbAEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=A+water+productivity+framework+for+understanding+and+action&ots=TI0ZMRZ0Gc&sig=ADI2zoIUB0-14mCFxBI9mDRLP-s#v=onepage&q=A+water+productivity+framework+for+understanding+and+action&f=f>
- Monreal, T. E. (2006). *La gestión de las sequías en España*. 1–6.
- Mook, W. (2002). *Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico principios y aplicaciones*.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vp8lF9WqjjkC&oi=fnd&pg=PR1&dq=ciclo+hidrológico+del+agua&ots=m1UELu4\\_7C&sig=pJK6U2ogwNklDVuVCRsha2czhx0#v=onepage&q=ciclo+hidrológico+del+agua&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vp8lF9WqjjkC&oi=fnd&pg=PR1&dq=ciclo+hidrológico+del+agua&ots=m1UELu4_7C&sig=pJK6U2ogwNklDVuVCRsha2czhx0#v=onepage&q=ciclo+hidrológico+del+agua&f=false)
- Moreno, L. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 179–191. <https://doi.org/10.1038/npg.els.0001298>
- Moya, B. V., Hernández, A. E., & Elizalde Borrell, H. (2005). Los humedales ante el cambio climático. *Investigaciones Geográficas*, 37, 127–132.  
<https://doi.org/10.14198/ingeo2005.37.07>
- Navroski, M. C., Araujo, M. M., Rejane, L., Reiniger, S., Sidnei, C., Schafer, G., & Pereira, M. D. O. (2016). *INITIAL GROWTH OF SEEDLINGS OF Eucalyptus dunnii Maiden AS INFLUENCED BY THE ADDITION OF NATURAL POLYMER AND FARMING SUBSTRATES*. 627–637.
- Neethu, T. M., Dubey, P. K., & Kaswala, A. R. (2018a). Prospects and Applications of Hydrogel Technology in Agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(05), 3155–3162. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.369>
- Neethu, T. M., Dubey, P. K., & Kaswala, A. R. (2018b). Prospects and Applications of Hydrogel Technology in Agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(05), 3155–3162. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.369>
- Oiver, J. (2004). *Encyclopedia of World Climatology*. Springer: The Netherlands. Springer.  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=->

mwbAsxpRr0C&oi=fnd&pg=PR11&dq=Encyclopedia+++of+++World+++Climatology  
 .+++Springer:+++The+++Netherlands.&ots=6NhGmlF0rx&sig=OqmOfAH6c6GntKNZ  
 Bkl0odqu3n0#v=onepage&q=Encyclopedia of World Climatology. Sprin

Omidian, H., Hashemi, S. A., Sammes, P. G., & Meldrum, I. (1998). A model for the swelling of superabsorbent polymers. *Polymer*, 39(26), 6697–6704. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(98\)00095-0](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(98)00095-0)

ONU. (1992). United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992. *Izvestiya - Akademiya Nauk, Seriya Geograficheskaya*, 47–54. <https://doi.org/10.4135/9781412971867.n128>

ONU, G. de E. de. (2019). *UN-Water\_PolicyBrief\_Water\_Climate-Change\_ES*.

Pacheco, M. (2008). Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de “lluviatl” en México. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 3(Administración del Agua), 19.

Radicalarias, B. P. (2013). *B.22) polimerizaciones radicalarias heterogéneas*. 1–11.

Ramirez, A., Benítez, J. L., De Astudillo, L. R., & De Gáscue, B. R. (2016). Materiales polimeros de tipo hidrogeles: Revisión sobre su caracterización mediante FTIR, DSC, MEB y MET. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 36(2), 108–130.

Rodríguez, R., Badia, E., Porras, J., Vieras, R., Orantes, B., & Vidal, A. (2010). Modelo de aprovechamiento de aguas lluvias en zonas de pobreza extrema. *Entorno*, 45, 39–43. <https://doi.org/10.5377/entorno.v0i45.7124>

Rudzinski, E., Dave, A., Vaishnav, U., Kumbar, G., Kulkarni, A., & Aminabhavi, T. (2012). *Hydrogels as controlled release devices in agriculture*. 37–41.

