

**ESTRATEGIA PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL AGUA EN EL CULTIVO DE
FRESA EN LA VEREDA LOS ALPES MUNICIPIO DE ALBÁN CUNDINAMARCA A
PARTIR DEL CALCULO DE LA HUELLA HÍDRICA AZUL Y VERDE.**



AUTOR

KAREN ANDREA BOHORQUEZ ESCOBAR

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
**ESPECIALISTA EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRADO DE
LOS RECURSOS NATURALES**
DIRECTOR
EDNA LINEY MONTAÑEZ HURTADO

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRADO
DE LOS RECURSOS NATURALES**

BOGOTÁ, 23 JUNIO 2018

STRATEGY FOR THE INTEGRATED WATER MANAGEMENT IN THE STRAWBERRY CROP ALPES SIDEWALK MUNICIPALITY OF ALBÁN CUNDINAMARCA FROM THE CALCULATION OF THE BLUE AND GREEN WATER FOOTPRINT.

Karen Andrea Bohórquez Escobar
Ingeniera Ambiental
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia
U2700829@unimilitar.edu.co

1. RESUMEN

La actividad agrícola, base del sustento económico para muchas familias colombianas representa uno de los sectores con mayor presión sobre el recurso hídrico del país, por lo cual es necesario implementar estrategias orientadas al aprovechamiento y uso eficiente del agua en esta actividad. Este documento se desarrollo con el fin de conocer el consumo oculto del agua a partir del cálculo de la huella hídrica para un cultivo de fresa en la vereda de los Alpes municipio de Albán Cundinamarca, a través de la recopilación de la información de datos meteorológicos de la estación santa teresa, características del suelo y descripción del cultivo de la fresa para ser modelados en Cropwat, un programa diseñado por la organización de las naciones unidas para la alimentación FAO para el cálculo de los requerimientos de agua y riego de un cultivo lo que permitió hallar el valor de la precipitación efectiva y los requerimientos de agua necesarios para hallar la huella verde y azul respectivamente tomando en cuenta el índice de productividad del cultivo hallado a través del área y las toneladas producidas al año. El resultado para la huella verde arrojó un valor de 10.675 m³ anuales, huella azul 1.306m³ y huella hídrica total 11.980 m³ de agua para la producción de 56.59 Toneladas de fresa en un área de 9.660 m² lo que indica que la mayor demanda del recurso corresponde a la huella hídrica verde por lo cual es de gran importancia desarrollar estrategias orientadas al aprovechamiento del agua proveniente de la precipitación disminuyendo la presión sobre las fuentes superficiales presentes en la zona.

ABSTRACT

Agricultural activity, is the base of economic sustenance for many Colombian families, it represents one of the sectors with the greatest pressure on the country's water resources, which is why it is necessary to implement strategies aimed at the efficient use and use of water in this activity. This document was developed in order to know the hidden consumption of water from the calculation of the water footprint for a strawberry crop in the village of the Alpes municipality of Albán Cundinamarca, through the collection of meteorological data information from the holy station Teresa, soil characteristics and crop

description of the strawberry to be modeled in Cropwat, a program designed by Food and agriculture organization FAO to calculate the water and irrigation requirements for a crop which allowed to find the value of the effective precipitation and the water requirements necessary to find the green and blue footprint respectively taking into account the productivity index of the crop found throughout the area and the tons produced per year. The result for the green footprint showed a value of 10,675 m³ per year, blue footprint 1,306m³ and total water footprint 11,980 m³ of water for the production of 56.59 Tons of strawberry in an area of 9,660 m², which indicates that the greatest demand for the resource it corresponds to the green water footprint, which is why it is very important to develop strategies aimed at the use of water from rainfall by reducing the pressure on surface sources present in the area.

2. INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola constituye el principal sector que genera un consumo elevado del recurso hídrico en el mundo y en Colombia, ya que gran parte de su sustento económico se basa en prácticas correspondientes a la siembra de flores, banano, cacao, entre otros. En el País aproximadamente 2.869.913 Ha son destinadas para actividades agrícolas según la encuesta realizada por el DANE en el año 2015, lo que genera una fuerte demanda sobre el recurso hídrico para el proceso de producción y gran impacto en el territorio.

