



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE**

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“DETERMINACIÓN DEL RÉGIMEN DE RIEGO DE PROYECTO
PARA LOS CULTIVOS CACAO Y MAÍZ EN LAS CONDICIONES
EDAFOCLIMÁTICAS DEL CANTÓN CHONE.”**

AUTOR:

AVEIGA FALCONES DANY MARÓN

TUTOR

ING. RAMÓN PEREZ LEIRA, Ph.D.

CHONE-MANABÍ-ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. RAMÓN PEREZ LEIRA, Ph.D., Docente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión Chone, en calidad de Tutor del Trabajo de Titulación.

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación: **“Determinación del régimen de riego de proyecto para los cultivos cacao y maíz en las condiciones edafoclimáticas del Cantón Chone”**, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo y se encuentra listo para presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos plasmados en este trabajo de titulación son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad del autor: **Dany Marón Aveiga Falcones**, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Ing. Ramón Pérez Leira, Ph.D.

TUTOR

Chone, diciembre del 2017.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Dany Marón Aveiga Falcones, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **“Determinación del régimen de riego de proyecto para los cultivos cacao y maíz en las condiciones edafoclimáticas del Cantón Chone”**, siendo el Ing. Ramón Pérez Leira PhD, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí y a sus representante legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certificamos que las ideas, opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidos en el presente trabajo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente cedemos los derechos de este trabajo a la universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, para que forme parte de su patrimonio de propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y trabajos de titulación, ya que ha sido realizado con apoyo, académico o institucional de la universidad.

Dany Marón Aveiga Falcones
AUTOR

Chone, diciembre del 2017



***UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE***

FACULTAD DE CIENCIAS TECNICAS

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto de Investigación, titulado: **“Determinación del régimen de riego de proyecto para los cultivos cacao y maíz en las condiciones edafoclimáticas del Cantón Chone”**, elaborado por el egresado: Dany Marón Aveiga Falcones, de la Escuela de Ingeniería Civil.

ING. Odilon Shnabell
DECANO

Ing. Ramón Pérez Leira, Ph.D.
TUTOR

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

SECRETARIA

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a la juventud de Chone, para que aprovechen sus años de fortaleza por su edad que no alcanza dos décadas aun, para que aprovechen el tiempo en algo que les sea de provecho para ellos, sus familias y su contexto; cuando me refiero a aprovechar el tiempo, hago énfasis en los estudios universitarios con el fin de alcanzar una titulación académica que les permita ser competitivos en este mundo actual.

A mis compañeros de la Carrera de Ingeniería Civil de la ULEAM.

Y por supuesto a mi familia.

Dany Marón Aveiga Falcones

AGRADECIMIENTO

Quiero dejar constancia de mi eterno agradecimiento a:

Mis padres y mi familia por su apoyo durante esta etapa de mi formación profesional como Ingeniero Civil.

A mi Tutor de tesis Ing. Ramón Pérez Leira, Ph.D., por su guía durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil de la ULEAM, quienes con sus experiencias, profesionalismo y conocimiento pudieron aportar con su contingente académico en mi formación profesional.

A la ULEAM, Alma Mater que me acogió durante esta etapa de formación profesional.

Y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron, ayudaron para que hoy pueda alcanzar este grado profesional de Ingeniero Civil.

Dany Marón Aveiga Falcones

SÍNTESIS

La presente investigación trata sobre determinación del régimen de riego de proyecto para los cultivos cacao y maíz en las condiciones edafoclimáticas del cantón Chone, para lo cual se indagó sobre las particularidades técnicas de este cultivo, particularidades del suelo y característica del tipo de riego adecuado que permita optimizar el recurso hídrico en la zona referida al Proyecto Propósito Múltiple Chone.

En el caso del riego del cultivo de cacao en período anual, en suelos de textura fina se necesita 5498 m³ por hectárea y en suelos de textura media se necesita 5665 m³ por hectárea. Y, en el caso del riego del cultivo de maíz de tipo ciclo corto, en la época lluviosa de enero a junio, para suelos de textura fina se necesita 785 m³ por hectárea, mientras que en suelos de textura media se necesita 747 m³ por hectárea; y en la época seca de julio a diciembre, en suelos de textura fina se necesita 2759 m³ por hectárea, mientras que en suelos de textura media se necesita 2636 m³ por hectárea. Estos volúmenes requeridos se calcularon según la norma de riego para cada tipo de cultivo y una eficiencia de 0,85 para el sistema de Riego por Aspersión, tanto en suelos cultivables de textura fina y de textura gruesa por hectárea de cultivo.

Palabras clave: Régimen de riego, recurso hídrico, cultivo de cacao, cultivo de maíz, sistema de Riego por Aspersión.

ABSTRACT

The present investigation deals rate determining project irrigation regime for cacao and corn crops in the edaphoclimatic conditions of the canton of Chone, for which I inquired about the technical characteristics of this crop, characteristics of the soil and characteristic of the type suitable irrigation to optimize water resources in the area referred to Chone Multiple Purpose Project.

In the case of the irrigation of the cacao crop in annual period, in fine-textured soils, 5498 m³ per hectare is needed and in medium-textured soils, 5665 m³ per hectare is needed. And, in the case of the irrigation of short-cycle corn crop, in the rainy season from January to June, for fine-textured soils, 785 m³ per hectare is needed, while in medium-textured soils, 747 m³ per hectare is needed; and in the dry season from July to December, in fine-textured soils, 2759 m³ per hectare is needed, while in medium-textured soils, 2636 m³ per hectare is needed. These required volumes were calculated according to the irrigation norm for each type of crop and an efficiency of 0.85 for the Sprinkler Irrigation system, both in fine-textured and coarse-textured arable soils per hectare of crop.

Key words: Irrigation regime, water resources, cacao crop, corn crop, Sprinkler irrigation system.

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
SÍNTESIS	VII
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. ESTADO DEL ARTE.....	11
1.1 El riego.....	11
1.2 Sistema de riego.....	11
1.3 Métodos de riego.....	11
1.3.1 Riego por superficie o gravedad.....	11
1.3.2 Riego por aspersión.....	12
1.3.3 Riego localizado.....	12
1.4 Buenas prácticas de riego.....	12
1.4.1 Características del agua de riego.....	13
1.4.2 Características físicas del suelo.....	13
1.5 Cálculo de las necesidades del cultivo.....	13

1.5.1	Cálculo de la dosis y frecuencia de riego.	14
1.5.2	Mantenimiento de las instalaciones de un Sistema de riego.....	15
1.5.3	El agua y las plantas.	16
1.5.4	La evaporación y transpiración de una masa vegetal.	17
1.5.5	Procedimientos para determinar las necesidades hídricas de los cultivos.....	18
1.5.6	La evapotranspiración de referencia.	18
1.5.7	Determinación del Kc.	18
1.5.8	Programación de los riegos.....	19
1.5.9	Parámetros físicos del suelo.....	19
1.6	Cultivo de cacao.	19
1.6.1	Origen del cacao.....	20
1.6.2	Taxonomía del cacao.....	21
1.6.3	Descripción botánica del cacao.....	21
1.7	Cultivo de maíz.....	22
1.7.1	Taxonomía del maíz.	22
1.7.2	Descripción botánica del maíz.	23
CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.		26
2.1.	Métodos y materiales.	26
2.1.1.	Ámbito geográfico de la Investigación.	26
2.1.2.	Información de Chone.	26
2.1.3.	Orografía de Chone.	28
2.1.4.	Clima de Chone.....	28

2.2.	Sistemas de riego en Manabí.....	28
2.3.	Instructivo para el cálculo de régimen de riego del proyecto de riego.	29
2.3.1.	Generalidades.....	29
2.3.2.	Términos, definiciones y símbolos.	30
2.3.2.1.	Balance total de los ingresos hídricos.	30
2.3.2.2.	Capa activa.....	30
2.3.2.3.	Capacidad de campo.....	30
2.3.2.4.	Coeficiente de cultivo.....	30
2.3.2.5.	Límite productivo.....	31
2.3.2.6.	Norma parcial neta de riego.....	31
2.3.2.7.	Lluvia aprovechable.	31
2.3.2.8.	Evapotranspiración.....	31
2.3.2.9.	Reserva de humedad inicial.	32
2.3.2.10.	Lluvia aprovechable.	33
2.3.2.11.	Criterio de riego.....	33
2.3.2.12.	Fecha de riego.	33
2.3.2.13.	Balance total de los recursos hídricos.....	34
2.3.2.14.	Reserva de humedad final.	34
2.3.2.15.	Reserva de humedad consumida.	34
2.3.2.16.	Reserva de humedad presente.	34
2.3.3.	Modelo de tabla para cálculo de régimen de riego.	35

2.3.4.	Descripción de tabla para cálculo de régimen de riego.....	36
CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA.		39
3.1.1.	Cálculo del Régimen de riego para cultivo de cacao.	40
3.1.2.	Cálculo del Régimen de riego para cultivo de maíz.....	43
CONCLUSIONES		48
RECOMENDACIONES		50
BIBLIOGRAFÍA.....		51
ANEXOS		54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Funciones del agua en las plantas (A: Absorción de HO y sales minerales, T: Transpiración, I: Intercambio gaseoso, SB: Sabia bruta, y SE: Sabia Elaborada)	17
Figura 2.1. Mapa de Chone y sus parroquias	27
Figura 2.2. Vista satelital de Chone	28
Figura 2.3. Vista satelital de Represa de Chone-PPMCH	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Lluvia Ocurrida (P).....	31
Tabla 2.2. Evapotranspiración de Referencia.....	32
Tabla 2.3. Coeficiente de cultivo (Kc).....	32
Tabla 3.1. Régimen de riego para cultivo de cacao en textura fina, período anual.....	41
Tabla 3.2. Régimen de riego para cultivo de cacao en textura media período anual.....	42
Tabla 3.3. Régimen de riego para cultivo de maíz en textura fina primer semestre, época lluviosa (Enero a Junio).....	43
Tabla 3.4. Régimen de riego para cultivo de maíz en textura fina segundo semestre época seca (Julio a Diciembre).....	44
Tabla 3.5. Régimen de riego para cultivo de maíz en textura media primer semestre época lluviosa (Enero a Junio).....	45
Tabla 3.6. Régimen de riego para cultivo de maíz en textura media primer semestre época seca (Julio a Diciembre).....	46

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento imprescindible en la agricultura, puesto que por medio de este componente los cultivos obtienen los nutrientes necesarios para llevar a cabo su metabolismo, de esta manera, el área que se siembre y los rendimientos que se esperan están muy congruentes a la proporción en cantidad y calidad de líquido vital con que se disponga y a la eficacia del procedimiento de riego que se implemente en las siembras teniendo como punto referencial el clima de la zona.

Por lo tanto la ejecución del proyecto considera varios componentes direccionados a tratar de cambiar las condiciones mencionadas anteriormente, de modo que la aspiración es mejorar las condiciones de la producción de la zona a través de un sistema de riego que sea congruente con las condiciones edafoclimáticas de la región para optimizar la producción de cacao y el mejoramiento del rendimiento de cultivos de ciclo corto considerados tradicionales como el maíz, que favorezca a sus productores con el fin de que puedan ser puntales en los que se asienten la iniciativas para el desarrollo del cantón.

Menciona el autor Saud (2012) que el suelo posee una estructura definida por miles de años que ha recorrido su ciclo, esto hace referencia a la forma, al tamaño y a la disposición de las partículas sólidas con su continuidad en profundidad. Al igual que la textura del suelo, la estructura determina las características naturales que el suelo tiene, como por ejemplo, la capacidad de drenaje y almacenamiento de agua, la retención de nutrientes y la tenacidad superficial.

En este orden, según el criterio de Sánchez (2013), existen muchas formas de realizar irrigación, las cuales difieren en su costo, eficiencia, facilidad de uso, entre otras. Para mencionar algunas, riego por gravedad o inundación, riego por goteo, aspersión y micro-aspersión, los cuales son utilizados en una amplia gama de cultivos.

Hay que considerar que las propiedades de orden físico del suelo hace referencia a como se ve a simple vista, o en cómo se comporta, entre aquellas propiedades más importantes para los cultivos se encuentra la densidad del mismo, textura aparente, porosidad, calor y estructura y dentro de esto los procesos que se verifican en el suelo se estudia el movimiento del líquido, el cambio constante del aire, el transporte de solutos

y la medida de trasmisión de calor. Por lo mencionado anteriormente, se puede entender que la interacción en relación al genotipo-ambiente representa una enorme importancia al momento de considerar desarrollar cultivos según la condiciones edafoclimáticas para la producción.