Saha, A., Sekharan, S., & Manna, U. (2020). Superabsorbent hydrogel (SAH) as a soil amendment for drought management: A review. *Soil and Tillage Research*, 204(June), 104736. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104736>

Sain, G. (1996). *Tecnologías para conservación y productividad: sustitutas o complementarias*. 7(2), 108–115.

Santhosh, Vasudevan, P., & Patwardhan, S. V. (1984). Trends in Polymer Applications in Agriculture. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 43(3), 168–171.

- Stott1, P. A., Stone, D., & Allen, M. (2004). Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature Publishing Group*, 452, 610–614. <https://doi.org/doi:10.1038/nature04099>
- Torres, A., Lara, J., Torres, O., Estupiñan, J., Méndez, S., & Torres, A. (2009). *Aprovechamiento de aguas lluvias en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá (PUJB)*. January, 8.
- Treviño, R., Núñez, S., Manuel, J., & Camacho, G. (2004). *El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis*.
- Vargas, Y. (2011). Demografía Ambiental: ¿Cómo Explicar El Crecimiento Poblacional a Partir Del Enfoque De Las Fuerzas Mediadoras? *Revista Geográfica de América Central*, 1(46), 37–64.
- Villacis, G. (2010). Ecología Forestal. *Revista de La Carrera de Ingeniería Forestal*, 1, 150. [https://www.researchgate.net/profile/Nikolay-Aguirre/publication/263698134\\_Crecimiento\\_inicial\\_de\\_Tabebuia\\_crisantha\\_y\\_Cedrela\\_montana\\_con\\_fines\\_de\\_rehabilitacion\\_de\\_areas\\_degradadas\\_en\\_el\\_tropico\\_humedo\\_e\\_cuatoriano/links/5464e9f80cf2052b509f27de/Crecimie](https://www.researchgate.net/profile/Nikolay-Aguirre/publication/263698134_Crecimiento_inicial_de_Tabebuia_crisantha_y_Cedrela_montana_con_fines_de_rehabilitacion_de_areas_degradadas_en_el_tropico_humedo_e_cuatoriano/links/5464e9f80cf2052b509f27de/Crecimie)
- Zohuriaan-Mehr, M. J., Omidian, H., Doroudiani, S., & Kabiri, K. (2010). Advances in non-hygienic applications of superabsorbent hydrogel materials. *Journal of Materials Science*, 45(21), 5711–5735. <https://doi.org/10.1007/s10853-010-4780-1>

## 17. ANEXOS

### *ANEXO 1. Pesaje de reactivos*

Imagen 1. Pesaje del monómero de AAm.



Imagen 2. Pesaje del agente entrecruzante.



Imagen 3. Adición del AAC.



Imagen 4. Pesaje del iniciador PSA.



### *ANEXO 2. Síntesis de hidrogeles*

Imagen 5. Incorporación de los reactivos.



Imagen 6. Proceso de gelificación.



Imagen 7. Toma de temperatura.



Imagen 8. Hidrogel sintetizado.



Imagen 9. Extracción del hidrogel.



Imagen 10. Corte en discos del hidrogel.



### ***ANEXO 3. Proceso de secado y pesaje de los hidrogeles sintetizados.***

Imagen 11. Secado de los hidrogeles.



Imagen 12. Hidrogeles secos



Imagen 13. Pesaje de los hidrogeles secos.



**ANEXO 4. Capacidad de absorción de los hidrogeles.**

Imagen 14. Medición de pH del agua.



Imagen 15. Inserción del disco de hidrogel.



Imagen 16. Proceso de absorción de agua.



Imagen 17. Pesaje de absorción de agua.



**ANEXO 5. Selección de los hidrogeles con mayor capacidad de absorción de agua.**

Imagen 18. Hidrogeles con mayor porcentaje de absorción de agua.