Desde al año 2010 se ha aplicado en Colombia el concepto de huella hídrica, que es una herramienta que permite establecer el volumen oculto del uso del recurso hídrico para la elaboración de algún bien o prestación de un servicio, de esta forma en el 2014 se realiza la primera evaluación multisectorial de la huella hídrica agropecuaria en el marco del estudio nacional del agua, donde se contemplan los conceptos de huella azul, gris y verde, siendo la suma de cada uno de estos aspectos el valor del volumen total de agua dulce consumida directa o indirectamente para la producción de un cultivo cuyo resultado es un indicador de gran importancia para definir estrategias orientadas al uso eficiente del recurso hídrico.

Al tener en cuenta la riqueza hídrica de las diferentes regiones de nuestro país, se desarrolla el presente artículo donde se realiza la medición de la huella hídrica en un cultivo de fresa de la vereda los Alpes en Albán, municipio que se encuentra localizado a 59 km de la ciudad de Bogotá en la provincia del Gualivá departamento de Cundinamarca, que por su gran potencial hídrico y riqueza de bosques es conocida como la sierra del agua, siendo la actividad agrícola la mayor fuente de ingresos económicos de la población.

La producción de fresa es fuente de sustento para aproximadamente 20 familias de la zona, generando una demanda de agua de aproximadamente 4320 m³ al año que al ser comparados con algunas fuentes como la WWF son similares ya que según estudios adelantados en el tema para cultivar una hectárea de fresa se requieren aproximadamente siete mil metros cúbicos de agua en el año (WWF, 2016).

Muchos de estos pequeños productores no cuentan con los permisos pertinentes a concesión de agua ni han implementado buenas prácticas agrícolas para reducir su consumo, es así como el presente trabajo plantea una estrategia orientada a la gestión y manejo integrado del recurso hídrico para la producción de fresa en el municipio proporcionándole a los campesinos de la zona datos de gran importancia para que se concienticen sobre los posibles impactos que pueden estar generando en sus lugares de cultivo y empiecen a desarrollar buenas prácticas agrícolas en el marco del uso eficiente del recurso hídrico.

3. MATERIALES Y METODOS.

El desarrollo del presente trabajo se llevará a cabo en cuatro fases correspondientes a reconocimiento de las características del cultivo y recopilación de la información; Modelamiento del software propuesto; Análisis de resultados y definición de la estrategia para mitigar el impacto de la producción del cultivo de fresa.

3.1 FASE I RECONOCIMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS DEL CULTIVO Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

Para realizar el cálculo de la huella hídrica en el cultivo de fresa de la vereda los Alpes municipio de Alban Cundinamarca se ha realizado un acercamiento previo con el propietario de la finca donde se desea realizar el proyecto con el fin de obtener datos referentes a las características del cultivo, área cantidad de especies sembradas consumo de agua promedio entre otros.

Para las ecuaciones planteadas correspondientes a huella hídrica azul, verde y gris se debe recopilar la información necesaria para cada aspecto apoyándose en el software (CROPWAT 8.0) desarrollado por la FAO.

HUELLA HÍDRICA VERDE.

Es el volumen de agua lluvia que es consumida por la vegetación y no se convierte en escorrentía. Esta agua es almacenada en los estratos superficiales del terreno satisfaciendo la demanda natural de la vegetación y los cultivos (*WATER FOOTPRINT*).

$$HHV = \frac{P_{ef}}{Y} \left[\frac{m^3}{Ton} \right]$$

Ecuación 1, Huella Verde (*WATER FOOTPRINT*)

P_{ef}: Precipitación efectiva

Y: Rendimiento del cultivo

DATOS RELEVANTES

- Clima
- Evapotranspiración
- Temperatura
- Humedad
- Viento
- Insolación
- Datos del cultivo
- Fechas de Siembra
- Fecha de cosecha
- Coeficiente del cultivo.
- Datos del suelo
- Área del cultivo.