El estudio de suelo previo a la plantación es una herramienta valiosa para minimizar errores y proteger el capital productivo. Si uno considera el costo de plantar una hectárea, un estudio de suelos que dé seguridad a la inversión no insume más del 2 ó 3% del desembolso inicial. El beneficio de realizarlo, tanto como el riesgo de no hacerlo, es de gran magnitud Sánchez (2007).

En este orden, cuando se utilizan ciertos criterios para realizar riegos de cultivos, se está haciendo referencia a la forma de tecnificación de este procedimiento por medio de la orientación de forma optimizada del agua la cual es transportada por medio de tuberías las que tienen una determinada presión interna según sea el caso del sistema de riego a implementar.

Adicionalmente según refiere Montenegro (2011) las características de un sustrato son el resultado de sus propiedades físicas. Estas dependen de la estructura de los componentes y vienen definidas por la proporción entre partículas de tamaño grande y pequeño, el conjunto de poros y los volúmenes relativos de agua y de aire que ocupan los poros. En definitiva, la elección de un sistema de riego y la decisión de cómo se proveerá de agua al cultivo implica el conocimiento detallado del suelo sobre el cual se ha de implantar el mismo.

Existen diferentes alternativas para la tecnificación de un determinado método de riego, entendiéndose por ello el uso de la "técnica", para obtener el máximo beneficio del agua de riego, es decir, que gran parte de lo suministrado vaya en directo beneficio de las plantas y no se traduzca en pérdidas para los cultivos en los cuales se utilicen sistemas de riego. Dentro de la tecnificación pueden plantearse los siguientes objetivos respecto al manejo del agua: uso de caudal adecuado; pendiente apropiada; tiempo y frecuencia de riego según demandas del cultivo; mínima pérdida de agua por escurrimiento superficial y percolación profunda; entre otros.

Según la información procesada por el Consorcio CAMAREN (Capacitación en el manejo sostenible de los recursos naturales renovables) y el ex Instituto Nacional de

Riego (INAR) en una aproximación a la situación de la infraestructura de riego, se determina que en general, sólo el 9% de la estructura de los sistemas de riego están en estado “Muy Bueno” (es decir, funcionando al 100 y 75% de su capacidad), el 53% se encuentra en estado “Bueno” (funcionando al 75 y 50% de su capacidad); el 22%, en estado “Regular”(funcionando al 50 y 25% de su capacidad) y 6% en estado “Malo” (funcionando a menos del 25% de su capacidad). Cabe mencionar que los canales terciarios y principales son los que mayormente se encuentran en estado regular (MAGAP, 2011).

Adicionalmente en el mismo texto se refiere que la eficiencia del riego es el conjunto de beneficios que son generados por esta actividad para el país y los agricultores, sin perjudicar al ciclo hidrológico natural y los demás usuarios del agua. Por ello, se requiere un enfoque integral para el manejo del riego. La cuenca hidrográfica es un espacio coherente para la gestión del agua. Pero en el caso del riego, el agua fluye en función de reglas ya no naturales sino construidas por los grupos sociales. Por ello, se requiere un marco más amplio, que permita relacionar a los agricultores con la zona de captación, los perímetros regados, los sistemas de producción, los derechos de agua, entre otros.

En este sentido, hay que mencionar que una de las principales formas de entrega de agua al campo utilizadas por la gran mayoría de proyectos es el riego por inundación o de surco, en este sentido es importante manifestar que el sistema de riego mediante aspersores es un método relativamente nuevo que según el estudio realizado requiere de una inversión inicial mayor al de los sistemas anteriores, así mismo, este sistema necesita un manejo más intensivo que el riego superficial. El riego por aspersion optimiza de manera muy relativa la eficiencia del uso del agua y por lo tanto reduce la problemática que tiene relación al riego de los suelos cultivables.

La agricultura, y especialmente la agricultura de regadío, es con mucho el sector con mayor extracción y consumo de agua. Para estimar la presión del riego sobre los recursos hídricos disponibles ha de hacerse una evaluación tanto de las necesidades como de las extracciones de agua para riego. Las necesidades de agua para riego dependen de las necesidades hídricas de los cultivos y del agua que está disponible para los mismos de forma natural (precipitación efectiva, humedad del suelo, etc.). Una parte

puede estimarse basándose en las condiciones climáticas, pero otra depende de procesos fisiológicos de la planta para los que no hay cifras disponibles (FAO, 2016).

De este modo, el agua que se demanda según la estimación para cualquier sistema de riego depende en gran parte del conocimiento de la necesidad de líquido que requieren los cultivos, y conocer el momento pertinente para realizar su aplicación por medio del riego, con la finalidad principal de tratar de no perjudicar su provecho y por lo tanto su rendimiento, si se considera que la cantidad de agua que las plantas transpiran representa un grado más alto que la proporción que retienen para realizar sus procesos necesarios. La evapotranspiración suele depender considerando otros aspectos importantes de las condiciones climáticas de la zona, estado y tipo del desarrollo de los cultivos, así como también de la disponibilidad de agua que tenga el suelo para que sea aprovechada por los mismos.

La sequía constituye la amenaza de mayor probabilidad de ocurrencia en la cuenca del río Chone y la que se impacta potencialmente con respecto a su extensión. Así, el 47.2% de la Cuenca descrita tiene un nivel entre alto y máximo de ocurrencia de sequía de acuerdo con el estudio PACC–Ecuador (Carvajal, 2010). El Cantón Chone cuenta con 5.587,03 ha. (1,83 %) en las que se ha identificado algún sistema de riego, localizadas preferentemente en la parte centro y sur del cantón. Una superficie de 251.914,99 ha se cultiva sin la implementación de un sistema de riego (82,49 %). El restante 15,68 %, con una extensión de 47.887,09 ha tienen la categoría de “No aplicable”

Según los datos referidos, solo 5.587,03 hectáreas del cantón Chone utilizan sistemas de riego para los cultivos, lo que representa una pequeña parte de zonas cultivables que aún no utilizan métodos tecnificados para dotar de líquido a los cultivos, estos denota una problemática que debe de ser estudiada considerando que el efecto del riego puede triplicar las producciones agrícolas MAGAP (2013).

Con respecto al cultivo del cacao, Chagua (2009) indica que el crecimiento, desarrollo y la buena producción del cacao están estrechamente relacionados con las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de una plantación; específicamente, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que sus periodos vegetativos como: la floración, el brote y la cosecha están regulados por el

clima.

En este sentido Gualpa (2014) manifiesta que uno de los mecanismos fisiológicos que posee el cacao para sobrevivir épocas de escasas de agua es la reducción de fotosíntesis, con la consecuente disminución de otros procesos como emisión de hojas, flores y dependiendo de la severidad del estrés hídrico puede llegar a dormitar las yemas vegetativas y florales con el inconveniente de que la planta no genere hojas y flores, hasta que cuente con condiciones adecuadas de humedad. Mantener un nivel hídrico adecuado durante todo el año mediante un sistema de riego ayudará a evitar la alteración de estos procesos fisiológicos y por ende aumentar la producción en meses del año donde es baja o casi nula.

Como se pone en evidencia según los criterios anteriormente citados el cacao necesita las cantidades necesarias de agua para poder desarrollar sus procesos de fotosíntesis por lo que es conveniente que estos cultivos mantengan un nivel hídrico óptimo durante todo el año para lo cual una de las alternativas más favorable es un sistema de riego que permita una producción favorable durante los meses de sequía.

El valle del Sistema Hídrico Carrizal-Chone, cuenta con una infraestructura de riego presurizado, sin embargo las plantaciones de cacao continúan siendo regadas por gravedad. La incorporación de tecnologías implica efectuar estudios diseñados para implementar sistemas de riego por aspersión, como una alternativa para optimizar el recurso hídrico y mejorar la producción Solórzano (2012).

Con respecto al cultivo del maíz Betran (2010) acota que el mismo es muy exigente en cuanto a la fertilidad del suelo. Este aspecto, que a menudo se olvida, puede ser en muchos casos el principal factor limitante de la producción. Entre las características físicas del suelo, las más importantes para el maíz son:

- Capacidad de retención de agua,
- Aireación, y
- Temperatura.

La capacidad de almacenamiento de agua del suelo es fundamental para asegurar un suministro continuo entre riegos. El maíz es particularmente sensible a la falta de agua en el entorno de la floración, desde 20-30 días antes hasta 10-15 días después.

Por lo general en la zona que se llevará a cabo el proceso de investigación los periodos de lluvia son cíclicos y por lo tanto corresponden a una etapa de lluvias y otra seca, es decir invierno y verano, esto determina que en la etapa seca se necesite sistemas de riego para mejorar los cultivos tomando como consideración especial que en los últimos años han existido variaciones en los mencionados ciclos lo que en ocasiones pone en riesgo la producción. Lo anterior tiene una influencia directa en los rendimientos de las cosechas de cacao y maíz que se desarrollan en la zona, las limitaciones para contar con sistemas de riego adecuados representan una dificultad para muchos productores lo que influye que se arrojen niveles de rendimientos que están en límites por debajo de lo normal.

Adicionalmente Guerra (2009) tiene el criterio que el maíz requiere una temperatura de 25°C, también requiere bastante incidencia de luz solar, sin embargo la humedad de clima disminuye la producción. La germinación se debe dar a unos 18°C. Las temperaturas límites son 8°C y 30°C, fuera de este rango la producción baja debido a la mala absorción de nutrientes minerales y agua. La cantidad de agua que se necesita es de 400 a 550 mm de lámina de agua, las que en caso de que las lluvias no satisfagan estas necesidades, se utilizará riego diario, de más o menos 5mm al día.

El cultivo del maíz es muy sensible a estados de estrés hídrico por lo que el grano de la mazorca puede llegar a ser afectado en su rendimiento si se produce sequia durante la floración del cultivo por lo que hay que tener muy en cuenta que la planta necesita en términos generales de 500 a 700 mm de precipitaciones de agua distribuidas de manera uniforme durante su ciclo de cultivo, es aquí donde se hace necesario tener en cuenta las consideraciones climáticas y de riego para obtener buenos resultados en la producción de las plantaciones de maíz.

El maíz es un cultivo que a lo largo de su ciclo requiere de una adecuada humedad. Los riegos varían a lo largo del cultivo así: cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua, pero si mantener una humedad constante. La fase de crecimiento de la planta es la etapa en la que la cantidad de agua no debe faltar, se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración.

La fase de floración es el período más crítico en el crecimiento de la planta porque de esta fase depende el cuajado (formación y llenado de grano) y la cantidad de producción

obtenida. Por esta razón, se aconsejan riegos constantes que mantengan la humedad. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada Yáñez et al. (2013).

En el caso del maíz como en el cacao existen similitudes con respecto al exceso de agua en el suelo, es por este motivo que desde la primera siembra hasta los 15 a 20 días posteriores aproximadamente el exceso de líquido puede llegar a dañar el cultivo de maíz, por lo que se recomienda que en las plantaciones de esta gramínea el suelo tenga el agua necesaria y requerida para que la producción pueda llegar a ser la esperada.

Se podría concluir que la única forma de acertar con un sistema de riego y drenaje es la constancia, puesto que el agricultor debe tratar de observar y saber interpretar las señales que las plantaciones exteriorizan según las condiciones climáticas de la zona de estudio. Muchos agricultores realizan los riegos por la mañana en época de invierno y por la tarde en verano, según consideraciones que se aprovecha de mejor manera el agua en horas vespertinas, debido a que la misma no se evapora con tanta prisa en este lapso, pero resulta contradictorio si se olvida que se realiza regios en horarios vespertinos o nocturnos el agua permanecerá por mucho más tiempo ahogando las raíces de la plantación sin ser utilizada, por lo tanto se podría deducir que el horario para realizar el regio es por la mañana.

Según información de la SENAGUA (2012) en Manabí, la represa tiene una capacidad de almacenaje de 113 millones de metros cúbicos (m³). De esa manera se protegerá de las inundaciones a 10 780 hectáreas y en verano permitirá el riego de 2 250 hectáreas, que beneficiará a poblados como Santa Rita, San Antonio, San Pablo, Los Almendros, El Bejuco, Mosquito, Garrapata, La Estrella, El Pueblito, San Andrés, El Guabal, Lua y la Tablada de Sánchez. El agua almacenada será descargada en el túnel de desagüe de fondo, por donde fluirán 45 m³ del líquido por segundo hacia la estructura conocida como cuenco amortiguador; desde ahí seguirá su rumbo hacia el cauce del río Grande aguas debajo de la represa (Ramos, 2015).