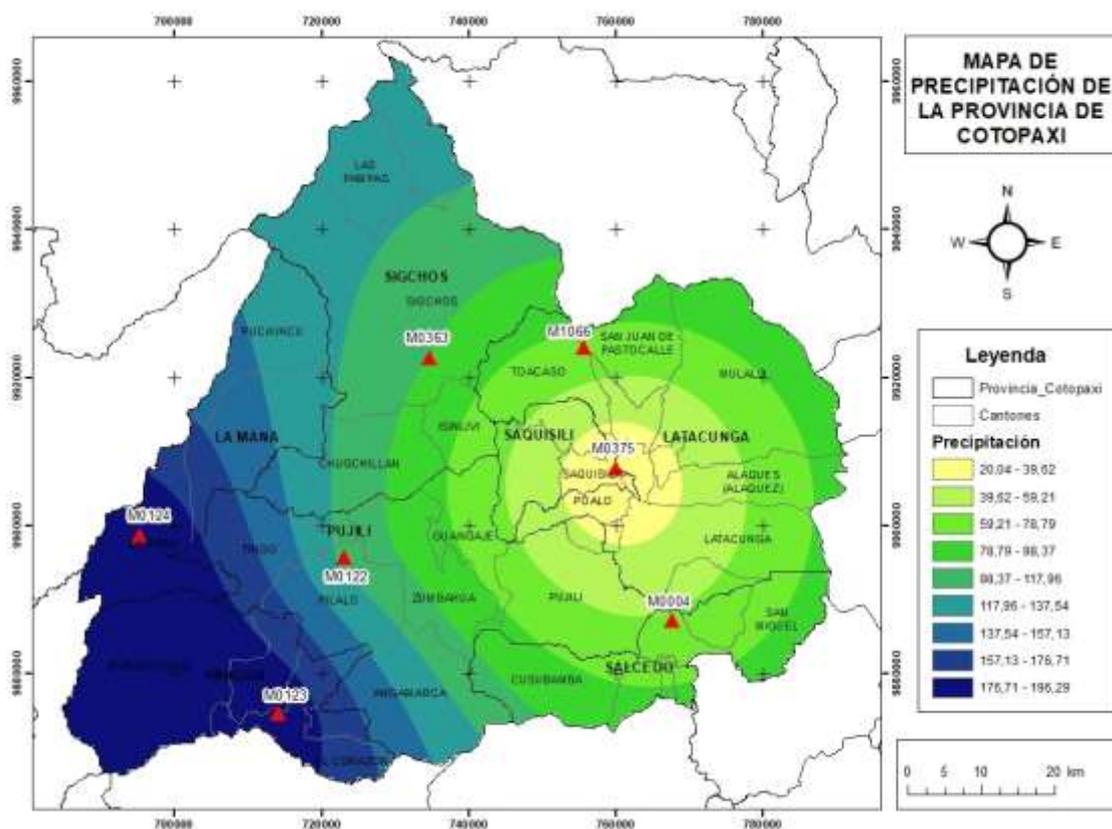
**ANEXO 6. Diseño experimental**

**Tabla 12 Formato diseño experimental**

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES |     |     |     |     |     |
|--------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|              | R1           | R2  | R3  | R4  | R5  | R6  |
| T1 (AAM 1%)  | 302          | 296 | 394 | 289 | 401 | 272 |
| T2 (AAM 2%)  | 227          | 267 | 251 | 260 | 243 | 248 |
| T3 (AAM 3%)  | 214          | 180 | 222 | 275 | 272 | 276 |
| T4 (AAc 1%)  | 778          | 847 | 776 | 215 | 753 | 753 |
| T5 (90/10)   | 447          | 325 | 392 | 253 | 243 | 215 |
| T6 (80/20)   | 238          | 225 | 258 | 199 | 198 | 189 |
| T7 (70/30)   | 216          | 220 | 254 | 160 | 162 | 179 |
| T8 (60/40)   | 162          | 171 | 156 | 130 | 128 | 142 |
| T9 (50/50)   | 174          | 131 | 192 | 113 | 114 | 107 |

*Nota.* Tratamientos y repeticiones para el Diseño Experimental.

**ANEXO 7. Mapa de precipitaciones de la provincia de Cotopaxi**



*Nota.* Mediante el Sistema de Información Geográfica ArcGIS, se determinó los cantones que han presentado fuertes y bajas precipitaciones durante los años 2000-2015.