HUELLA HIDRICA AZUL

Es el volumen de agua dulce extraído de una fuente superficial o subterránea en una cuenca asociado a la satisfacción de la demanda de agua para llevar a cabo algún proceso la cual no es regresada a la misma cuenca (IDEAM, 2014).

$$HHA = \frac{CW_{Urie}go}{Y} \left[\frac{m}{\frac{Ton}{m^2}} \right]$$

Ecuación 2Huella Azul (WATER FOOTPRINT).

- CW_{Urie}go: Agua requerida para la compensación de pérdidas.
- Y: Rendimiento del cultivo.
- La CW_Uverde es el uso de agua de lluvia de la cobertura cuantificada.
- La CW_Uazul es el uso de agua extra (riego) de la cobertura cuantificada.
- La superficie de áreas verdes (ha), de la cobertura cuantificada.

- CW_UVerde, es el componente verde en el uso de agua de las plantas, es decir, el aprovechamiento de agua de la lluvia por parte de las plantas.
- CW_UAzul, es el componente azul en el uso de agua de las plantas, es decir, el aprovechamiento de agua azul, en muchos casos potable, por parte de las plantas.

Fuente: (WATER FOOTPRINT)

HUELLA HIDRICA GRIS

Se refiere al agua requerida para asimilar una cierta carga de contaminantes (Agua Gris), basándose en la concentración ambiental natural y la norma de calidad ambiental del agua por compuesto químico (ICCA, 2017)

$$HHG = \frac{\alpha * AR}{C_{max} - C_{nat}} \left[\frac{m^3}{Ton} \right]$$

Ecuación 3 Huella Gris (WATER FOOTPRINT)

AR: Cantidad de agroquímico empleado
 C_{max} – C_{nat}: Concentraciones permisibles
 Y: Requerimiento del cultivo.

HUELLA HIDRICA TOTAL

La huella hídrica total corresponde a la suma de las huellas mencionadas anteriormente.

$$HH = HHA + HHV + HHG$$

Ecuación 4 Huella Total. (WATER FOOTPRINT)

SOLICITUD INFORMACIÓN IDEAM

La información correspondiente a datos meteorológicos, hidrológicos o ambientales en series históricas puede ser consultada en la página del IDEAM.

3.2 FASE II MODELAMIENTO EN EL SOFTWARE PROPUESTO.

Para el desarrollo del proyecto se planteó usar los softwares (CROPWAT 8.0 Y CLIMWAT 2.0) con el fin de obtener los datos necesarios para el cálculo de las huellas azul y verde. De igual forma se debe buscar información sobre las estaciones meteorológicas más cercanas para obtener datos correspondientes a Temperatura, humedad, viento, insolación entre otros.

CROPWAT 8.0

Es una herramienta para el cálculo de los requerimientos de agua tomando en cuenta datos correspondientes a suelo, clima, cronogramas de siembra y cálculo del suministro de agua partiendo de los patrones de cultivo desarrollando por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018).

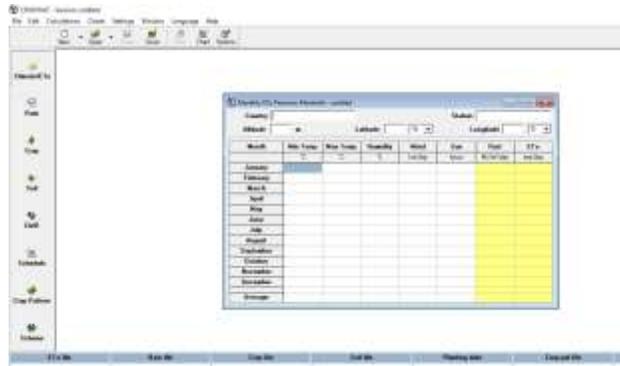


Imagen 1. Cropwat 8.0

Fuente: (FAO, 2018)

CLIMWAT 2.0

Climwat es una base de datos que permite el cálculo del agua que requiere un cultivo teniendo en cuenta la variedad de estaciones climatológicas del planeta desarrollado por la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2018).

