



**Universidad Estatal Península de Santa
Elena**

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria



DEMANDA HÍDRICA DE LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS DE LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Ruth Elizabeth Mero Mina

La Libertad, 2021



**Universidad Estatal Península de Santa
Elena**

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria



**DEMANDA HÍDRICA DE LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS DE
LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Ruth Elizabeth Mero Mina

Tutor: Ing. Carlos Eloy Balmaseda Espinosa, PhD.

La Libertad, 2021

TRIBUNAL DE GRADO



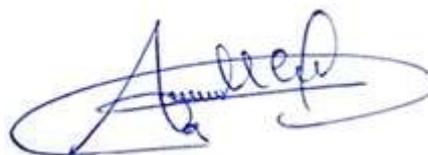
Ing. Agr. Nadia Quevedo Pinto, PhD.
DIRECTORA DE CARRERA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Ángel León Mejía, MSc.
PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Carlos Balmaseda Espinosa, PhD.
PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Verónica Andrade Yucailla, PhD.
PROFESORA GUIA DE LA UIC
SECRETARIA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios, por ser mi guía en el transcurso de esta carrera universitaria y permitirme formarme profesionalmente.

A mis amados y queridos padres Carlos Mero Flores y Maribel Mina Timaran, por ser mi soporte incondicional, por permanecer toda su vida junto a mí, por siempre creer en mis capacidades de lograr y ser mejor, por el apoyo que siempre me han brindado, respetando mis decisiones y proyectos, mis agradecimientos más sinceros de todo corazón.

A mis hermanos Antonio, José, Mauricio y Genesis por impulsarme y siempre motivarme a crecer profesionalmente a no desmayar y continuar con el propósito de cumplir mis metas.

A Ronnie Nikolai Tigreiro Tomalá, me siento inmensamente agradecida, siempre cuento con su apoyo incondicional, por motivarme a seguir con todo lo que me proponga, por su paciencia y comprensión.

A todos mis familiares y amigos que me apoyaron para culminar la carrera

Agradezco a mis maestros por ofrecer sus conocimientos teóricos-prácticos durante toda la carrera.

Al Dr. Carlos Balmaseda por confiar en mí y guiarme en todo el tiempo que duró la investigación, por compartir sus conocimientos, muchas gracias.

Ruth Elizabeth Mero Mina

DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo a Dios por ser mi inspiración, por brindarme salud y sabiduría, logrando obtener este título universitario tan anhelado.

Con mucho amor dedico este trabajo de titulación a mi padre Carlos Mero Flores y a mi madre Maribel Mina Timaran pues sin ellos no lo había logrado, quienes día a día me motivaron firmemente para obtener mi título universitario. Siempre me brindaron su amor y cariño.

A Ronnie Tigrero Tomalá por su ayuda fundamental, ha estado conmigo en todo este proceso estudiantil, le dedico mi trabajo de investigación.

Ruth Elizabeth Mero Mina

RESUMEN

La investigación se realizó en la Península de Santa Elena, ubicada hacia el extremo oriental de Ecuador, con el objetivo estimar la demanda hídrica del patrón de cultivos agrícolas de la región, se definió el calendario agrícola y patrón de cultivo. Se hizo uso Climwat que cuenta con una amplia base de datos climáticos para ser utilizado en combinación con el Cropwat, por otra parte, se utilizó estaciones de precipitaciones cercanas al lugar de siembra. El resultado obtenido el patrón y calendario de los cultivos agrícolas, manifiestan que el cultivo de maíz cuenta una superficie sembrada total de alrededor de 7392,92 ha con un rendimiento 5,00 t/ha, la zona donde más se siembra este cultivo es en la parroquia de Colonche. Por otra parte, los cultivos de limón, plátano, pimiento, uva y pepino se pueden sembrar durante todo el año. La sandía y melón entre los meses de septiembre a diciembre y marzo a junio. Finalmente, se desarrolló la programación de todos los cultivos agrícolas, realizando tres modelaciones. En el caso del cultivo de pepino la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3068 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. Diferencia de la modelación de 7 días se estima 2337 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 1546 m³/ ha. El volumen de agua que requiere el limón en la zona de Colonche es de 2.584.470 m³/ ha en la modelación de 1 día.

Palabras claves: Producción agrícola, recursos hídricos, seguridad alimentaria

ABSTRACT

The research was carried out in the Santa Elena peninsula, located towards the eastern end of Ecuador, with the objective of estimating the water demand of the pattern of agricultural crops in the region, the agricultural calendar and cultivation pattern were defined. Climwat was used, which has a wide climatic database to be used in combination with cropwat, on the other hand, rainfall stations near the planting place were used. The result obtained, the pattern and calendar of agricultural crops, show that the corn crop has a total planted area of around 7392.92 ha with a yield of 5.00 t / ha, the area where this crop is most sown is in the parish of colonche. On the other hand, lemon, banana, pepper, grape and cucumber crops can be sown throughout the year. The watermelon and melon between the months of september to december and march to june. finally, the programming of all agricultural crops was developed, carrying out three models. in the case of cucumber cultivation, the 1-day modeling with a total gross layer of 3068 m³ / ha is the value required for the irrigation of one hectare during the cultivation cycle. Difference of the 7-day modeling is estimated at 2337 m³ / ha, finally the critical depletion modeling represents the value of 1546 m³ / ha. the volume of water that lemon requires in the colonche area is 2,584,470 m³ / ha in the 1-day modeling.

keywords: Agricultural production, water resources, food security

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

Mercé Marina Roldán E.

Firma digital del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Necesidades hídricas	3
1.2 Proceso de evapotranspiración	4
1.2.1 Evaporación.....	4
1.2.2 Transpiración.....	5
1.2.3 Evapotranspiración Et	6
1.3 Datos del suelo.....	7
1.3.1 Textura del suelo	7
1.3.2 Densidad aparente	9
1.4 Niveles de humedad del suelo	9
1.4.1 Capacidad de campo.....	9
1.4.2 Punto de marchitez permanente.....	10
1.4.3 Velocidad de infiltración	10
1.4.4 Saturación.....	11
1.5 Coeficiente del cultivo.....	11
1.6 Sensibilidad a las sales.....	12
1.7 Programación de riego	12
1.7.1 Demandas de riego	13
1.7.2 Reserva de agua disponible	14
1.7.3 Láminas de riego	15
1.7.4 Numero de riegos	16
1.7.5 Frecuencia de riego.....	16
1.7.6 Tiempo de riego.....	16
1.7.7 Balance diario de humedad.....	17
1.7.8 Caudal característico	17
1.8 Breve descripción de los cultivos que existen en la península de Santa Elena.....	17
1.8.1 Cultivo de melón	17
1.8.2 Cultivo de pimiento	19
1.8.3 Cultivo de uva	19

1.8.4 Cultivo de banano.....	20
1.8.5 Cultivo de pepino	20
1.8.6 Cultivo de maíz	20
1.8.7 Cultivo de sandia	21
1.8.8 Cultivo de limón.....	22
1.9 Factores que afectan a la estimación de la evapotranspiración real	23
1.9.1 Factores climáticos	23
1.9.2 Profundidad radicular	23
1.10 Métodos de determinación de necesidades hídricas en los cultivos	24
1.10.1 Métodos indirectos	24
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1 Localización del estudio.....	26
2.1.1 Características climáticas	26
2.1.2 Características del suelo	30
2.2 Datos de los cultivos	30
2.2.1 Coeficiente de cultivo	30
2.2.2 Fases fenológicas de los cultivos	31
2.2.3 Rendimiento por hectárea de los cultivos	33
2.3 Datos del suelo.....	33
2.3.1 Uso del GEOPORTAL	33
2.4 Uso del programa CLIMWAT	34
2.5 Uso de datos de estaciones meteorológicas.....	34
2.6 Uso del programa de CropWat.....	35
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION	36
3.1 Patrón de cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena	36
3.2 Calendario de los cultivos agrícola de la Península de Santa Elena	37
3.3 Programación del riego del patrón de cultivos.....	37
3.3.1 Programación del cultivo de maíz	38
3.3.2 Programación del cultivo de limón.....	42

3.3.3 Programación del cultivo de plátano	44
3.3.4 Programación del cultivo de sandía	47
3.3.5 Programación del cultivo de pimiento	49
3.3.6 Programación del cultivo de melón	52
3.3.7 Programación del cultivo de uva	54
3.3.8 Programación del cultivo de pepino	55
3.4 Volumen de las necesidades hídricas de los cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
Conclusiones	59
Recomendaciones	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Rango admisible de capacidad de campo.	10
Tabla 2	Rango admisible en el punto de marchitez permanente	10
Tabla 3	Valores de Kc para melón.....	18
Tabla 4	Temperaturas críticas para sandías en sus distintas fases de desarrollo.	21
Tabla 5	Coefficiente hídricos Kc del cultivo de sandía	22
Tabla 6	Profundidad radicular efectiva de los cultivos.....	23
Tabla 7	Datos climáticos de Santa Elena (evapotranspiración potencial).	27
Tabla 8	Datos climáticos de Santa Elena (precipitaciones)	28
Tabla 9	Valores del coeficiente del cultivo (Kc).	31
Tabla 10	Rendimiento por hectáreas de los cultivos.	33
Tabla 11	Patrón de cultivo de la Provincia de Santa Elena.	36
Tabla 12	Calendario de siembra de los cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena	37
Tabla 13	Programación del cultivo de maíz (1er ciclo) en la comuna “Limoncito”	38
Tabla 14	Programación del cultivo de maíz (2do Ciclo) en la comuna “Limoncito”	39
Tabla 15	Programación del cultivo de maíz (1 ^{er} ciclo) en la parroquia “Chanduy” .	41
Tabla 16	Programación del cultivo de maíz (2 ^{do} ciclo) en la parroquia “Chanduy”	42
Tabla 17.	Programación del cultivo de limón - Comuna “Shinchal”	43
Tabla 18	Programación del cultivo de limón- Comuna “Los Ceibitos”	44
Tabla 19	Programación del cultivo de plátano en la comuna “Shinchal”	45
Tabla 20	Programación del cultivo de plátano en la comuna “El Azúcar”	46
Tabla 21	Programación del patrón de cultivo de sandía, comuna “Shinchal”	47
Tabla 22	Programación del cultivo de sandía en la comuna “Río Verde”	49
Tabla 23	Programación del cultivo de pimienta en la comuna “San Rafael”	50
Tabla 24	Programación del cultivo de pimienta en la comuna “Javita”	51
Tabla 25	Programación del cultivo de melón en la parroquia Chanduy	52
Tabla 26	Programación del cultivo de melón en Cascol-Punta Carnero	54
Tabla 27	Programación del cultivo de uva en la comuna “El Azúcar”	55
Tabla 28	Programación del cultivo de pepino en la parroquia de Manglaralto	56
Tabla 29	Volumen hídrico de los cultivos agrícolas de la península de Santa Elena	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Necesidades de agua de la planta.	3
Figura 2 Repartición en evapotranspiración y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo.....	5
Figura 3 Representación esquemática de una estoma.....	6
Figura 4 Factores que afectan la evapotranspiración con referencia a conceptos relacionados de ET.....	7
Figura 5 Diámetro de las partículas del suelo según USDA	7
Figura 6 Triangulo de textura según clasificación USDA.....	8
Figura 7 Estados de humedad del suelo.....	11
Figura 8 Factores que intervienen en la programación del riego.....	13
Figura 9 Eventos que intervienen en la evapotranspiración.	14
Figura 10 El agua útil	15
Figura 11 Mapa de Santa Elena y sus comunas.....	26
Figura 12 Captura de la aplicación de Geoportal	34
Figura 13 Red de estaciones automáticas hidrometereológicas (Santa Elena).....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla A 1 Datos de los cultivos agrícolas.....	65
Tabla A 2 Datos de los suelos de la Península.....	65
Tabla A 3 Datos meteorológicos de la estación de Salinas-General-ULPI	66

INTRODUCCIÓN

En la agricultura se ocupa el 70 % del agua que se extrae en el mundo, y las actividades agrícolas representan una proporción aún mayor del "uso consuntivo del agua" debido a la evapotranspiración de los cultivos. A nivel mundial, más de 330 millones de hectáreas cuentan con instalaciones de riego. La agricultura de regadío representa el 20 % del total de la superficie cultivada y aporta el 40 % de la producción total de alimentos en todo el mundo (El agua en la agricultura, no date)

Según Nieto et al (2018), en Ecuador el agua dulce está destinada a consumo humano, riego y actividades industriales. Sin embargo, el uso en riego es un factor importante para la producción primaria, garantizando la seguridad y soberanía alimentaria, contemplado en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del agua. El riego es un factor relevante en los ámbitos productivo, social, económico y ambiental.

Según Santistevan (2015), la agricultura de regadío, es el principal consumidor de agua, siendo un recurso limitado y en ocasiones escasa o de pésima calidad. El uso consecutivo de los cultivos, genera una serie de métodos, entre ella está la utilización de datos meteorológicos. Para los agricultores, calcular la demanda de agua de los cultivos les resulta difícil. También existen métodos prácticos y amplios utilizados y aprobados, como es el caso de la tina clase A que integra los efectos climáticos que afectan al cultivo y como consecuencia, permita determinar la lámina de riego a reponer de manera práctica.

La Península de Santa Elena, se caracteriza por un potencial agrícola extraordinario a lo largo de todo el año, especialmente en cultivos no tradicionales de exportación, como frutales y de ciclo corto.

Los diferentes cultivos requieren cantidades de agua para satisfacer la tasa de evapotranspiración, con la finalidad de obtener altos rendimientos en la producción de los cultivos. La evapotranspiración es el proceso que el agua que se pierde en la atmósfera a través de las hojas de la planta, como también de la superficie del suelo.

Para lograr estimar las necesidades hídricas de un cultivo, se requiere medir la tasa de evapotranspiración. La tasa de referencia, ET_0 , es la estimación de la cantidad de agua

que utiliza una superficie. Al conocer la ETo se logra calcular las necesidades hídricas del cultivo. Es necesario poseer información de la estación meteorológica de la zona a estudiar como humedad relativa, velocidad del viento, temperatura, presión atmosférica entre otros datos importantes.

Según la Asociación de Productores Agrícolas de Santa Elena (Asoprose), en la provincia se cultivan uvas, melón, maíz, limón, sandía, banano orgánico, palma de coco y plátano, entre los principales. La Península posee más de 170 mil hectáreas para el área agrícola y pecuario pero el 50% está lleno de monte y bosque quedando 85 mil hectáreas para cultivos, existen 22 mil hectáreas sembradas con infraestructura de riego, pero sin agua debido a que la capacidad de bombeo no es suficiente para la demanda y satisfacer esas áreas de cultivo significaría dejar sin el líquido vital a una parte de la población urbana.

Problema Científico:

¿Cómo conocer los volúmenes requeridos para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena?

Objetivo General:

Estimar la demanda hídrica de varios cultivos agrícolas de importancia económica de la Península de Santa Elena.

Objetivos Específicos:

1. Determinar el patrón de cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena.
2. Definir el calendario los cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena.
3. Simular la programación del riego del patrón de cultivos determinado.

Hipótesis:

Conociendo el patrón de riego de cultivos agrícolas y sus ciclos vegetativos es posible estimar su demanda hídrica y con ella los volúmenes requeridos para satisfacer las necesidades de agua de la agricultura en la Península de Santa Elena.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Necesidades hídricas

Santistevan (2015) manifiesta que los requerimientos hídricos de los cultivos inician en las raíces de las plantas con el aprovechamiento del agua de la tierra para lograr el crecimiento, desarrollo y supervivencia del cultivo establecido. La mayoría del agua se evapora con facilidad a través de las hojas mediante la transpiración (Figura 1). La necesidad de agua de un cultivo se conoce como “evapotranspiración”, donde se suman la transpiración y la evaporación.