## ANEXO 8. Informe de resultados análisis de FTIR

Imagen 19. FTIR de AAm al 1% de AE.

| INFORME DE RESULTADOS                                 |                                     | Página:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1 de 3                           |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                                                       |                                     | FPT-7.8-07-04                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| <b>INFORME No. I-LAI-021-30</b>                       |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| Orden de Trabajo No. DQ-OT0083-2021                   |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| <b>INFORMACIÓN CLIENTE</b>                            |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| Cliente / Empresa:                                    | Ligia Guanochanga                   | Persona de contacto:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Ligia Guanochanga                |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| Dirección / Tel:                                      | Machachi / 0961370332/<br>022311037 | E-mail:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ligia.guanochanga8735@utc.edu.ec |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| <b>PARAMETROS DE LA MUESTRA</b>                       |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| Identificación del LAI:                               | * Muestra Acrilamida 1%             | Fecha de muestreo:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | *10/08/2021                      |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| Tipo y Código de muestra:                             | M-LAI-021-30-01                     | Norma de muestreo:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | No especificado por el cliente   |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| Tipo de contenedor:                                   | Plástico                            | Fecha inicio del ensayo:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 18/08/2021                       |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| Fecha de recepción:                                   | 16/08/2021                          | Fecha entrega informe:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 24/08/2021                       |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| <b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>                         |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| Temperatura y %HR ambiente:                           | 22.0 °C 35 %                        | Norma de referencia:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ASTM E 1252                      |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
|                                                       |                                     | Procedimiento interno:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | PE-7.2-04                        |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| <b>RESULTADOS</b>                                     |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| Long onda (cm-1)                                      | Grupo Func                          | Rango (cm-1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Intensidad                       | Modo de vibración                              | Nombre del Grupo           | Muestra                                                                                                              |  |
| 1313.29                                               | C-N                                 | 1350-1310                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Medio                            | Estiramiento                                   | C-N de Amida               |                                                                                                                      |  |
| 1313.29                                               | NH2                                 | 1340-1230                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Medio                            | Deformación simétrica                          | NH2 de sal de amida        |                                                                                                                      |  |
| 1407.78                                               | C-N                                 | 1420-1400                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Medio                            | Estiramiento                                   | C-N de Amida               |                                                                                                                      |  |
| 1446.35                                               | NH                                  | 1490-1440                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Medio                            | Doblamiento                                    | NH de amida                |                                                                                                                      |  |
| 1446.35                                               | CH                                  | 1485-1445                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Medio                            | Deformación                                    | CH de alcano               |                                                                                                                      |  |
| 1600.63                                               | NH2                                 | 1638-1618                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fuerte                           | Deformación                                    | NH2 de amida               |                                                                                                                      |  |
| 1600.63                                               | NH2                                 | 1640-1580                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Medio                            | Deformación asimétrica                         | NH2 de sal de amida        |                                                                                                                      |  |
| 1600.63                                               | NH                                  | 1650-1520                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fuerte                           | Deformación                                    | NH de compuestos de azufre |                                                                                                                      |  |
| 1643.05                                               | C=O                                 | 1680-1630                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fuerte                           | Estiramiento                                   | Carbonilo de amida         |                                                                                                                      |  |
| 2856.06                                               | CH                                  | 2863-2843                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fuerte                           | Estiramiento asimétrico                        | CH de alcano               |                                                                                                                      |  |
| 2923.56                                               | CH                                  | 2936-2916                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Fuerte                           | Estiramiento simétrico                         | CH de alcano               |                                                                                                                      |  |
| 3180.04                                               | NH                                  | 3200-3140                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Medio                            | Estiramiento                                   | NH de amida                |                                                                                                                      |  |
| 3320.82                                               | NH                                  | 3375-3325                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Medio                            | Estiramiento asimétrico                        | NH de amida                |                                                                                                                      |  |
| <b>ESPECTRO EN ABSORBANCIA</b>                        |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  | <b>ESPECTRO EN TRANSMITANCIA</b>               |                            |                                                                                                                      |  |
|                                                       |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| <b>DECLARATORIAS</b>                                  |                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Dato proporcionado por el cliente.</li> <li>- Los ensayos fueron realizados dentro de las instalaciones del laboratorio LAI.</li> <li>- Los resultados reportados corresponden únicamente a los items ensayados.</li> <li>- El laboratorio no se responsabiliza por la toma ni almacenamiento de la muestra antes de llegar a las instalaciones de la Institución.</li> <li>- El instructor es responsable del cliente y los resultados aplican a las muestras como se recibieron.</li> <li>- Queda prohibida la reproducción parcial o total del presente informe sin previa autorización.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>                                  |                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- No existe ninguna desviación durante la ejecución del ensayo</li> <li>- A fin de que el haz de luz del FTIR pueda traspasar la muestra, fue necesario reducir el espesor la misma, para lo cual se la calentó a 90°C y posteriormente se la presionó a 10 000 psi.</li> <li>- El grupo funcional a la longitud de onda de 1600.63 cm<sup>-1</sup> corresponde a una amida secundaria</li> <li>- El grupo funcional a la longitud de onda de 1643.05 cm<sup>-1</sup> corresponde al C=O y NH presentes en la configuración Cis de amida</li> <li>- El grupo funcional a la longitud de onda de 3320.82 cm<sup>-1</sup> corresponde a una amida primaria</li> <li>- Las longitudes de onda a 4872.47, 1116.36, 2312.35, 2377.8 y 3783.58 cm<sup>-1</sup> no han sido reportadas, ya que su amplitud no es significativa y su reporte podría introducir errores en la interpretación del espectro.</li> </ul> |                                  |                                                |                            |                                                                                                                      |  |
| Elaborado por:                                        | GABRIELA VAÑESSA HENRÍ GUBRACOCHE   | <small>Digitado según lo<br/>GABRIELA VAÑESSA<br/>HENRÍ GUBRACOCHE<br/>08/08/2021 08:24<br/>1144-08-02307</small>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  | Revisado por:                                  | ELIANA LIZETH PENA PONTON  | <small>Formado digitalmente<br/>por ELIANA LIZETH<br/>PENA PONTON<br/>Fecha: 2021.08.24<br/>11:13:28 -05:00'</small> |  |
| <b>Ing. Gabriela Pérez</b><br>ANALISTA DE LABORATORIO |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  | <b>Ing. Eliana Peña</b><br>RESPONSABLE TÉCNICA |                            |                                                                                                                      |  |

