



**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

**MANABÍ**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**SEDE MANABÍ**

**CARRERA INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA PARA EL  
PRIMER TRIMESTRE DEL AÑO 2023 UTILIZANDO LISIMETRÍA DE DRENAJE EN EL  
SITIO GARRAPATA DEL CANTÓN CHONE**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**USO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

**PREVIO AL TÍTULO DE:**

**INGENIERA HIDRÁULICA**

**AUTORA:**

**DÉNISES JAMILETH MÁRQUEZ GUERRERO**

**TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**ING. JESÚS ENRIQUE CHAVARRÍA PÁRRAGA, M. SC.**

**OCTUBRE, 2023**

**CHONE – MANABÍ - ECUADOR**

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M. Sc.

**TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

---

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M. Sc.

**TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

---

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M.Sc.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Fabián Espinales Cedeño, M.Sc.

**PRIMER LECTOR**

---

Ing. Juan Fernando Quiróz, M.Sc.

**SEGUNDO LECTOR**

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de la autora, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Chone, octubre 2023

f. \_\_\_\_\_

Dénises Jamileth Márquez Guerrero

C.I: 131406719-8

Dir.: Punta y Filo, San Antonio, Chone

e-mail: [denisesm.g@outlook.com](mailto:denisesm.g@outlook.com)

Telf.: +593 961575021

## **DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información a la autora de este trabajo.

---

Dénises Jamileth Márquez Guerrero  
C.C.: 131406719-8

## DEDICATORIA

Dedico este manuscrito a mis pilares fundamentales para poder llevar a cabo este proceso educativo:

A mi padre, el Lcdo. Ángel Márquez Solórzano siendo el hombre que me brindó con el ejemplo durante todo este proceso lo que está bueno y también lo malo que como seres humanos nos encontramos a lo largo del camino. Mi querido padre, me forjó el carácter y empeño desde muy temprana edad rindiéndole frutos como lo que estoy cosechando ahora, gracias, gracias siempre papi por todo lo que dedicaste en mí, tiempo, aprendizaje, dinero; pero, sobre todo, cariño y amor. Tu hija te ama por siempre.

Y a mi madre, la Lcda. Denis Guerrero Valencia, mi gemela de vida, gracias por permitirme pertenecer dentro de ti, gracias infinitas por enseñarme lo que es el trabajo, admiro tu lucha constante y tu resiliencia permanente, gracias por siempre estar. Te ama tu hija.

Con amor:

*Dénises Jamileth*

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento sincero al Mgtr. Jesús Enrique Chavarría Párraga por su guía constante y paciente durante la ejecución de este trabajo de titulación.

Además, agradezco al Mgtr. José Ramón Alarcón Loor por siempre tener la predisposición de haberme ayudado en el proceso académico, a su vez, al Mgtr. Fabián Espinales Cedeño y Mgtr. Juan Fernando Quiróz por sus consejos y sugerencias para perfeccionar la presente investigación.

*Dénises Jamileth*

## Resumen

Esta investigación cuantitativa determinó la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) para el primer trimestre del año 2023 en el sitio Garrapata del cantón Chone, mediante lisimetría de drenaje, considerando la importancia de esta información para medir la humedad que ha perdido un cultivo o terreno de manera adecuada. Con este propósito, en este estudio de alcance descriptivo, se utilizaron tanto el método directo que comprende la lisimetría de drenaje, así como el método indirecto que comprende el uso de la cubeta evaporimétrica y el modelo de *Penman-Monteith (FAO)*. Los resultados del método directo evidencian valores ET<sub>o</sub> de 3,48 mm/día en enero; 3,66 mm/día en febrero; y 4,00 mm/día en marzo con 5% de diferencia entre ellos. Los resultados del método indirecto obtienen valores ET<sub>o</sub> de 2,82 mm/día con la cubeta y 3,69 mm/día con *Penman-Monteith* en enero; 2,48 mm/día con la cubeta y 3,74 mm/día con *Penman-Monteith* en febrero; y 5,09 mm/día con la cubeta y 4,22 mm/día con *Penman-Monteith* en marzo, con 8,6% de diferencia entre ellos. Estos resultados concuerdan con los esperados, teniendo en cuenta que para este año hubo una precipitación mayor durante el mes de marzo. En conclusión, se corrobora que las relaciones obtenidas entre los métodos empleados son las mismas que las establecidas en investigaciones pasadas, habiendo sido replicadas en la zona estudiada con total credibilidad. Se recomienda contar con datos precisos para poder realizar proyectos a futuro.

*Palabras clave:* precipitación, datos, métodos

## Abstract

This quantitative research paper measured reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) for the first quarter of 2023 at *Garrapata* Hamlet in *Chone* Canton, by using a weighing lysimeter and taking into account the importance of this information in calculating crop or soil moisture loss accurately. Accordingly, both the direct method including drainage lysimeters, as well as the indirect method including the evaporimeter cuvette and the FAO Penman-Monteith model were used in this descriptive research study. The findings from the direct method show ET<sub>o</sub> values of 48 mm/day in January; 3.66 mm/day in February; and 4.00 mm/day in March, revealing 5% difference among them. The indirect method findings show ET<sub>o</sub> values of 2.82 mm/day estimated by the cuvette and 3.69 mm/day estimated by Penman-Monteith equation in January; 2.48 mm/day estimated by the cuvette and 3.74 mm/day estimated by Penman-Monteith equation in February; and 5.09 mm/day estimated by the cuvette and 4.22 mm/day estimated by Penman-Monteith equation in March, with 8.6% difference among them. These findings agree with those expected, given that this year experienced greater precipitation in March. In conclusion, the relationship between these methods is the same as the one used in past research studies, so that it has been replicated in the area under study and has high reliability. Having accurate data to carry out future research projects is recommended.

*Keywords:* precipitation, data, methods

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	i
<b>ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL</b> .....	ii
<b>DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD</b> .....	iii
<b>DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>Resumen</b> .....	vii
<b>Abstract</b> .....	viii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	17
<b>1. Tipo de investigación</b> .....	17
<b>2. Características del lugar</b> .....	17
<b>2.1. Localización</b> .....	17
<b>2.2. Condiciones climatológicas de la zona en estudio</b> .....	17
<b>3. Equipos y materiales</b> .....	18
<b>3.1. Material de oficina</b> .....	18
<b>3.2. Material de campo</b> .....	18
<b>4. Campo experimental</b> .....	18
<b>4.1. Características del lisímetro</b> .....	18
<b>4.2. Características de la parcela</b> .....	19
<b>5. Parámetros considerados dentro de la investigación</b> .....	19
<b>6. Variables consideradas en la investigación</b> .....	19
<b>6.1. Evapotranspiración de referencia</b> .....	19
<b>6.2. Método de la lisimetría de drenaje</b> .....	21
<b>6.3. Método de la Cubeta Evaporimétrica</b> .....	23
<b>6.4. Método del modelo <i>Penman-Monteith</i> (FAO)</b> .....	24
<b>7. Métodos que se utilizaron para la investigación</b> .....	25
<b>7.1. Bibliográfico</b> .....	25
<b>7.2. Observación</b> .....	25
<b>7.3. Plan de tabulación y análisis</b> .....	26
<b>8. Tipo de estudio empleado en la investigación</b> .....	26

8.1. Descriptiva .....	26
8.2. Análisis de datos .....	27
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
1. Climatología de la zona durante el periodo de investigación .....	28
2. Evapotranspiración de referencia mediante el método directo .....	29
3. Evapotranspiración de referencia mediante los métodos indirectos .....	29
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>32</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>33</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>38</b>

## FIGURAS DEL CONTENIDO

Figura 1: Estación meteorológica INAMHI MA-162.....	17
Figura 2: Diseño del lisímetro utilizado (referencia).....	22
Figura 3: Comparación de los métodos indirectos y directo utilizados en la investigación .....	31
Figura 4: Evapotranspiración de referencia mediante el método directo de enero a marzo del 2023.....	47
.....	48
Figura 5: Evapotranspiración de referencia mediante el método indirecto de enero a marzo del año 2023.....	48
Figura 6: Estación Meteorológica INAMHI MA-162 .....	48
Figura 7: Parcela que se investigó .....	49
Figura 8: Tubo del lisímetro .....	49
Figura 9: Tensiómetro dentro de la parcela en estudio .....	50
Figura 10: Mes de enero .....	50
Figura 11: Mes de febrero.....	51
Figura 12: Mes lluvioso marzo .....	51