Según González et al. (2012), los cultivos que presentan mayor demanda hídrica son los siguientes: yuca, plátano, papaya, piña, naranja, etc. También existen cultivos con menor demanda hídrica que son: ajo, cebolla, col, frijol, garbanzo, lechuga.

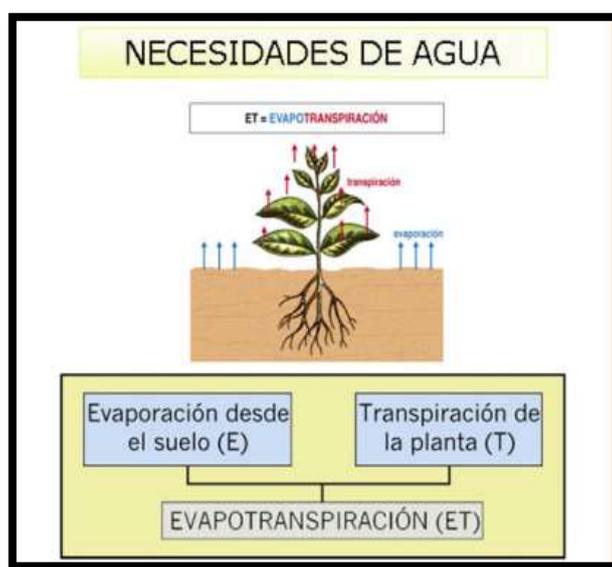


Figura 1 Necesidades de agua de la planta.

Fuentes: Necesidades de riego de los cultivos- (Alcobendas)

Requerimientos hídricos: La precipitación, la capacidad de almacenamiento de agua y otros factores es lo que varía de acuerdo a los requerimientos de riego y al uso consecutivo que se le dé. La diferencia entre uso consecutivo y la precipitación se determina en la lámina neta de riego que se debe aplicar (Calderón, 2014).

Es necesario conocer la cantidad de agua que necesita el cultivo, para poder determinar el sistema de riego aplicar. El clima es un factor de gran importancia debido a su determinación en la pérdida de agua por evaporación (Santistevan, 2015).

Las necesidades hídricas del cultivo se calculan a partir del valor ET_o , conociendo el coeficiente de cultivo específico en la zona (K_c), mediante la siguiente expresión:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

ET_c : necesidades hídricas del cultivo en mm/día.

ET_o : evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

K_c : es el coeficiente de cultivo (a dimensional)

Santistevan (2015) manifiesta que las necesidades hídricas de los cultivos se deben a las cantidades de agua que las plantas necesitan para su sustento, la cantidad de agua total de consumo es del 1% a diferencia de la cantidad que se elimina por evaporación del agua de la savia bruta y su emisión a la atmosfera son de grandes cantidades a través de la estoma.

1.2 *Proceso de evapotranspiración*

1.2.1 *Evaporación*

Se refiere al proceso que pasa el agua de estado líquido a convertirse en vapor. Los ríos, los lagos, caminos, suelos y la vegetación humedecida son superficies que se evaporan con facilidad. Para lograr este proceso de líquido a vapor se requiere de energía. Para proporcionar energía se requiere la radiación solar y la temperatura ambiente del aire. En la retiración del vapor de agua de la superficie evaporan té se da con la diferencia entre la presión de vapor de agua de la superficie y la presión de vapor de agua de la atmosfera circulante, según Allen (2006).

En el proceso de la evaporación se considera diferentes parámetros climatológicos como es la radiación, temperatura, humedad atmosférica y finalmente la velocidad del viento. Se detalla la partición de la evapotranspiración y el índice del área foliar durante el periodo de crecimiento de un cultivo (Figura 2).

En la conservación de la superficie del suelo en estado húmedo o mojado se requiere lluvias usuales, el riego y por supuesto el ascenso capilar con manto freático poca profundidad.

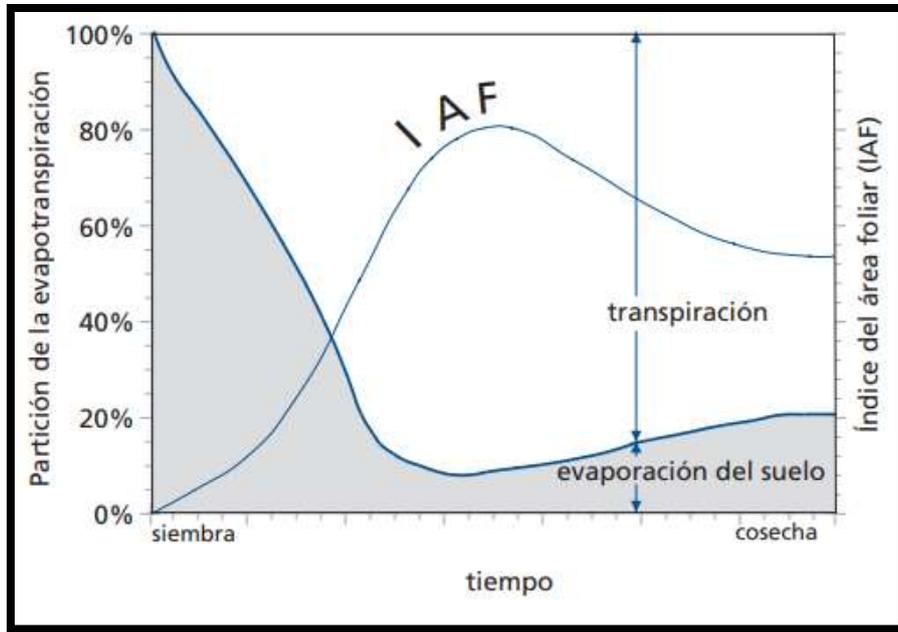


Figura 2 Repartición en evapotranspiración y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo.

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006)

1.2.2 Transpiración

Según Allen et al (2006), se llama transpiración a la evaporización del agua líquida que se contiene en los tejidos de la planta, luego será removido hacia la atmosfera.

En el caso de los cultivos ellos pierden agua a través de las estomas (Figura 3). Siendo pequeñas aberturas en las hojas de la planta las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmosfera.



Figura 3 Representación esquemática de una estoma.

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006)

En las raíces se absorben agua y nutrientes, luego son transportan a través de la planta. Dentro de las hojas ocurre la vaporización, en la zona intercelular, y el intercambio del vapor con la atmosfera es controlado por la abertura estomática.

La mayoría del agua que es absorbida del suelo se pierde por transpiración y una pequeña cantidad se transforma en parte de los tejidos de las plantas.

La transpiración y la evaporación dependerá de la energía, seguido de la gradiente de presión del vapor y finalmente de la velocidad del viento. El suelo tiene la capacidad de conducir el agua a las raíces determinando la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego.

1.2.3 Evapotranspiración Et

La evaporación y la transpiración son procesos que ocurren paralelamente. En los horizontes superficiales existe disponibilidad de agua, la evaporación de un suelo labrado es determinada por la radiación solar que ingresa a la superficie del suelo.

Al iniciar la etapa del cultivo, el agua se desaprovecha por evaporación directa del suelo, pero en la etapa del desarrollo del cultivo y por último cuando este cubre completamente el suelo la transpiración se transforma en el proceso primordial, (Figura 4). En la siembra el 100% de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del de 90% de la ET ocurre como transpiración, según Allen et al (2006).

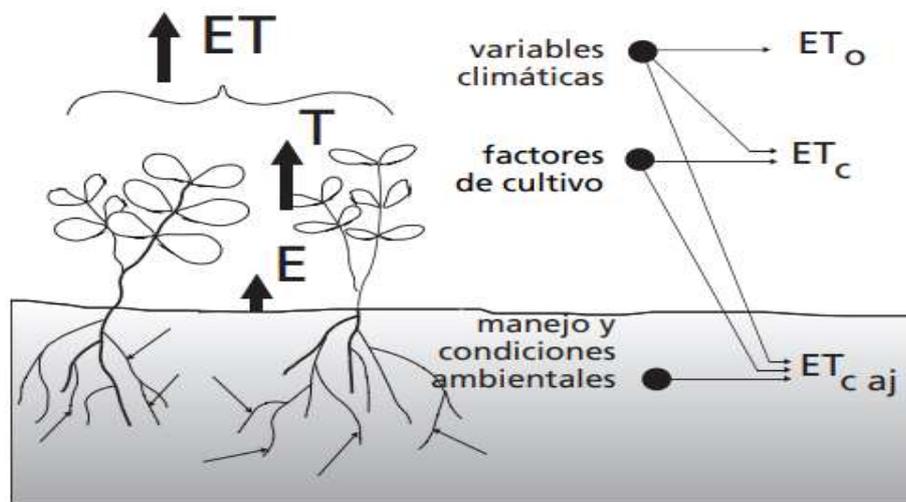


Figura 4 Factores que afectan la evapotranspiración con referencia a conceptos relacionados de ET.

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006).

1.3 Datos del suelo

1.3.1 Textura del suelo

En el suelo se encuentran partículas minerales, clasificándose de acuerdo a su diámetro, (figura 5). La textura del suelo está definida según su proporción de partícula, siendo arena, limo y arcilla y se logra determinar en el triángulo textural (Alocén, s.d.).

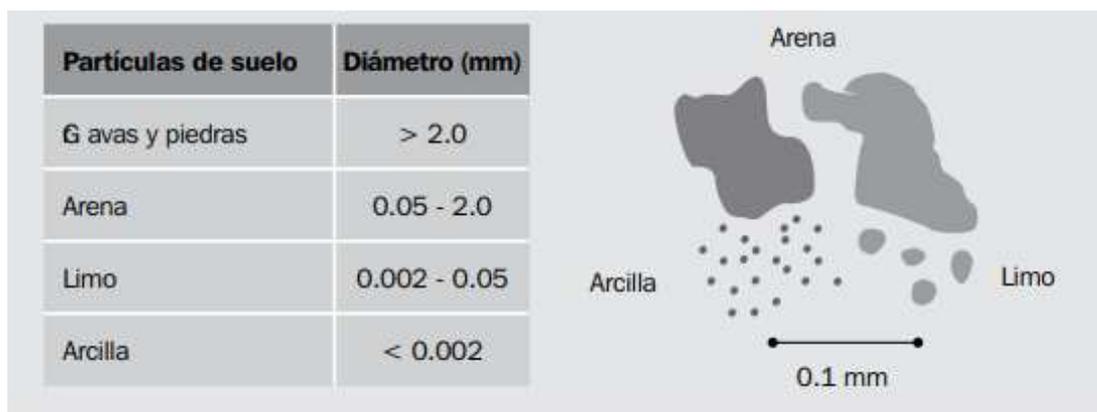


Figura 5 Diámetro de las partículas del suelo según USDA

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006)

Alocén (s.d.) manifiesta que no son considerados en la textura del suelo, (figura 5) a las partículas mayores a 2 mm. Los suelos se logran clasificar de acuerdo a clase textural su función (figura 6).

Suelos arenosos o conocidos también como ligeros o de textura gruesa, este tipo de suelo carecen de propiedades coloidales, tienen mala estructura y de reserva de nutrientes. Son suelos con buena aireación, presenta alta permeabilidad y nula conservación de agua.

Suelos arcillosos o también llamados pesados o de textura fina, son capaces de retener abundante agua, con buenas estructuras, suelos impermeables, químicamente son muy activos, estos absorben iones y moléculas, en lo que concierne a nutrientes son muy ricos.

Suelos limosos no poseen estructura ni propiedades coloidales, son impermeables y con mala aireación.

Suelos francos conocidos como suelos medios, es la unión de arena, limo y arcilla, deben presentar proporciones equilibrados que exhiben las propiedades. Los suelos francos deben de contener un 20% de arcilla, un 40% de arena y un 40% de limo.

Con un análisis de granulometría en laboratorio se puede determinar la textura de un suelo.

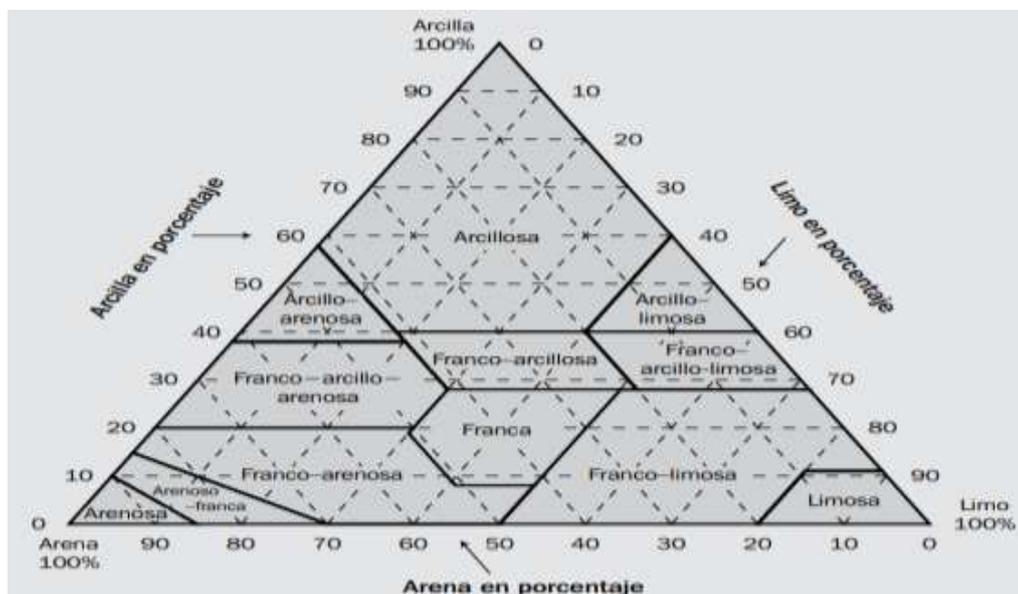


Figura 6 Triángulo de textura según clasificación USDA.

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006)

1.3.2 Densidad aparente

Es una medida de la porosidad de un suelo. A la densidad aparente también se la conoce como peso específico aparente. Para obtener la densidad aparente se debe dividir el peso del suelo seco entre el volumen total, debido que un mayor valor de densidad aparente será menor porosidad. Su unidad de medida es en gramo por centímetro cúbico (g/cm³) o en toneladas por metro cúbico (t/m³) (Alocén, s.d.).

En lo que respecta riego es necesario por la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. En la densidad aparente se logra determinar la compactación y la facilidad de circulación de agua y aire.

1.4 Niveles de humedad del suelo

1.4.1 Capacidad de campo

En cuanto a la capacidad de campo es el nivel alto de humedad que el suelo puede lograr retener, luego que el drenaje ha finalizado. Los poros grandes en estado de humedad contendrán aire y agua, mientras tanto los poros pequeños estarán aun saturados de agua. El contenido de humedad del suelo es aconsejable para el crecimiento de los cultivos. La capacidad de campo se expresa en porcentaje de volumen de agua. (Alocén, s.d.).

Santistevan (2015) manifiesta que el contenido de agua después del drenaje por flujo gravitacional es muy pequeño llegando a ser proporcionalmente estable. Este proceso suele darse días después que el suelo se haya humedecido completamente.

Calderón (2014) indica que la cantidad máxima de agua que el suelo logra retener es de 48 horas después de una lluvia o riego, en suelos arcillosos, 24 horas en suelos francos y 12 horas en suelos arenosos. La cantidad de agua retenida a una tensión de 1/10 a 1/3 de bares, esto también depende específicamente del tipo de suelo. En la (Tabla 1) se especifica el rango admisible de la capacidad de campo de acuerdo a su textura.