Imagen 20. FTIR de AAc al 1% de AE

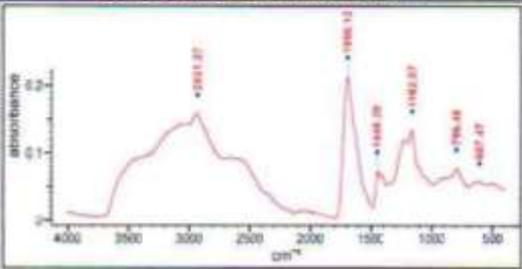
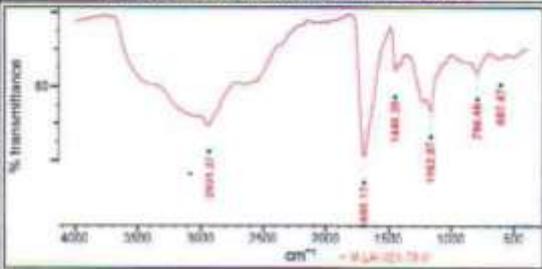
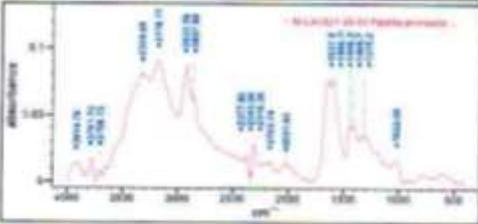
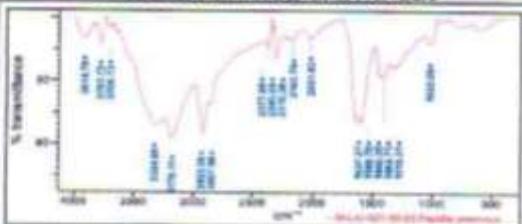
|                                                                                                                                               |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                              | <b>INFORME DE RESULTADOS</b>         | Página:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1 de 1                                                                               |  |                  |                                                                                      |
|                                                                                                                                               |                                      | <b>FPT-7.8-07-04</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| <b>INFORME No. I-LAI-021-78</b>                                                                                                               |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| <b>Orden de Trabajo No. DQ-OT0102-2021</b>                                                                                                    |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| <b>INFORMACIÓN CLIENTE</b>                                                                                                                    |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| Cliente / Empresa:                                                                                                                            | Ligia Guanochanga                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Persona de contacto:                                                                 | Ligia Guanochanga                                                                   |                  |                                                                                      |
| Dirección / Telf.:                                                                                                                            | Machachi / 0961370332/<br>022311037  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | E-mail:                                                                              | ligia.guanochanga8735@utc.edu.ec                                                    |                  |                                                                                      |
| <b>PARAMETROS DE LA MUESTRA</b>                                                                                                               |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| Identificación del LAI:                                                                                                                       | * Muestra polvo ácido<br>Acrílico 1% |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Fecha de muestreo:                                                                   | *06/09/2021                                                                         |                  |                                                                                      |
| Tipo y Código de muestra:                                                                                                                     | M-LAI-021-78-01                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Norma de muestreo:                                                                   | No especificado por el cliente                                                      |                  |                                                                                      |
| Tipo de contenedor:                                                                                                                           | Plástico                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Fecha inicio del ensayo:                                                             | 11/09/21                                                                            |                  |                                                                                      |
| Fecha de recepción:                                                                                                                           | 09/09/21                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Fecha entrega informe:                                                               | 16/09/21                                                                            |                  |                                                                                      |
| <b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>                                                                                                                 |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| Temperatura y %HR ambiente:                                                                                                                   | 19.1                                 | °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 49                                                                                   | %                                                                                   |                  |                                                                                      |
|                                                                                                                                               |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Norma de referencia:                                                                 | ASTM E 1252                                                                         |                  |                                                                                      |
|                                                                                                                                               |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Procedimiento interno:                                                               | PE-7.2-04                                                                           |                  |                                                                                      |