Por este motivo es que resulta necesario contar con sistemas de riego y drenaje adecuados para los cultivos de la zona de Chone, que sean elaborados según las condiciones edafoclimáticas del área que permitan al agricultor optimizar los recursos necesarios con la finalidad de tener una mejor producción del cultivo sin que esto

represente pérdidas significativas, si se toma en consideración que la ciudad ya cuenta con un sistema multipropósito que en corto tiempo podrá abastecer de agua a las tierras de todo el territorio considerado

En Ecuador y el mundo entero la producción agrícola ha generado ingreso económico para las familias y el país, en el Cantón Chone por tradición los agricultores han sembrado maíz y cacao, el maíz es un cultivo de ciclo corto que toma un tiempo para su desarrollo vegetativo de 180 días y el cacao es un cultivo de ciclo largo.

Cada tipo de cultivo conlleva un régimen de riego distinto, dependiendo de las características técnicas de suelo, como la capacidad de campo y su textura y también de la aplicación de riego.

Una de las características más comunes al momento de aplicar riego a los cultivos en Chone, consiste en el riego por inundación, que es un tipo de riego que consiste en provocar una inundación artificial en el suelo donde se encuentra el cultivo, de acuerdo a las bibliografías consultadas, este tipo de riego solo aprovecha como máximo el 30 % del volumen de agua en cada inundación (riego), situación que afecta al planeta y por ende al suelo, donde se quedan retenidos gran parte de los minerales que el agua trae.

Problema científico de investigación: Se desconoce el Régimen de Riego para los cultivos de Cacao y Maíz en las condiciones edafoclimáticas del Cantón Chone

Objeto de investigación o de estudio: Cultivos de Cacao y Maíz en las condiciones edafoclimáticas del Cantón Chone.

Campo de acción: Régimen de Riego de Proyecto del Cacao y Maíz en las condiciones edafoclimáticas del Cantón Chone.

La **Hipótesis de la investigación** es: La determinación del Régimen de Riego de Proyecto del Cacao y Maíz en las condiciones edafoclimáticas del Cantón Chone permite un manejo más adecuado de los recursos naturales y un riego más eficiente.

El **Objetivo general** de la investigación es: Determinar el Régimen de Riego de Proyecto para cultivos del Cacao y Maíz en las condiciones edafoclimáticas del Cantón Chone.

Las Tareas científicas de investigación son:

Tarea 1: Examinar la experiencia Nacional e Internacional relacionada con el Régimen de Riego de los cultivos del Cacao y Maíz.

Tarea 2: Determinar las dosis y los intervalos de riego para los cultivos definidos, asociados a cada época del año y grado de desarrollo de la plantación.

Tarea 3: Cuantificar el volumen de agua requerido para cada cultivo asociado a la eficiencia de un sistema de Riego por Aspersión.

Diseño metodológico: Este estudio consta de dos etapas y tres capítulos.

Etapas 1: Caracterización del área de estudio a partir de las condiciones climáticas, de suelos, topografía, y datos de los cultivos a potenciar y de sus requerimientos hídricos (se apoyará en datos y mapas temáticos existentes, así como en otros trabajos de Titulación que se desarrollan en la zona de estudio de manera simultánea.

Etapas 2: Determinación del Régimen de Riego de Proyecto y los volúmenes de agua requerido para los cultivos previstos a partir de los Datos recopilados en la etapa 1.

El Capítulo 1, trata sobre el Estado del arte, donde se recopila información sobre las temáticas relativas al riego y a los cultivos de cacao y maíz; el Capítulo 2, trata sobre el diagnóstico del riego para el cacao y maíz en Chone, aquí se profundiza sobre las particularidades de estos cultivos y su incidencia en el Cantón Chone; y, el Capítulo 3 se hace una propuesta para implementar riego tecnificado en los cultivos de cacao y maíz, esto tiene incidencia en el aprovechamiento del recurso hídrico, optimizándolo al máximo, logrando de esta manera cuidar el agua, que en los actuales momentos se ha vuelto un recurso muy preciado.

CAPITULO 1.
ESTADO DEL ARTE.

CAPITULO 1. ESTADO DEL ARTE.

1.1 El riego.

Según Life Medioambiente (2005), El riego usa dos materias primas, agua y energía, que son bienes escasos y preciados. El conocimiento de la técnica de riego, el buen manejo de los regadíos en aras de conseguir una eficiencia en el uso del agua y de la energía son retos que siempre hemos de tener delante los responsables de la producción de alimentos.

1.2 Sistema de riego.

Según la Organización Mundial para la Conservación de la Naturaleza (2009), el objetivo de los sistemas de riego es poner a disposición de los cultivos el agua necesaria para que cubran sus necesidades, complementando la recibida en forma de precipitaciones naturales. Cuando se distribuye agua por una parcela de cultivo, existen dificultades que ocasionan pérdidas e impiden que el agua se reparta de forma homogénea. Es importante solventar estas dificultades, pero lo es aún mayor cuando el agua es un recurso de escasez creciente.

1.3 Métodos de riego.

Los tipos de riego según Cossio (2005) son:

- Riego por superficie o gravedad.
- Riego por aspersión.
- Riego localizado.

1.3.1 Riego por superficie o gravedad.

El agua se desplaza sobre la superficie del área a regar, cubriéndola total o parcialmente, conducida solamente por la diferencia de cota entre un punto y otro por la acción de la fuerza de la gravedad para su distribución en la superficie del suelo agrícola.

1.3.2 Riego por aspersión.

En el riego por aspersión hay una presión relativamente grande, que produce chorros de agua a gran velocidad, mojando al suelo de una forma parecida a como ocurre con la lluvia.

La Organización Mundial para la Conservación de la Naturaleza (2009), indica que el elemento clave en este sistema de riego es el aspersor. Existe una gran variedad de aspersores; los más empleados en los regadíos son los denominados de impacto, doble boquilla y media presión. La combinación entre tipo de boquilla y presión es lo que determina el tamaño de las gotas. No son deseables las gotas demasiado grandes ni demasiado pequeñas. Las grandes tienden a compactar el terreno o producir daños en las hojas, mientras que las pequeñas ocasionan una mala uniformidad y eficiencia, al ser muy sensibles al viento y vaporizarse con rapidez.

Cada modelo de aspersor viene caracterizado por unos datos técnicos que reflejan sus condiciones de trabajo ideales: presión nominal de trabajo (atmósferas), caudal de las boquillas (litros por hora), diámetro mojado (metros) y precipitación que producen (litros por metro cuadrado y hora). Conocerlos es imprescindible para saber si se adecuan tanto a las características de una instalación como a las necesidades de riego de un cultivo.

1.3.3 Riego localizado.

Es un riego orientado a satisfacer las necesidades de la planta y no a la recarga del suelo, no se moja todo el volumen del suelo que el sistema radicular podría explorar y se utilizan pequeñas dosis de riego que se aplican con alta frecuencia.

1.4 Buenas prácticas de riego.

Según La Organización Mundial para la Conservación de la Naturaleza (2009), Se entiende por buena práctica de riego, un manejo tal del recurso que permite la perduración del agua en el tiempo, en suficiente cantidad y calidad. A la hora de regar necesitaremos seguir un proceso lógico de toma de decisiones, asegurando que se aplica una cantidad de agua lo más ajustada posible para cubrir las necesidades del cultivo. Este proceso consta de tres fases fundamentales:

- Conocer el ciclo de desarrollo del cultivo en cuestión y la sensibilidad al estrés hídrico en cada una de sus etapas.
- Calcular las necesidades hídricas del cultivo mediante la metodología más exacta disponible.
- Establecer las pautas de aplicación de los aportes de agua de riego.

1.4.1 Características del agua de riego.

La Organización Mundial para la Conservación de la Naturaleza (2009), indica que el agricultor o técnico deberá realizar, al menos una vez al año, un análisis de la calidad del agua de riego. Ese análisis se tomará de todas las extracciones existentes en la finca (pozo, balsa,...). El análisis será realizado por un laboratorio autorizado, incluyendo datos de pH, contenido en sales, cloruros y nitratos, además de información sobre la calidad bacteriológica del agua y demostrar que no existen residuos contaminantes, como por ejemplo metales pesados.

1.4.2 Características físicas del suelo.

La Organización Mundial para la Conservación de la Naturaleza (2009), indica que el agricultor o técnico deberá conocer las características físicas del suelo (capacidad de campo, punto de marchitez permanente, agua útil y agua fácilmente utilizable), además de la velocidad de infiltración del agua en el terreno, tal y como se expone en apartados anteriores. Estos datos se podrán obtener mediante análisis en laboratorios, ejecución de calicatas y por la experiencia del técnico o el agricultor.

1.5 Cálculo de las necesidades del cultivo.

La Organización Mundial para la Conservación de la Naturaleza (2009), indica que a la hora de regar el agricultor se enfrenta a una triple incógnita: cuándo, cómo y cuánto regar. Estos interrogantes se han resuelto tradicionalmente en base a la experiencia adquirida. Teniendo en cuenta que el agua es un recurso cada vez más valioso y con el que hay que procurar la máxima eficiencia de empleo, no es válido que decisiones tan importantes se tomen intuitivamente. Máxime cuando existen metodologías contrastadas para la toma de decisión de riego.

1.5.1 Cálculo de la dosis y frecuencia de riego.

Conocida la previsión de necesidades de agua para un cultivo en un periodo de tiempo concreto – cuánto y cuándo regar, la otra gran cuestión que tiene que resolver el regante es cómo realizar esta aportación, en uno o en varios riegos, es decir la dosis y frecuencia de riego. Se deben observar algunas condiciones como:

- **La capacidad máxima del suelo para almacenar agua.** Si se suministra toda el agua de una vez, parte puede percolar a capas profundas o perderse por escorrentía y escapar del alcance del cultivo.
- El **nivel de humedad del suelo** por debajo del cual no se debe bajar para que el cultivo no comience a sufrir estrés.
- **La capacidad del sistema de riego y su eficiencia.**
- Procurar dar **riegos frecuentes**, para contar con un nivel estable de agua en el suelo, fácilmente utilizable por el cultivo.

Una vez conocida la fecha y duración de los riegos, se debe procurar efectuarlos cuando las condiciones ambientales sean lo más favorables posible y cuando el coste energético sea menor, teniendo en consideración:

- En el caso de energía eléctrica, regar en horas de descuento de la tarifa eléctrica.
- En riego por aspersión, la eficiencia de aplicación y la uniformidad disminuyen si se riega con fuertes vientos y alta insolación. Por tanto, hay que intentar no regar durante las horas centrales del día en zonas con alta insolación, y disminuir el caudal del aspersor e incrementar el tiempo de riego en zonas con vientos frecuentes.
- Las lluvias superiores a 4-5mm deberán descontarse de los riegos pendientes.
- El aporte instantáneo de agua no debe superar la capacidad de infiltración del suelo, para evitar escorrentías.

1.5.2 Mantenimiento de las instalaciones de un Sistema de riego.

La Organización Mundial para la Conservación de la Naturaleza (2009), indica que “No riega mejor la instalación más cara, sino la mejor cuidada”. Se ha de crear el hábito de cuidar las instalación de riego, los detalles, lo que supondrá una mayor comodidad en el trabajo y la satisfacción de saber que no se está desperdiciando un recurso tan escaso como es el agua.

Es necesario comprobar periódicamente que la finca se riega de manera uniforme, y revisar las instalaciones de riego para evitar fugas en tuberías, acoples y tomas. Además de las singularidades propias de cada sistema de riego y de las normas básicas de seguridad e higiene en el trabajo, una lista de mínimos para un buen mantenimiento sería:

- Realizar una revisión anual de las instalaciones.
- No tolerar la más mínima fuga en las tuberías y acoples.
- Limpiar los elementos del filtrado. Además de la obturación de los emisores, una deficiente limpieza de filtros implica pérdida de presión en la red de riego y por tanto variaciones imprevistas del caudal.
- Asegurar el correcto funcionamiento de los manómetros. La instalación debe funcionar a la presión para la que ha sido diseñada, de ello depende la eficiencia y la uniformidad del riego.
- Limpiar los emisores: los goteros se limpiarán periódicamente mediante la inyección en el agua de riego de agentes limpiadores; los aspersores y toberas de pivots se limpiarán individualmente empleando siempre elementos blandos para las boquillas.
- Reemplazar los emisores, en caso de necesidad, por otro de idénticas características. No se mezclará emisores de distinto tipo en la misma instalación.
- Registra toda la información en el cuaderno de riego.