Tabla 1 Rango admisible de capacidad de campo.

Clase textural	Capacidad de campo (%)
Arenoso	2.5-7.5
Franco arenoso	7.5-20.5
Franco limoso	20.5-33.0
Arcilloso	33.0-50.0

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006)

1.4.2 Punto de marchitez permanente

Rodríguez (2009) argumenta que el contenido de agua en donde la energía de detención es tan alta que los vegetales no la pueden absorber alcanzando su estado de marchitez parcial o total como resultado del estrés hídrico. De acuerdo a la textura del suelo el punto de marchitez permanente varia en un rango admisible (Tabla 2). Se toma como referencia - 1500kPa o-15 bares.

Tabla 2 Rango admisible en el punto de marchitez permanente

Textura del suelo	Punto de marchitez permanente (%)
Arenoso	4 (2-6)
Franco arenoso	6 (4-8)
Franco	10 (8-12)
Franco arcilloso	13 (11-15)
Arcilloso	17 (15-19)

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006)

1.4.3 Velocidad de infiltración

Según Rodríguez (2009), se conoce como infiltración a la entrada del agua al suelo y tasa o velocidad de infiltración a la capacidad de rapidez a la cual el agua se filtra. La característica principal en la tasa de infiltración es el suelo en la elaboración de diseños, operación y evaluación de sistemas de riego.

1.4.4 Saturación

Bacigaluppo y Salvagiotti (2018) manifiesta que después de las lluvias o riego constante los poros del suelo se saturan de agua (figura 7). Siendo el contenido de humedad el máximo potencial en el suelo. En la agricultura los cultivos no logran subsistir más de dos y cinco días en condiciones de saturación. El cultivo de arroz es una excepción. Al finalizar las lluvias o el riego, parte del agua existente en los poros se empezará a mover hacia abajo por gravedad. Este proceso es llamado drenaje, suele tener un periodo de duración entre pocas horas en suelos arenosos a diferencia de suelos arcillosos de dos y tres días.

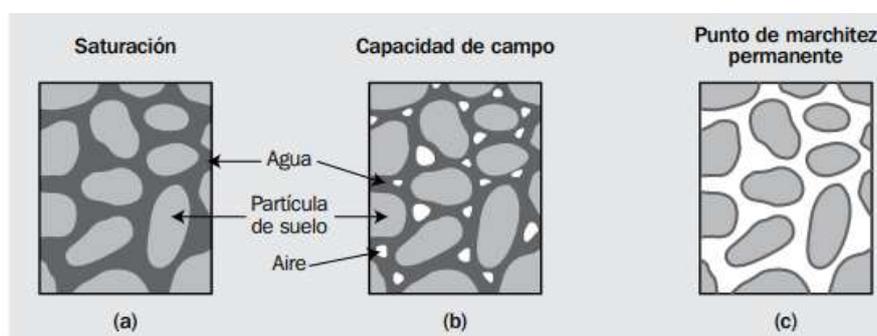


Figura 7 Estados de humedad del suelo.

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006)

1.5 Coeficiente del cultivo

Infoagronomo, p. (2021) expresa que al hablar de coeficiente del cultivo nos referimos a la evapotranspiración de un cultivo alejado de las enfermedades, con idóneas dosis de fertilización, en condiciones óptimas de humedad en el suelo, logrando alcanzar alto rendimiento en sus producciones. Si nos referimos al coeficiente de cultivo se debe calcular la evapotranspiración de un cultivo bajo condiciones estándar (ET_c). La evapotranspiración de un cultivo será diferente a la del cultivo de referencia (ET_o). En la metodología del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo se calcula multiplicando ET_o por K_c .

Según Allen et al (2006), durante el período de crecimiento del cultivo, la variación del coeficiente del cultivo K_c expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo. Esta variación del coeficiente K_c a lo largo del crecimiento del cultivo está representada por la curva del coeficiente del cultivo. Para describir y construir la curva del coeficiente del cultivo se necesitan solamente tres valores de K_c : los correspondientes a la etapa inicial ($K_{c\ ini}$), la etapa de mediados de temporada ($K_{c\ med}$) y la etapa final ($K_{c\ fin}$).

1.6 *Sensibilidad a las sales*

Goykovic *et al* (2007) manifiesta que el cultivo de tomate se ve afectado en diversas formas por la salinidad, uno de los casos se da en el porcentaje de germinación disminuye y se alarga el tiempo en el cual las semillas llevan a cabo este proceso. Con referencia a las raíces presentarían menor longitud. En el sistema aéreo de la planta también se ven alterados por efecto de las sales, los tallos alcanzan una menor altura, las hojas se reducen en número y presentan desecación en sus bordes de modo que hay menos producción de fotoasimilados. El número y peso de los frutos también se afectan negativamente de manera que su rendimiento comercial disminuye. En las especies silvestres de tomate y en los cultivares se ha detectado variabilidad en la respuesta a salinidad, siendo algunas más tolerantes que otras, de modo que éstas pueden utilizarse como fuente de genes para su mejoramiento.

La salinidad puede mejorar la calidad de los frutos en términos organolépticos y biológicos, al presentar éstos un mayor contenido de compuestos solubles, concentración de ácidos y licopeno. Existen un sinnúmero de prácticas de manejo que pueden ayudar a mejorar la producción de tomates en condiciones salinas como, por ejemplo, el injerto, mejoramiento del drenaje, fertilización potásica y cálcica e inoculación del suelo con micorrizas, entre otras.

1.7 *Programación de riego*

La programación de riego es una metodología que se emplea para determinar el grado óptimo de riego a aplicar a los cultivos. Estableciendo la frecuencia (¿Cuándo regar?) y el tiempo de riego (¿Cuánto regar?). Esto dependerá de las condiciones edafológicas del dominio. Una correcta programación del riego permitirá optimar el uso del agua y maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas.

Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (2017) indica que la programación del riego es fundamental evaluar tanto el agua que consumen los cultivos o su evapotranspiración y a su vez el aumento de agua que puede almacenar el suelo explorado por las raíces del cultivo, (figura 8). A través de la programación de riego se permitirá establecer el momento pertinente del riego y cuánta agua aplicar a los cultivos.

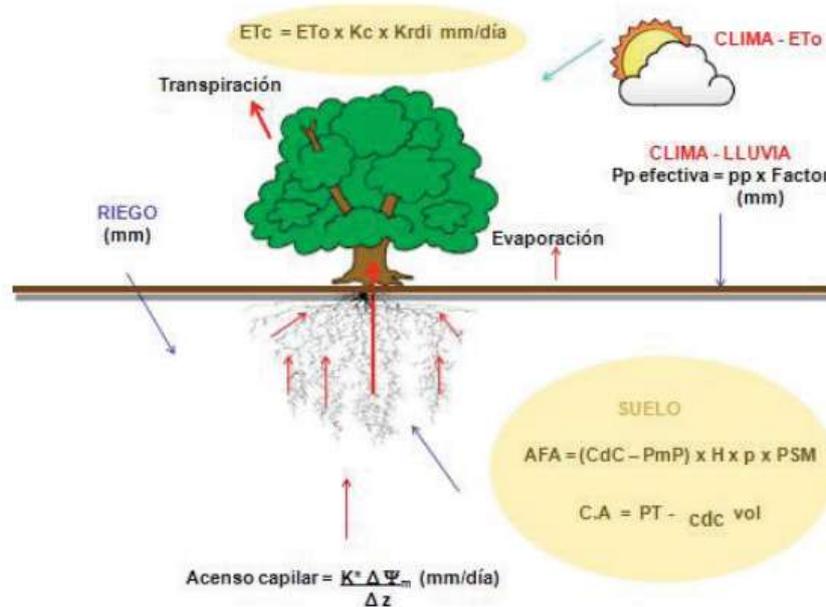


Figura 8 Factores que intervienen en la programación del riego.

1.7.1 Demandas de riego

Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (2017) manifiesta que las necesidades de agua que presenta cada cultivo, pueden ser cubierta a través de la lluvia y del riego o mediante la combinación de lluvia y de riego. No será necesario utilizar agua de riego si se presentan lluvias constantes, en este caso la demanda será cero, pero si durante el desarrollo del cultivo no llegará a existir lluvias, será necesario emplear sistemas de riego para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo. En este caso la demanda de riego es igual a la ET.

Las necesidades hídricas del cultivo son abastecidas por la lluvia y mediante el riego. Las plantas no utilizan toda el agua de la lluvia, una parte se filtran lentamente en el suelo, otra es retenida en la superficie desplazándose en forma de escorrentías y finalmente el agua que se estanca en la superficie una parte se evapora el aumento de agua aprovechada por las plantas sería la lluvia total menos la escorrentía superficial, menos la evaporación y menos la percolación profunda, a esta agua aprovechada por las plantas le llamamos “precipitación efectiva “(Pe) que es la fracción o parte de la precipitación total que es aprovechada por las plantas, (figura 9).



Figura 9 Eventos que intervienen en la evapotranspiración.

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006)

En definición se dirá que la cantidad de agua agregada a la precipitación efectiva para satisfacer los requerimientos de la evapotranspiración, es la cantidad de agua que debemos suministrarla mediante el riego y se denomina “DEMANDA DE RIEGO”.

1.7.2 Reserva de agua disponible

Allen et al. (2006) manifiesta que el suelo almacena agua, esto dependerá del volumen con respecto al tiempo debido a que las demandas varían mucho, de acuerdo a las condiciones climáticas. Se necesita saber las necesidades de riego que requiere cada cultivo, pretendiendo conocer la cantidad de agua que se va aplicar en cada riego, (figura 10). La misma que depende de dos factores:

- La capacidad de retención de agua que tenga el suelo
- La profundidad de las raíces

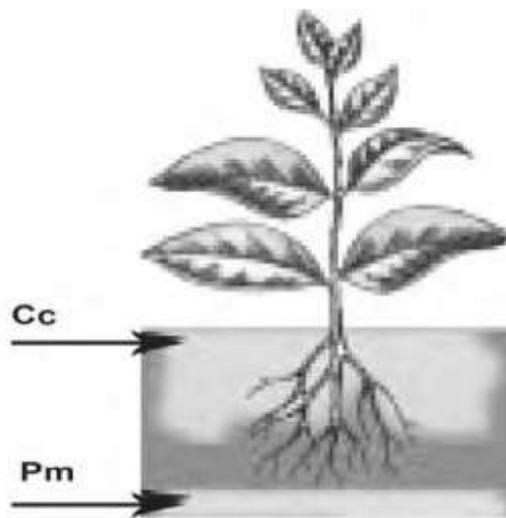


Figura 10 El agua útil

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006)

El agua disponible o el agua útil para el cultivo está relacionada con la capacidad de campo y el punto de marchitez, teniendo diferente profundidad del suelo húmedo.

Recordando que $H_v = H_g \times d_a$, se tendrá que

$$\text{Reserva disponible} = (C_c - P_m) d_a \times P_r$$

Donde:

C_c = valor de capacidad de campo (%)

P_m = valor de punto de marchitez (%)

d_a = densidad aparente (sin unidad)

P_r = profundidad radicular efectiva (m)

1.7.3 Láminas de riego

Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (2017) demuestra que se logra definir a la cantidad de agua que se necesita regar, en el aumento del contenido de humedad de la zona radicular desde su punto de vista inferior correspondiente a la fracción de agotamiento, hasta su valor superior que coinciden con la capacidad de campo, se llama la lámina de riego a la cantidad de agua que se aplica en cada riego por cada unidad de superficie. Existen dos tipos de láminas de riego:

- **Lámina neta de riego.** - O dosis neta; que como se vio es:

$$L_n = (C_c - P_m) d_a \times P_r \times f$$

- **Lámina bruta o total de riego:** Es la cantidad de agua que debe aplicarse en cada riego a la superficie del terreno, de manera de asegurar una penetración suficiente de agua que permita retener en la zona radicular el valor de la lámina neta.

$$L_t = L_n / E_a$$

Dónde:

L_t = lámina total (mm)

L_n = lámina neta (mm)

E_a = eficiencia de aplicación (decimal)

1.7.4 Numero de riegos

En la agricultura si se conoce las necesidades de los cultivos y la lámina de riego, se logrará obtener el número de riego durante el año o durante el ciclo vegetativo.

$$\text{No. de riegos} = ET / L_n$$

1.7.5 Frecuencia de riego

La frecuencia de riego va a depender del balance que se haga entre la oferta y la demanda de agua con la capacidad de retener el agua del suelo y por supuesto la cantidad de agua que requiere la planta, se llama a frecuencia de riego al número de días que transcurre entre dos riegos sucesivos.

Su valor se estima dividiendo la lámina neta para la Evapotranspiración diaria del cultivo

$$F_r = L_n / ET \text{ día}$$

1.7.6 Tiempo de riego

Es el tiempo necesario para que la lámina total de agua, se infiltre en el terreno; es decir que:

$$T_r = L_t / V_i$$

Dónde:

Tr = tiempo de riego

Lt = lámina total

Vi = velocidad de infiltración del suelo

1.7.7 Balance diario de humedad

Se logra asumir que toda agua que es entregada a la planta dependerá del riego, las aguas de lluvias también juegan un papel importante en la entrega de agua a la planta. Es necesario traer un balance diario de humedad en el suelo agregando la cantidad de agua que ingresa, provenientes de las lluvias y riego siguiendo con la resta de la cantidad de agua que salen de él o de la evapotranspiración del cultivo.

En la elaboración de un balance diario de humedad se necesita seguir los siguientes datos:

1. Reserva disponible de agua en el suelo
2. Lámina neta
3. Valores de aportes hídricos en mm.
4. Valores diarios de la evapotranspiración

1.7.8 Caudal característico

Se logra llamar caudal característico al agua que se brinda de forma continua al cultivo, logrando satisfacer las necesidades hídricas de cada planta. El caudal se expresa en mm y se lo transforma en lit/seg, sabiendo que la lámina de riego de un caudal continuo es de 1 mm que sería igual a 0.116 lit/seg.

1.8 Breve descripción de los cultivos que existen en la península de Santa Elena

1.8.1 Cultivo de melón

Según Abarca (2017), el melón (*Cucumis melo L.*), es una planta herbácea monoica. La germinación de las semillas de melón requiere temperaturas relativamente altas, mínimas de 10 a 15 °C con un óptimo entre 28 a 35 °C. El sistema radical de la planta de melón presenta una raíz principal, pivotante, que puede alcanzar unos 120 a 150 cm de profundidad. Aunque la mayoría se encuentra entre los 30 a 50 cm. La planta de melón requiere de 686 gramos de agua para producir un gramo de materia seca.

Las plantas de melón necesitan bastante agua en el período de crecimiento y durante la maduración de los frutos. La falta de agua en el cultivo da lugar a menores rendimientos, tanto en cantidad como en calidad.

El consumo de agua o evapotranspiración que ocurre en una superficie cultivada puede ser estimada a partir de datos meteorológicas, temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento, empleando el modelo de Penman-Monteith sugerido por la FAO. Para el cultivo de melón se entregan los siguientes valores Kc desde la etapa inicial hasta llegar finalmente a la maduración, (tabla 3).

Tabla 3 Valores de Kc para melón

Cultivo	Etapa del cultivo			
	Inicial	Desarrollo	Media	Maduración
Melón	0,45	0,75	1,00	0,75

Fuentes: Manual 56 de riego y drenaje, citado por Allen et al. (2006)

La etapa inicial se da desde el trasplante, en la cual la planta cubre poca superficie de suelo, por lo que la evapotranspiración se compone mayoritariamente de la evaporación del suelo.