## TABLAS DEL CONTENIDO

<b>Tabla 1:</b> Características del lisímetro.....	18
<b>Tabla 2:</b> Características de la parcela en estudio .....	19
<b>Tabla 3:</b> Datos climatológicos de enero a marzo del año 2023 .....	28
<b>Tabla 4:</b> Lisimetría de drenaje de enero a marzo del 2023 .....	29
<b>Tabla 5:</b> Evapotranspiración de referencia mediante el método indirecto de enero a marzo del año 2023.....	30
<b>Tabla 6:</b> Datos climatológicos del mes de enero del 2023 .....	38
<b>Tabla 7:</b> Datos climatológicos del mes de febrero del 2023.....	39
<b>Tabla 8:</b> Datos climatológicos del mes de marzo del 2023 .....	40
<b>Tabla 9:</b> Datos del lisímetro durante el mes de enero del 2023 .....	41
<b>Tabla 10:</b> Datos del lisímetro durante el mes de febrero del 2023 .....	42
<b>Tabla 11:</b> Datos del lisímetro durante el mes de marzo del 2023.....	43
<b>Tabla 12:</b> Datos de insolación durante el mes de enero del 2023 .....	44
<b>Tabla 13:</b> Datos de insolación durante el mes de febrero del 2023 .....	45
<b>Tabla 14:</b> Datos de insolación durante el mes de marzo del 2023.....	46
<b>Tabla 15:</b> Datos finales promediados desde enero hasta marzo del 2023 .....	47
<b>Tabla 16:</b> Datos finales de la evapotranspiración de referencia con los diferentes métodos de enero a marzo del 2023.....	47

**FÓRMULAS DEL CONTENIDO**

Fórmula 1: Evapotranspiración de referencia mediante el método de la cubeta .....	23
Fórmula 2: Evapotranspiración de referencia del cultivo mediante <i>Penman-Monteith</i> (FAO)....	24

## INTRODUCCIÓN

La evapotranspiración de referencia se determina por ser la combinación de dos procesos por los cuales se pierde agua, el primero la evaporación del agua de la superficie del suelo y el segundo la transpiración del cultivo, es por ello que, todos los factores que son parte de la evaporación y de la transpiración, influirán en la evapotranspiración. El conocimiento de la evapotranspiración es un factor que determina el diseño de los sistemas de riego, y a su vez, las obras de almacenamiento, conducción, distribución y drenaje. Se detalla que el volumen útil de una presa para abastecer a una zona de riego va a depender en gran medida del uso consuntivo de un terreno (Tenorio, 2015).

También, en el transcurso que se va dando la evaporación, el aire evaporado se satura gradualmente teniendo un proceso lento hasta que finaliza, todo esto ocurre en beneficio que el aire mojado circundante se transfiera a la atmósfera, es por ello que, el cambio que exista del aire saturado dependerá grandemente de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son los principales parámetros climatológicos que se consideran dentro del proceso de la evaporación (FAO, 2006).

Para el autor Grillo, (1971) no se ha encontrado un mejor método para determinar la evapotranspiración, ya que, los diferentes métodos que se utilizan varían en sentido de precisión para períodos cortos y largos; en base a eso, menciona que para poder trabajar con un método en específico dependerá de las circunstancias en general. Este autor también hace mención a los numerosos intentos que se han hecho para obtener resultados aproximados de evaporación en base a información meteorológica, recalando que estos son tomados con otros propósitos diferente.

Actualmente, en base a los estudios planteados existen diversas formas para determinar la evapotranspiración como la medición del balance de agua en el suelo; este método consiste en la evaluación de los flujos de agua que entran y salen de la zona radicular de un cultivo dentro de un tiempo determinado. El proceso sería que mientras el riego y la precipitación proporcionan agua a la zona radicular, parte de riego y precipitación pueden perderse por escurrimiento superficial y percolación profunda y esta recargará la capa freática. Pero existe la opción de que el agua sea transportada hacia la superficie por medio de la capilaridad desde la capa freática sub-superficial hacia la zona de raíces (FAO, 2006).

En base a los resultados que se espera, y teniendo en cuenta que existe un poco de problema al poder obtener datos precisos de campo, la evapotranspiración es calculada mediante datos meteorológicos. Hay que destacar que no todos los métodos se pueden aplicar bajo las mismas condiciones con las que fueron desarrolladas originalmente en algún estudio anterior. Destacando todas las investigaciones de varios autores, el método *Penman-Monteith* (FAO) es el recomendado como el método estándar para el cálculo de la evapotranspiración de referencia (FAO, 2006).

Se menciona también que, dentro de un estudio para evapotranspiración de referencia, los autores Toro, Arteaga, Vázquez, & Ibáñez (2015) concluyen que en todas las zonas de estudio que se ajustaron al modelo *Penman-Monteith* (FAO) tuvieron resultados excelentes, por lo cual se recomienda este tipo de modelo para estudios posteriores. Es por ello que, para determinar la evapotranspiración es necesario el conocimiento de los métodos en estudio para poder elegir el que favorezca a la investigación.

El uso de parámetros estadísticos para este trabajo es esencial y mediante el lisímetro obtendremos la evapotranspiración de referencia para cultivos generales del sitio Garrapata del

cantón Chone en el periodo lluvioso, es por ello que se necesita conocer sobre la metodología y funcionalidad de los lisímetros, teniendo en cuenta el diseño, instalación y calibración del mismo, tomando en cuenta que su uso será directo y exacto para medir la evapotranspiración del suelo (Salazar, 2020).

Por último, el objetivo de esta investigación fue determinar mediante lisimetría de drenaje la evapotranspiración de referencia para el primer trimestre del año 2023 en el sitio Garrapata del cantón Chone. Teniendo en cuenta que para poder cumplir con el objetivo general esperado también se puso en ejecución el comprobar la evapotranspiración de referencia para el sitio Garrapata del cantón Chone para el primer trimestre del año 2023 por medio de lisimetría de drenaje y así relacionar la evapotranspiración de referencia utilizando los métodos indirectos de *Penman-Monteith* (FAO) y la cubeta evaporimétrica con lisimetría de drenaje.

## MATERIALES Y MÉTODOS

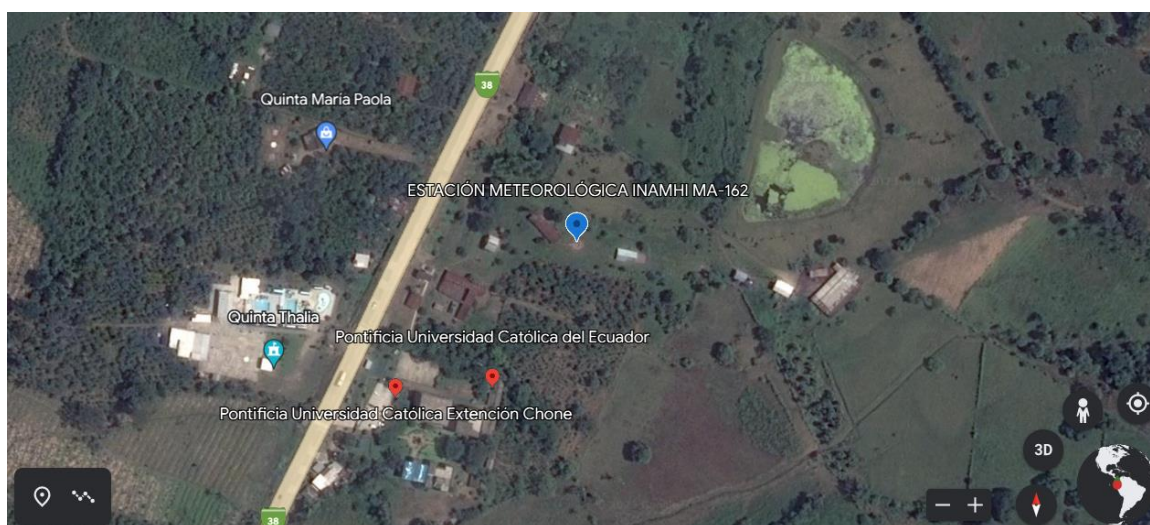
### 1. Tipo de investigación

Esta investigación que se realizó fue de tipo aplicada, para poder así comprobar toda la teoría argumentada con lo práctico en el campo.