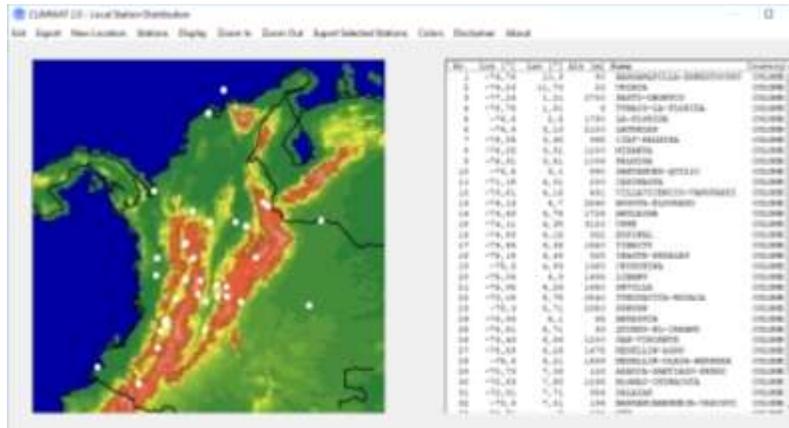


Imagen 1 Climwat 2.0

Fuente: (FAO, 2018)

3.3 FASE III ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para analizar los valores obtenidos en el cálculo de la huella hídrica evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia se pueden comparar los resultados con el consumo de agua para otros cultivos analizados en el-la, de igual forma se debe recurrir a diferentes estudios bibliográficos donde ya se haya llevado a cabo este estudio para la producción de fresa.

3.4 FASE IV DEFINICIÓN DE LA ESTRATEGIA

Partiendo de los resultados y sus análisis se definirá una estrategia que permita el uso del recurso hídrico en el cultivo de fresa con el fin de mitigar los impactos que actualmente se están generando en el proceso de producción.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 FASE I- RECONOCIMIENTO DE LOS DATOS DEL CULTIVO Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

El desarrollo de este trabajo involucro la participación de tres familias ubicadas en la vereda de Los Alpes, municipio de Albán Cundinamarca. Se realizo un acercamiento previo con los agricultores para poder obtener información respecto a las características de sus cultivos y los componentes de suelo, agua y riego necesarios para la investigación.

Tabla N°1 – Volumen de agua consumido para un cultivo de fresa en Albán, Cundinamarca.

| FINCA | VEREDA | AREA APROX CULTIVO | CONSUMO DE AGUA EN LITROS | TIEMPO | CONSUMO ANUAL M3 |
|---------------|-----------|--------------------|---------------------------|---------|------------------|
| CINCO CAÑADAS | LOS ALPES | 0.96 HA | 360.000 | MENSUAL | 4320 |
| LAS MANITAS | LOS ALPES | 0.64 HA | 108.000 | MENSUAL | 1296 |
| DON JESUS | LOS ALPES | 0.77 HA | 144.000 | MENSUAL | 1728 |

Fuente: Autor

La consulta bibliográfica respecto a las características de los cultivos de fresa, suministro los datos correspondientes al consumo de agua promedio para la producción de una hectárea de fresa en un año.

Tabla N°2 – Volumen de agua consumido para un cultivo de fresa.

| VOLUMEN CONSUMIDO | ÁREA DEL CULTIVO | FUENTE |
|-------------------|------------------|--|
| 6.000 m3/año | 1 Hectárea | Manual técnico del cultivo – SENA (SENA, 2014) |
| 6.992 m3/ año | 1 Hectárea | Riesgos por la aplicación de dotaciones deficitarias en el cultivo de la fresa (Sanchez, 2018) |
| 7.000 m3/año | 1 Hectárea | Universidad de Córdoba (UNIVERSIDAD DE CORDOBA., 2013) |

Fuente: Autor

Tabla N°3 – Características de un cultivo de fresa.