Etapa de desarrollo ocurre desde que el cultivo cubre un 10% del suelo hasta inicios de floración. Etapa media, es la etapa desde la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. En esta etapa el Kc alcanza el valor máximo.

Etapa de maduración o final de temporada. El valor de Kc en esta etapa depende de si se deja retoñar o no el cultivo de melón en virtud del comportamiento del mercado. Lo que importa es humedecer la zona de raíces que se ha decidido mojar, el bulbo de majamiento definido.

Según Ribas et al (2000), en el caso del melón, no todos los cultivares son igualmente resistentes a la sequía ni reaccionan de la misma manera frente a una situación de déficit hídrico. Las variedades menos sensibles a la falta de agua reaccionan más rápidamente al estrés reduciendo la transpiración. Cuando las estomas se cierran se produce una disminución de la actividad fotosintética, pues se impide el intercambio gaseoso. Sin

embargo, no toda disminución de la fotosíntesis, producida como respuesta al estrés hídrico, puede ser explicada por un cierre estomático

1.8.2 Cultivo de pimiento

Borbor y Suarez (2007) indica que la planta (*Capsicum annum*) es herbácea de tallo erecto y ramificado, de diversa altura, entre 0.5 a 1 m; raíz pivotante, hojas ovales, alargadas verde – oscuras y con bordes enteros; flores solitarias, rara vez agrupadas en 2 o 3. El cáliz tiene forma enredada y está provista de 5 sépalos verdes soldados entre sí; la corola es enredada con 5 pétalos soldados de color blanco, raramente de color violeta pálida. Los estambres en número de 5, tienen anteras alargadas y dehiscencia longitudinal.

Coinciden en señalar que la humedad relativa del aire óptima es 50 - 70 %.por debajo de 15 °C el crecimiento se retarda y a menos de 10 °C se detiene por completo; temperaturas superiores a 30 °C pueden provocar la caída de las flores. indica que los requerimientos de agua para una buena producción están entre 600 y 1 250 mm anuales. el pimiento es sensible al estrés hídrico, tanto por exceso como por déficit de humedad. Un aporte de agua irregular, puede provocar la caída de flores y frutos recién cuajados y la aparición de necrosis apical, siendo aconsejables los riegos poco copiosos y frecuentes. con un buen manejo del cultivo, el híbrido Quetzal alcanza una producción entre 30 000 y 35 000 kg/ha.

1.8.3 Cultivo de uva

Torres (2017) manifiesta que la uva presenta diversas características morfológicas y fisiológicas a considerar durante el manejo de pre y postcosecha, para alcanzar la calidad exigida por los mercados de destino.

La poda es una práctica permanente y establecida en todos los sistemas productivos frutícolas, incluidas las vides, que permite la remoción de material enfermo, improductivo y, principalmente, mantener a la planta en un régimen productivo.

La demanda de agua de la uva o su evapotranspiración (ETc) depende Manual del cultivo de uva de mesa. Factores climáticos como propios de la planta, tales como el grado de desarrollo vegetativo y cubrimiento del suelo, que dependen tanto del vigor de la planta como del sistema de conducción.

La ETo se puede obtener a partir de información local, desde evaporímetros de bandeja clase A o utilizando la ecuación de Penmann- Monteith (P-M). Los parámetros climáticos para utilizar la ecuación de P-M se obtienen desde estaciones meteorológicas automáticas

El coeficiente de cultivo (Kc) refleja las características propias de la especie vegetal que afectan el consumo de agua, tales como la arquitectura de la planta, el área foliar, la cantidad y grado de apertura de las estomas. Generalmente, en uva de mesa se relaciona kc con diferentes estados fenológicos.

1.8.4 Cultivo de banano

Según Vargas et al (2017), el cultivo de banano es uno de los cultivos más importantes y de mayor interés económico para el país. A nivel nacional los productores tienen a su disposición variedades que se adaptan a las diferentes condiciones edáficas-climáticas según las zonas de mayor producción de banano. El ciclo fenológico del cultivo de banano se puede dividir en tres grandes etapas, iniciando desde la fase infantil (fase 1), hasta la fase reproductiva de la planta (fase 3). La duración del ciclo fenológico en promedio oscila en 404 días y está determinada por la variedad, la altitud, latitud y las condiciones edafoclimáticas de cada una de las regiones productivas.

1.8.5 Cultivo de pepino

Peñañiel (2005) manifiesta que el pepino (*Cucumis sativus*) es una planta rastrero o trepador, con sistema radicular abundante, son hortaliza de clima cálido, no toleran heladas. Con altas temperaturas se presenta una germinación más rápida. La temperatura del pepino oscila entre 18 y 30°C, siendo la óptima 25°C. el pepino crece en todo tipo de suelo desde los de textura arenosa hasta los suelos algo arcillosos siempre y cuando no presente encharcamiento. En cuanto al riego es por medio de cintas de riego, colocadas lo largo de las hileras.

1.8.6 Cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) conocido por ocupar el primer lugar a nivel mundial en procesos de producción de granos. El maíz directo o después de ser procesada es consumida por los humados. El aceite, jarabe de azúcar, el alcohol y la materia prima para la fabricación del plástico se derivan de las semillas de maíz. En el año 2009 se produjo un total de 819 millones de toneladas (FAO, 2011). El maíz es una especie C4 de lugares con veranos

calurosos, sembrándose en regiones templados para granos y ensilado, este último se pica y luego se fermenta para la alimentación animal.

Popular por su uso en el ensilado y forraje para el animal. Estados Unidos es el mayor productor de granos con un 41% le sigue China con 20% continuando Brasil 6% y finalmente esta México, Indonesia e India con el 2%.

1.8.7 Cultivo de sandía

Según Escalona et al (2009), la planta de sandía es también rastrera, con tallos que alcanzan 4 m ó 5 m de longitud, con zarcillos ramificados. Su sistema radical – al igual que el melón – es extenso, pero superficial. Las guías y las hojas son pubescentes. Las hojas son ovaladas, pero más anchas en su base. La humedad relativa óptima para el desarrollo de las plantas es de 65% - 75%, para la floración, 60% - 70% y para la fructificación, 55% - 65%. Las temperaturas críticas para melones y sandías, en plena germinación con temperatura mínima de 15°C y temperatura óptima de 22°C -28°C se presentan a continuación en la (tabla 4):

Tabla 4 Temperaturas críticas para sandías en sus distintas fases de desarrollo.

Helada		1°C
Detención del crec. Vegetativo	Aire	13°C-15°C
	Suelo	8°C-10°C
Germinación	Mínima	15°C
	Óptima	22°C-28°C
	Máxima	39°C
Desarrollo	Óptima	20°C-23°C
Floración	Óptima	25-30°C
Maduración del fruto	Óptima	25°C

Fuente: Manual de manejo agronómico para cultivo de melón *Cucumis melo* L, citado por Abarca (2017)

No son especies muy exigentes en suelo, aunque los mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad se obtienen en suelos con alto contenido de materia orgánica, profundos, aireados y bien drenados. Son moderadamente tolerantes a la presencia de sales

tanto en el suelo como en el agua de riego. Valores máximos aceptables son: 2,2 Ds/m en el suelo y 1,5 Ds/m en el agua de riego. se cultivan en una condición de clima árido, por lo que el riego, es la única forma de cubrir el déficit de agua ocasionado por la demanda evaporativa de los cultivos. el sistema de riego más utilizado es por surco, con una razonable conducción del agua desde las acequias matrices hasta la cabecera de los surcos se riego, pero de ahí hasta la acequia de drenaje, poco se maneja la cantidad de agua a aplicar, frecuencia de riego ni tiempo de riego.

Arias (2014) manifestó que el riego debe aplicarse de dos a tres veces por semana, en diferentes cantidades, dependiendo de la etapa del cultivo, (tabla 5), las hojas se tornan flácidas y decaídas por falta de agua.

Tabla 5 Coeficiente hídricos Kc del cultivo de sandía

Inicial	Desarrollo del cultivo	Mediados del periodo	Finales del periodo	Recolección
0.4-0.5cc	0.7-0.8cc	1.05-1.25cc	0.8-0.95cc	0.65-0.75cc

Fuente: Evaluación del rendimiento y comportamiento de tres variedades de sandía (*Citrullus lanatus*) en la comunidad Las Casitas, Santa Rosa, El Oro, citado por Arias (2014)

1.8.8 Cultivo de limón

Según Vegas (2011), la fenología al estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de una planta. Este fenómeno biológico presenta fases comunes como: brotación, floración, maduración de los frutos; y están íntimamente relacionados con el clima. En el riego posee diferentes métodos permite que la planta mantenga un flujo constante de agua y nutrientes, favoreciendo a la fotosíntesis y transpiración. Para decidir la forma de regar, es determinante la disponibilidad de agua, suelo, topografía, clima, costos del sistema y otros factores más que nos permitirán fijar la frecuencia y volumen en la plantación. Pero la decisión se hace principalmente, teniendo en cuenta el costo de operación, mantenimiento, eficiencia de riego.

1.9 *Factores que afectan a la estimación de la evapotranspiración real*

1.9.1 *Factores climáticos*

- Radiación solar
- Temperatura y humedad relativa
- Viento

1.9.2 *Profundidad radicular*

Según Bacigaluppo et al (2018), dependiendo del suelo el sistema radical extraerán agua para el crecimiento de la planta. Las raíces principales de los cultivos tienen gran capacidad exploratoria a través de todo el perfil de suelo, aunque a escasos centímetros se encuentra la mayor densidad de agua.

El sistema radical es un factor clave para el rendimiento en los cultivos, es necesario conocer las particularidades del cultivo para tomar decisiones en relación a su cuidado y manejo (tabla 6). Los cultivos pertenecen a distintas familias, teniendo características botánicas diferentes como una forma de adaptación para satisfacer las necesidades de agua y nutrientes.

Existen diferentes tipos de sistemas radicales de los cultivos, conociendo esto se puede realizar mejores prácticas de riego, nutrición, protección e incluso la cosecha.

Las raíces son órganos subterráneos con la función de absorber agua, nutrientes y por supuesto sirve de anclaje a la planta; otras funciones como reserva de asimilados o de reproducción vegetativa. Existen dos tipos semillas monocotiledónea o dicotiledónea.

El primero se desarrolla de semillas dicotiledóneas que transforman la radícula en una raíz principal con ramificaciones, mientras que el segundo corresponde a raíces de monocotiledóneas cuya radícula tiene vida corta y es reemplazada por raíces adventicias.

Tabla 6 Profundidad radicular efectiva de los cultivos

Fuente: agua en agrícolas,	Cultivo	Profundidad efectiva(cm)	Cultivo	Profundidad efectiva(cm)	Dinámica del sistemas citado por
	Melón	100-150	Tomate	40-100	
	Cítricos	120-150	Pepino	70-120	
	Cebolla	30-75	Maíz	75-160	
	Pimiento	40-100	Sandía	75-120	

Bacigaluppo et al (2018)

1.10 *Métodos de determinación de necesidades hídricas en los cultivos*

Según Lucín (2018), los métodos pueden clasificarse en métodos directos e indirectos. Los primeros proporcionan directamente el consumo total del agua requerida, utilizando para ello aparatos e instrumentos para su determinación. Los segundos en forma directa y bajo la utilización de fórmulas empíricas, obtienen los consumos de agua a través de todo el ciclo vegetativo de la planta.

1.10.1 *Métodos indirectos*

Método racional utilizando la curva de Hansen.

Las plantas cultivadas presentan etapas de crecimiento, floración y fructificación. Este método se basa en que las exigencias de humedad a través del ciclo vegetativo se conjugan en una sola curva determinada como promedio de todas las demás. Las etapas de crecimiento están relacionadas con las demandas de agua aún más estrechamente, que la edad misma de los cultivos, según Lucín (2018)

a) Método de Penman simplificado

Lucín (2018) manifiesta que con este método puede obtenerse fácilmente la evaporación potencial diaria en mm/día, mediante el uso de un nomograma y tablas formadas en función de la radiación extraterrestre, la temperatura media del aire y el porcentaje de brillo solar. Para este porcentaje se calcula un valor esperado en la zona o se determina por medio de un piro heliógrafo (quemador de papel).

b) Método tanque evaporímetro tipo “A”

Se basa en las medidas de evaporación en una superficie de agua en un tanque evaporímetro integra los efectos de los diferentes factores meteorológicos que influyen en la evaporación. Basado en esto, se puede estimar con cierta precisión la

evapotranspiración de un cultivo utilizando la siguiente expresión: $E_tR = E_tP K$, según Lucín (2018)

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización del estudio

La investigación, se realizó en la Península de Santa Elena, ubicada hacia el extremo oriental de Ecuador, en la costa del Océano Pacífico (Figura 11). Posee una extensión de unos 3760Km².

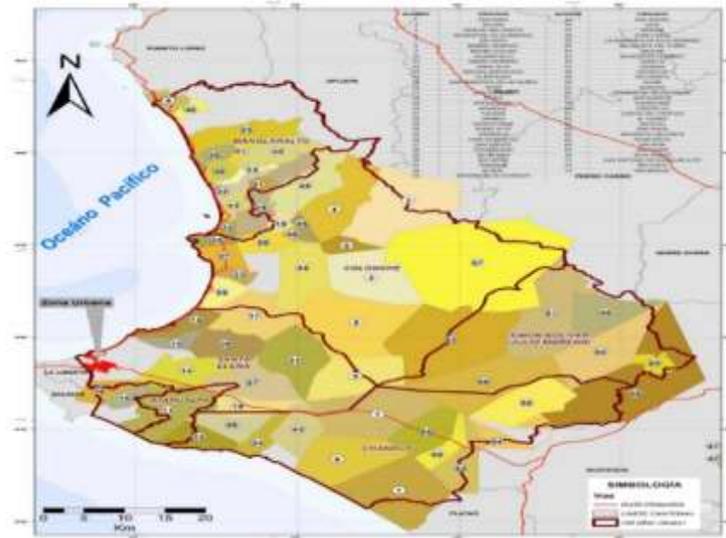


Figura 11 Mapa de Santa Elena y sus comunas.

Fuente-GADMSE

2.1.1 Características climáticas

La provincia de Santa Elena cuenta con un clima peculiarmente seco, presenta temperatura anual que oscilan alrededor del 25°C. Durante el año recibe pocas precipitaciones entre los 125 -150 mm. En Santa Elena se cuenta con dos temporadas: la seca y la de lluvias por tratarse de ser una región tropical.

Durante todo el año las estaciones meteorológicas registran datos climáticos de evapotranspiración potencial y precipitaciones de las diferentes zonas central, norte, oeste y sur que comprende la Península de Santa Elena. En el mes de enero la estación El Azúcar reportó el dato 130,3 mm de evapotranspiración potencial (Tabla 7) y en el mes de febrero la estación Colonche obtuvo como resultado 117 mm de precipitación (Tabla 8).

Tabla 7 Datos climáticos de Santa Elena (evapotranspiración potencial).