1.5.3 El agua y las plantas.

Según Life Medioambiente (2005) en las plantas, como en el resto de seres vivos, el agua desempeña una serie de funciones esenciales sin las cuales no sería posible la vida tal y como la conocemos:

1. Agua de constitución y sostén: aproximadamente el 80% de una planta es agua, denominándose genéricamente al resto de sus componentes materia seca. Esta cantidad de agua es imprescindible para que las plantas mantengan su estructura. Cuando, por la razón que sea, las plantas pierden más agua de la que pueden absorber, se marchitan y todos sus procesos vitales se ven alterados.

2. Transporte: la capacidad del agua para disolver numerosas sustancias le permite actuar como vehículo para el transporte de los nutrientes minerales desde el suelo a los órganos fotosintéticos de las plantas y, a su vez, redistribuir las sustancias elaboradas en las hojas por el resto de la planta. Lo que se conoce como *savia* no es más que agua con diversas sustancias disueltas.

3. Transpiración y refrigeración: al igual que ocurre en las máquinas inventadas por el hombre, las plantas necesitan para su correcto funcionamiento mantenerse dentro de un intervalo de temperaturas. Cuando ésta sube, las plantas liberan agua por los estomas de las hojas (pequeños orificios en la epidermis), que al evaporarse absorbe calor, consiguiendo finalmente regular la temperatura de la planta.

La pérdida de agua desde las hojas de las plantas se denomina transpiración. Para controlarla, cuentan con la apertura y el cierre de las estomas de las hojas. Pero la transpiración es un fenómeno intrínseco a la naturaleza de los vegetales e inevitable, al menos, por los siguientes motivos:

1. Como las plantas necesitan intercambiar oxígeno y anhídrido carbónico con la atmósfera, las estomas no puedan estar cerrados durante largos períodos de tiempo y, por tanto, las plantas están expuestas a perder agua.

2. En la figura 1.1 se observa la evaporación de agua desde las hojas actúa como una *bomba de extracción*. Sin ella, la capacidad de las raíces de una planta para absorber agua sería muy limitada y tanto la captación como la circulación de nutrientes se verían afectadas.

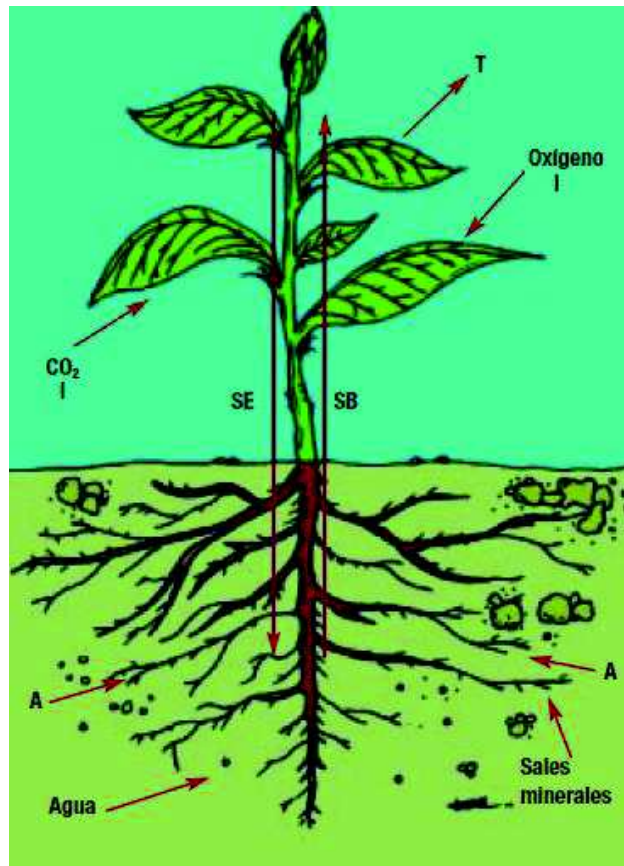


Figura 1.1. Funciones del agua en las plantas (A: Absorción de HO y sales minerales, T: Transpiración, I: Intercambio gaseoso, SB: Sabia bruta, y SE: Sabia Elaborada).

Fuente: Life Medioambiente (2005).

1.5.4 La evaporación y transpiración de una masa vegetal.

Faci (2012) señala que los procesos de transpiración (T) y de evaporación (E) se producen simultáneamente en forma de vapor de agua y es difícil separarlas y se engloban en el término evapotranspiración (ETc).

- La cantidad evaporada y transpirada del suelo y de las plantas (ETc) depende de las características de la cubierta vegetal y de la proporción de suelo desnudo.

- La ETc de un cultivo depende de:

- Clima

- Tipo de cultivo

- Disponibilidad de agua en el suelo.

1.5.5 Procedimientos para determinar las necesidades hídricas de los cultivos.

- Se utiliza el procedimiento de la FAO.
- Se considera el efecto del clima y de las características del propio cultivo.
 - En primer lugar se determina el efecto del clima en las necesidades de riego del cultivo que vienen dadas por la evapotranspiración de referencia (ET_o)
 - En segundo lugar se determina el efecto del propio cultivo en las necesidades de riego que vienen dadas por el valor del Coeficiente de cultivo (K_c) (Faci, 2012).

1.5.6 La evapotranspiración de referencia.

Faci (2012) plantea que la evapotranspiración de referencia (ET_o) se define como el consumo de agua de:

- ✓ Hierba corta de 8 a 15 cm de altura
 - ✓ Cultivada en un campo extenso
 - ✓ En crecimiento activo y sana
 - ✓ Sombreado totalmente el suelo
 - ✓ Bien provista de agua.
- La E_{to} se calcula a partir de variables meteorológicas (temperatura, humedad, viento y radiación solar) con el método de Penman- Monteith, método de la cubeta (tanque evaporimétrico).

1.5.7 Determinación del K_c.

Faci (2012) plantea que el ciclo del cultivo se divide en 4 fases:

Fase inicial. Desde siembra al 10% de suelo humedecido.

Fase de desarrollo. Hasta el 70% de suelo humedecido.

Fase de mediados. Hasta comienzo de la senescencia de las hojas.

Fase de finales. Hasta la maduración o recolección.

- Se determina la **duración** de las 4 fases a partir de información local. Esto afecta mucho a la evapotranspiración (Etp).

1.5.8 Programación de los riegos.

Una vez que conocemos las necesidades de riego del cultivo se debe programar los riegos (establecimiento de las dosis e intervalos de riego), Se necesita flexibilidad en el suministro. A veces las CC RR establecen restricciones que pueden coexistir con una buena programación.

El principio fundamental de una buena programación es que durante todo el ciclo de cultivo las necesidades hídricas del cultivo deben estar cubiertas por el riego y lluvia sin que se produzca déficit hídrico.

1.5.9 Parámetros físicos del suelo.

- Capacidad de campo (CC):
 - Humedad del suelo 1 ó 2 días después del riego.
- Punto de marchitez (PM)
 - Humedad del suelo a la que el cultivo se marchita y muere.
- Agua disponible (AD)
 - Es la diferencia entre CC y PM (CC-PM).
 - Representa el agua que las plantas pueden utilizar pero cuando la humedad del suelo se acerca al PM la extracción del agua por las raíces es más difícil.

1.6 Cultivo de cacao.

La Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola (1991) indica que el cultivo de cacao es un típico cultivo perenne y pertenece a la familia Esterculiaceae cuya principal característica es que sus miembros producen flores y frutas en el tallo y

ramas (ver anexo fotográfico 1 y 2). Es además, un cultivo que crece y produce en forma adecuada cuando está protegido por la sombra de árboles de otras especies.

Para que el cacao represente un buen negocio para el agricultor, una plantación debe producir entre el quinto o sexto año de establecida, más de 1.000 kg de grano seco por hectárea. Para lograrlo, no es suficiente que el cultivo se establezca en zonas con condiciones apropiadas de clima y suelo, o sembrar semilla certificada de buena calidad; se requiere también, aplicar en forma oportuna una serie de prácticas sencillas y fáciles de ejecutar, que van a asegurar larga vida de la plantación y producciones rentables, tales como:

- Producción y selección de plantas vigorosas y sanas, a nivel de vivero.
- Resiembras
- Poda del cacao.
- Combate de malezas.
- Regulación de la sombra.
- Fertilización;
- Formación y limpieza de canales de drenaje;
- Combate de plagas y enfermedades;
- Cosecha oportuna;
- Adecuada fermentación y secado de la almendra.

1.6.1 Origen del cacao.

El cacao es un árbol nativo de las regiones tropicales húmedas de la parte norte de América del Sur y, según algunos informes, de América Central. De hecho, todavía hay cierta controversia sobre el origen y domesticación del cacao.

Según FAO (2010) expresa que algunos autores creen que el cacao se introdujo en América Central. Aunque el primer centro de domesticación y cultural ha sido

identificado en América Central, se cree que el origen más probable de cacao es la región de las cuencas del Orinoco y el Amazonas, en los valles de sus afluentes. Algunos autores consideran que el centro de origen del cacao fue el Alto Amazonas, cerca de la frontera colombo-ecuatoriana, en los flancos orientales de los Andes. Aunque el cacao se cultiva en México y América Central desde hace más de 2000 años, no hay indicios de poblaciones silvestres de este cultivo por lo que se sugiere que el cacao se introdujo en América Central y México. Una vez que el cacao se había extendido en todo el valle del Amazonas, se supone que se dispersó a lo largo de dos rutas: una al norte y la otra al oeste. De esta manera, la domesticación del cacao se produjo en América del Sur y luego se extendió a América Central y el sur de México, realizado por la migración de los indios (FAO, 2010).

1.6.2 Taxonomía del cacao.

Nombre científico: *Theobroma cacao*.

Familia: Sterculiaceae.

1.6.3 Descripción botánica del cacao.

Theobroma cacao es caulífera y semi-caducífola. El árbol es bajo, alcanzando una altura promedio de 5.10 m. El tronco es corto, ramas en verticilos de 5 m, dimórficas; chupones verticales que crecen en el tronco y que tienen hojas dispuestas en 5/8 de filotaxia (disposición de las hojas a lo largo de los tallos) (FAO, 2010).

Las hojas de cacao son grandes, coriáceas o cartáceas, alternas, dísticas con ramas normales, verdes, pecíolo pubescente o tomentoso, pelos de difusión simples y densos, engrosados y pulvinados en los extremos; láminas de 12 a 60 cm de largo, 4 a 20 cm de ancho de elípticas a obovadas u oblongas, enteras, y glabras (poco pelo) (FAO, 2010).

Las ramas laterales (parecidas a unas aspas) tienen un 1/2 de filotaxia. Pecíolo con 2 pulvinos (engrosamiento o ensanchamiento en forma de cojinete de la base de la hoja) unidos, uno en la base y el otro en el punto de inserción de la hoja con dos estípulas de hoja caduca, elíptico-oblongas u oblongo-obovadas. Lamina simple de 10 a 45 cm de largo, generalmente suave, peluda a veces redondeadas y obtusas en la base y ápice en punta. Inflorescencia dicasiales (Inflorescencia cimosa que terminando en una flor, se originan dos flores laterales por debajo); pedúnculo primario muy corto, grueso y

lignificado. El pedúnculo de la flor es de 1 a 4 cm de largo con 5 sépalos triangulares de color blanquecino o de color rojizo. 5 Pétalos unidos en la base en una estructura de forma de copa, de color blanco-amarillo con bandas adaxiales de color púrpura oscuro; lígulas espatuladas de color amarillento. Cinco estambres fértiles alternando con 5 estaminodios y dos puntos de unión para formar un tubo. Dos Anteras con estambres fusionados. Un ovario superior con una terminación de estilo sencillo que termina en 5 superficies unidas. El fruto es variable en forma, ovoidal, alargadas, a veces puntiaguda y estrecha en la base o casi esférica, con 10 surcos de los cuales 5 son prominentes. Presenta placentación axial, semillas incrustadas en mucílagos, plana o redonda con los cotiledones de color blanco o morado (FAO, 2010).

1.7 Cultivo de maíz.

Según Sánchez (2014) el maíz es una planta monocotiledónea muy cultivada a lo largo de todo el mundo, siendo uno de los alimentos de consumo básico en muchas poblaciones. Perteneciente a la familia de las Poáceas, de la tribu Maydeas, las especies del género *Tripsacum* son formas salvajes parientes del maíz, también con origen americano, pero sin valor económico directo.

El maíz goza de gran importancia económica mundial ya sea como alimento humano, para el ganado o como materia prima de un gran número de productos industriales. Cerca del 40 % del maíz producido en los países tropicales se usa para la alimentación animal, concretamente para ganado y establecimientos avícolas (Sánchez, 2014).

1.7.1 Taxonomía del maíz.

Los taxónomos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena*, como dos géneros separados, sin embargo, debido al estudio realizado por Reeves y Mangelsdorf en 1942 se los considera como un único género, basándose en la compatibilidad entre esos grupos de plantas y los estudios citogenéticos (Sánchez, 2014).