| <b>RESULTADOS</b>                                                                                                                             |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| Long onda (cm-1)                                                                                                                              | Grupo Func                           | Rango (cm-1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Intensidad                                                                           | Modo de vibración                                                                   | Nombre del Grupo | Muestra                                                                              |
| 607.47                                                                                                                                        | OH                                   | 750-500                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Débil                                                                                | Deformación                                                                         | Hidroxilo        |  |
| 796.46                                                                                                                                        | C-O                                  | 750-720                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Media                                                                                | Estiramiento Simétrico                                                              | Enlace C-O       |                                                                                      |
| 1162.87                                                                                                                                       | C-C                                  | 1300-1100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Fuerte                                                                               | Estiramiento                                                                        | Cetona           |                                                                                      |
| 1448.28                                                                                                                                       | CH                                   | 1485-1445                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Media                                                                                | Deformación                                                                         | Alcano           |                                                                                      |
| 1695.12                                                                                                                                       | C=O                                  | 1700-1680                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Fuerte                                                                               | Estiramiento                                                                        | Cetona           |                                                                                      |
| 2931.27                                                                                                                                       | CH                                   | 2936-2916                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Fuerte                                                                               | Estiramiento asimétrico                                                             | Alcano           |                                                                                      |
| <b>ESPECTRO EN ABSORBANCIA</b>                                                                                                                |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>ESPECTRO EN TRANSMITANCIA</b>                                                     |                                                                                     |                  |                                                                                      |
|                                                            |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| <b>DECLARATORIAS</b>                                                                                                                          |                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Dato proporcionado por el cliente.</li> <li>- Los ensayos fueron realizados dentro de las instalaciones del laboratorio LAI.</li> <li>- Los resultados reportados corresponden únicamente a los ítems ensayados.</li> <li>- El laboratorio no se responsabiliza por la toma ni almacenamiento de la muestra antes de llegar a las instalaciones de la Institución.</li> <li>- El muestreo es responsabilidad del cliente y los resultados aplican a las muestras como se recibieron.</li> <li>- Queda prohibido la reproducción parcial o total del presente informe sin previa autorización.</li> </ul> |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| <b>OBSERVACIONES</b>                                                                                                                          |                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- No existe ninguna desviación durante la ejecución del ensayo.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| Elaborado por:                                                                                                                                |                                      | Revisado por:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| GABRIELA VANESSA PEREZ GUIRACOCCHA<br><small>Digitally signed by GABRIELA VANESSA PEREZ GUIRACOCCHA Date: 2021.09.16 21:37:00 -05'00'</small> |                                      | ELIANA LIZETH PENA PONTON<br><small>Firmado digitalmente por ELIANA LIZETH PENA PONTON Fecha: 2021.09.16 16:42:13 -05'00'</small>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |
| <b>Ing. Gabriela Pérez</b><br>ANALISTA DE LABORATORIO                                                                                         |                                      | <b>Ing. Eliana Peña</b><br>RESPONSABLE TÉCNICA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                      |                                                                                     |                  |                                                                                      |