Código	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	Zona
M223	El Azúcar	130,3	129,3	135,8	129,4	111,4	91,0	83,0	83,2	83,1	88,4	92,4	11,2	1271,5	Central sur
M076	Salinas	120,7	119,5	134,5	120,1	105,4	89,2	78,5	71,9	71,3	81,1	85,7	104,2	1182,0	Central oeste
M174	Ancón	122,4	122,4	235,4	120,4	111,4	87,1	80,0	72,7	71,0	81,9	86,2	106,9	1197,6	Central oeste

Tabla 8 Datos climáticos de Santa Elena (precipitaciones)

Código	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	Zona
M619	Manglaralto	37,9	103	85,7	34	13	16	24	19	12	29	11	3,7	387,3	Norte
M245	El suspiro	71,7	109	86,4	35	13	15	20	17	11	29	9,9	10	427,2	Norte
M782	Barcelona	68,2	141	100	97,1	37	14	13	7,4	8,3	14	5,4	5,8	510,8	Norte
M474	Febres Cordero	44	82	74,3	27,9	13	18	9,7	29	34	29	11	18	389,4	Central Norte
M780	Colonche	25,9	117	83,9	43,2	8,2	5	3	4,7	1	5,1	4,2	2,6	303,4	Central Norte
M783	Salanguillo	90,9	162	136	51,3	23	6,8	5	9,6	4,7	4,6	22	40	555,1	Central Norte
M778	Carrizal	35,6	158	327	183	37	2,7	3,7	3,4	0,6	5,6	1	7,7	764,7	Central Sur
M472	Julio Moreno	89,2	157	218	81,6	29	11	0,7	0,5	1,9	4,5	0,8	14	607,7	Central Sur
M223	El Azúcar	62	97,2	50,2	20,1	2,6	0,9	0	0,2	0	1	0	1,7	235,9	Central Sur

M473	Zapotal- Santa Elena	95	120	207	199	9,9	16	5,4	3	6,3	8,8	2,6	11	684,7	Central Sur
M076	Salinas	7,9	58,5	62,3	15,7	4,6	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,2	0,5	150	Central Oeste
M174	Ancón	14,8	87	24,9	14,1	5,5	0	0,1	0	0	0,5	0,2	2,3	149,3	Central Oeste

2.1.2 Características del suelo

La provincia de Santa Elena se caracteriza como una zona semidesértica, con alto potencial en agricultura, permitiéndole producir en casi todos los meses del año. En Santa Elena existe la zona norte con suelos donde predomina la textura franco arcillo limoso, con un pH ligeramente alcalino de 7.7, con CE de 0.91 mS/cm, el cual representa un suelo no salino, datos referenciados del Centro de Apoyo de Manglaralto (UPSE) y la zona sur con suelos de textura franco-arcillo-arenosa, de buen drenaje, con poca a moderada profundidad efectiva, bajos contenidos de materia orgánica, de fósforo y de potasio, que podrían ser limitantes para algunos cultivos en adición al déficit hídrico característico del área, datos referenciados del centro de apoyo de Río Verde (UPSE).

2.2 Datos de los cultivos

El patrón de cultivos de la provincia de Santa Elena se determinó a partir de un análisis de documentos del Ministerio de la Agricultura y Ganadería, el Gobierno Provincial, así como información que se extrajo del Censo Agrícola.

En función del patrón de cultivos identificado se definió el calendario de sus ciclos vegetativos, considerando las zonas edafoclimáticas de la provincia.

Los datos de cultivos necesarios para la simulación de la programación del riego se detallan a continuación.

2.2.1 Coeficiente de cultivo

Según Allen et al. (2006), la mayoría de los efectos de varios parámetros climáticos se han incorporado ya en la estimación de la ETo. Por lo tanto, si la ETo representa un índice de demanda climática, el Kc varía, predominantemente, junto con las características específicas del cultivo y solo hasta un límite, con el clima. Esto lo que permite es la transferencia de valores estándar de Kc entre localidades y entre climas, por lo que se considera la razón primordial de su aceptación a nivel mundial. La (tabla 9), se muestran algunos datos de Kc para diferentes cultivos. Para obtener el dato de consumo total de agua se debe multiplicar el dato de ETo por día por el Kc seleccionado.

Tabla 9 Valores del coeficiente del cultivo (Kc).

Fases del cultivo				
Cultivo	Inicial	Desarrollo	Media	Maduración
Maíz	0.40	0.80	1.15	0.70
Melón	0.45	0.75	1.00	0.75
Pimiento	0.35	0.70	1.05	0.90
Tomate	0.45	0.75	1.15	0.80

Fuentes: Manual 56 de Riego y Drenaje, citado por Allen et al. (2006)

2.2.2 Fases fenológicas de los cultivos

- **Fases fenológicas de la sandía** (*Citrullus lanatus*) y Melón (*Cucumis melo*)

Emergencia: Aparece la primera hoja sobre la superficie del suelo. Después de la fase de emergencia la planta se mantiene en crecimiento vegetativo hasta el inicio de la fase de floración.

Floración: Apertura de las primeras flores.

Fructificación: Los pequeños frutos alcanzan de 2 a 3 cm de tamaño.

Maduración: El fruto adquiere su máximo tamaño y color típico de la variedad. Un buen indicador para la cosecha es cuando el fruto cambia su color verde oscuro a verde claro.

- **Fases fenológicas del pimiento** (*Capsicum annum*)

Emergencia: Cuando aparecen los cotiledones por encima del suelo.

Séptima hoja: Aparece la séptima hoja verdadera

Botón floral: Aparece el primer botón floral

Floración: Se observan las primeras flores en las plantas.

Fructificación: Momento en que se notan los primeros frutos en las plantas

Maduración: El fruto adquiere la forma, tamaño y color típico de la variedad observada.

- **Fases fenológicas del maíz** (*Zea mays*)

Emergencia: Aparición de las plantitas por encima de la superficie del suelo.

Aparición de hojas: Comienza desde que aparecen las dos primeras hojas, debiéndose anotar como fase “dos hojas”, y así sucesivamente de acuerdo al número de hojas que vayan saliendo hasta el inicio de la fase panoja.

Panoja: Se observa salir la panoja de la hoja superior de la planta, sin ninguna operación manual que separen las hojas que la rodean.

Espiga: Salida de los estigmas (barba o cabello de choclo), se produce a los ocho o diez días después de la aparición de la panoja.

Maduración lechosa: Se ha formado la mazorca; y los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso.

Maduración pastosa: Los granos de la parte central de la mazorca adquieren el color típico del grano maduro. Los granos, al ser presionados, presentan una consistencia pastosa.

Maduración córnea: Los granos de maíz están duros. La mayoría de las hojas se han vuelto amarillas o se han secado.

- **Fases fenológicas del plátano** (*Musa spp*)

Retoño: El hijuelo aparece al lado del tallo principal y tiene cerca de 10 cm de longitud.

Inflorescencia: Momento en que la inflorescencia ha salido de la cobertura de la hoja superior.

Floración: Se abren las primeras flores. En algunas variedades las flores están ocultas; en estos casos se omitirá el registro de esta fase.

Fructificación: Cuando aparecen los primeros frutos.

Maduración: El primer fruto comienza a cambiar de color, en la mayoría de las variedades del verde oscuro al amarillo pálido.

2.2.3 Rendimiento por hectárea de los cultivos

En la Tabla 10 se puede apreciar el rendimiento por hectárea de los cultivos de maíz, tomate, cebolla, pimiento, sandia, pepino y melón.

Tabla 10 Rendimiento por hectáreas de los cultivos.

RENDIMIENTO (Kg/ha)			
Cultivo	Secano (kg/ha)	Regadío (kg/ha)	
		Aire libre	Protegido
Cebolla	13.192	56.816	32.857
Maíz	-----	18.992	-----
Melón	8.803	31.666	39.403
Pepino	10.917	28.470	91.182
Pimiento	8.380	34.613	74.591
Sandia	22.181	56.083	61.355
Tomate	25.176	75.242	102.289

Fuente: Rendimiento por hectárea de los cultivos, citado por Morales, 2017.

2.3 Datos del suelo

2.3.1 Uso del GEOPORTAL

Se hizo uso del geoportal para el desarrollo de la investigación, por ser una aplicación web que está enfocada en la gestión y manejo de la información geográfica (Figura 12). Los servicios que brinda son los siguientes:

- Localización de conjuntos de datos geoespaciales y los metadatos que describen los datos disponibles.
- Visualización de la información geográfica.
- Descarga de conjuntos de datos espaciales.
- Contar con herramientas para el procesamiento de datos geográficos
- Servicios web geográficos.

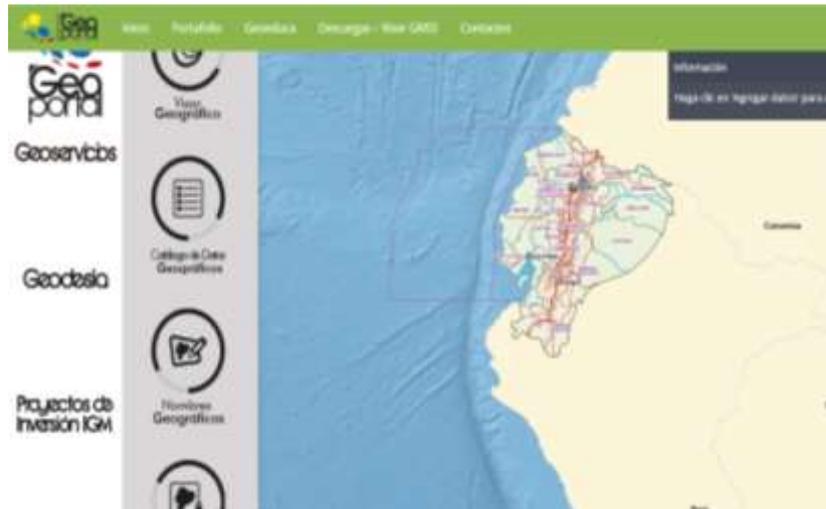


Figura 12 Captura de la aplicación de Geoportal
Fuente: Geoportal

2.4 Uso del programa CLIMWAT

El Climwat cuenta con una amplia base de datos climáticos para ser utilizado en combinación con el Cropwat. Ofrece datos agroclimáticos de la provincia de Santa Elena y a su vez más de 5000 estaciones en todo el mundo. Por supuesto que se pueden emplear datos elaborados específicamente para un proyecto determinado, pero la base de datos es muy útil cuando no se disponen de un área en concreto o como aproximación cuando se toma de una zona similar.

2.5 Uso de datos de estaciones meteorológicas

El presente trabajo de investigación recolectó datos climáticos de las estaciones meteorológicas de la INAMHI (Figura 13). Las estaciones agrometeorológicas normalmente se localizan en áreas cultivadas donde los instrumentos se exponen a condiciones atmosféricas similares a las de los cultivos circundantes. En estas estaciones, la temperatura del aire, la humedad, la velocidad del viento y la duración de la insolación se miden típicamente a 2 m sobre una superficie extensa de pasto u otro cultivo corto. Cuando es necesario y factible, la cobertura vegetal de la estación se riega. Los datos tomados en estaciones no agrometeorológicas requieren de un análisis cuidadoso de validez antes de su uso.

Los datos meteorológicos consisten en:

- Temperatura del aire

- Temperatura máxima (Tmax)
- Temperatura mínima (Tmin) promedio diario para periodos de diez días o mensuales. Humedad del aire
- Radiación solar
- La radiación extraterrestre (Ra)
- horas de duración máxima de insolación (N) para un día específico del mes

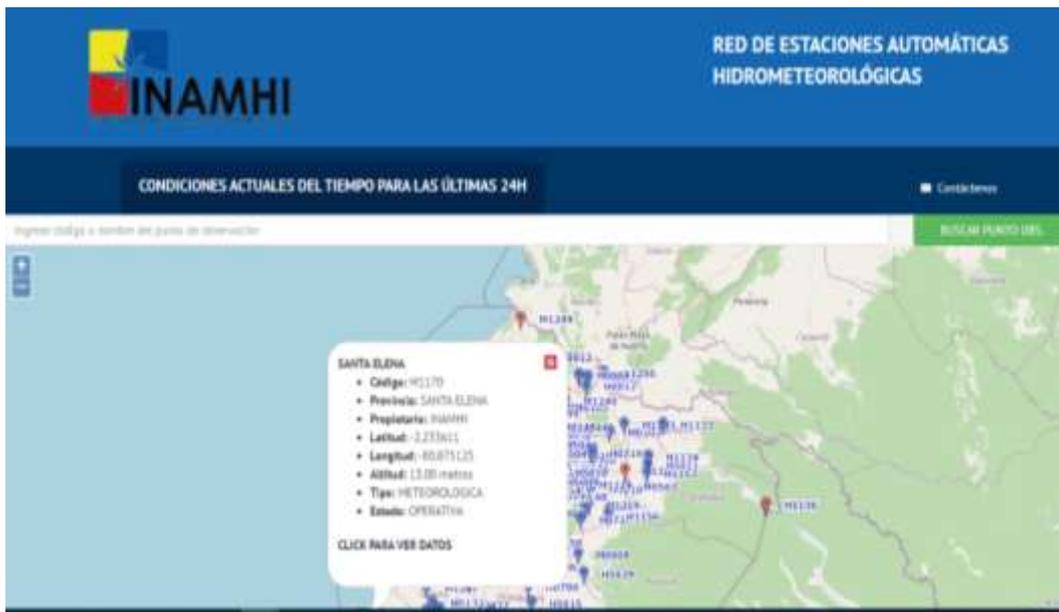


Figura 13 Red de estaciones automáticas hidrometeorológicas (Santa Elena).

Fuente-INAMHI

2.6 Uso del programa de CropWat

Se hizo uso del Cropwat siendo un programa informático de la FAO para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos. Consiste en calcular los turnos, caudales y tiempos de riego basándose en las necesidades de agua del cultivo que viene determinado por el tipo de suelo, clima y cultivo.

CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Patrón de cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena

La información de patrón de cultivos agrícolas se recopiló a partir de bases de datos suministradas por el gobierno provincial de Santa Elena. En la Tabla 11 se muestran los diferentes cultivos que existen en la provincia, siendo el maíz la principal especie, con una superficie sembrada total de alrededor de 7392,92 ha con un rendimiento 5,00 t/ha, la zona donde más se siembra este cultivo es en la parroquia de Colonche.

El segundo cultivo en cuanto a superficie ocupada es el limón con un total de 883,00 ha, éste abunda en la parroquia de Manglaralto. También existen explotaciones de plátano, este cuenta con una superficie sembrada a nivel de provincia de 404,67 ha, Simón Bolívar es uno de los lugares donde se da este cultivo, sin dejar atrás la zona de Chanduy.

La sandía y el pimiento son cultivos sembrados en la cabecera cantonal el primero con una superficie de 275,00 ha y el segundo 126,00 ha. A continuación, se ubican el cultivo de melón seguido por la uva estos dos se siembran con mayor frecuencia en Colonche y en Santa Elena.

Tabla 11 Patrón de cultivo de la Provincia de Santa Elena.

Cultivo	Manglaralto	Colonche	Chanduy	Simón Bolívar	Santa Elena	Atahualpa	Ancón	La Libertad	Salinas	Superficie total	Rendimiento t/ha
Maíz (2 ciclo)	215,00	3500,00	1070,92	2500,00	80,00	0,00	2,00	15,00	10,00	7392,92	5,00
Limón	487,00	310,00	50,00	5,00	30,00	0,00	0,00	0,00	1,00	883,00	0,00
Plátano	12,00	8,00	81,25	288,42	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	404,67	12,68
Sandía	20,00	120,00	75,00	2,00	35,00	1,00	5,00	2,00	15,00	275,00	45,00
Pimiento	5,00	38,00	30,00	8,00	18,00	12,00	10,00	2,00	3,00	126,00	36,00
Melón	20,00	50,00	60,00	5,00	20,00	0,00	2,00	5,00	12,00	174,00	37,00
Uva	0,00	0,00	38,50	0,00	73,00	0,00	0,00	0,00	0,00	111,50	0,00
Pepino	12,00	10,00	15,00	1,00	8,00	3,00	1,00	3,00	5,00	58,00	16,00

Fuente: Gobierno provincial de Santa Elena (2021)

3.2 Calendario de los cultivos agrícola de la Península de Santa Elena

La información de calendario de los cultivos agrícolas se recopiló a partir de bases de datos suministradas por el gobierno provincial de Santa Elena. En la Tabla 12 se evidencian las fechas de siembras para los diferentes cultivos.