| ASPECTO | DESCRIPCIÓN |
|-------------------------|--------------------------|
| ALTITUD | 1.300 a 3.000 m.s.n.m |
| TEMPERATURA | Diurna 18 - 25°C |
| | Nocturna 8 - 13°C |
| LUMINOSIDAD | 3.000 H/sol |
| HUMEDAD | 60 - 75% |
| PRECIPITACIÓN | 1.000 - 2.000 mm/año |
| TOPOGRAFIA | Inferior a 10% |
| SUELO | Arenoso - Franco arenoso |
| PROFUNDIDAD EFECTIVA | Mayor a 80cm |
| ACIDEZ | pH 5.7 - 6.5 |
| MATERIA ORGANICA | 2- 3% Carbono/Nitrógeno |
| FERTILIDAD DEL SUELO | Alta |
| CONDUCTIVIDAD ELECTRICA | Menor a 1 dS/m. |
| TIEMPO DEL CULTIVO | 150 Días |

Fuente: (SENA, 2014)

4.1.2 SOLICITUD DE INFORMACIÓN AL IDEAM

Para calcular los datos del requerimiento del cultivo en el Software – Cropwat 8.0 se solicito ante el instituto de estudios ambientales IDEAM la información correspondiente a humedad, temperatura, precipitación e insolación de la estación Santa Teresa ubicada en el municipio de Albán, Cundinamarca.

VALORES MINIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

FECHA DE PROCESO : 2018/05/08 ESTACION : 23065060 STA TERESA

LATITUD 0450 N TIPO EST CO DEPTO CUNDINAMARCA FECHA-INSTALACION 1988-DIC

LONGITUD 7427 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO ALBAN FECHA-SUSPENSION