Nombre científico: Zeas Mays.

Reino: Plantae.

División: Magnoliophyta Cronquis.

Clase: Liliopsida.

Orden: Poales Small.

Familia: Poaceae Barnhart.

Género: Zea Linnaeus.

1.7.2 Descripción botánica del maíz.

La planta del maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte (60-80 cm de altura), frondosa, con un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos. Las yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta formarán una inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por hojas y que servirán como reserva. Las mazorcas son espigas de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares estando cada espiguilla con dos flores postiladas, una fértil y otra abortiva, en hileras paralelas. Las hojas que se desprenden de los nodos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas, naciendo en los nudos de forma alternada. Los entrenudos y las yemas florales están cubiertos por una vaina. La parte superior de la planta está compuesta de una espiga central con algunas ramificaciones laterales que es donde se producirán los granos de polen (Inflorescencia masculina en panícula dominante). La coloración de la panícula está en función de la tonalidad de las glumas y las anteras pudiendo ser verdosa o amarillenta. A lo largo del eje central las espiguillas se distribuyen de forma polística estando protegidas por dos glumas (superior e inferior). La lemma del flósculo estéril es ovada, membranosa, sin nervios, mientras que el flósculo fértil es orbicular, sin quilla. Ambas inflorescencias presentan espiguillas apareadas (Sánchez, 2014).

El sistema radicular presenta una parte de raíces adventicias seminales que constituye cerca del 52 % de la planta además de ser el principal sistema de fijación y absorción de la planta, mientras que el sistema nodular es el 48% de la masa total de raíces de la planta. La función de las raíces de anclaje es mantener la planta erecta para así evitar su caída. En cuanto a su sistema caulinar, cuando tienen tres hojas sobre la superficie son ya visibles las plántulas pero sus puntos de crecimiento aún están bajo tierra (ver anexos fotográficos 4, 5 y 6). El tallo formado presenta varias estructuras básicas denominada fitómero: meristemo apical, profilo, hojas e internudos. El tallo es simple, erecto,

pudiendo alcanzar alturas entre 2 y 6 metros de altura, con numerosos nudos y entrenudos. Las panojas son las estructuras donde se desarrolla el grano en un número variable de hileras (12 a 16) produciendo de 300 a 1000 granos; en total, el grano constituye alrededor del 42% del peso seco de la planta. Hay distintos tipos de grano según los compuestos químicos que contenga (Sánchez, 2014).

Las inflorescencias unisexuales crecen siempre en lugares separados de la planta. Al principio ambas inflorescencias presenta primordios de flores bisexuales pero, en ambos casos, los primordios de gineceos y estambres abortan y quedan solo las inflorescencias femeninas (mazorca, elote o choclo) y masculinas (espiguillas), respectivamente. La elección de un sexo u otra forma parte de una interacción entre determinantes genéticos, ambientales, giberelinas y hormonas de la planta. El desarrollo de la flor femenina es acropétalo desde la base hasta la parte apical. La polinización es anemófila, viajando los granos de polen distancias entre 100 y 1000 m (Sánchez, 2014).

El polen es trinuclear conteniendo numerosos granos de almidón y dos capas resistentes (exina e intina). Los estambres están cubiertos por tricomas abiertos reteniendo los granos de polen eficazmente. En general, la protandria no es verdadera ya que el gineceo madura y los estambres son receptivos antes de aparecer fuera de las hojas de cobertura (Sánchez, 2014).

El fruto es indehiscente, cada grano se denomina cariósipide, no presentando latencia la semilla. El pericarpio está fundido con la testa de la semilla formando la pared del fruto. El fruto maduro consta de pared, embrión diploide y endosperma triploide. El pericarpio constituye alrededor del 5 a 6 % de peso total del grano, la aleurona en torno al 2 o 3 %, el embrión alrededor del 12-13%, y el endospermo, mayoritario, presenta unos valores en torno al 80-85%. El resto lo constituye la piloriza que es una pequeña estructura cónica encargada junto con el pedicelo de unir el grano a la espiga (Sánchez, 2014).

CAPITULO II.
MATERIALES Y MÉTODOS.

CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Métodos y materiales.

2.1.1. Ámbito geográfico de la Investigación.

La investigación fue realizada en el Cantón Chone.

2.1.2. Información de Chone.

El cantón Chone se encuentra en la zona norte de la provincia de Manabí. Los límites del cantón son al norte con el cantón Pedernales y la provincia de Esmeraldas, al sur los cantones Pichincha, Bolívar y Tosagua, al este con la provincia de Esmeraldas y los cantones El Carmen y Flavio Alfaro; y al oeste con los cantones San Vicente, Sucre (Parroquia San Isidro), Jama y Pedernales, como se aprecia en la figura 2.1.

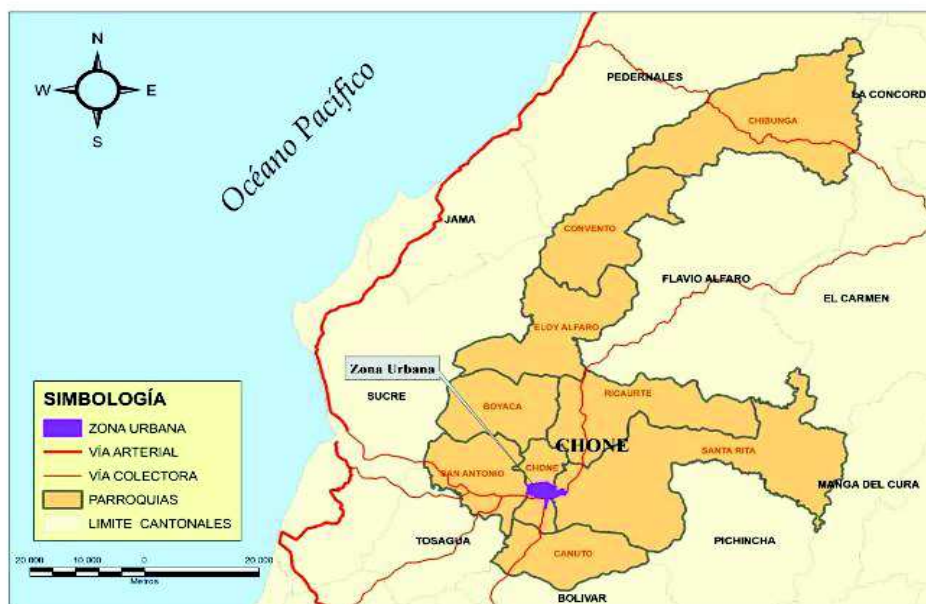


Figura 2.1. Mapa de Chone y sus parroquias.

Fuente: (Centro del Agua y Desarrollo Sostenible, 2012)

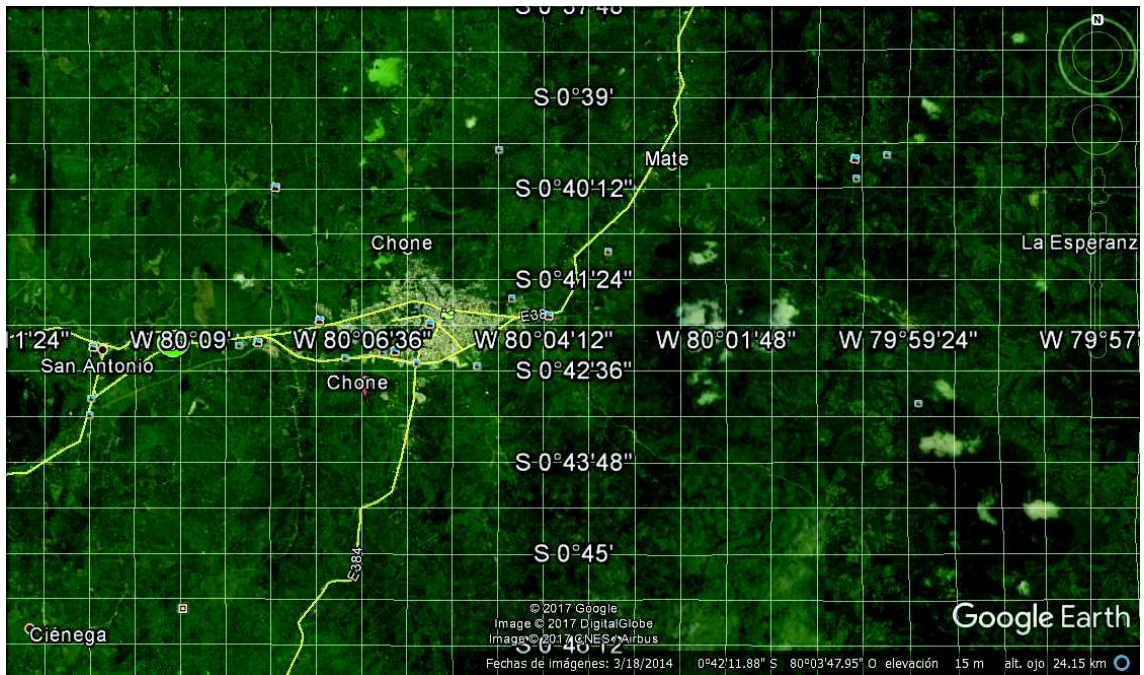


Figura 2.2. Vista satelital de Chone

Fuente: Google Earth (2017)



Figura 2.3. Vista satelital de Represa de Chone-PPMCH.

Fuente: Google Earth (2017)

El cantón se encuentra ubicado en el centro representando el eje geográfico de la provincia de Manabí; mediante una división político administrativo de la República del Ecuador, se nombró con el mismo nombre al cantón, ciudad, parroquia urbana, y su río.

2.1.3. Orografía de Chone.

El relieve de este cantón está determinado primordialmente por la Cordillera Chongón Colonche al este del cantón. El punto de mayor altitud es el Cerro Blanco y el relieve más bajo se encuentra en la zona sur-oeste, formando el valle del río Chone, donde se encuentra ubicada la zona urbana del cantón (Centro del Agua y Desarrollo Sostenible, 2012).

La variación de las cotas del cantón están entre los 2 y 671 msnm, predominan las altitudes comprendidas entre los 50 y 250 msnm. Las parroquias Chibunga, Convento y Eloy Alfaro, al norte del cantón, tiene altitudes entre los 105 y 671 msnm. Las parroquias de San Antonio, Chone y Canuto, ubicadas al sur, presentan cambios en su orografía, la cual fluctúa entre los 2 y 310 metros sobre el nivel del mar. Las parroquias de Boyacá, Ricaurte y Santa Rita tienen un relieve más irregular, con altitudes que fluctúan entre los 11 y 658 msnm. Chone es el cantón más grande de Manabí, eminentemente rural y agropecuario, con elevaciones de hasta 600 metros de altura, como el cerro Ñause.

2.1.4. Clima de Chone

El clima es cálido seco en verano, entre los meses de Junio a Noviembre, y cálido lluvioso en época de invierno, que va de Diciembre a Mayo. La temperatura tiene altas variaciones durante el año que puede llegar desde un valor mínimo de 22,8 °C hasta un máximo de 33,7 °C, esto se debe a la geografía y ubicación del cantón.

La zona sur de Chone es una zona transitoria entre húmedo tropical y sabana, mientras que su zona norte y oriental es montañosa y húmeda tropical. La precipitación media anual es de 1113mm/año, con excepción de periodos anormales como el fenómeno de El Niño (Centro del Agua y Desarrollo Sostenible, 2012).

2.2. Sistemas de riego en Manabí

De acuerdo a (SENPLADES, 2013), en Manabí existen dos sistemas de riego principales:

- **Sistema estatal Poza Honda – Río Chico.-** Este sistema brinda servicio a los cantones: Santa Ana, 24 de Mayo, Portoviejo, Rocafuerte y el Cantón Sucre. La fuente es el Río Portoviejo parte alta, Río Chico, Poza Honda.
- **Sistema estatal Carrizal-Chone.-** Este sistema brinda servicio a los cantones: Chone, Tosagua, Bolívar y Junín. La fuente es el Río Carrizal parte alta.

2.3. Instructivo para el cálculo de régimen de riego del proyecto de riego.

2.3.1. Generalidades.

El régimen de riego de proyecto representa un pronóstico estadístico obtenido sobre la base del conocimiento de los factores que determinaron el riego en un periodo pasado, tiene la particularidad de que nunca se repite exactamente en la forma ya obtenida, pero aporta la base para la proyección de un sistema de riego con una posibilidad determinada. Se necesitan los siguientes pasos:

Paso 1. Para los cálculos se tendrá en cuenta la información siguiente:

- Distribución de la lluvia y la evaporación en una serie histórica no menor que 20 años.
- Propiedades hidrofísicas del suelo.
- Tipo de cultivo.
- Ciclo vegetativo.
- Variación de la capa activa del suelo y momento en que se produce.
- Coeficiente bioclimático.
- Límite productivo.
- Relación Suelo-Cultivo.