Los cultivos de limón, plátano, pimiento, uva y pepino se pueden sembrar durante todo el año sin ningún problema. A diferencia del cultivo de sandía y melón los agricultores siembran entre los meses de septiembre y diciembre y marzo a junio. Finalmente, el cultivo de maíz que tiene dos ciclos durante el año que comprende desde el mes de enero a abril y de junio a noviembre.

Tabla 12 Calendario de siembra de los cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena

Cultivo	Fechas de siembras
Maíz (2 Ciclo)	Invierno y verano (enero a abril-junio a noviembre)
Limón	Todo el año
Plátano	Todo el año
Sandía	Septiembre a diciembre - marzo a junio
Pimiento	Todo el año
Melón	Septiembre a diciembre - marzo a junio
Uva	Todo el año
Pepino	Todo el año

Fuente: Gobierno provincial de Santa Elena (2021)

3.3 Programación del riego del patrón de cultivos

Se utilizó el programa Cropwat para simular la programación del riego de varios de los cultivos que componen el patrón de la Península de Santa Elena. Se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI (datos tomados del programa Climwat) en unión con las diferentes estaciones de precipitación de zonas cercana, en cuanto al uso del Geoportal se extrajo la textura del suelo. Todo eso sirvió para la programación de los diferentes cultivos con sus respectivas modelaciones. Considerando un 85% de eficiencia del sistema de riego, para las modelaciones de 1 día y 7 días y para la modelación del agotamiento crítico al 100%.

3.3.1 Programación del cultivo de maíz

- **Programación del cultivo de maíz 1^{er} y 2^{do} ciclo en la comuna “Limoncito”**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de maíz se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la parroquia de Colonche.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.559536; -2.006563). En la comuna “Limoncito” con un suelo tipo arcilloso, en la fecha de siembra el día 02 de marzo con cosecha el día 04 de julio para el primer ciclo de cultivo, en cambio para el segundo ciclo de cultivo es el día 02 de julio con cosecha el día 03 de noviembre.

En la Tabla 13 se presentan los resultados de la programación del 1er ciclo del cultivo de maíz con la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3.867 m³/ha, valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. La parroquia Colonche cuenta con una superficie total de siembra de 3.500 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 13.534.500 m³, mientras que en la modelación de 7 días se estiman 3.158 m³/ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 2.634 m³/ ha.

Se obtiene 1.409 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones, en la programación de los 7 días se aprovecha el agua un 545 m³/ha y finalmente en la modelación de agotamiento crítico se aprovecha un 881 m³/ha.

Tabla 13 Programación del cultivo de maíz (1er ciclo) en la comuna “Limoncito”

Lugar: Limoncito Tipo de suelo: Arcilloso Fecha de siembra: 02 de marzo Fecha de cosecha: 04 de julio	Programación del cultivo de maíz		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	386.7 mm	315.8 mm	263.4 mm
Lámina neta total	328.7 mm	268.5 mm	223.9 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua del cultivo	328.7 mm	328.7 mm	328.7 mm
Uso pot. De agua del cultivo	328.7 mm	328.7 mm	328.7 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100.0%

Lugar: Limoncito Tipo de suelo: Arcilloso Fecha de siembra: 02 de marzo Fecha de cosecha: 04 de julio	Programación del cultivo de maíz		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	140.9 mm	140.9 mm	140.9 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	54.5 mm	88.1 mm
Perdida tot. prec.	140.9 mm	86.4 mm	52.9 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	5.7 mm	16.7 mm
Requer, reales de riego	328.7 mm	274.1 mm	240.6 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	38.7 %	62.5 %

En la Tabla 14 se indica la programación para el 2do ciclo de cultivo del maíz modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3.153 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. Se conoce que la parroquia Colonche cuenta con una superficie total de siembra de 3.500 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 11.035.500 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estimaría el total de 2.943 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 2.591 m³/ ha. La Tabla 14 muestra el valor de 145 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones, en el caso de la programación de los 7 días se aprovecha el agua un 121 m³/ha por otro lado la modelación de agotamiento crítico es aprovecha en su totalidad.

Tabla 14 Programación del cultivo de maíz (2do Ciclo) en la comuna “Limoncito”

Lugar: Limoncito Tipo de suelo: Arcilloso Fecha de siembra: 02 de julio Fecha de cosecha: 03 de noviembre	Programación del cultivo de maíz		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	315.3 mm	294.3 mm	259.1 mm
Lámina neta total	268.0 mm	250.2 mm	220.2 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua del cultivo	268.0 mm	268.0 mm	268.0 mm
Uso pot. De agua del cultivo	268.0 mm	268.0 mm	268.0 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100.0%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	14.5 mm	14.5 mm	14.5 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	12.1 mm	14.5 mm

Lugar: Limoncito Tipo de suelo: Arcilloso Fecha de siembra: 02 de julio Fecha de cosecha: 03 de noviembre	Programación del cultivo de maíz		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Perdida tot. prec.	14.5 mm	2.3 mm	0.0 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	5.7 mm	33.4 mm
Requer, reales de riego	268.0 mm	255.9 mm	253.6 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	83.9 %	100.0 %

En comparación con la Tabla 14 el cultivo de maíz para el primer y segundo ciclo, mediante las tres modelaciones de la lámina bruta muestra lo indicado por Pardo (2011) que el maíz requiere de 5000 a 6000 m³ de agua a lo largo de su ciclo. Manifestando el rendimiento potencial máximo de la planta, hasta fines del llenado del grano, donde requiere unos 3.000 m³ y conforme a la investigación de Prudente (2015) se necesita un volumen de aplicación de 3446 m³/ha y eficiencia de uso de agua de 4,05 kg/m³ para el cultivo de maíz.

- **Programación del cultivo de maíz 1^{er} y 2^{do} ciclo en la parroquia “Chanduy”**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de maíz, se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la comuna El Azúcar.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.724792; -2.325804). En la parroquia “Chanduy” con un suelo franco arenoso en la fecha de siembra el día 02 de marzo con cosecha el día 04 de julio para el primer ciclo de cultivo, en cambio para el segundo ciclo de cultivo es el día 02 de julio con cosecha el día 03 de noviembre.

En la Tabla 15 se indican resultados de la programación del 1er ciclo del cultivo de maíz con la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3.867 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. La parroquia de Chanduy cuenta con una superficie total de siembra de 1.070,92 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 4.141.247,64 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 3.394 m³/ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 1.882 m³/ ha.

Las precipitaciones en las tres modelaciones son de 743 m³/a. En la programación de 1 día la precipitación efectiva no presenta aprovechamiento, mientras que en la programación de los 7 días se aprovecha el agua un 339 m³/ha por último, en la modelación de agotamiento crítico se aprovecha un 537 m³/ha.

Tabla 15 Programación del cultivo de maíz (1^{er} ciclo) en la parroquia “Chanduy”

Lugar: Chanduy Tipo de suelo: Franco Arenoso Fecha de siembra: 02 de marzo Fecha de cosecha: 04 de julio	Programación del cultivo de maíz		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	386.7 mm	339.4 mm	188.2 mm
Lámina neta total	328.7 mm	288.5 mm	159.9 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua del cultivo	328.7 mm	328.7 mm	328.7 mm
Uso pot. De agua del cultivo	328.7 mm	328.7 mm	328.7 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100.0%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	74.3 mm	74.3 mm	74.3 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	33.9 mm	53.7 mm
Perdida tot. prec.	74.3 mm	40.3 mm	20.6 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	6.2 mm	115.1 mm
Requer, reales de riego	328.7 mm	294.8 mm	275.0 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	45.7 %	72.3 %

En la Tabla 16 se indica la programación para el 2do ciclo de cultivo del maíz modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3.153 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. Chanduy cuenta con una superficie total de siembra de 1.070,92 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 3.376.610,76 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 3.050 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 1.902 m³/ ha.

Las precipitaciones en las tres modelaciones son de 31 m³/ha. En cuanto a la programación de 1 día no presenta aprovechamiento, a diferencia de la programación de los 7 días aprovecha el valor de 23 m³/ha. En cambio, en la programación de agotamiento crítico aprovecha las precipitaciones en su totalidad, Tabla 16.

Tabla 16 Programación del cultivo de maíz (2^{do} ciclo) en la parroquia “Chanduy”

Lugar: Chanduy Tipo de suelo: Franco Arenoso Fecha de siembra: 02 de julio Fecha de cosecha: 03 de noviembre	Programación del cultivo de maíz		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	315.3 mm	305.0 mm	190.2 mm
Lámina neta total	268.0 mm	259.3mm	161.7 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua del cultivo	268.0 mm	268.0 mm	268.0 mm
Uso pot. De agua del cultivo	268.0 mm	268.0 mm	268.0 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100.0%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	3.1 mm	3.1 mm	3.1 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	2.3 mm	3.1 mm
Perdida tot. prec.	3.1 mm	0.8 mm	0.0 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	6.5 mm	103.3 mm
Requer, reales de riego	268.0 mm	265.7 mm	265.0 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	75.0 %	100.0 %

3.3.2 Programación del cultivo de limón

- **Programación del cultivo de limón en la comuna “Shinchal”**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de limón, se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la comuna de Barcelona.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.691571; -1.935959). En la comuna “Shinchal” con un suelo tipo franco arcilloso en la fecha de siembra el día 01 de enero con cosecha el día 31 de diciembre.

En la Tabla 17 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 8.337 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. La parroquia de Manglaralto cuenta con una superficie total de siembra de 487 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 4.060.119 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 5.492 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 3.550 m³/ ha.

En cuanto a las precipitaciones de las tres modelaciones son de 5.117 m³/ha. En cuanto a la programación de 1 día no presenta aprovechamiento, a diferencia de la programación de los 7 días aprovecha el valor de 2.418 m³/ha. Sin embargo, en la programación de agotamiento crítico se aprovecha 3.892 m³/ha.

Tabla 17. Programación del cultivo de limón - Comuna “Shinchal”

Lugar: Sinchal Tipo de suelo: Franco Arcilloso Fecha de siembra: 01 de enero Fecha de cosecha: 31 de diciembre	Programación del cultivo de limón		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	833.7 mm	549.2 mm	355.0 mm
Lámina neta total	708.6 mm	466.8 mm	301.8 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua del cultivo	708.6 mm	708.6 mm	708.6 mm
Uso pot. De agua del cultivo	708.6 mm	708.6 mm	708.6 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100.0%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	511.7 mm	511.7 mm	511.7 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	241.8 mm	389.2 mm
Perdida tot. prec.	511.7 mm	269.8 mm	122.4 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	0.0 mm	17.6 mm
Requer, reales de riego	708.6 mm	466.8 mm	319.4 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	47.3 %	76.1%

- **Programación del cultivo de limón en la comuna “Los Ceibitos”**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de limón, se obtuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la parroquia de Colonche.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.4106221; -2.044019) en la comuna “Los Ceibitos” con un suelo tipo franco en la fecha de siembra el día 01 de enero con cosecha el día 31 de diciembre.

En la Tabla 18 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 8.337 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. Colonche cuenta con una superficie total de siembra de 310 ha lo que estimaría el total

de agua a usar de 2.584.470 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 6.470 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 2.575 m³/ ha.

Se obtuvo el valor de 3.039 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones. Teniendo aprovechamiento de las precipitaciones en la programación de los 7 días el valor de 1.587 m³/ha. No obstante, en la programación de agotamiento crítico se aprovecha 2.849 m³/ha.

Tabla 18 Programación del cultivo de limón- Comuna “Los Ceibitos”

Lugar: Los Ceibitos Tipo de suelo: Franco Fecha de siembra: 01 de enero Fecha de cosecha: 31 de diciembre	Programación del cultivo de limón		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	833.7 mm	647.0 mm	257.5 mm
Lámina neta total	708.6 mm	549.9 mm	218.9 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua del cultivo	708.6 mm	708.6 mm	708.6 mm
Uso pot. De agua del cultivo	708.6 mm	708.6 mm	708.6 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100.0%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	303.9 mm	303.9 mm	303.9 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	158.7 mm	284.9 mm
Pérdida tot. prec.	303.9 mm	145.2 mm	19.0 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	0.0 mm	2014.9 mm
Requer, reales de riego	708.6 mm	549.9 mm	423.8 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	52.2 %	93.7 %

3.3.3 Programación del cultivo de plátano

- **Programación del cultivo de plátano en la comuna “Shinchal”**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de plátano se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la comuna de Barcelona.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.692477; -1.936275) en la comuna “Shinchal” con un suelo tipo franco arcilloso en la fecha de siembra el día 01 de enero con cosecha el día 31 de diciembre.

En la Tabla 19 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 9.685 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. Manglatalto cuenta con una superficie total de siembra de 12 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 116.220 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 7.288 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 5.551 m³/ ha.

Se muestra el valor de 5.117 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones. Teniendo aprovechamiento de las precipitaciones en la programación de los 7 días el valor de 2.038 m³/ha. Por lo tanto, en la programación de agotamiento crítico se aprovecha las precipitaciones un valor de 3.162 m³/ha.

Tabla 19 Programación del cultivo de plátano en la comuna “Shinchal”

Lugar: Sinchal Tipo de suelo: Franco Arcilloso Fecha de siembra: 01 de enero Fecha de cosecha: 31 de diciembre	Programación del cultivo de plátano		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	968.5 mm	728.8 mm	555.1 mm
Lámina neta total	823.2 mm	619.5 mm	471.9 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua del cultivo	823.2 mm	823.2 mm	823.2 mm
Uso pot. De agua del cultivo	823.2 mm	823.2 mm	823.2 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100.0%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	511.7 mm	511.7 mm	511.7 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	203.8 mm	316.2 mm
Perdida tot. prec.	511.7 mm	307.9 mm	195.5 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	0.0 mm	35.2 mm
Requer, reales de riego	823.2 mm	619.5 mm	507.1 mm
Efic. De precipitación	0.0 %	39.8 %	61.8 %

- **Programación del cultivo de plátano en la comuna “El Azúcar”**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de plátano se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI. En cuanto a la estación de precipitación y los datos de suelos de las coordenadas geográficas (-80.600833; -2.317611), ambas tomadas de la comuna El Azúcar con un suelo tipo franco arenoso en la fecha de siembra el día 01 de enero con cosecha el día 31 de diciembre.

En la Tabla 20 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 9.685 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. La parroquia de Chanduy cuenta con una superficie total de siembra de 81,25 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 786.906,25 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 8.392 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 7.608 m³/ ha.

Se obtuvo el valor de 2.383 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones. Teniendo aprovechamiento de las precipitaciones solo en la programación de los 7 días el valor de 1.100 m³/ha y en la programación de agotamiento crítico se aprovecha 1.707 m³/ha.