### 2. Características del lugar

#### 2.1. Localización

Esta investigación se realizó en el cantón Chone, parroquia rural Ricaurte, en la finca de la PUCE – Manabí sede Chone, en una parcela cerca de la estación meteorológica INAMHI MA-162 la cual cuenta con una altitud de 31,88msnm, ubicada dentro de las instalaciones de la Universidad. Las coordenadas del lugar de estudio son Pucem Chone, 9X97+6G6, E38, Chone, el desarrollo de este proyecto fue durante el mes de enero a marzo del 2023.



**Figura 1:** Estación meteorológica INAMHI MA-162  
**Fuente:** Google Earth, (2023)

#### 2.2. Condiciones climatológicas de la zona en estudio

En el cantón Chone existe una estación climatológica ubicada al noreste de su zona urbana; según los datos de la estación, el clima de la zona es tropical, la temperatura del aire

tiene una media anual de 25,6 °C, también una máxima media anual de 33,6 °C y por último una mínima media anual de 20,1 °C. La precipitación máxima para la zona durante un día registró un valor de 51,8 mm, todo esto para el año 2015 (Ayala, Carrera, & Tierra, 2018).

### 3. Equipos y materiales

#### 3.1. Material de oficina

- ❖ Libro de toma de datos de la Estación Meteorológica Chone
- ❖ Computador
- ❖ Cuaderno de apuntes
- ❖ Lapicero
- ❖ Calculadora
- ❖ Microsoft Excel
- ❖ Microsoft Word

#### 3.2. Material de campo

- ❖ Lisímetro de drenaje
- ❖ Bidón para captar el agua drenada (30litros)
- ❖ Tubos PVC para el drenaje del lisímetro
- ❖ 2 Tensiómetros
- ❖ Probeta

### 4. Campo experimental

#### 4.1. Características del lisímetro

Ancho	1 m
Largo	1 m
Profundidad	1 m
Volumen	1 m <sup>3</sup>

**Tabla 1:** Características del lisímetro  
**Fuente:** Elaboración propia

## 4.2. Características de la parcela

Ancho	2,50 m
Largo	2,50 m
Número de plantas	Entre 6 a 7 hileras de 30cm x 30cm
Volumen	6,25 m <sup>2</sup>

**Tabla 2:** Características de la parcela en estudio

**Fuente:** Elaboración propia

## 5. Parámetros considerados dentro de la investigación

- ❖ Evapotranspiración de referencia
- ❖ Climatología de la zona

## 6. Variables consideradas en la investigación

### 6.1. Evapotranspiración de referencia

Ante todo, la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) se define como un parámetro agrometeorológico que tiene importancia para algunas áreas de estudio como lo es la geotecnia, climatología y la hidrología, teniendo en cuenta que lo más importante es el cálculo de la evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>) para poder así determinar los demás parámetros (Ramos, Quej, Carrillo, Aceves, & Rivera, 2021). La ET<sub>o</sub> es definida como la evapotranspiración de una superficie de referencia hipotética que presentan características específicas para un suelo que está siendo estudiado.

Así pues, siendo la evapotranspiración una de las principales pérdidas de agua en regiones semiáridas, es motivo para que su estimación sea importante para hacer los balances hídricos en suelos que están determinados para la agricultura y los que cuentan con vegetación

natural. Los recursos hídricos para la agricultura son cada vez menores, esto se debe al crecimiento de la población, por la necesidad en varios sectores con el uso del agua, la sequía y el bajo nivel de la calidad del agua. Es por ello que, la medición de la evapotranspiración en la agricultura es una variable importante para los proyectos que se desean realizar o simplemente para lo que se desea sembrar como parte del consumo humano (Mendoza, y otros, 2019).

También, la evaporación cuenta con el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua llamada vaporización y luego se retira de la superficie evaporante llamada remoción de vapor; teniendo en cuenta que el agua se evapora de una variedad de superficies, como los lagos, los ríos, los caminos, el suelo y mayormente de la vegetación mojada, y para que exista el cambio del agua de líquido a vapor se requiere energía, por eso, la radiación solar directa es la que proporciona ésta energía. En base a lo mencionado, la fuerza para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor en la superficie y la presión de vapor de la atmósfera (FAO, 2006).

Es por ello, que ante el cambio climático que se manifiesta para nuestro país, la disminución de las precipitaciones anuales en algunas áreas juntamente con concentración de dichas precipitaciones de lo cual, se esperan impactos económicos; se hace menester en la producción agrícola un manejo de recurso hídrico de manera eficiente, eficaz, racional y en armonía con el ambiente. No obstante, el área de la agricultura es la segunda mayor consumidora de agua principalmente para la producción de alimentos. Lo anterior nos conlleva a la necesidad de aplicar el agua que realmente necesitan los cultivos sin desperdicio ni falta de dicho recurso y para lograr este objetivo se necesita medir el consumo (Chavarría, Morales, & Soto, 2023).

## **6.2. Método de la lisimetría de drenaje**

Los lisímetros son aparatos que llegan a medir la evapotranspiración del cultivo desde dentro del suelo. Mediante estos se hacen procedimientos más adecuados para medir de manera directa la evapotranspiración del cultivo (Ore, 2021).

El método de este aparato consta en medir la evapotranspiración por un lapso dado de tiempo, y luego, se resta el agua que ha sido drenada la cual es recogida en el fondo de los lisímetros, con la porción total de agua ingresada. Para que los lisímetros funcionen correctamente la vegetación dentro y fuera del lisímetro debe ser idéntica (Morocho, 2022).

Por otro lado, el agua en el suelo sufre cambios y procesos físicos de todo tipo, por ello, la evapotranspiración es una medida muy utilizada porque le permite al cultivo conocer su consumo hídrico, por tanto, nos da exactamente las necesidades hídricas a aportar en forma de riego, sin embargo, el método del lisímetro puede calcularlo de forma directa previa a su calibración y validación el mismo consumo hídrico que posee (Ruiz, 2014).

### **6.2.1. *Uso del lisímetro***

Para el uso de los lisímetros, estos son más usados es en la estimación de evapotranspiración para calibrar y validar los datos de diferentes modelos de evapotranspiración que se pueda determinar dentro de una parcela. Constituida como una herramienta apta para la planificación del riego, para la gestión integral de los recursos hídricos y también estudios medioambientales (Gonzales, Quintero, Flórez, & Quintero, 2020).

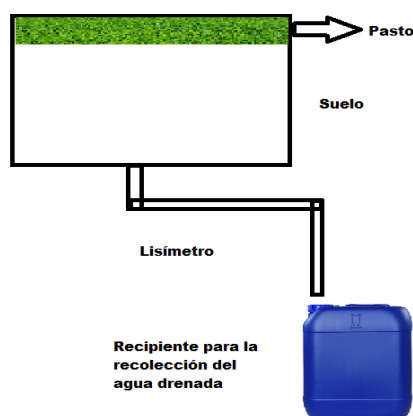
Por último, destacan que los lisímetros pueden llegar a producir valores erróneos de evapotranspiración a menos que su construcción y operación tenga ciertos requisitos en regla. Un lisímetro que esté diseñado de la mejor manera y opere correctamente constituye indudablemente

los datos más precisos y seguros para determinar la evapotranspiración de cualquier tipo de suelo. Los lisímetros deben tener muestras representativas de la localidad para que así puedan dar información de evapotranspiración real (Grillo, 1971).

### 6.2.2. Tipo de lisímetro utilizado

Siendo el lisímetro de percolación el utilizado en este estudio, siendo el método directo y exacto para medir la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>o</sub>), a partir de una estructura que recoge parte del suelo cultivado llamado lisímetro, todo esto, durante un período determinado de tiempo. Aunque no siempre se dispone de estos aparatos, los lisímetros se utilizan muy habitualmente dentro del área agrícola (Ruíz & Terán, 2023).

Por otro lado, para el método del lisímetro se utiliza la ecuación del balance hidrológico que determina la cantidad de agua perdida por evapotranspiración. La ET<sub>o</sub> se obtiene midiendo la cantidad de agua suministrada y restándole la cantidad percolada. Este procedimiento tiende a asumir que existe la misma humedad al inicio y fin de cada período porque el suelo se mantiene casi constantemente cerca de la Capacidad de Campo (Grillo, 1971).