Paso 2. Para los cultivos permanentes el comienzo del balance hídrico se considera el mes en la lluvia caída sobrepase el valor de la evapotranspiración y para los cultivos temporales está dado por el ciclo del cultivo.

Paso 3. Todos los datos a procesar se obtendrán en un periodo igual o inferior a la decena.

Paso 4. Para la obtención de los resultados en breve tiempo, al procedimiento se aplicará un sistema automatizado, una vez aportados los datos básicos.

Paso 5. En caso de existir series históricas de lluvias y evaporación menores que 20 años, se adoptará un método estadístico para prolongar las series.

Paso 6. Los resultados obtenidos a partir de estos cálculos se establecerán en una tabla modelo.

2.3.2. Términos, definiciones y símbolos.

2.3.2.1. Balance total de los ingresos hídricos.

Volumen de agua que se reflejará positivamente en el balance por concepto de reserva inicial, lluvia aprovechable, riego aplicado e incremento en la norma de riego por profundización de la capa activa de suelo a humedecer.

2.3.2.2. Capa activa.

Grosor del suelo donde se encuentra las raíces aptas fisiológicamente. Símbolo: **h**.

2.3.2.3. Capacidad de campo.

Agua que se queda retenida una vez que se termina de eliminarse el agua gravitacional o en exceso después de un riego, expresada en por ciento de suelo seco y que varía según las propiedades hidrofísicas del suelo. Símbolo: **Cc** o **β máx.**

2.3.2.4. Coeficiente de cultivo.

Relación entre la evapotranspiración del cultivo y la evaporación de una superficie de agua. Símbolo: **Kc**.

2.3.2.5. Límite productivo.

Valor de la humedad del suelo que varía de acuerdo a la textura del suelo y tipo de cultivo expresado en por ciento de humedad del suelo a capacidad del suelo. Símbolo: L_p o β mín.

2.3.2.6. Norma parcial neta de riego.

Volumen de agua que se entrega en un riego, sin tener en cuenta las pérdidas producidas. Símbolo: μ_n .

Su expresión matemática es:

$$\mu_n = W_{\max} - W_{\min} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

2.3.2.7. Lluvia aprovechable.

Valor de las precipitaciones que aumenta la reserva de humedad del suelo y constituye una parte de la lluvia caída (ver tabla 2.1). A los efectos de la norma, es considerada como la porción de la lluvia total que cubre el déficit de la humedad del suelo, entre los límites de la reserva de humedad presente en el momento de ocurrir la lluvia y la reserva de humedad máxima. Símbolo: N .

Tabla 2.1. Lluvia Ocurrida (P).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Lluvia Mensual (mm)	1190	1898	1055	3190	47	14	8	2	15	25	11	574	8029

Fuente: (Cabrera, Pérez, & Moreira, 2017)

2.3.2.8. Evapotranspiración.

$$E_{tp} = E_{to} * K_c \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Donde:

- E_{tp} es el valor de Evapotranspiración mensual del cultivo (mm) que se emplea en el Régimen de Riego

- Eto, es el valor de Evapotranspiración de Referencia determinado a partir de la Evaporación del 25 % de probabilidad afectada por el coeficiente del Tanque Evaporímetros Clase A (mm) (ver tabla 2.2).

Tabla 2.2. Evapotranspiración de Referencia

Mes	Evaporación	Eto
	(mm)	(mm)
Ene	1351	1148,4
Feb	902	766,7
Mar	1075	913,8
Abr	1129	956,7
May	1021	867,9
Jun	814	691,9
Jul	937	796,5
Ago	1100	935
Sep	1250	1062,5
Oct	1058	899,3
Nov	1185	1007,3
Dic	1180	1003
Total anual	13002	11049

Fuente: (Cabrera, Pérez, & Moreira, 2017)

- Kc, es el coeficiente que depende del cultivo (ver tabla 2.3), su etapa de desarrollo y la zona climática donde se encuentre (adimensional)

Tabla 2.3. Coeficiente de cultivo (Kc).

Kc Maíz	Kc Cacao
0,35 *A 30 cm de profundidad	0,9 *A 70cm de profundidad en plantación establecida
0,6 *A 60 cm de profundidad	

Fuente: (Allen, 2006)

2.3.2.9. Reserva de humedad inicial.

Al inicio del periodo se asumirá el 90 % de la reserva de humedad máxima y en el resto de periodo se tomará la reserva de humedad final del balance anterior. Si ocurrieran

cambios en la profundidad de humedecimiento, se determinará por la sumatoria de la reserva de la humedad final anterior, más el volumen correspondiente al 90 % de la diferencia de las reservas de humedades máximas.

2.3.2.10. Lluvia aprovechable.

En el cálculo de la lluvia aprovechable se pueden presentar dos situaciones:

Primera.- Que la lluvia ocurrida (P) haya sido menor o igual que la evapotranspiración.

Si $P \leq E_{tr}$, entonces $N=P$

Segunda.- Que la lluvia ocurrida (P) haya sido mayor que la evapotranspiración.

Si $P > E_{tr}$, pueden derivarse dos situaciones:

a) Si $P > E_{tr} + (W_{max} - W_i)$, entonces $N = E_{tr} + (W_{max} - W_i)$

b) Si $E_{tr} < P \leq E_{tr} + (W_{max} - W_i)$, entonces $N = P$

2.3.2.11. Criterio de riego.

De acuerdo al resultado de las siguiente variantes se determinará si hay que regar o no.

a) Si $E_{tr} \leq (W_i - W_{min}) + N$ No hay que regar

b) Si $E_{tr} > (W_i - W_{min}) + N$ Hay que regar

i. Si hay que regar se efectuará un número de riegos hasta satisfacer la expresión.

$$E_{tr} \leq (W_i - W_{min}) + N + m(\mu_n)$$

ii. Donde m es el número de riegos aplicados en el periodo evaluado.

Si hay que aplicar más de un riego en el periodo evaluado véase el apartado anterior

2.3.2.12. Fecha de riego.

$$Fecha\ de\ riego = \frac{(W_i - W_{min}) + N + m(\mu_n)}{E_{tr}} + 1 \quad (\text{días})$$

Donde E_{tr} , evapotranspiración promedio diaria para el periodo evaluado.

2.3.2.13. Balance total de los recursos hídricos.

$$\text{Total de ingresos} = Wi + N + m(\mu n) \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

2.3.2.14. Reserva de humedad final.

$$Wf = \text{total de ingresos} - \text{total de egresos} \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

2.3.2.15. Reserva de humedad consumida.

$$W_{\text{cons}} = W_{\text{max}} - W_{\text{min}} \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

2.3.2.16. Reserva de humedad presente.

$$W_{\text{presente}} = W_{\text{final}} - W_{\text{min}} \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

2.3.3. Modelo de tabla para cálculo de régimen de riego.

Suelo _____ Cultivo _____

Cc _____

Pea 1 _____ Pea 2 _____

Lp _____

Provincia: _____

Ciclo vegetativo: _____

Fecha de siembra: _____

Fecha de cambio: _____

h1 _____

h2 _____

Región: _____

Año: _____

Pluviómetro: _____

Evaporímetro: _____

Mes	Decena	Wmáx (m3/ha)	Wmín (m3/ha)	mpn (m3/ha)	INGRESOS					Total de Ingresos (m3/ha)	EGRESOS			Reserva Final (Wf) (m3/ha)	Reserva consumida (Wcons) (m3/ha)	Reserva Presente (Wpresente) (m3/ha)	
					Wi (m3/ha)	LLUVIA		RIEGOS			Kc	Er (m3/ha)	Etp (m3/ha)				
						Ocurrida	Aprovechable	fecha	mpn (m3/ha)								
						P	N										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	

2.3.4. Descripción de tabla para cálculo de régimen de riego.

- **Columna 1.**

Se señalan los meses correspondientes al ciclo vegetativo.

- **Columna 2.**

Se señalan las decenas correspondientes a cada mes.

- **Columna 3.**

Se calcula la reserva de humedad máxima y se refleja en esta columna.

$$W_{max} = 100 * P_{ea} * h_1 * C_c$$

- **Columna 4.**

Se calcula la reserva de humedad máxima y se refleja en esta columna.

$$W_{max} = 100 * P_{ea} * h_1 * L_p$$

- **Columna 5.**

Se calcula la norma parcial neta de riego para h1

$$M_{pn} = W_{max} - W_{min}$$

- **Columna 6.**

En esta columna se reflejara el valor de la reserva de humedad inicial que en la primera decena es del 90 % de la reserva de la humedad máxima y en el resto de las decenas se tomará la columna 15 de la decena anterior, en los casos que se varia de una capa de suelo a otra, se producen cambios en los parámetros, de humedad máxima, mínima y en la norma parcial de neta de riego.

Determinándose la reserva de humedad inicial de la siguiente forma:

$$\text{Columna 6} = \text{columna 15 (anterior)} + 90 \% (W_{max2} - W_{max1})$$

- **Columna 7.**

Se reflejará la sumatoria decenal de las lluvias que han ocurrido durante el periodo vegetativo.

- **Columna 8.**

Se reflejara la lluvia aprovechable y se determinará de la forma siguiente:

a) Si $P > E_{tp} + (W_{max} - W_i)$, entonces $N = E_{tp} + (W_{max} - W_i)$

b) Si $E_{tp} < P \leq E_{tp} + (W_{max} - W_i)$, entonces $N = P$

- **Columna 9.**

Fecha de riego

$$\text{Fecha de riego} = \frac{(W_i - W_{min}) + N + m(\mu n)}{E_{tr}} + 1$$

$$\text{Fecha de riego} = \frac{(\text{col } 6 - \text{col } 4) + \text{col } 8 + \text{col } 10}{E_{tr}} + 1$$

- **Columna 10.**

Se reflejará la magnitud de la norma de riego, dada por: $m(\mu n)$, m^3 / ha

- **Columna 11.**

Total de ingresos = Col 6 + col 8 + col 10

- **Columna 12.**

Se reflejaran los datos según coeficiente bioclimático, según tabla correspondiente.

- **Columna 13.**

Se reflejaran los datos de la evaporación determinados a través del evaporímetro clase A.

- **Columna 14.**

Se reflejará la evapotranspiración que se determina por la multiplicación de las columnas 12 por columna 12.

- **Columna 15.**

Reserva de humedad final. De los ingresos anteriores se extraerán los egresos.

$$\text{Col 15} = \text{col 11} - \text{col 14}$$

- **Columna 16.**

Reserva de humedad consumida.

$$\text{Col 16} = \text{col 3} - \text{col 15}$$

- **Columna 17.**

Reserva de humedad presente.

$$\text{Col 17} = \text{col 15} - \text{col 4}$$

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1.1. Cálculo del Régimen de riego para cultivo de cacao.

El régimen de riego implica el cálculo de los ingresos, a modo de lluvia y riegos, y los egresos de las reservas de agua en un terreno cultivable, para el caso del cultivo de cacao el cálculo inicia en enero y culmina en diciembre, con una profundidad de raíz a 70 cm y coeficiente 0,9 correspondiente a su etapa de desarrollo (maduro establecido) y la zona climática donde se encuentre (cálida-tropical).

En suelos de textura fina el cálculo arroja que es necesario 12 riegos, que en total suman una aportación anual de 5498 m³ de agua por hectárea de cultivo, entre los meses de mayo a diciembre.

En suelos de textura media el cálculo arroja que es necesario 13 riegos, que en total suman una aportación anual de 5665 m³ de agua por hectárea de cultivo, entre los meses de mayo a diciembre.

Tabla 3.1. Régimen de riego para cultivo de cacao en textura fina período anual.