Imagen 17. Absorción de agua de los Imagen 21. FTIR del copolímero de AAm/AAC al 1% AE.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                             | <b>INFORME DE RESULTADOS</b>                                                             |                                                                                      | Página: 3 de 3                          |  |                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                             |                                                                                          |                                                                                      | <b>FPT-7.8-07-04</b>                    |                                                                                     |                                                                                      |
| <b>INFORME No. I-LAI-021-30</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| <b>Orden de Trabajo No. DQ-OT0083-2021</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| <b>INFORMACION CLIENTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| Cliente / Empresa:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Ligia Guanochanga                           |                                                                                          | Persona de contacto:                                                                 | Ligia Guanochanga                       |                                                                                     |                                                                                      |
| Dirección / Telf.:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Machachi / 0991370332 / 022311037           |                                                                                          | E-mail:                                                                              | ligia.guanochanga@735@epn.edu.ec        |                                                                                     |                                                                                      |
| <b>PARAMETROS DE LA MUESTRA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| Identificación del LAI:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | * Muestra Acrilamida + Ácido Acrílico 90/10 |                                                                                          | Fecha de muestreo:                                                                   | *10/08/2021                             |                                                                                     |                                                                                      |
| Tipo y Código de muestra:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | M-LAI-021-30-03                             |                                                                                          | Norma de muestreo:                                                                   | No especificado por el cliente          |                                                                                     |                                                                                      |
| Tipo de contenedor:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Plástico                                    |                                                                                          | Fecha inicio del ensayo:                                                             | 18/08/2021                              |                                                                                     |                                                                                      |
| Fecha de recepción:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 16/08/2021                                  |                                                                                          | Fecha entrega informe:                                                               | 24/08/2021                              |                                                                                     |                                                                                      |
| <b>CONDICIONES DE TRABAJO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| Temperatura y %HR ambiente:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 22.0 °C                                     | 35 %                                                                                     | Norma de referencia:                                                                 | ASTM E 1252                             |                                                                                     |                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                             |                                                                                          | Procedimiento interno:                                                               | PE-7.2-04                               |                                                                                     |                                                                                      |
| <b>RESULTADOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| Long onda (cm-1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Grupo Func.                                 | Rango (cm-1)                                                                             | Intensidad                                                                           | Modo de vibración                       | Nombre del Grupo                                                                    | Muestra                                                                              |
| 1315.21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | C-N                                         | 1350-1310                                                                                | Media                                                                                | Estiramiento                            | Amida                                                                               |  |
| 1315.21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | NH                                          | 1340-1250                                                                                | Media                                                                                | Deformación simétrica                   | Sal de amina                                                                        |                                                                                      |
| 1409.71                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | C-N                                         | 1420-1400                                                                                | Media                                                                                | Estiramiento                            | Amida                                                                               |                                                                                      |
| 1445.35                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | CH                                          | 1485-1445                                                                                | Media                                                                                | Deformación                             | Alcano                                                                              |                                                                                      |