ELEVACION 2200 M. S. N. M REGIONAL 11 BOGOTA CORRIENTE NEGRO

| AÑO | EST | ENT | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIE | DICIE | VR ANUAL |
|---------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 1989 | 1 | 01 | | | | | 11.6 | 11.2 | 8.2 | 10.0 | 9.8 | * | * | * | 8.2 |
| 1990 | 1 | 01 | 10.4 | 10.8 | * | 11.6 | 11.2 | 11.0 | 10.8 | 10.2 | 11.4 | 10.2 | 10.4 | 10.4 | 10.2 |
| 1991 | 1 | 01 | 9.6 | 10.2 | * | 10.6 | 11.8 | 11.2 | 11.0 | 10.0 | 11.0 | 10.0 | 10.0 | 10.8 | 9.6 |
| 1992 | 1 | 01 | 10.2 | 10.8 | 9.4 | * | 10.0 | 9.0 | 10.8 | 9.8 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 9.0 |
| 1993 | 1 | 01 | 8.8 | 10.6 | 10.2 | * | 11.4 | 11.2 | 10.0 | 10.6 | 9.4 | 10.2 | 10.6 | 7.0 | 7.0 |
| 1994 | 1 | 01 | 9.4 | 10.0 | 10.8 | 11.4 | 11.8 | 10.2 | 10.2 | 10.4 | 10.0 | 10.2 | 10.4 | 9.6 | 9.4 |
| 1995 | 1 | 01 | 9.8 | 8.8 | 9.8 | 10.2 | 11.2 | 11.0 | 10.6 | 10.0 | 10.4 | 10.8 | 10.0 | 9.8 | 8.8 |
| 1996 | 1 | 01 | 9.2 | 10.4 | 9.6 | 9.0 | 8.4 | 8.2 | 8.0 | 8.6 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.8 | 8.0 |
| 1997 | 1 | 01 | 8.6 | 9.2 | 9.8 | 11.0 | 11.2 | 11.2 | 11.4 | 10.8 | 10.2 | 12.0 | 11.2 | 10.8 | 8.6 |
| 1998 | 1 | 01 | 10.8 | 11.2 | 13.4 | 13.6 | 10.0 | 10.4 | * | * | * | * | 9.2 | 9.2 | 9.2 |
| 1999 | 1 | 01 | 7.8 | 8.4 | 10.4 | 10.2 | 11.0 | 10.6 | 8.8 | 10.8 | 11.4 | 11.4 | 10.8 | 10.8 | 7.8 |
| 2000 | 1 | 01 | * | * | * | 9.0 | 11.2 | 11.6 | 10.6 | 10.4 | 10.4 | 10.0 | 11.8 | 11.2 | 9.0 |
| 2001 | 1 | 01 | 9.0 | 12.2 | 10.6 | 11.2 | 12.0 | 11.8 | 11.2 | 10.0 | 7.2 | 13.4 | 12.6 | 13.4 | 7.2 |
| 2002 | 1 | 01 | 12.0 | 12.0 | 12.4 | * | * | * | * | * | * | * | * | * | 10.0 |
| 2003 | 1 | 01 | 10.4 | 11.2 | 10.4 | 10.8 | 12.4 | 11.2 | 11.0 | 11.8 | 10.0 | 11.6 | 10.8 | 10.4 | 10.4 |
| 2004 | 1 | 01 | 8.6 | * | 9.8 | 11.6 | 11.4 | 10.6 | 10.8 | 10.6 | 10.8 | 11.6 | 10.4 | 11.4 | 10.4 |
| 2005 | 1 | 01 | 10.6 | 11.0 | 11.2 | 12.2 | 11.0 | 12.6 | 10.4 | 11.0 | 11.4 | 10.2 | 10.2 | 9.0 | 9.0 |
| 2006 | 1 | 01 | 9.6 | 10.4 | 11.6 | 11.2 | 10.2 | 11.6 | 10.6 | 9.8 | 10.6 | 10.0 | 10.8 | 10.8 | 9.6 |
| 2007 | 1 | 01 | 11.0 | 7.0 | 11.2 | 12.4 | 11.8 | 10.4 | 9.4 | 9.4 | 12.0 | 10.4 | 10.4 | 11.0 | 7.0 |
| 2008 | 1 | 01 | 8.6 | 8.8 | 10.2 | 10.4 | 11.4 | 13.4 | 10.9 | 10.6 | 10.0 | 9.4 | 10.8 | 9.2 | 8.6 |
| 2009 | 1 | 01 | 10.6 | 10.2 | 10.8 | 11.2 | 10.8 | 11.2 | 11.0 | 10.6 | 9.8 | 11.0 | 11.2 | 10.8 | 9.8 |
| 2010 | 1 | 01 | * | 10.4 | 10.2 | 11.2 | 11.6 | 11.6 | 11.6 | 11.2 | 11.6 | 10.8 | 10.8 | 10.4 | 10.2 |
| 2011 | 1 | 01 | 9.8 | 10.4 | 11.4 | 12.2 | 12.4 | 11.0 | 10.2 | 11.4 | 10.8 | 10.4 | 11.4 | 11.4 | 9.8 |
| 2012 | 1 | 01 | 10.4 | 9.8 | 11.6 | 11.8 | 12.4 | 10.4 | * | * | * | * | * | * | 9.8 |
| 2013 | 1 | 01 | 9.6 | 10.6 | 11.2 | 11.6 | * | * | * | * | * | * | * | * | 9.6 |
| 2014 | 1 | 01 | 10.6 | 10.0 | 10.4 | 11.4 | * | * | 11.0 | 11.0 | 11.2 | 11.2 | 12.0 | 11.4 | 10.0 |
| MEDIOS | | | 9.8 | 10.2 | 10.7 | 11.2 | 11.3 | 10.9 | 10.4 | 10.4 | 10.5 | 10.8 | 10.8 | 10.4 | 10.6 |
| MAXIMOS | | | 12.0 | 12.2 | 13.4 | 13.6 | 12.4 | 13.4 | 11.6 | 11.8 | 12.0 | 13.4 | 12.6 | 13.4 | 13.6 |
| MINIMOS | | | 7.8 | 7.0 | 9.4 | 9.0 | 8.4 | 8.2 | 8.0 | 8.6 | 7.2 | 9.4 | 10.0 | 7.0 | 7.0 |

VALORES MEDIOS MENSUALES DE TENSION DE VAPOR (Mb)

FECHA DE PROCESO : 2018/05/08 ESTACION : 23065060 STA TERESA

LATITUD 0450 N TIPO EST CO DEPTO CUNDINAMARCA FECHA-INSTALACION 1988-DIC

LONGITUD 7427 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO ALBAN FECHA-SUSPENSION