**Figura 2:** Diseño del lisímetro utilizado (referencia)

**Fuente:** Elaboración propia

### 6.3.Método de la Cubeta Evaporimétrica

El tanque o cubeta evaporimétrica se desarrolló en los Estados Unidos por el Servicio Nacional del Clima, este método es muy utilizado en zonas agrícolas para el buen uso y planificación del agua de riego; debido a que mide el efecto del clima, este es de fácil lectura y es económico para su aplicación dentro del área. Para estimar la evapotranspiración con este método se necesita conocer el coeficiente del tanque y puede determinarse a través de varios métodos (Ortiz, Tamayo, Chile, & Méndez, 2018).

La radiación, la temperatura, la humedad y el viento influyen sobre la cantidad de agua que se evapora en una superficie de agua libre y también los elementos climáticos sobre la evaporación del cultivo. Por tal razón, es apropiado que se calcule la evapotranspiración potencial utilizando el método de la cubeta evaporimétrica, porque resulta de fácil accesibilidad a los datos por utilizar (Maidana, 2015). Este método dentro del proyecto investigativo planteado es el que se utilizará para la comparación mediante la lisimetría de drenaje y así poder determinar la diferencia o semejanza de ambos métodos.

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

**Fórmula 1:** Evapotranspiración de referencia mediante el método de la cubeta

**Donde:**

**E<sub>to</sub>** = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

**K<sub>p</sub>** = Coeficiente de la cubeta (depende del tipo de cubeta, clima medio en la que se encuentra).

**E<sub>p</sub>** = Evaporación de la cubeta (mm/día).

#### 6.4.Método del modelo *Penman-Monteith* (FAO)

En base a la dificultad para obtener datos de lisímetro de ETo, se tomaron como datos observados la evapotranspiración de referencia obtenida por el método de *Penman-Monteith* (FAO), el cual es recomendado por los expertos como único método estándar para el cálculo de evapotranspiración (Chacpi, 2019).

La aplicación del método de *Penman-Monteith* (FAO), requiere las observaciones de datos comúnmente medidas por la estación meteorológica, por ejemplo, temperaturas máximas y mínimas del aire, la radiación solar, la humedad relativa máxima, la velocidad del viento, y también detalles del sitio de latitud y altitud (Valiantzas, 2013). Para este modelo tenemos el recurso de los datos de la estación meteorológica situada en la finca de la Universidad que está ubicada en el sitio Garrapata del cantón Chone y con los datos proporcionados podemos estimar la media para la ejecución de la determinación de la evapotranspiración de referencia.

$$E_{to} = \frac{0,408\Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

**Fórmula 2:** Evapotranspiración de referencia del cultivo mediante *Penman-Monteith* (FAO)

**Donde:**

**ETo** = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

**Rn** = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m<sup>2</sup> /día)

**G** = Densidad de flujo de calor del suelo (MJ/m<sup>2</sup> /día)

**T** = Temperatura del aire de 2m de altura °C

**U2** = Velocidad de viento a 2m de altura (m/s)

**es** = Presión de vapor de saturación (KPa)

**ea** = Presión real del vapor (KPa)

$e_s - e_a$  = Déficit de presión de vapor (KPa)

$\Delta$  = Bajada de la curva de presión de vapor (KPa / °C)

$\gamma$  = Constante psicométrica (KPa/°C)

## **7. Métodos que se utilizaron para la investigación**

En cuanto a los métodos para la recolección de información de esta tesis fueron los siguientes:

### **7.1. Bibliográfico**

El método bibliográfico consiste en detectar, obtener y consultar bibliografía y otros materiales que den informaciones recogidas de cualquier tipo de realidad, para que esta pueda ser útil para el propósito del estudio y también la relación que se pueda brindar con la investigación planteada de evapotranspiración. En este caso, este tipo de recolección de información inicia con las fuentes secundarias de datos como las que son obtenida indirectamente a través de documentos bibliográficos referentes a la evapotranspiración de referencia y demás análisis que se basa la investigación, todos estos son en referencia a estudios pasados o históricos (BASTIS CONSULTORES., 2020).

### **7.2. Observación**

Este método trata en la indagación sistemática la cual es dirigida a estudiar los aspectos más significativos de los objetos, los hechos, las situaciones sociales o las personas en el contexto donde se desarrollan normalmente. La observación para este proyecto fue principalmente el estudio diario que se le realizó a la precipitación, evaporación y al drenaje que la parcela de estudio estuvo sujeta; lo que buscamos con esto es fundamentar en la búsqueda del

realismo y la interpretación del medio con el que se hizo la investigación para dar con resultados coherentes y reales para el tiempo establecido de estudio (BASTIS CONSULTORES., 2020).

### **7.3. Plan de tabulación y análisis**

En cuanto al plan de tabulación, este consistió en determinar qué resultados de las variables que hemos desarrollado se presentó y que relaciones entre las variables del estudio necesitaron ser analizadas, todo ello con la finalidad de dar respuesta al problema, a los objetivos y las hipótesis del estudio. Desde la perspectiva de la elaboración de datos dispone la preparación de un plan de tabulación el cual consiste en prever los objetivos y las hipótesis, y también permiten la presentación de la información de un modo claro y sistemático (Moreno, 2021). Todo este método se desarrolló mediante un Excel en el cual se generaron los datos diarios que resultaron por el periodo en estudio en cuanto a la precipitación y drenaje que iba proporcionando la Estación Meteorológica.

## **8. Tipo de estudio empleado en la investigación**

Los tipos de estudios que se utilizaron para esta investigación fueron dos, el tipo de investigación descriptiva y el análisis de datos.

### **8.1. Descriptiva**

Se menciona que la investigación descriptiva tienden a analizar las características de una población o un fenómeno, por eso, lo que hace es definir, clasificar, dividir o resumir un tema en específico ante cualquier resultado que este arroje (Rus, 2021). Es por ello que, este tipo de investigación nos ayudó a describir los resultados que se presentaron en los métodos directos y los métodos indirectos que se estudiaron dentro de la investigación. Dando como resultado los

datos en promedio de la lisimetria de drenaje y de la cubeta evaporimétrica con el modelo de la FAO.

## **8.2.Análisis de datos**

Este análisis es parte del método cuantitativo y usa la recolección de datos para comprobar las hipótesis en base a la medición numérica y el análisis estadístico que se ha realizado previamente. En esta investigación lo que se buscó es probar las teorías que ya están descrita por más autores, pero con los datos que empíricamente se han recolectado y siendo estos un tipo de información nueva y única, analizaremos y ponderaremos en promedio los datos para así obtener los resultados finales y con estos poder comparar entre los dos métodos que se emplearán en este proyecto (Benoit, 2015). Los datos que se analizaron fueron dentro de una tabla de Excel y allí se estimó en promedio cada uno de los datos solicitados para la obtención de la evapotranspiración.

## RESULTADOS

### 1. Climatología de la zona durante el periodo de investigación

Dentro de los resultados obtenidos de la climatología, se observa en la tabla 3 los resultados meteorológicos de forma mensual levantados de la estación de INAMHI MA-162 cercana a la parcela de investigación. Durante el mes de enero se obtuvo una temperatura máxima de 31,43°C y una temperatura mínima de 21,50°C, la humedad relativa de 82,23%, la velocidad del viento de 1,10 m/s y la heliofanía de 2,50 hora sol/día; en cuanto al mes de febrero, se obtuvo una temperatura máxima de 31,70°C y una temperatura mínima de 21,70°C, la humedad relativa de 86,82%, la velocidad del viento de 1,00 m/s y la heliofanía de 3,30 hora sol/día; por último, durante el mes de marzo se obtuvo una temperatura máxima de 31,70°C y una temperatura mínima de 21,60°C, la humedad relativa de 86,52%, la velocidad del viento de 0,70 m/s y la heliofanía de 4,50 hora sol/día.