Tabla 20 Programación del cultivo de plátano en la comuna “El Azúcar”

Lugar: El Azúcar Tipo de suelo: Franco Arenoso Fecha de siembra: 01 de enero Fecha de cosecha: 31 de diciembre	Programación del cultivo de plátano		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	968.5 mm	839.2 mm	760.8 mm
Lámina neta total	823.2 mm	713.3 mm	646.7 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua del cultivo	823.2 mm	823.2 mm	823.2 mm
Uso pot. De agua del cultivo	823.2 mm	823.2 mm	729.5 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100.0%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	238.3 mm	238.3 mm	238.3 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	110.0 mm	170.7 mm
Perdida tot. prec.	238.3 mm	128.3 mm	67.6 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	0.0 mm	5.9 mm
Requer, reales de riego	823.2 mm	713.3 mm	652.5 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	46.1 %	71.6%

3.3.4 Programación del cultivo de sandía

- **Programación del cultivo de sandía en la comuna “Shinchal”**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de sandía, se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la comuna de Barcelona.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.692198; -1.936728) en la comuna Sinchal con un suelo tipo franco arcilloso en la fecha de siembra el día 02 de marzo con cosecha el día 09 de junio.

En la Tabla 21 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3.141 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. La parroquia de Manglaralto cuenta con una superficie total de siembra de 20 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 62.820 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 1.853 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico no representa valores.

Se obtiene 2.407 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones, en la programación de 1 día la precipitación efectiva es cero, mientras que en la programación de los 7 días se aprovecha el agua un 1.073 m³/ha por último, en la modelación de agotamiento crítico se aprovecha un 1.785 m³/ha.

Tabla 21 Programación del patrón de cultivo de sandía, comuna “Shinchal”

Lugar: Sinchal Tipo de suelo: Franco Arcilloso Fecha de siembra: 02 de marzo Fecha de cosecha: 09 de junio	Programación del cultivo de sandia		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	314.1mm	185.3 mm	0.0 mm
Lámina neta total	276.0 mm	157.5 mm	0.0 mm
Pérdida total de riego	0.0mm	0.0 mm	0.00 mm
Uso real de agua de cultivo	267.00	267.0 mm	267.0 mm
Uso pot. De agua del cultivo	267.0 mm	267.0 mm	267.0 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	240.7 mm	240.7 mm	240.7 mm

Lugar: Sinchal Tipo de suelo: Franco Arcilloso Fecha de siembra: 02 de marzo Fecha de cosecha: 09 de junio	Programación del cultivo de sandía		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Precipitación efectiva	0.0 mm	107.3 mm	178.5 mm
Perdida tot. prec.	240.7 mm	133.4 mm	62.2 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	2.2 mm	88.5 mm
Requer, reales de riego	267.0 mm	159.7 mm	88.5 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	44.6 %	74.2 %

De acuerdo con el cultivo de sandía de la Tabla 21 se pone en manifiesto que la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3.141 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo, es cercano al valor planteado por Pardo (2011), que el volumen de agua que requiere el cultivo de sandía es el. Durante el ciclo, según el estado del cultivo, el volumen de agua varía entre 5.000 a 7.500 m³

- **Programación del cultivo de sandía en la comuna “Río Verde”**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de sandía, se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la comuna El Azúcar.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.70042; -2,305808) en la comuna “Río Verde” con un suelo tipo Areno francoso en la fecha de siembra el día 02 de marzo con cosecha el día 09 de junio.

En la Tabla 22 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3141 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. La parroquia de Chanduy cuenta con una superficie total de siembra de 75 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 235.575 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 2.630 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 2.219 m³/ ha.

Se obtuvo el valor de 738 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones. Teniendo aprovechamiento de las precipitaciones en la programación de los 7 días el valor de 412 m³/ha. No obstante, en la programación de agotamiento crítico se aprovecha 585 m³/ha. De acuerdo a Santos (2015) define como precipitación efectiva aquella, a la

precipitación total que es aprovechada por las plantas, teniendo factores como la inclinación del terreno, el tipo de suelo, la intensidad de la precipitación, etc.

Tabla 22 Programación del cultivo de sandía en la comuna “Río Verde”

Lugar: Río Verde Tipo de suelo: Areno Francoso Fecha de siembra: 02 de marzo Fecha de cosecha: 09 de junio	Programación del cultivo de sandia		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	314.1mm	263.0 mm	221.9 mm
Lámina neta total	276.0 mm	223.6 mm	188.6 mm
Pérdida total de riego	0.0mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua de cultivo	267.00	267.0 mm	267.0 mm
Uso pot. De agua del cultivo	267.0 mm	267.0 mm	267.0 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100.00 %
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	73.8 mm	73.8 mm	73.8 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	41.2 mm	58.5 mm
Perdida tot. prec.	73.8 mm	32.5 mm	15.2 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	2.2 mm	19.9 mm
Requer, reales de riego	267.0 mm	225.8 mm	208.5 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	55.9 %	79.3%

3.3.5 Programación del cultivo de pimiento

- **Programación del cultivo de pimiento en la comuna “San Rafael”**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de pimiento, se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la comuna El Azúcar.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.646771; -2.320216) en la comuna “San Rafael” con un suelo tipo franco arenoso en la fecha de siembra el día 12 de mayo con cosecha el día 08 de septiembre.

En la Tabla 23 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 2.900 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. Chanduy cuenta con una superficie total de siembra de 30 ha lo que estimaría el total

de agua a usar de 87.000 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 2.861 m³/ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa valores de 2.063 m³/ha. Se obtuvo el valor de 35 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones. Teniendo aprovechamiento de las precipitaciones en la programación de los 7 días el valor de 34 m³/ha. Mientras en la programación de agotamiento crítico se aprovecha las precipitaciones en su totalidad.

Tabla 23 Programación del cultivo de pimienta en la comuna “San Rafael”

Lugar: San Rafael Tipo de suelo: Franco Arenoso Fecha de siembra: 12 de mayo Fecha de cosecha: 08 de septiembre	Programación del cultivo de pimienta		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	290.0 mm	286.1 mm	206.3 mm
Lámina neta total	246.5 mm	243.2 mm	175.4 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua de cultivo	246.5 mm	246.5 mm	246.5 mm
Uso pot. De agua del cultivo	246.5 mm	246.5 mm	246.5 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	3.5 mm	3.5 mm	3.5 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	3.4 mm	3.5 mm
Perdida tot. prec.	3.5 mm	0.1 mm	0.0 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	0.0 mm	67.6 mm
Requer, reales de riego	246.5 mm	243.2 mm	243.0 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	96.6 %	100.0%

Indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 2.900 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo pimienta como lo menciona Pardo (2015), afirma que los requerimientos totales de agua son determinados por condiciones climáticas y a las variedades que van desde 2.000 a 3.000 m³ de riego durante el ciclo en lo que respecta la península de Santa Elena y de acuerdo con la investigación realizada por ACROBIT (2012) el cultivo de pimienta requiere 7.850 m³ de agua por ha, según la modalidad de riego. La frecuencia de riego varía en función de las condiciones climáticas del lugar donde se realiza el cultivo.

- **Programación del cultivo de pimiento en la comuna “Javita”**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de pimiento, se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la parroquia Colonche.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.680190; -2.026130) en la comuna “Javita” con un suelo tipo franco limoso en la fecha de siembra el día 12 de mayo con cosecha el día 08 de septiembre.

En la Tabla 24 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 2.900 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. La parroquia Colonche cuenta con una superficie total de siembra de 38 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 110.200 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 2.728 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 2.182 m³/ha.

El resultado es de 159 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones. En la programación de los 7 días y de agotamiento crítico se obtuvo el mismo valor 146 m³/ha en aprovechamiento de las precipitaciones.

Tabla 24 Programación del cultivo de pimiento en la comuna “Javita”

Lugar: Javita Tipo de suelo: Franco limoso Fecha de siembra: 12 de mayo Fecha de cosecha: 08 de septiembre	Programación del cultivo de pimiento		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	290.0 mm	272.8 mm	2182 mm
Lámina neta total	246.5 mm	231.9 mm	185.5 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua de cultivo	246.5 mm	246.5 mm	246.5 mm
Uso pot. De agua del cultivo	246.5 mm	246.5 mm	246.5 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	15.9 mm	15.9 mm	15.9 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	14.6 mm	14.6 mm
Perdida tot. prec.	15.9 mm	1.3 mm	1.3 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	0.0 mm	46.4 mm
Requer, reales de riego	246.5 mm	231.9 mm	231.9 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	91.9 %	92.0%

3.3.6 Programación del cultivo de melón

- **Programación del cultivo de melón en la parroquia Chanduy**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de melón, se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la comuna El Azúcar.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.689589; -2.347950) en la parroquia “Chanduy” con un suelo tipo franco arenoso en la fecha de siembra el día 02 de septiembre con cosecha el día 30 de diciembre.

En la Tabla 25 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 2.859 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. Chanduy cuenta con una superficie total de siembra de 60 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 171.540 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 2.814 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 1.563 m³/ ha.

El valor de 29 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones. En la programación de los 7 días se calculó el valor de 19 m³/ha. Mientras en la programación de agotamiento crítico se aprovecha las precipitaciones en su totalidad.

Tabla 25 Programación del cultivo de melón en la parroquia Chanduy

Lugar: Chanduy Tipo de suelo: Franco Arenoso Fecha de siembra: 02 de septiembre Fecha de cosecha: 30 de diciembre	Programación del cultivo de melón		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	285.9 mm	281.4 mm	156.3 mm
Lámina neta total	243.0 mm	239.2 mm	132.9 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua de cultivo	243.0 mm	241.1 mm	241.1 mm
Uso pot. De agua del cultivo	243.0 mm	241.1 mm	241.1 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	2.9 mm	2.9 mm	2.9 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	1.9 mm	2.9 mm
Perdida tot. prec.	2.9 mm	1.1 mm	0.0 mm

Lugar: Chanduy Tipo de suelo: Franco Arenoso Fecha de siembra: 02 de septiembre Fecha de cosecha: 30 de diciembre	Programación del cultivo de melón		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	0.0 mm	105.3 mm
Requer, reales de riego	243.0 mm	239.2 mm	238.2 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	64.3 %	100.0 %

Se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 2.859 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea es igual a mi manifestado por Pardo (2011), que asegura que el volumen de riego varía entre 2.000 a 3.000 mm de agua por ciclo, el método de riego que mejor se adapta al melón es el riego por goteo.

- **Programación del cultivo de melón en Cascol-Punta Carnero**

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de melón, se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación del cantón Salinas.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.898101; -2.289746) en Cascol-Punta Carnero con un suelo tipo areno francoso en la fecha de siembra el día 02 de septiembre con cosecha el día 30 de diciembre.

En la Tabla 26 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 2.837 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. Salinas cuenta con una superficie total de siembra de 12 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 34.044 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 2.829 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 1.542 m³/ ha. Se obtuvo el valor de 10 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones. Teniendo aprovechamiento de las precipitaciones en la programación de los 7 días el valor de 7 m³/ha. Mientras en la programación de agotamiento crítico se aprovecha las precipitaciones en su totalidad.

Tabla 26 Programación del cultivo de melón en Cascol-Punta Carnero

Lugar: Cascol-Punta Carnero Tipo de suelo: Areno francoso Fecha de siembra: 02 de septiembre Fecha de cosecha: 30 de diciembre	Programación del cultivo de melón		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	283.7 mm	282.9 mm	154.2 mm
Lámina neta total	241.1 mm	240.5 mm	131.1 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua de cultivo	241.1 mm	241.1 mm	241.1 mm
Uso pot. De agua del cultivo	241.1 mm	241.1 mm	241.1 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	1.0 mm	1.0 mm	1.0 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	0.7 mm	1.0 mm
Perdida tot. prec.	1.0 mm	0.3 mm	0.0 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	0.0 mm	109.1 mm
Requer, reales de riego	241.1 mm	240.5 mm	240.1 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	67.4 %	100.00%

3.3.7 Programación del cultivo de uva

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de uva, se tuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI en conjunto con la estación de precipitación de la comuna El Azúcar.

Los datos de suelos se tomaron de las coordenadas geográficas (-80.533684; -2.241963) en la comuna “El Azúcar” con un suelo tipo franco arcilloso en la fecha de siembra el día 01 de enero con cosecha el día 31 de diciembre.

En la Tabla 27 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 6.726 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. En la parroquia de Chanduy cuenta con una superficie total de siembra de 38,50 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 258.951 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 5.867 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 4.987 m³/ ha.

Se obtuvo el valor de 2.383 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones. Teniendo aprovechamiento de las precipitaciones en la programación de los 7 días el

valor de 730 m³/ha. Mientras en la programación de agotamiento crítico el valor de 1.197 m³/ha.

Tabla 27 Programación del cultivo de uva en la comuna “El Azúcar”

Lugar: El Azúcar Tipo de suelo: Franco Arcilloso Fecha de siembra: 01 de enero Fecha de cosecha: 31 de diciembre	Programación del cultivo de uva		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	672.6 mm	586.7 mm	498.7 mm
Lámina neta total	571.7 mm	498.7 mm	423.9 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua de cultivo	571.7 mm	571.7 mm	571.7 mm
Uso pot. De agua del cultivo	571.7 mm	571.7 mm	571.7 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	238.3 mm	238.3 mm	238.3 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	73.0 mm	119.7 mm
Perdida tot. prec.	238.3 mm	165.3 mm	118.6 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	0.0 mm	28.1 mm
Requer, reales de riego	571.7 mm	498.7 mm	452.1 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	30.6 %	50.2 %

3.3.8 Programación del cultivo de pepino

Para la simulación de la programación del riego del patrón de cultivo de pepino se obtuvo en cuenta la estación meteorológica de SALINAS-GENERAL-ULPI. Tanto la estación de precipitaciones como los datos de suelo de las coordenadas (-80.739444; -1.842222) fueron tomadas de la parroquia de Manglaralto con un suelo tipo franco en la fecha de siembra el día 02 de junio con cosecha el día 29 de septiembre.

En la Tabla 28 se indica la modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3068 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. Manglaralto cuenta con una superficie total de siembra de 12 ha lo que estimaría el total de agua a usar de 36.816 m³ diferencia de la modelación de 7 días se estima 2337 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 1546 m³/ ha.

Se obtuvo el valor de 710 m³/ha de precipitaciones en las tres modelaciones. Teniendo aprovechamiento de las precipitaciones en la programación de los 7 días el valor de 622 m³/ha. Mientras en la programación de agotamiento crítico aprovecha 704 m³/ha.

Tabla 28 Programación del cultivo de pepino en la parroquia de Manglaralto

Lugar: Manglaralto Tipo de suelo: Franco Fecha de siembra: 02 de junio Fecha de cosecha: 29 de septiembre	Programación del cultivo de pepino		
	1 días	7 días	Agotamiento crítico
Lámina bruta total	306.8 mm	233.7 mm	154.6 mm
Lámina neta total	260.8 mm	198.6 mm	131.4 mm
Pérdida total de riego	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
Uso real de agua de cultivo	260.8 mm	260.8 mm	260.8 mm
Uso pot. De agua del cultivo	260.8 mm	260.8 mm	260.8 mm
Eficiencia de programación de riego	100.0 %	100.0 %	100%
Deficiencia de programación de riego	0.0 %	0.0%	0.0%
Precipitación total	71.0 mm	71.0 mm	71.0 mm
Precipitación efectiva	0.0 mm	62.2 mm	70.4 mm
Perdida tot. prec.	71.0 mm	8.9 mm	0.7 mm
Def. de hum. En cosecha	0.0 mm	0.0 mm	59.0 mm
Requer, reales de riego	260.8 mm	198.6 mm	190.4 mm
Efic. de precipitación	0.0 %	87.5 %	99.0 %

3.4 Volumen de las necesidades hídricas de los cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena

El principal cultivo agrícola que necesita mayor demanda hídrica es el maíz para el primer ciclo en la zona de Chanduy, requiriendo un volumen diario total de 4.141.247,64 m³. Haciendo una relación con la Tabla 11 este lugar cuenta con una superficie total de siembra de 1.070,92 ha. Con respecto a la modelación semanal se requiere 3.634.702,48 m³ diferencia de la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 2.015.471,44 m³. Así mismo se da el segundo ciclo de este cultivo para la modelación diaria se necesita 3.376.610,76 m³ para la modelación de los 7 días se llega a demandar 3.266.306 m³ y finalmente la modelación de agotamiento crítico necesita 2.036.889,84 m³.