ELEVACION 2200 M. S. N. M REGIONAL 11 BOGOTA CORRIENTE NEGRO

Imagen 3. Información estación meteorológica
Fuente: (IDEAM, 2018)

4.2.1 FASE II MODELAMIENTO EN EL SOFTWARE PROPUESTO.

En este capítulo se ingresan los datos de temperatura máxima, mínima, humedad y viento obtenidos de la información suministrada por el IDEAM de la estación meteorológica Santa Teresa. El software cropwat 8.0 de la FAO, se encarga de suministrar los datos de radiación e insolación gracias a la georeferenciación de la localización de la estación.

| Mes | Temp Min °C | Temp Max °C | Humedad % | Viento m/s | Insolación horas | Rad MJ/m²/día | ETo mm/día |
|------------|-------------|-------------|-----------|------------|------------------|---------------|------------|
| Enero | 9.8 | 21.4 | 88 | 3.2 | 8.0 | 21.8 | 3.56 |
| Febrero | 10.4 | 20.4 | 92 | 3.2 | 7.0 | 20.6 | 3.19 |
| Marzo | 11.4 | 20.4 | 91 | 3.2 | 6.3 | 19.4 | 3.08 |
| Abril | 12.2 | 21.0 | 90 | 3.2 | 6.1 | 18.2 | 2.99 |
| Mayo | 12.4 | 20.4 | 88 | 3.2 | 5.5 | 16.1 | 2.75 |
| Junio | 11.0 | 20.0 | 88 | 3.2 | 6.1 | 16.3 | 2.68 |
| Julio | 10.2 | 19.8 | 87 | 3.2 | 6.5 | 17.1 | 2.77 |
| Agosto | 11.4 | 20.6 | 84 | 3.2 | 6.3 | 17.9 | 3.10 |
| Septiembre | 10.8 | 21.4 | 84 | 3.2 | 7.2 | 20.4 | 3.54 |
| Octubre | 10.4 | 20.0 | 89 | 3.2 | 6.7 | 19.9 | 3.19 |
| Noviembre | 11.4 | 20.4 | 94 | 3.2 | 6.3 | 19.2 | 2.94 |
| Diciembre | 11.4 | 20.0 | 93 | 3.2 | 6.1 | 18.6 | 2.88 |
| Promedio | 11.1 | 20.5 | 89 | 3.2 | 6.5 | 18.8 | 3.06 |

El resultado de este capítulo arroja el valor correspondiente a la evapotranspiración del cultivo de referencia, en este caso el dato promedio corresponde a 3.06 mm/día lo que equivale a 30,6 m³ *ha/ día como se muestra en la siguiente ecuación ya que Albán se clasifica como una región trópica sub húmeda cuya temperatura es moderada.

Imagen 4. Resultado ETo Cropwat.
Fuente: Autor

ET_o promedio para diferentes regiones agroclimáticas en mm día⁻¹

| Regiones | Temperatura promedio durante el día (°C) | | |
|-------------------------------|--|------------------|--------------------|
| | Templada -10°C | Moderada 20°C | Caliente > 30°C |
| Trópicos y subtropicos | | | |
| - húmedos y subhúmedos | 2 - 3 | 3 - 5 | 5 - 7 |
| - áridos y semiáridos | 2 - 4 | 4 - 6 | 6 - 8 |
| Regiones templadas | | | |
| - húmedas y subhúmedas | 1 - 2 | 2 - 4 | 4 - 7 |
| - áridas y semiáridas | 1 - 3 | 4 - 7 | 6 - 9 |

Imagen 5. Promedios ETo Regiones agroclimaticas.
Fuente: Autor

1 mm=0.001m
 1 Ha = 10.000 m²
 Perdida de 1 mm/día → 10 m³ de H₂O por Ha
 Perdida de 3.06 mm/día → 30.6 m³ de H₂O por Ha al día.
 11.169 m³ al Año

Este resultado indica que anualmente se pierden **11.169 m³** de agua por la evapotranspiración del cultivo, compuesta por dos procesos correspondientes a la evaporación que es medida por la radiación que llega a la superficie del suelo y disminuye a medida que el cultivo proyecta mas sombra y la transpiración que se da por la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de las plantas y que posteriormente es removida hacia la atmosfera (FAO, 2006).