Mes	Decena	Wmáx (m3/ha)	Wmín (m3/ha)	mpn (m3/ha)	INGRESOS						Total de Ingresos (m3/ha)	EGRESOS			Reserva Final (Wf) (m3/ha)	Reserva consumida (Wcons) (m3/ha)	Reserva Presente (Wpresente) (m3/ha)
					Wi (m3/ha)	LLUVIA		RIEGOS				Kc	Eto (m3/ha)	Etp (m3/ha)			
						Occurrida	Aprovechable	Hay que regar?	mpn real (m3/ha)	NR							
						P	Pa										
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15		17
ENERO	1	3054,76	2596,54	458,21	2749,28	1190	1190,00	no	0	0	3939,28	0,9	1148,40	1033,56	2905,72	149,04	309,18
FEBRERO	1	3054,76	2596,54	458,21	2905,72	1898	839,07	no	0	0	3744,79	0,9	766,70	690,03	3054,76	0,00	458,22
MARZO	1	3054,76	2596,54	458,21	3054,76	1055	822,42	no	0	0	3877,18	0,9	913,80	822,42	3054,76	0,00	458,22
ABRIL	1	3054,76	2596,54	458,21	3054,76	3190	861,03	no	0	0	3915,79	0,9	956,70	861,03	3054,76	0,00	458,22
MAYO	1	3054,76	2596,54	458,21	3054,76	47	47,00	si	1	458,2137	3559,98	0,9	867,90	781,11	2778,87	275,89	182,32
JUNIO	1	3054,76	2596,54	458,21	2778,87	14	14,00	si	1	458,2137	3251,08	0,9	691,90	622,71	2628,37	426,39	31,83
JULIO	1	3054,76	2596,54	458,21	2628,37	8	8,00	si	2	916,4274	3552,80	0,9	796,50	716,85	2835,95	218,81	239,40
AGOSTO	1	3054,76	2596,54	458,21	2835,95	2	2,00	si	2	916,4274	3754,37	0,9	935,00	841,50	2912,87	141,88	316,33
SEPTIEMBRE	1	3054,76	2596,54	458,21	2912,87	15	15,00	si	2	916,4274	3844,30	0,9	1062,50	956,25	2888,05	166,71	291,51
OCTUBRE	1	3054,76	2596,54	458,21	2888,05	25	25,00	si	2	916,4274	3829,48	0,9	899,30	809,37	3020,11	34,65	423,56
NOVIEMBRE	1	3054,76	2596,54	458,21	3020,11	11	11,00	si	2	916,4274	3947,54	0,9	1007,30	906,57	3040,97	13,79	444,42
DICIEMBRE	1	3054,76	2596,54	458,21	3040,97	574	574,00	no	0	0	3614,97	0,9	1003,00	902,70	2712,27	342,49	115,72
Total									12	5498,56							

Fuente: Elaboración Propia.

Según la norma de riego y las características del suelo de textura fina, entre los meses de mayo y junio, se necesita un riego mensual de alrededor de 458 m³ de agua por hectárea de cultivo, mientras que en los meses de julio a noviembre, se necesitan dos riegos mensuales de alrededor de 916 m³ de agua por hectárea de cultivo, y el resto de meses debido al diferencial entre la lluvia ocurrida y la evapotranspiración, no es necesario regar. Todo esto da como resultado alrededor de 5498 m³ de agua por hectárea de cultivo, distribuidos en 12 riegos, conforme a lo indicado en la tabla 3.1.

Tabla 3.2. Régimen de riego para cultivo de cacao en textura media período anual.

Mes	Decena	Wmáx (m3/ha)	Wmín (m3/ha)	mpn (m3/ha)	INGRESOS						Total de Ingresos (m3/ha)	EGRESOS			Reserva Final (Wf) (m3/ha)	Reserva consumida (Wcons) (m3/ha)	Reserva Presente (Wpresente) (m3/ha)
					Wi (m3/ha)	LLUVIA		RIEGOS				Kc	Eto (m3/ha)	Etp (m3/ha)			
						Ocurrida P	Aprovechable Pa	hay que regar?	NR	mpn real (m3/ha)							
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15		17
ENERO	1	2905,31	2469,51	435,80	2614,78	1190	1190,00	no	0	0	3804,78	0,9	1148,40	1033,56	2771,22	134,09	301,71
FEBRERO	1	2905,31	2469,51	435,80	2771,22	1898	824,12	no	0	0	3595,34	0,9	766,70	690,03	2905,31	0,00	435,80
MARZO	1	2905,31	2469,51	435,80	2905,31	1055	822,42	no	0	0	3727,73	0,9	913,80	822,42	2905,31	0,00	435,80
ABRIL	1	2905,31	2469,51	435,80	2905,31	3190	861,03	no	0	0	3766,34	0,9	956,70	861,03	2905,31	0,00	435,80
MAYO	1	2905,31	2469,51	435,80	2905,31	47	47,00	si	1	435,7962	3388,10	0,9	867,90	781,11	2606,99	298,31	137,48
JUNIO	1	2905,31	2469,51	435,80	2606,99	14	14,00	si	2	871,5924	3492,59	0,9	691,90	622,71	2869,88	35,43	400,36
JULIO	1	2905,31	2469,51	435,80	2869,88	8	8,00	si	1	435,7962	3313,67	0,9	796,50	716,85	2596,82	308,49	127,31
AGOSTO	1	2905,31	2469,51	435,80	2596,82	2	2,00	si	2	871,5924	3470,41	0,9	935,00	841,50	2628,91	276,39	159,40
SEPTIEMBRE	1	2905,31	2469,51	435,80	2628,91	15	15,00	si	2	871,5924	3515,51	0,9	1062,50	956,25	2559,26	346,05	89,74
OCTUBRE	1	2905,31	2469,51	435,80	2559,26	25	25,00	si	2	871,5924	3455,85	0,9	899,30	809,37	2646,48	258,83	176,97
NOVIEMBRE	1	2905,31	2469,51	435,80	2646,48	11	11,00	si	2	871,5924	3529,07	0,9	1007,30	906,57	2622,50	282,81	152,99
DICIEMBRE	1	2905,31	2469,51	435,80	2622,50	574	574,00	si	1	435,7962	3632,30	0,9	1003,00	902,70	2729,60	175,71	260,09
									Total	13	5665,35						

Fuente: Elaboración Propia.

Según la norma de riego y las características del suelo de textura media, en los meses de mayo, julio y diciembre, se necesita un riego mensual de alrededor de 435 m³ de agua por hectárea de cultivo, mientras que en los meses de junio y de agosto a noviembre, se necesitan dos riegos mensuales de alrededor de 871 m³ de agua por hectárea de cultivo, y el resto de meses debido al diferencial entre la lluvia ocurrida y la evapotranspiración, no es necesario regar. Todo esto da como resultado alrededor de 5665 m³ de agua por hectárea de cultivo, distribuidos en 13 riegos, conforme a lo indicado en la tabla 3.2.

3.1.2. Cálculo del Régimen de riego para cultivo de maíz.

El régimen de riego implica el cálculo de los ingresos, a modo de lluvia y riegos, y los egresos de las reservas de agua en un terreno cultivable, para el caso del cultivo de maíz el cálculo se realiza en dos etapas, lluviosa de enero a junio y seca de julio a diciembre, con un profundidad de raíz a 30 cm en el primer de cultivo y 60 cm en los cinco meses siguientes y coeficiente 0,35 para la primera etapa de desarrollo y 0,6 para la segunda etapa de desarrollo, correspondiente a la zona climática donde se encuentre (cálida-tropical).

En la época lluviosa, tanto en suelos de textura fina y media el cálculo arroja que es necesario 2 riegos, que en el primero suman una aportación semestral de 785 m³ de agua por hectárea de cultivo, y en el segundo suman una aportación semestral de 747 m³ de agua por hectárea de cultivo.

En la época seca, tanto en suelos de textura fina y media el cálculo arroja que es necesario 8 riegos, que en el primero suman una aportación semestral de 2759 m³ de agua por hectárea de cultivo, y en el segundo suman una aportación semestral de 2636 m³ de agua por hectárea de cultivo.

Tabla 3.3. Régimen de riego para cultivo de maíz en textura fina primer semestre, época lluviosa (Enero a Junio).

Mes	Decena	W _{máx} (m ³ /ha)	W _{mín} (m ³ /ha)	mpn (m ³ /ha)	INGRESOS						Total de Ingresos (m ³ /ha)	EGRESOS			Reserva Final (W _f) (m ³ /ha)	Reserva consumida (W _{cons}) (m ³ /ha)	Reserva Presente (W _{presente}) (m ³ /ha)
					W _i (m ³ /ha)	LLUVIA		RIEGOS				K _c	E _{to} (m ³ /ha)	E _{tp} (m ³ /ha)			
						Ocurrida P	Aprovechable P _a	hay que regar?	NR	mpn real (m ³ /ha)							
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15		17
ENERO	1	1343,78	1142,22	201,57	1209,41	1190	536,32	no	0	0	1745,73	0,35	1148,40	401,94	1343,79	0,00	201,57
FEBRERO	1	2618,36	2225,61	392,75	2490,91	1898	587,48	no	0	0	3078,39	0,6	766,70	460,02	2618,37	0,00	392,76
MARZO	1	2618,36	2225,61	392,75	2618,37	1055	548,28	no	0	0	3166,65	0,6	913,80	548,28	2618,37	0,00	392,76
ABRIL	1	2618,36	2225,61	392,75	2618,37	3190	574,02	no	0	0	3192,39	0,6	956,70	574,02	2618,37	0,00	392,76
MAYO	1	2618,36	2225,61	392,75	2618,37	47	47,00	si	1	392,7546	3058,12	0,6	867,90	520,74	2537,38	80,98	311,77
JUNIO	1	2618,36	2225,61	392,75	2537,38	14	14,00	si	1	392,7546	2944,14	0,6	691,90	415,14	2529,00	89,37	303,39
Total									2	785,50							

Fuente: Elaboración Propia.

Según la norma de riego y las características del suelo de textura fina para el primer semestre correspondiente a la época lluviosa, en los meses de mayo y junio, se necesita un riego mensual de alrededor de 392 m³ de agua por hectárea de cultivo, y el resto de meses debido al diferencial entre la lluvia ocurrida y la evapotranspiración, no es necesario regar. Todo esto da como resultado alrededor de 785 m³ de agua por hectárea de cultivo, distribuidos en 2 riegos, conforme a lo indicado en la tabla 3.3.

Tabla 3.4. Régimen de riego para cultivo de maíz en textura fina segundo semestre, época seca (Julio a Diciembre).

Mes	Decena	Wmáx (m3/ha)	Wmín (m3/ha)	mpn (m3/ha)	INGRESOS						Total de Ingresos (m3/ha)	EGRESOS			Reserva Final (Wf) (m3/ha)	Reserva consumid a (Wcons) (m3/ha)	Reserva Presente (Wpresen te) (m3/ha)
					Wi (m3/ha)	LLUVIA		RIEGOS				Kc	Er (m3/ha)	Etp (m3/ha)			
						Ocurre da P	Aprovechable Pa	hay que regar?	NR	mpn real (m3/ha)							
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15		17
JULIO	1	1343,78	1142,22	201,57	1209,41	8	8,00	si	2	403,135	1620,54	0,35	796,50	278,78	1341,77	2,02	199,55
AGOSTO	1	2618,36	2225,61	392,75	2488,89	2	2,00	si	1	392,755	2883,64	0,6	935,00	561,00	2322,64	295,72	97,03
SEPTIEMBRE	1	2618,36	2225,61	392,75	2322,64	15	15,00	si	2	785,509	3123,15	0,6	1062,50	637,50	2485,65	132,71	260,04
OCTUBRE	1	2618,36	2225,61	392,75	2485,65	25	25,00	si	1	392,755	2903,41	0,6	899,30	539,58	2363,83	254,54	138,22
NOVIEMBRE	1	2618,36	2225,61	392,75	2363,83	11	11,00	si	2	785,509	3160,34	0,6	1007,30	604,38	2555,96	62,41	330,35
DICIEMBRE	1	2618,36	2225,61	392,75	2555,96	574	574,00	no	0	0	3129,96	0,6	1003,00	601,80	2528,16	90,21	302,55
Total									8	2759,66							

Fuente: Elaboración Propia.

Según la norma de riego y las características del suelo de textura fina para el segundo semestre correspondiente a la época seca, en los meses de agosto y octubre, se necesita un riego mensual de alrededor de 392 m³ de agua por hectárea de cultivo, en julio debido a la etapa primera de desarrollo, se necesita dos riegos de alrededor de 403 m³ de agua por hectárea de cultivo, en septiembre y noviembre, se necesita dos riegos de alrededor de 785 m³ de agua por hectárea de cultivo, y en diciembre de meses debido al diferencial entre la lluvia ocurrida y la evapotranspiración, no es necesario regar. Todo esto da como resultado alrededor de 2759 m³ de agua por hectárea de cultivo, distribuidos en 8 riegos, conforme a lo indicado en la tabla 3.4.

Tabla 3.5. Régimen de riego para cultivo de maíz en textura media primer semestre, época lluviosa (Enero a Junio).