**Tabla 3:** Datos climatológicos de enero a marzo del año 2023

Mes	T. máx °C	T. min °C	HR %	Vv m/s	H hora sol/día
Enero	31,43	21,50	82,23	1,10	2,50
Febrero	31,70	21,70	86,82	1,00	3,30
Marzo	31,70	21,60	86,52	0,70	4,50

*Nota:* Esta tabla representa T. máx °C (temperatura máxima en grado Celsius), T. min °C (temperatura mínima en grado Celsius), HR% (humedad relativa en porcentaje), Vv m/s (velocidad del viento en metro sobre segundos) y H hora sol/día (heliofanía en hora sol por día).

## 2. Evapotranspiración de referencia mediante el método directo

En la tabla 4 se observan los resultados de evapotranspiración de referencia a través del método directo de lisimetría de drenaje, durante el mes de enero hasta el mes de marzo del 2023; donde el lisímetro al poseer una porción de suelo en su interior, nos permite medir el movimiento del agua considerando lo que se evapora, escurre y retiene; en conjunto con los datos meteorológicos del lugar se reduce la incertidumbre con respecto a los valores de evapotranspiración calculados.

Durante el mes de enero el ETo fue de 3,48 mm/día; el mes de febrero el ETo fue de 3,66 mm/día, por último, durante el mes de marzo el ETo fue de 4,00 mm/día. En la parte de anexo figura 3 se detalla los datos que se muestran a continuación.

**Tabla 4:** Lisimetría de drenaje de enero a marzo del 2023

Mes	Lisimetría de drenaje (mm/día)
Enero	3,48
Febrero	3,66
Marzo	4,00

*Nota:* En esta tabla están detallados los datos por mes del método directo como lo es la lisimetría de drenaje en milímetro día en relación con los demás métodos.

## 3. Evapotranspiración de referencia mediante los métodos indirectos

Se observa en la tabla 5 los resultados de la evapotranspiración de referencia mediante los métodos indirectos de *Penman-Monteith* (FAO) y de la Cubeta Evaporimétrica desde enero a marzo del 2023.

Durante el mes de enero por el método de la cubeta evaporimétrica se obtuvo un valor de 2,82 mm/día y por el método de *Penman-Monteith* (FAO) se obtuvo un valor de 3,69 mm/día; durante el mes de febrero por el método de la cubeta evaporimétrica se obtuvo un valor de 2,48 mm/día y por el método de *Penman-Monteith* (FAO) se obtuvo un valor de 3,74 mm/día; y por último, en el mes de marzo por el método de la cubeta evaporimétrica se obtuvo un valor de 5,09 mm/día y por el método de *Penman-Monteith* (FAO) se obtuvo un valor de 4,22 mm/día.

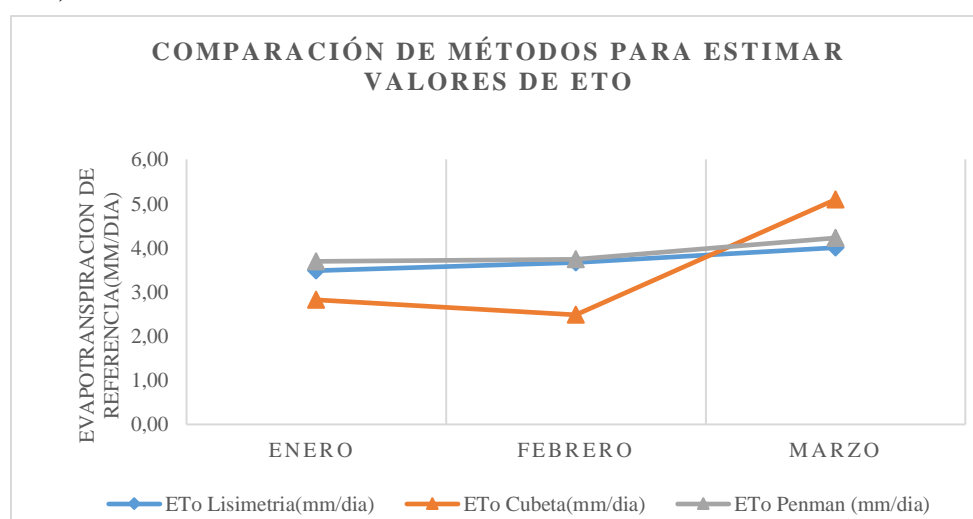
Dentro de los métodos indirectos durante el mes de enero existió una desigualdad referente a la evapotranspiración de referencia de 0,87 mm/día entre el método de la cubeta evaporimétrica y el método de *Penman-Monteith* (FAO), representando una diferencia porcentual del 21,80%; durante el mes de febrero existió una desigualdad de 1,26 mm/día entre el método de la cubeta evaporimétrica y el método de *Penman-Monteith* (FAO), representando una diferencia porcentual del 24,80%; por último, durante el mes de marzo existió una desigualdad negativa de 0,87 mm/día entre el método de la cubeta evaporimétrica y el método de *Penman-Monteith* (FAO), representando una diferencia porcentual del -20,6%. En la parte de anexo figura 4 se detalla los datos que se muestran a continuación.

**Tabla 5:** Evapotranspiración de referencia mediante el método indirecto de enero a marzo del año 2023

Mes	Cubeta Evaporimétrica (mm/día)	<i>Penman-Monteith</i> (FAO) (mm/día)
Enero	2,82	3,69
Febrero	2,48	3,74
Marzo	5,09	4,22

**Nota:** En esta tabla se detallan los datos resultantes por mes de los métodos de la Cubeta Evaporimétrica en milímetro día y del método de *Penman-Monteith* FAO en milímetro día.

Al comparar el método de evapotranspiración mediante el de la cubeta evaporimétrica con el de lisimetría de drenaje, en enero posee una diferencia porcentual positiva del 19%, en febrero una diferencia porcentual positiva del 32,2% y en marzo una diferencia porcentual negativa del -27,2%. Comparando la metodología de evapotranspiración mediante *Penman-Monteith* (FAO) con lisimetría de drenaje, en enero posee una diferencia porcentual negativa del -6%, en febrero una diferencia porcentual negativa del -2,2% y marzo una diferencia porcentual negativa del -5,5%.



**Figura 3:** Comparación de los métodos indirectos y directo utilizados en la investigación

## DISCUSIÓN

Dentro de la investigación planteada se comprobó que la evapotranspiración de referencia para el primer trimestre del año 2023 para el sitio Garrapata del cantón Chone se la pudo realizar con el método de lisimetría de drenaje, obteniendo resultados de evapotranspiración diferentes porque la realidad del clima y la temporada que se estudió fue diferente para cada mes. En artículos que se analizó, los autores León, Montalvo, & Alarcón, (2016) detallan como un ejemplo de todos los estudios realizados para la obtención de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) que existe en base al análisis de lisímetro de drenaje y varios métodos empleados para darle relación al lisímetro y así obtener un factor de ajuste para los valores reales dentro del periodo estudiado, todo en beneficio del desarrollo del cultivo desde el inicio hasta su finalización.

Los métodos de la cubeta evaporimétrica y el modelo de Penman Monteith (FAO) al ser comparados con los resultados de la lisimetría de drenaje si arrojaron datos diferentes en cuanto a métodos, quizá porque uno es un método empírico y el otro parte desde los datos ingresados a una fórmula, dando como resultados los métodos indirectos del estudio de la investigación. Dentro de lo que resultó los autores Tarazona, Chavarría, & Moreira, (2021) en el artículo que describen sobre la utilización de la lisimetría de drenaje también aplican los métodos que se ejecutaron dentro de este trabajo investigativo y se puede observar que son datos similares entre meses. Estadísticamente la lisimetría de drenaje y el modelo de la cubeta evaporimétrica tuvieron un desfase considerable teniendo en cuenta la época de estudio, y el método de Penman también tuvo sus cambios en cada mes. Finalmente, el autor Acuña, (2020) hace mención que todo esto tiene relación en el resultado que se desea obtener, los métodos que se emplean en esta investigación llegaron a un mismo resultado, por ello, estos métodos empíricos y con estudios de años atrás son los que se estima dan resultados validados.

## CONCLUSIONES

Para esta investigación se logró cumplir con los objetivos planteados anteriormente, primero se comprobó el cálculo de la evapotranspiración de referencia por medio de la lisimetría de drenaje, mediante una tabla de Excel se pudo extraer los datos del lisímetro y poder así obtener la evapotranspiración de la parcela en estudio. Los datos fueron los esperados con resultados para el mes de enero de 3,48 mm/día, el mes de febrero de 3,66 mm/día y marzo de 4,00 mm/día.