| 1596.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | NH                                          | 1640-1580                                                                                | Media                                                                                | deformación simétrica                   | Sal de amina                                                                        |                                                                                      |
| 1637.27                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | C=O                                         | 1680-1630                                                                                | Fuerte                                                                               | Estiramiento                            | Carbonilo de amida                                                                  |                                                                                      |
| 2377.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | NH                                          | 2800-2000                                                                                | Media                                                                                | Sal de aminas                           | Sal de amina secundaria                                                             |                                                                                      |
| 2877.99                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | CH                                          | 2865-2843                                                                                | Fuerte                                                                               | Estiramiento simétrico                  | Alcano                                                                              |                                                                                      |
| 2923.56                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | CH                                          | 2936-2916                                                                                | Fuerte                                                                               | Estiramiento asimétrico                 | Alcano                                                                              |                                                                                      |
| 3178.11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | NH                                          | 3200-3140                                                                                | Media                                                                                | Estiramiento                            | NH de amida                                                                         |                                                                                      |
| 3324.68                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | NH                                          | 3375-3325                                                                                | Media                                                                                | Estiramiento asimétrico                 | NH de amida                                                                         |                                                                                      |
| <b>ESPECTRO EN ABSORBANCIA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                             |                                                                                          | <b>ESPECTRO EN TRANSMITANCIA</b>                                                     |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                             |                                                                                          |  |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| <b>DECLARATORIAS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Datos proporcionados por el cliente.</li> <li>- Los ensayos fueron realizados dentro de las instalaciones del laboratorio LAI.</li> <li>- Los resultados reportados corresponden únicamente a las firmas ensayadas.</li> <li>- El laboratorio no se responsabiliza por la falta ni almacenamiento de la muestra antes de llegar a las instalaciones de la Institución.</li> <li>- El muestreo es responsabilidad del cliente y los resultados aplican a las muestras como se recibieron.</li> <li>- Queda prohibida la reproducción parcial o total del presente informe sin previa autorización.</li> </ul>                                                                                            |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| <b>OBSERVACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- No existe ninguna derivación durante la ejecución del ensayo.</li> <li>- A fin de que el haz de luz del FTIR pueda traspasar la muestra, fue necesario reducir el espesor la misma, para lo cual se la calentó a 90°C y posteriormente se la presionó a 10 000 psi.</li> <li>- El grupo funcional a la longitud de onda de 1637.27 cm<sup>-1</sup> corresponde al C=O y NH presentes en la configuración C=O de amida.</li> <li>- Las longitudes de onda a 1623.09, 2021.85, 2143.74, 2310.30, 2343.09, 3768.73, 3781.72 y 3914.79i cm<sup>-1</sup> no han sido reportadas, ya que su amplitud no es significativa y su reporte podría introducir errores en la interpretación del espectro.</li> </ul> |                                             |                                                                                          |                                                                                      |                                         |                                                                                     |                                                                                      |
| Elaborado por:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                             | GABRIELA PÉREZ<br>VANESSA PÉREZ<br>GILBACCHIA                                            |                                                                                      | Revisado por:                           |                                                                                     |                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                             | Eliana Guanochanga<br>Responsable Técnica<br>0991370332 / 022311037<br>gguano@epn.edu.ec |                                                                                      | ELIANA PEÑA<br>LIZETH PEÑA<br>PONTON    |                                                                                     |                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                             | Ing. Gabriela Pérez<br>ANALISTA DE LABORATORIO                                           |                                                                                      | Ing. Eliana Peña<br>RESPONSABLE TÉCNICA |                                                                                     |                                                                                      |



**ANEXO 9. Aval de traducción**CENTRO  
DE IDIOMAS***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de titulación cuyo título versa: **"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE HIDROGELES PARA LA COSECHA DE AGUA DE LLUVIA Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN EL PERIODO 2021"**, presentado por: **Guano Rengifo Jessica Yessenia** y **Guanochanga Chicota Ligia Fernanda**, estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería en Medio Ambiente**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a las peticionarias hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 07 marzo del 2022

Atentamente,

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes



**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
CI: 0502666514