Mes	Decena	Wmáx (m3/ha)	Wmín (m3/ha)	mpn (m3/ha)	INGRESOS					Total de Ingresos (m3/ha)	EGRESOS			Reserva Final (Wf) (m3/ha)	Reserva consumida (Wcons) (m3/ha)	Reserva Presente (Wpresente) (m3/ha)	
					Wi (m3/ha)	LLUVIA		RIEGOS			Kc	Er (m3/ha)	Etp (m3/ha)				
						Ocurrida P	Aprovechable Pa	hay que regar?	NR								mpn real (m3/ha)
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15		17
ENERO	1	1316,35	1118,90	197,45	1184,71	1190	533,57	no	0	0	1718,28	0,35	1148,40	401,94	1316,34	0,00	197,45
FEBRERO	1	2490,26	2116,72	373,54	2372,87	1898	577,42	no	0	0	2950,29	0,6	766,70	460,02	2490,27	0,00	373,54
MARZO	1	2490,26	2116,72	373,54	2490,27	1055	548,28	no	0	0	3038,55	0,6	913,80	548,28	2490,27	0,00	373,54
ABRIL	1	2490,26	2116,72	373,54	2490,27	3190	574,02	no	0	0	3064,29	0,6	956,70	574,02	2490,27	0,00	373,54
MAYO	1	2490,26	2116,72	373,54	2490,27	47	47,00	si	1	373,54	2910,81	0,6	867,90	520,74	2390,07	100,20	273,34
JUNIO	1	2490,26	2116,72	373,54	2390,07	14	14,00	si	1	373,54	2777,61	0,6	691,90	415,14	2362,47	127,80	245,74
Total									2	747,08							

Fuente: Elaboración Propia.

Según la norma de riego y las características del suelo de textura media para el primer semestre correspondiente a la época lluviosa, en los meses de mayo y junio, se necesita un riego mensual de alrededor de 373 m³ de agua por hectárea de cultivo, y el resto de meses debido al diferencial entre la lluvia ocurrida y la evapotranspiración, no es necesario regar. Todo esto da como resultado alrededor de 747 m³ de agua por hectárea de cultivo, distribuidos en 2 riegos, conforme a lo indicado en la tabla 3.5.

Tabla 3.6. Régimen de riego para cultivo de maíz en textura media primer semestre, época seca (Julio a Diciembre).

Mes	Decena	Wmáx (m3/ha)	Wmín (m3/ha)	mpn (m3/ha)	INGRESOS						Total de Ingresos (m3/ha)	EGRESOS			Reserva Final (Wf) (m3/ha)	Reserva consumida (Wcons) (m3/ha)	Reserva Presente (Wpresente) (m3/ha)
					Wi (m3/ha)	LLUVIA		RIEGOS				Kc	Eto (m3/ha)	Etp (m3/ha)			
						Ocurrida P	Aprovechable Pa	hay que regar?	NR	mpn real (m3/ha)							
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15		17
JULIO	1	1316,35	1118,90	197,45	1184,71	8	8,00	si	2	394,905	1587,62	0,35	796,50	278,78	1308,84	7,51	189,95
AGOSTO	1	2490,26	2116,72	373,54	2365,37	2	2,00	si	1	373,54	2740,91	0,6	935,00	561,00	2179,91	310,36	63,18
SEPTIEMBRE	1	2490,26	2116,72	373,54	2179,91	15	15,00	si	2	747,079	2941,99	0,6	1062,50	637,50	2304,49	185,78	187,76
OCTUBRE	1	2490,26	2116,72	373,54	2304,49	25	25,00	si	1	373,54	2703,03	0,6	899,30	539,58	2163,45	326,82	46,72
NOVIEMBRE	1	2490,26	2116,72	373,54	2163,45	11	11,00	si	2	747,079	2921,52	0,6	1007,30	604,38	2317,14	173,12	200,42
DICIEMBRE	1	2490,26	2116,72	373,54	2317,14	574	574,00	no	0	0	2891,14	0,6	1003,00	601,80	2289,34	200,92	172,62
Total									8	2636,14							

Fuente: Elaboración Propia.

Según la norma de riego y las características del suelo de textura fina para el segundo semestre correspondiente a la época seca, en los meses de agosto y octubre, se necesita un riego mensual de alrededor de 373 m³ de agua por hectárea de cultivo, en julio debido a la etapa primera de desarrollo, se necesita dos riegos de alrededor de 394 m³ de agua por hectárea de cultivo, en septiembre y noviembre, se necesita dos riegos de alrededor de 747 m³ de agua por hectárea de cultivo, y en diciembre de meses debido al diferencial entre la lluvia ocurrida y la evapotranspiración, no es necesario regar. Todo esto da como resultado alrededor de 2636 m³ de agua por hectárea de cultivo, distribuidos en 8 riegos, conforme a lo indicado en la tabla 3.6.

CONCLUSIONES

Para el caso del cultivo de cacao, los suelos de Chone acorde a su textura, poseen las características técnicas requeridas por la planta, en el cual es necesario el riego por aspersión adicional a la lluvia ocurrida, por lo que en los suelos de texturas fina se necesitan 12 riegos en el período anual, concentrados entre los meses de mayo a noviembre con alrededor de 5 498 m³ por hectárea de cultivo, mientras que en los suelos de textura media se necesitan 13 riegos, concentrados entre los meses de mayo a diciembre con alrededor de 5665 m³ por hectárea de cultivo.

Para el caso del cultivo de maíz en el época lluviosa, los suelos de Chone acorde a su textura, poseen las características técnicas requeridas por esta planta de ciclo corto entre los meses de enero a junio, en el cual es necesario el riego por aspersión adicional a la lluvia ocurrida, por lo que en los suelos de texturas fina se necesitan 2 riegos en el período, concentrados entre los meses de mayo y junio con alrededor de 785 m³ por hectárea de cultivo, mientras que en los suelos de textura media se necesitan 2 riegos, concentrados entre los meses de mayo y junio con alrededor de 747 m³ por hectárea de cultivo.

Para el caso del cultivo de maíz en el época seca, los suelos de Chone acorde a su textura, poseen las características técnicas requeridas por esta planta de ciclo corto entre los meses de julio a diciembre, en el cual es necesario el riego por aspersión adicional a la lluvia ocurrida, por lo que en los suelos de texturas fina se necesitan 8 riegos en el período, concentrados entre los meses de julio y noviembre con alrededor de 2759 m³ por hectárea de cultivo, mientras que en los suelos de textura media se necesitan 8 riegos, concentrados entre los meses de julio y noviembre con alrededor de 2636 m³ por hectárea de cultivo.

Los volúmenes de agua requeridos según la norma de riego para el cultivo de cacao en período anual, con eficiencia 0,85 del sistema de Riego por Aspersión, en textura fina es de 4 673 m³ por hectárea de cultivo, y en textura media es de 4 815 m³ por hectárea de cultivo.

Los volúmenes de agua requeridos según la norma de riego para el cultivo de maíz en época lluviosa, con eficiencia 0,85 del sistema de Riego por Aspersión, en textura fina es de 667 m³ por hectárea de cultivo, y en textura media es de 635 m³ por hectárea de cultivo.

Los volúmenes de agua requeridos según la norma de riego para el cultivo de maíz en época seca, con eficiencia 0,85 del sistema de Riego por Aspersión, en textura fina es de 2 345 m³ por hectárea de cultivo, y en textura media es de 2 240 m³ por hectárea de cultivo.

RECOMENDACIONES

Debido a que actualmente se utiliza el riego por inundación para regar los cultivos de cacao y maíz en Chone, situación que hace que no se optimice el recurso hídrico, por lo cual se desperdicia, por lo cual el sistema de Riego por Aspersión cuantifica de una mejor manera el aprovechamiento hídrico.

Se recomienda a los funcionarios del Departamento de Desarrollo Productivo del GAD Municipal de Chone que realicen acciones de capacitación en temas de riego a diferentes niveles para preparar a todos los involucrados para los cambios tecnológicos que se avecinan en el territorio relacionado con el riego de los cultivos.

A las autoridades locales y productores, para que se fomente el cultivo de cacao y maíz en el cantón Chone a partir de este estudio referente, sus resultados y proyecciones de riego por cada mes en función de la textura de los suelos.

A los productores agrícolas y autoridades, para se implementen sistemas tecnificados de riego que optimicen el recurso hídrico, mismo que se vuelve limitado a causa de la sobreexplotación y contaminación de las cuencas.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R. G. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Utah: FAO.
- Betran, J. (2010). Abonado de los cereales de primavera. En M. d. Marino, *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España, Parte II* (págs. 137-141). España: Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones.
- Cabrera, E., Pérez, L. R., & Moreira, S. J. (2017). *Estudio de precipitaciones y evaporación para el riego en el Multiprósito Chone, Ecuador, Memoria de la primera convención científica internacional de la UTM*.
- Carvajal, J. (2010). Sistematización de Prácticas para el Aprovechamiento de Recursos Naturales en la Cuenca del Chone. : . En F. ECUADOR. Roma: Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la FAO.
- Centro del Agua y Desarrollo Sostenible. (2012). *Perfil territorial con enfoque en gestión de riesgo de Cantón Chone*. Chone: ESPOL.
- Chagua, M. (07 de junio de 2009). *Cacao*. Recuperado el 11 de 08 de 2016, de Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del cacao: <http://cacao-massiel.blogspot.com/2009/06/condiciones-edafoclimaticas-para-el.html>
- Faci, J. (2012). *Determinación de las necesidades de riego de los cultivos*. Bardenas: UNIDAD ASOCIADA (EEAD ,CSIC).
- FAO. (2010). *Cacao: operaciones poscosecha* . México.
- FAO. (2016). *AQUASTAT*. Recuperado el 22 de agosto de 2016, de Organización de la Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/indexesp.stm
- Gualpa, F. (2014). *Diseño de un Proyecto de Riego por Goteo y Microaspersión para el Cultivo de Cacao en el Congoma, Santo Domingo de los Tsachilas*. Ecuador: ESPE-Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura.

- Guerra, M. (mayo de 2009). *Manual de Diseño de Sistemas de Riego a Gravedad y por Aspersión*. Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- INAR. (s.f.). Informe de gestión del EX – INAR mayo 2010 – mayo 2011, Junio 7 del 2011.
- Life Medioambiente. (2005). *Curso de riego para agricultores*. Madrid -España: Artes Gráficas Palermo,S.L.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, G. A. (2013). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:2500*. Chone : Sistemas Productivos. CGSIN.
- Montenegro, J. (septiembre de 2011). *Civilgeeks.com Ingeniería y Construcción*. Recuperado el 15 de agosto de 2016, de <http://civilgeeks.com/2011/09/19/caracterizacion-fisica-del-suelo-para-el-riego/>
- Ramos, P. (24 de noviembre de 2015). El Multipropósito Chone será inaugurado hoy. (P. Ramos, Ed.) *EL COMERCIO*.
- Sánchez, A. R. (17 de diciembre de 2013). La importancia del riego en la agricultura. *EL UNIVERSO*.
- Sánchez, E. (2007). Estudios de suelos pre-plantación. *Fruticultura&Diversificación*, 23-31.
- Sánchez, I. (2014). *Maíz I (Zea Mays)*. Madrid: Facultad de Biología, Universidad Complutense.
- Saud, J. (13 de Febrero de 2012). Diseño de un sistema de riego por goteo para cultivos en zonas con escasas de agua. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- SENAGUA. (2012). Política Pública Nacional del Agua. En H. Cabrera, M. Garcés, & P. Paredes, *Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura (FAO, WHO, UNEP, UNU-INWEH, UNW-DPC, IWMI e ICID)*. *Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en el Ecuador* (pág. 2). Quito: UN-WATER.

SENPLADES. (2013). *Territorio y Descentralización. Competencia de riego y drenaje*. Quito.

Solórzano, A. (Abril de 2012). *Diseño e Implementación de un Sistema de Riego por Aspersión, en Cacao (theobroma cacao L) en el Campus de la ESPAM-MFL*. Ecuador: ESPAM-Ingeniería Agrícola.

Yanez, C., Zambrano, J., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). Guía de Producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. *Programa de Maíz. INIAP*(Guía N° 96), Pág. 3-28.

ANEXOS



Anexo fotográfico 1. Planta de cacao madura en fase de desarrollo vegetativo post-floración.



Anexo fotográfico 2. Planta de cacao madura en fase de desarrollo del fruto para recolección.



Anexo fotográfico 3. Cultivar de cacao maduro con vista de árboles de protección contra exceso de radiación solar y vientos.



Anexo fotográfico 4. Planta de maíz en fase de desarrollo vegetativo temprano.



Anexo fotográfico 5. Planta de maíz en fase de desarrollo vegetativo medio.



Anexo fotográfico 6. Planta de maíz en fase de desarrollo vegetativo pre-floración.