El cultivo de limón requiere un volumen diario de 4.060.119 m³, en la modelación semanal necesita 2.674.604 m³ y por último la modelación del agotamiento crítico demanda de 1.728.850 m³ en la zona de Manglaralto.

Para el caso del cultivo de plátano en la zona de Chanduy así mismo se logró estimar las tres modelaciones de 1 día con un volumen de 786.906,25 m³, valor semanal de 681.850 m³ y la última modelación se obtiene un volumen de 618.150 m³. Finalmente, para el caso del cultivo de sandía, pimiento, melón, uva y pepino se planteó las tres modelaciones para la determinación del volumen de las necesidades hídricas de los cultivos agrícolas de la península de Santa Elena como se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29 Volumen hídrico de los cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena

Cultivos	Zonas	Volumen de las necesidades hídricas de los cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena (m ³)		
		1 día	7 días	Agotamiento crítico
Maíz (1 ^{er} ciclo)	Colonche	13.534.500,00	11.053.000,00	9.219.000,00
	Chanduy	4.141.247,64	3.634.702,48	2.015.471,44
Maíz (2 ^{do} Ciclo)	Colonche	11.035.500,00	11.053.000,00	9.068.500,00
	Chanduy	3.376.610,76	3.266.306,00	2.036.889,84
Limón	Manglaralto	4.060.119,00	2.674.604,00	1.728.850,00
	Colonche	2.584.470,00	2.005.700,00	798.250,00
Plátano	Manglaralto	116.220,00	87.456,00	66.612,00
	Chanduy	786.906,25	681.850,00	618.150,00

Cultivos	Zonas	Volumen de las necesidades hídricas de los cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena (m ³)		
		1 día	7 días	Agotamiento crítico
Sandia	Manglaralto	62.820,00	37.060,00	0,00
	Chanduy	235.575,00	197.250,00	166.425,00
Pimiento	Chanduy	87.000,00	85.830,00	6.189,00
	Colonche	110.200,00	103.664,00	82.916,00
Melón	Chanduy	171.540,00	168.840,00	93.780,00
	Salinas	34.044,00	33.948,00	18.504,00
Uva	Chanduy	258.951,00	225.879,50	191.999,50
Pepino	Manglaralto	36.816,00	28.044,00	18.552,00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se logró determinar el patrón de cultivos agrícolas de la Península de Santa Elena, identificando el maíz como el principal cultivo que ocupa una superficie sembrada total de alrededor 7392,92 ha, seguido del cultivo de limón con un total de 883,00 ha, el primero abundante en la parroquia de colonche y el segundo en la parroquia de Manglaralto. En la Península Santa Elena también se cultiva plátano con un área sembrada de 404,67 ha. Por último, los cultivos de sandía, pimiento, melón, uva y pepino se encuentran en las diferentes parroquias de Santa Elena.
- Se definió el calendario de los cultivos agrícolas, estableciendo que durante todo el año se puede sembrar el cultivo de limón, plátano, pimiento, uva y pepino. Sin dejar atrás el cultivo de sandía y melón favorables en los meses de septiembre a diciembre y de marzo a junio. Finalmente, el cultivo de maíz tiene dos ciclos durante el transcurso del año.
- Mediante el uso del Cropwat, el Climwat y los valores de precipitaciones de cada zona de la Península de Santa Elena, se logró simular la programación de riego, para los cultivos de interés agrícola. El maíz en su 1er ciclo del cultivo en la comuna Limoncito modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3.867 m³/ha, valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo, mientras que en la modelación de 7 días se estiman 3.158 m³/ha, finalmente la modelación de agotamiento crítico representa el valor de 2.634 m³/ ha. Para la programación del 2do ciclo de cultivo del maíz modelación de 1 día con una lámina bruta total de 3.153 m³/ha valor requerido para el riego de una hectárea durante el ciclo del cultivo. diferencia de la modelación de 7 días se estimaría el total de 2.943 m³/ ha, finalmente la modelación de agotamiento critico representa el valor de 2.591 m³/ ha.

Recomendaciones

- Utilizar el programa Cropwat para simular la programación del riego de otros cultivos existentes en la Península de Santa Elena, que sean de interés agrícola.
- Antes de establecer un cultivo agrícola, se recomienda programar sus necesidades hídricas de acuerdo a la zona edafoclimática.
- Para evitar pérdidas en la producción por rendimientos en los cultivos agrícolas, se debe de considerar las distintas épocas de siembras de cada cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Torres, P. A. (2017) Manual del cultivo de uva de mesa. Convenio INIA-INDAP.
Disponible:<https://www.inia.cl/wpcontent/uploads/ManualesdeProduccion/18%20Manual%20Uva%20de%20Mesa.pdf>
2. Abarca, R. P. (2017) '*Manual de manejo agronómico para cultivo de melón Cucumis melo L.*' Santiago, Chile. INIA - INDAP
3. Ribas, F., Cabello, M., Moreno, M., Moreno, A., & López-Bellido, L. (2000). Respuesta fisiológica de un cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) a distintas dosis de riego. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 15(3), 196-210.
4. Allen, R. G. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
5. Infoagronomo, p. (2021) *Coefficiente de cultivo(kc)-Infoagronomo*. Disponible en: <https://infoagronomo.net/que-es-el-coeficiente-de-cultivo/>
6. FAO. 2011. *Base de datos FAOSTAT* en línea, disponible en el enlace <http://faostat.fao.org> Consultada en diciembre de 2011
7. Rodríguez Armas, A. P. (2009) *Estimación de la capacidad de campo y punto de marchitez permanente por regresión lineal múltiple con la composición granulométrica del suelo en el Valle Chicama, La Libertad*. Titulación. Facultad de Ciencias Agropecuaria, Universidad Nacional de Trujillo.
8. Santistevan Pilay, N. M. (2015) *Efecto de láminas de riego en la producción de maíz (zeas mays l), en río - Nuevo, Santa Elena*. Titulación. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena
9. Borbor Neira, A. F. y Suarez Suarez, G. P. (2007) *Producción de tres híbridos de pimiento (Capsicum annum) a partir de semillas sometidas a imbibición e imbibición más campo magnético en el campo experimental Río Verde, Cantón Santa Elena*. Titulación. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena

10. Calderón Baños, S. P. (2014) *Evaluación del recurso hídrico en la eficiencia del desarrollo de los cultivos en cinco barrios de Tumbaco, Pichincha*. Titulación. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador.
11. Cañizares Chacín, A. E., & Jaramillo Aguilar, E. E. (2015). El cultivo de la Maracuyá en Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6894>
12. Peñafiel Cruz, B. R. (2005). *Evaluación de diferentes dosis de Microorganismos Eficientes (ME) en el cultivo de pepino (Cucumis sativus) híbrido Atar Ha-435* (Bachelor's thesis).
13. Toalombo Iza, R. M. (2012) “*Evaluación de microorganismos eficientes autoctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca Aallium fistulosum*”. Titulación. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato.
14. Vegas Rodríguez, U y Narrea Cango, M. (2011) “Manejo integrado del cultivo de limón. Oficina académica de extensión y proyección. Universidad Nacional Agraria la Molina.
15. Arias Ochoa, D.I. (2014) “*Evaluación del rendimiento y comportamiento de tres variedades de sandía (Citrullus lanatus) en la comunidad Las Casitas, Santa Rosa, El Oro*”. Titulación. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cuenca
16. Macías Hernández, R. (2009) *Estimación de la evapotranspiración de cultivo y requerimientos hídricos del tomate (Solanum lycopersicum Mill.cv.El Cid) en invernadero*. Maestría. Departamento de Recursos Naturales, Instituto Politécnico Nacional.
17. González, F., Herrera, J., Hernández, O., López, T. and Cid, G. (2012) “Base de datos sobre necesidades hídricas” *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 21, núm. 2, 42-47
18. Bacigaluppo, S. and Salvagiotti, F. (2018) *Dinámica del agua en sistemas agrícolas*. EEA INTA Oliveros. Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta.dinamica-agua-en-sistemas-agricolas.pdf>
19. Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, and Martin, A. (2009) *Manual de cultivo del cultivo de sandía (Citrullus lanatus) y melón (Cucumis*

- melo L.). Disponible en: http://www.hortyfresco.uchile.cl/docs/manuales_innova/Manual_cultivo_san_dia_y_melon.pdf
20. Vargas, A., Walter, W., and Raffaele Vignola, R. (2017) “Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en costa rica”. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Banano.pdf>
21. Alocén, J. C. (s.d.). Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. 218.
22. Lucín Preciado, J. E. (2018) *Necesidades y calendario de riego en el cultivo de plátano (Musa paradisiaca)*. Titulación. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil.
23. Goykovic Cortés, Vitelio, & Saavedra del Real, Gabriel. (2007). ALGUNOS EFECTOS DE LA SALINIDAD EN EL CULTIVO DEL TOMATE Y PRÁCTICAS AGRONÓMICAS DE SU MANEJO. *Idesia (Arica)*, 25(3), 47-58
24. Nieto C., C., Pazmiño Ch., E., Rosero, S., & Quishpe, B. (2018). Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana. *Siembra*, 5(1), 051-070. <https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1427>
25. El agua en la agricultura (*no date*) Banco Mundial. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>.
26. CROSARA ALICIA (S.F) TEXTURA DEL SUELO. PRACTICO. Consultado el 10 de enero del 2015. Disponible en: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%203.pdf>
27. VILLASANTE, A. L. 2009. El riego: fundamentos de su hidrología y su práctica. Eficiencia técnica en la utilización del agua de riego. Mundi-Prensa Libros. España. Pag. 132-143. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/upsesp/detail.action?docID=10228041&p00=riego>

28. PALOMINO V., K. 2009. Riego por goteo. Lima, PE. Macro. p 76-99. Consultado el 15 de noviembre del 2013. Disponible en: repositorio.utm.edu.ec/.../AUTOMATIZACION%20DE%20UN%20SIST...
29. GONZÁLEZ F., HERRERA J., LÓPEZ T. y CID G. 2014. Productividad del agua en algunos cultivos agrícolas en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4). Pág.21-27
30. ACROBIT. 2012. Técnica alternativa de la horticultura. El cultivo de pimiento para pimentón. *Revista super campo*. Consultado el 19 ago.2012. Disponible en www.agrobit.com.ar
31. Pardo Ríos, Georgi Xavier (2011). Diseño de módulo tipo de riego por goteo para cultivos hortícolas en San Vicente de Loja, cantón Santa Elena. La Libertad. UPSE. Matriz: Facultad de Ciencias Agrarias. 127p.
32. Santos Muñoz, Joffre Ubaldo (2015). Efecto de diferentes regímenes de humedad en el comportamiento productivo del maíz en las condiciones edafoclimáticas de Manglaralto, Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 104p.
33. Prudente Flores, Juan Alberto. (2015). Efecto de láminas de riego en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*) en condiciones de la comuna Cerezal Bellavista, cantón Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 93p.

AXEXOS

Tabla A 1 Datos de los cultivos agrícolas

Cultivo	Datos de los cultivos								Máxima profundidad radicular (m)	Dia de siembra
	Duración de las etapas de crecimiento de los cultivos (días)					coeficientes de cultivo				
	Inicial	Desarrollo	Medio	Final	Total	K _{inicial}	m _{medio}	F _{final}		
Maíz	20	35	40	30	125	0,3	1,2	0,35	0,50-1,0	Invierno y verano
Limón	60	90	120	95	365	0,7	0,65	0,7	1,2-1,5	Todo el año
Plátano	90	165	45	30	330	0,50	1,1	1	0,30-0,90	todo el año
Sandia	20	30	30	20	100	0,50	1,00	0,75	050-1.00cm	Septiembre a diciembre - marzo a junio
Pimiento	25	35	40	20	120	0,35	1,05	0,9	0,25-0,80	Todo el año
Melón	30	45	35	10	120	0,45	1	0,75	0,30-1,00	Septiembre a diciembre - marzo a junio
Uva	150	50	125	40	365	0,3	0,85	0,45	1,0-1,50	Todo el año
Pepino	25	35	40	20	120	0,6	1	0,75	0,50-1,00	Todo el año

Tabla A 2 Datos de los suelos de la Península

DATOS DE SUELO						
Cultivo	Lugar de siembra	Zona	Longitud (x)	Latitud (y)	Tipos de suelos	Textura del suelo
Maíz	Limoncito-Colonche	Central norte	-80,559536	-2,006563	Pesados	Arcilloso
	Chanduy	Central sur	-80,724792	-2,325804	Medios	Franco Arenoso
Limón	Sinchal- Manglaralto	Norte	-80,691571	-1,935959	Pesados	Franco Arcilloso
	Los Ceibitos	Central norte	-80,4106221	-2,044019	Medios	Franco
Plátano	Sinchal- Manglaralto	Norte	-80,692477	-1,936275	Pesados	Franco Arcilloso
	El Azúcar- Vía Costa	Central sur	-80,600833	-2,317611	Medios	Franco Arenoso
Sandia	Sinchal-Manglaralto	Norte	-80,692198	-1,936728	Pesados	Franco Arcilloso
	Apoyo-Rio Verde	Central sur	-80,70042	-2,305808	livianos	Areno Francoso
Pimiento	San Rafael-Chanduy	Central sur	-80,646771	-2,320216	Medios	Franco Arenoso
	Javita-Colonche	Central norte	-80,680190	-2,026130	Medios	Franco limoso
Melón	Chanduy	Central sur	-80,689589	-2,347950	Medios	Franco Arenoso
	punta carnero-Salinas	Central oeste	-80,898101	-2,289746	Medios	Areno Francoso
Uva	El Azúcar	Central sur	-80,533684	-2,241863	Pesados	Franco Arcilloso
Pepino	Apoyo-Manglaralto	Norte	-80,739444	-1,842222	Medios	Franco

Tabla A 3 Datos meteorológicos de la estación de Salinas-General-ULPI

País: Ecuador				Estación: Salinas- General-ULPI			
Altitud: 8 m		Latitud: 2.20 S		Longitud: 80.98 W			
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m ² /día	mm/día
Enero	23.1	27.4	81	3.8	2.7	13.4	3.40
Febrero	23.8	28.4	82	3.3	3.4	14.8	3.60
Marzo	23.4	28.7	84	3.4	4.5	16.6	3.78
Abril	22.5	27.7	83	3.2	5.6	17.6	3.79
Mayo	22.1	26.1	83	3.7	4.3	14.6	3.28
Junio	20.9	24.4	84	4.0	2.5	11.6	2.75
Julio	19.7	22.9	85	4.1	2.6	11.9	2.63
Agosto	19.4	22.8	88	3.9	3.4	13.8	2.60
Septiembre	19.3	23.0	86	4.0	3.5	14.7	2.89
Octubre	19.9	23.2	85	4.2	1.1	11.1	2.56
Noviembre	20.7	23.9	84	4.1	1.7	11.9	2.78
Diciembre	21.6	25.5	83	4.1	1.6	11.6	2.88
Promedio	21.4	25.3	84	3.8	3.1	13.6	3.08