También, existe la comparación entre los dos modelos que se trabajó que fueron el de la cubeta evaporimétrica y el modelo de Penman Monteith con los datos resultantes del primer objetivo que era la lisimetría de drenaje también se cumplió y dieron muy similares ya que para enero se obtuvo 2,82 mm/día con la cubeta y con Penman 3,69 mm/día, febrero obtuvo 2,48 mm/día con la cubeta y con Penman 3,74 mm/día y por último marzo que obtuvo 5,09 mm/día con la cubeta y con Penman 4,22 mm/día. Es importante que estos métodos estén enlazados entre sí porque para estudios de diversas investigaciones son los métodos más comunes para la elaboración de este tipo de investigación y poder reconocer la evapotranspiración de referencia que tiene un suelo o una planta.

Por último, es de concluir que el método de lisimetría de drenaje es el que posee mayor exactitud por los datos resultantes obtenidos de la evapotranspiración de referencia debido a las variables de campo que se ajustan a la realidad de la zona que se estudió.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, M. (2020). Calibración de las fórmulas empíricas de evapotranspiración de referencia, respecto a la evaporación del tanque tipo A, en la estación de Purhuay-Huary periodo 2014 - 2018. *Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo*.
- Ayala, M., Carrera, D., & Tierra, A. (2018). Relación espacio-temporal entre estaciones utilizadas para el relleno de datos de precipitación en Chone, Ecuador. *Universidad de los Andes*, 298-313.
- BASTIS CONSULTORES. (2 de Marzo de 2020). *Técnicas de recolección de datos para realizar un trabajo de investigación*. Obtenido de Online-Tesis: <https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/>
- Benoit, I. (25 de Marzo de 2015). *Analisis de datos cuantitativos*. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/idaliabenoit/analisis-de-datos-cuantitativos-46294594>
- Chacpi, L. (2019). *Modelos para estimar la evapotranspiración de referencia con las ecuaciones de Hargreaves y Turc, respecto de la ecuacion estandar Penman Monteith. sector Mataquitas-Jangas-Huaraz 2013*. Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Chavarría, A., Morales, M., & Soto, F. (2023). Evapotranspiración de referencia, evapotranspiración real y el coeficiente de cultivo para el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) c.v. Álvara promedio en invernadero. *Tecnología en Marcha*, 65-77.
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. *ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE*.

Gonzales, C., Quintero, M., Flórez, V., & Quintero, Q. (Mayo de 2020). *Lisímetros volumétricos*.

Obtenido de researchgate:

[https://www.researchgate.net/publication/341273194\\_Lisímetros\\_volumétricos](https://www.researchgate.net/publication/341273194_Lisímetros_volumétricos)

Google Earth. (2023). Mapa. *Estación Meteorológica INAMHI MA-162*. Chone, Manabí, Ecuador.

Grillo, M. (1971). *Determinación de la evapotranspiración con lisímetro*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

León, J., Montalvo, N., & Alarcón, P. (2016). Determinación del coeficiente del cultivo y parámetros biométricos basados en imágenes captadas con drone, lisímetros de drenaje y métodos indirectos para el cultivo de papa solanum spp. *Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM*, 177-188.

Maidana, J. (2015). *Método de la cubeta evaporimétrica*. Obtenido de slideplayer:

<https://slideplayer.es/slide/4262641/>

Mendoza, C., Ojeda, W., Sifuentes, E., Quevedo, A., Flores, H., Ramírez, C., & Ascencio, R. (2019). Estimación de la evapotranspiración de referencia mediante atmómetro con fines de calendarización de riego. *Idesia (Arica)*.

Moreno, E. (3 de Abril de 2021). *Plan de tabulación*. Obtenido de BlogSpot: <https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2021/04/plan-de-tabulacion.html>

Morocho, E. (2022). *Comparación de tres métodos de riego y ajustes del uso consuntivo (Kc) mediante lisimetría en el cultivo de cebolla (Allium cepa L) var. Burguesa En la estación experimental Tunshi*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Ore, R. (2021). *Evapotranspiración y programación de riego en cinco especies de pastos naturales alto andinas, Allpachaca - Ayacucho - 2018*. Perú: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- Ortiz, R., Tamayo, C., Chile, M., & Méndez, A. (2018). Coeficiente del tanque evaporímetro Clase A para estimar la evapotranspiración de referencia para el valle de Tumbaco. *Universidad Central del Ecuador*.
- Ramos, L., Quej, L., Carrillo, E., Aceves, E., & Rivera, B. (2021). Estimación de la evapotranspiración de referencia con datos de temperatura: una comparación entre técnicas de cálculo convencionales y de inteligencia artificial en una región cálida-subhúmeda. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 32-81.
- Ruiz, J. (2014). Los lisímetros. Instrumentos para conocer el balance hídrico del suelo. *Agromática*.
- Ruíz, J., & Terán, J. (2023). *Evapotranspiración de los cultivos y lisimetría*. Ecuador: ESPOCH.
- Rus, E. (1 de Enero de 2021). *Investigación descriptiva*. Obtenido de economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html>
- Salazar, F. (2020). Diseño, instalación y calibración de siete bloques de lisímetros para ajustar el coeficiente de cultivo (Kc). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.
- Tarazona, N., Chavarría, J., & Moreira, J. (2021). Necesidades hídricas del cultivo de maíz blanco utilizando el lisímetro de drenaje. *Revista de Ciencias Agropecuarias "ALLPA"*.
- Tenorio, A. (2015). Determinación de la evapotranspiracion por método del lisímetro y Método de Hargreaves. *Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga*, 11.

- Toro, M., Arteaga, R., Vázquez, A., & Ibáñez, A. (2015). Modelos para estimar la evapotranspiración de referencia en la zona norte bananera del Urabá Antioqueño (Colombia). *Universidad Autónoma Chapingo*.
- Valiantzas, J. (2013). Formularios simplificados para la evapotranspiración de referencia estandarizada FAO-56 Penman-Monteith utilizando datos meteorológicos limitados. *Revista de Hidrología*, 13-23.

## ANEXO

ENERO								
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)	Evp (mm/día)
01/01/23	16,3	13,04	33,00	20,00	76	1,33	114,912	5,25
02/01/23	0	0	31,00	21,20	82	1,33	114,912	3,30
03/01/23	0	0	30,00	21,20	83	0,66	57,024	3,00
04/01/23	0,1	0,08	32,00	21,00	81	2	172,8	4,00
05/01/23	0	0	30,00	21,20	83	0,66	57,024	3,75
06/01/23	0	0	33,60	21,00	79	0,66	57,024	5,25
07/01/23	0	0	29,00	21,00	88	1,33	114,912	4,75
08/01/23	0,7	0,56	29,00	22,00	89	0,66	57,024	2,50
09/01/23	0	0	31,00	21,00	90	1,33	114,912	2,75
10/01/23	0	0	29,00	22,00	83	0,66	57,024	3,00
11/01/23	0	0	29,00	21,20	85	0,66	57,024	1,50
12/01/23	0	0	32,80	21,00	77	1,33	114,912	3,00
13/01/23	2,6	2,08	34,00	21,00	71	2	172,8	4,25
14/01/23	2,4	1,92	31,80	21,00	81	1,33	114,912	1,60
15/01/23	0,5	0,4	31,60	20,20	73	1,33	114,912	4,00
16/01/23	0	0	32,60	21,00	88	0,66	57,024	3,00
17/01/23	0	0	31,20	22,00	84	1,33	114,912	4,50
18/01/23	0	0	34,00	22,00	83	0,66	57,024	5,25
19/01/23	0,5	0,4	31,00	22,00	85	0,66	57,024	3,00
20/01/23	0	0	30,00	22,00	80	1,33	114,912	4,00
21/01/23	0	0	32,20	22,00	78	1,33	114,912	3,00
22/01/23	1,2	0,96	32,00	20,20	100	0,66	57,024	2,30
23/01/23	2,2	1,76	33,00	22,00	78	2	172,8	4,25
24/01/23	1,8	1,44	29,20	22,00	86	1,33	114,912	2,20
25/01/23	8,5	6,8	33,00	22,00	74	0,66	57,024	4,30
26/01/23	5,5	4,4	32,00	22,00	85	0,66	57,024	5,80
27/01/23	1,3	1,04	32,80	22,00	82	1,33	114,912	4,15
28/01/23	0	0	31,60	22,00	85	1,33	114,912	3,25
29/01/23	0	0	31,20	22,40	77	1,33	114,912	3,00
30/01/23	0,7	0,56	30,00	22,60	83	0,66	57,024	2,00
31/01/23	2,5	2	31,60	22,20	80	1,33	114,912	3,25
PROMEDIO	1,510	1,208	31,426	21,497	82,226	1,114	96,238	3,52

Tabla 6: Datos climatológicos del mes de enero del 2023

FEBRERO								
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)	Evp (mm/día)
01/02/23	13,6	10,88	33,00	22,00	85	0,66	57,024	2,10
02/02/23	12	9,6	32,60	22,00	80	1,33	114,912	3,75
03/02/23	14,2	11,36	30,80	22,00	85	0,66	57,024	1,70
04/02/23	0	0	30,40	22,00	86	1,33	114,912	3,00
05/02/23	32	25,6	32,00	20,60	86	0,66	57,024	3,00
06/02/23	8,7	6,96	31,80	22,00	80	2	172,8	3,25
07/02/23	1,6	1,28	33,00	22,00	85	0,66	57,024	3,50
08/02/23	4	3,2	32,80	22,00	84	1,33	114,912	4,00
09/02/23	0,6	0,48	32,00	22,20	85	1,33	114,912	4,00
10/02/23	3,8	3,04	32,80	22,60	89	0,66	57,024	4,00
11/02/23	5,2	4,16	31,00	22,00	100	1,33	114,912	1,20
12/02/23	4,7	3,76	31,20	20,00	82	2	172,8	2,05
13/02/23	5,2	4,16	29,80	22,00	91	0,66	57,024	1,20
14/02/23	2,1	1,68	27,20	22,00	92	0,66	57,024	0,50
15/02/23	27,3	21,84	33,00	22,00	92	0,66	57,024	3,30
16/02/23	44	35,2	33,20	22,00	86	1,33	114,912	3,80
17/02/23	1,5	1,2	32,40	21,00	90	0,66	57,024	3,75
18/02/23	0	0	31,40	22,00	88	1,33	114,912	1,50
19/02/23	7,5	6	31,80	20,20	80	1,33	114,912	3,25
20/02/23	18,9	15,12	31,00	22,00	92	0,66	57,024	3,90
21/02/23	0,7	0,56	32,00	21,00	89	0,66	57,024	3,25
22/02/23	13,3	10,64	33,00	22,00	86	0,66	57,024	4,50
23/02/23	42,2	33,76	33,20	22,00	88	0,66	57,024	4,90
24/02/23	30,2	24,16	30,60	21,00	88	0,66	57,024	2,45
25/02/23	6	4,8	32,20	22,00	87	2	172,8	2,50
26/02/23	5,5	4,4	31,40	21,40	82	0,66	57,024	3,80
27/02/23	1,2	0,96	31,20	22,00	86	0,66	57,024	5,40
28/02/23	13,6	10,88	31,40	22,00	87	1,33	114,912	3,40
<b>PROMEDIO</b>	11,414	9,131	31,721	21,714	86,821	1,019	88,035	3,11

**Tabla 7:** Datos climatológicos del mes de febrero del 2023

MARZO								
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)	Evp (mm/día)
01/03/23	0	0	30,20	22,00	84	0,66	57,024	3,50
02/03/23	60,5	48,4	32,00	22,20	87	0,66	57,024	16,50
03/03/23	30,7	24,56	30,00	21,00	84	1,33	114,912	2,30
04/03/23	0,4	0,32	30,00	21,00	83	0,66	57,024	2,60
05/03/23	45,6	36,48	31,00	21,40	85	0,66	57,024	10,20
06/03/23	119,6	95,68	31,00	21,20	87	0,66	57,024	0,60
07/03/23	21,6	17,28	31,60	20,00	92	0,66	57,024	65,20
08/03/23	11,2	8,96	32,20	21,00	90	0,66	57,024	3,70
09/03/23	5,1	4,08	32,00	21,00	92	0,66	57,024	3,90
10/03/23	15	12	32,80	21,40	87	0,66	57,024	3,30
11/03/23	0,2	0,16	30,00	21,40	88	1,33	114,912	4,20
12/03/23	13,3	10,64	32,60	22,00	88	0,66	57,024	4,00
13/03/23	21,5	17,2	33,40	22,00	90	0,66	57,024	4,30
14/03/23	0,7	0,56	26,00	21,00	90	0	0	7,60
15/03/23	0	0	33,80	22,00	87	0,66	57,024	4,00
16/03/23	33	26,4	31,00	22,20	84	0,66	57,024	5,25
17/03/23	17,6	14,08	33,20	21,00	86	0,66	57,024	3,80
18/03/23	0,6	0,48	31,00	21,00	79	1,33	114,912	1,55
19/03/23	0	0	32,20	19,80	82	0,66	57,024	3,50
20/03/23	0,1	0,08	34,00	22,00	89	0,66	57,024	3,00
21/03/23	2,4	1,92	33,80	22,00	87	0,66	57,024	4,50
22/03/23	8,1	6,48	25,20	22,00	88	0,66	57,024	9,80
23/03/23	0,4	0,32	31,00	22,00	90	1,33	114,912	1,00
24/03/23	0,4	0,32	32,00	22,00	88	0,66	57,024	3,25
25/03/23	2,7	2,16	32,40	22,00	79	1,33	114,912	3,75
26/03/23	4,9	3,92	33,80	22,40	87	0,66	57,024	4,65
27/03/23	2,2	1,76	33,20	22,00	85	0,66	57,024	3,40
28/03/23	0	0	33,20	21,40	82	1,33	114,912	5,00
29/03/23	1,7	1,36	32,60	22,00	87	0	0	4,00
30/03/23	41,6	33,28	33,00	22,00	87	0,66	57,024	3,25
31/03/23	67,5	54	31,20	22,00	88	0,66	57,024	1,50
PROMEDIO	17,052	13,641	31,658	21,561	86,516	0,747	64,549	6,36

**Tabla 8:** Datos climatológicos del mes de marzo del 2023

ENERO		
FECHA	R (mm)	AD (mm)
01/01/23	4,30	1,67
02/01/23	0,00	8,20
03/01/23	2,50	7,27
04/01/23	4,00	4,12
05/01/23	3,00	2,00
06/01/23	3,00	2,28
07/01/23	8,00	2,93
08/01/23	6,00	3,00
09/01/23	5,00	4,33
10/01/23	5,00	2,00
11/01/23	4,00	3,00
12/01/23	4,00	3,14
13/01/23	4,00	3,10
14/01/23	5,00	2,00
15/01/23	5,00	2,20
16/01/23	5,00	2,20
17/01/23	4,00	3,00
18/01/23	4,00	1,95
19/01/23	6,00	2,00
20/01/23	4,00	2,30
21/01/23	8,00	3,00
22/01/23	4,00	3,00
23/01/23	3,00	0,29
24/01/23	3,00	0,20
25/01/23	3,00	0,17
26/01/23	2,00	1,60
27/01/23	0,00	3,30
28/01/23	4,00	1,67
29/01/23	5,00	1,61
30/01/23	5,00	3,00
31/01/23	3,00	2,15

**Tabla 9:** Datos del lisímetro durante el mes de enero del 2023

FEBRERO		
FECHA	R (mm)	AD (mm)
01/02/23	6,00	2,00
02/02/23	0,00	5,21
03/02/23	4,00	5,24
04/02/23	4,00	11,80
05/02/23	0,00	4,00
06/02/23	0,00	6,28
07/02/23	0,00	3,10
08/02/23	2,00	2,00
09/02/23	2,00	3,10
10/02/23	2,00	2,00
11/02/23	0,00	3,10
12/02/23	2,00	4,60
13/02/23	0,00	7,14
14/02/23	6,00	4,60
15/02/23	0,00	16,60
16/02/23	0,00	16,00
17/02/23	0,00	6,50
18/02/23	6,00	4,00
19/02/23	0,00	7,00
20/02/23	0,00	11,80
21/02/23	0,00	4,50
22/02/23	0,00	9,60
23/02/23	0,00	18,50
24/02/23	0,00	17,00
25/02/23	4,00	7,00
26/02/23	5,00	6,30
27/02/23	0,00	7,00
28/02/23	0,00	7,00

**Tabla 10:** Datos del lisímetro durante el mes de febrero del 2023

MARZO		
FECHA	R (mm)	AD (mm)
01/03/23	6,00	6,50
02/03/23	0,00	11,80
03/03/23	0,00	26,00
04/03/23	0,00	8,00
05/03/23	0,00	10,00
06/03/23	0,00	30,00
07/03/23	0,00	30,00
08/03/23	4,00	9,00
09/03/23	0,00	11,00
10/03/23	4,00	9,40
11/03/23	0,00	7,00
12/03/23	0,00	12,40
13/03/23	0,00	7,40
14/03/23	0,00	10,40
15/03/23	12,00	6,50
16/03/23	0,00	24,00
17/03/23	0,00	25,00
18/03/23	0,00	14,60
19/03/23	12,00	8,20
20/03/23	6,00	11,40
21/03/23	0,00	25,00
22/03/23	0,00	19,00
23/03/23	7,00	7,00
24/03/23	6,00	5,00
25/03/23	5,00	6,80
26/03/23	5,00	6,40
27/03/23	8,00	17,00
28/03/23	10,00	13,50
29/03/23	8,00	20,00
30/03/23	0,00	30,00
31/03/23	0,00	30,00

**Tabla 11:** Datos del lisímetro durante el mes de marzo del 2023

ENERO	
FECHA	INSOLACION HORAS
01/01/23	4,3
02/01/23	0,6
03/01/23	1,9
04/01/23	3,6
05/01/23	1
06/01/23	5,7
07/01/23	0,2
08/01/23	0
09/01/23	2,4
10/01/23	1,1
11/01/23	0
12/01/23	5,3
13/01/23	5
14/01/23	4,2
15/01/23	4,8
16/01/23	0,9
17/01/23	0,4
18/01/23	2,5
19/01/23	2,2
20/01/23	2,2
21/01/23	5,9
22/01/23	0,9
23/01/23	3,2
24/01/23	0,4
25/01/23	5,2
26/01/23	3,3
27/01/23	2,6
28/01/23	2,8
29/01/23	1,9
30/01/23	0,6
31/01/23	0,9

**Tabla 12:** Datos de insolación durante el mes de enero del 2023

FEBRERO	
FECHA	INSOLACION HORAS
01/02/23	4,9
02/02/23	4,6
03/02/23	1,6
04/02/23	2,9
05/02/23	2,9
06/02/23	2,7
07/02/23	6,6
08/02/23	3,4
09/02/23	3,3
10/02/23	5,7
11/02/23	3,4
12/02/23	0
13/02/23	0
14/02/23	1,1
15/02/23	5,4
16/02/23	5,6
17/02/23	3,3
18/02/23	4
19/02/23	3,3
20/02/23	1,3
21/02/23	4,2
22/02/23	3,1
23/02/23	6,1
24/02/23	2,9
25/02/23	1,9
26/02/23	0,2
27/02/23	5,2
28/02/23	3,2

**Tabla 13:** Datos de insolación durante el mes de febrero del 2023

MARZO	
FECHA	INSOLACION HORAS
01/03/23	1,7
02/03/23	1,7
03/03/23	3
04/03/23	6,5
05/03/23	3,2
06/03/23	4,2
07/03/23	4,3
08/03/23	3,9
09/03/23	0
10/03/23	6,2
11/03/23	0,3
12/03/23	6,9
13/03/23	7,4
14/03/23	0
15/03/23	6,7
16/03/23	7,4
17/03/23	7,5
18/03/23	5,1
19/03/23	8
20/03/23	7,6
21/03/23	7,3
22/03/23	0,2
23/03/23	0,7
24/03/23	2,7
25/03/23	8,4
26/03/23	5,5
27/03/23	2,4
28/03/23	7
29/03/23	8
30/03/23	4,3
31/03/23	2,4

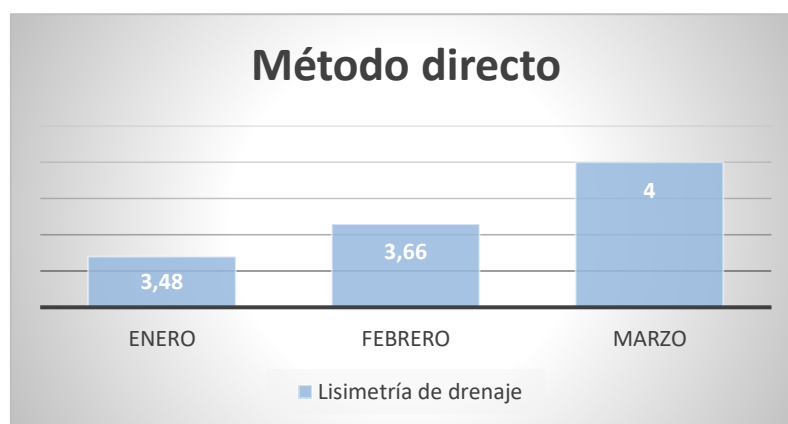
**Tabla 14:** Datos de insolación durante el mes de marzo del 2023

Mes	Eto Cubeta(mm/dia)	Eto Penman (mm/dia)	Lisimetría de drenaje (mm/día)
ENERO	2,82	3,69	3,48
FEBRERO	2,48	3,74	3,66
MARZO	5,09	4,22	4,00

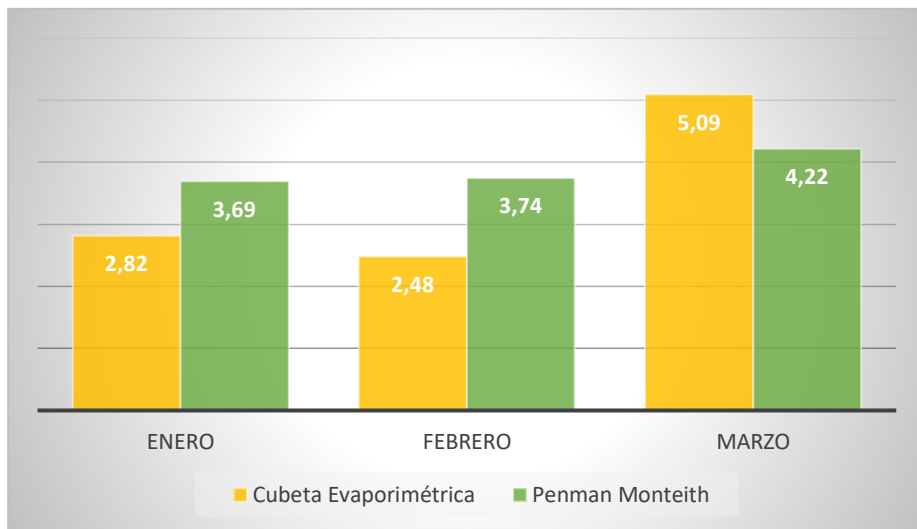
**Tabla 15:** Datos finales promediados desde enero hasta marzo del 2023

Mes	Temp. Max	Temp. Min(°c)	HR(%)	VV(m/s)	Evap. Cubeta	Insolacion (horas)	Eto cubeta(mm/dia)	Eto Penman(mm/dia)
ENERO	31,43	21,50	82,23	1,114	3,52	76,00	2,82	3,69
FEBRERO	31,72	21,71	86,82	1,019	3,11	92,80	2,48	3,74
MARZO	31,66	21,56	86,52	0,747	6,36	140,50	5,09	4,22

**Tabla 16:** Datos finales de la evapotranspiración de referencia con los diferentes métodos de enero a marzo del 2023



**Figura 4:** Evapotranspiración de referencia mediante el método directo de enero a marzo del 2023



**Figura 5:** Evapotranspiración de referencia mediante el método indirecto de enero a marzo del año 2023



**Figura 6:** Estación Meteorológica INAMHI MA-162



**Figura 7:** Parcela que se investigó



**Figura 8:** Tubo del lisímetro



**Figura 9:** Tensiómetro dentro de la parcela en estudio



**Figura 10:** Mes de enero



**Figura 11:** Mes de febrero



**Figura 12:** Mes lluvioso marzo