PRECIPITACIÓN

Se ingresan los datos del promedio de precipitación para el año 2014, el software suministra los valores de la precipitación efectiva para el cultivo cuyo resultado indica el valor de la precipitación efectiva correspondiente a **1092 mm** de agua lluvia que se infiltra queda almacenada y puede estar disponible para que las raíces del cultivo de fresa puedan satisfacer sus requerimientos hidricos. (CEDEVA , 2018).

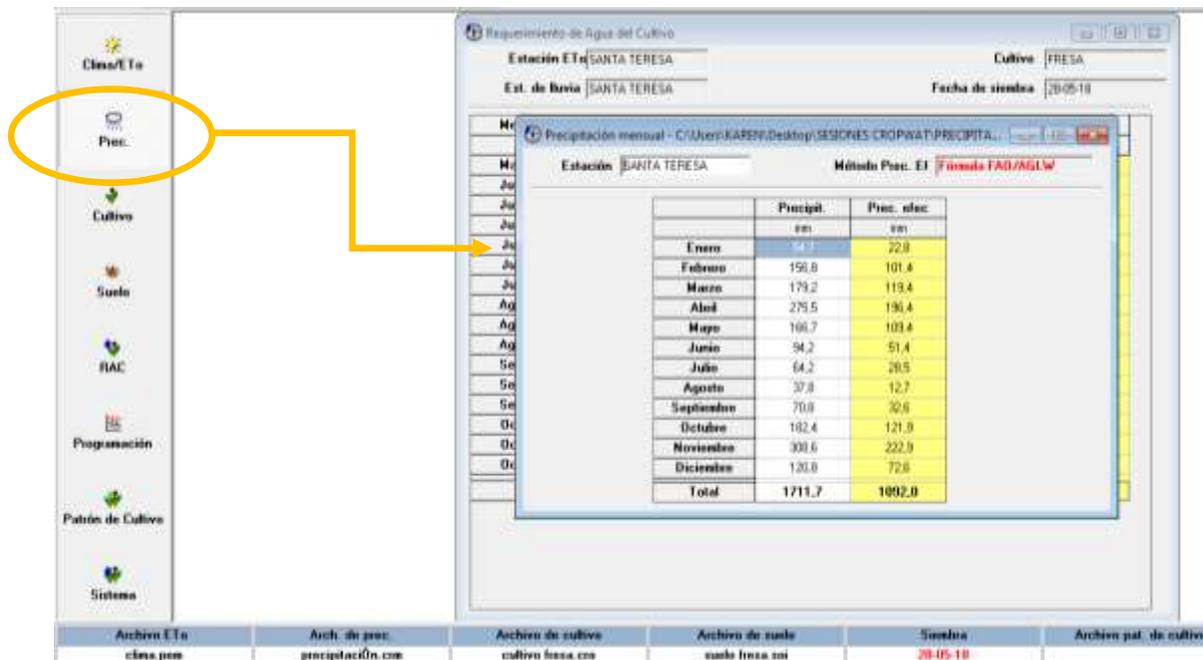


Imagen 6. Resultado Precipitación efectiva.

Fuente: Autor

CULTIVO

El cultivo de la fresa desde la siembra hasta la producción tiene una duración de aproximadamente 150 días, dato requerido para las etapas en días.

Respecto al coeficiente del cultivo la FAO establece los valores de los K_c para el cultivo de fresa correspondiente la diferencia entre la evaporación y transpiración que varían según las características de los mismos en una proporción reducida en función del clima, de este modo el K_c permite realizar el cálculo del consumo de agua o evapotranspiración.

La profundidad radicular del cultivo corresponde a 0,2 metros mientras que la fracción de agotamiento $p=0.45$ que indica la capacidad del suelo para retener el agua disponible en las plantas y la cantidad que el cultivo puede extraer de su zona radicular antes de que se presente estrés hídrico en el cultivo y finalmente la altura máxima correspondiente a 0,50 metros (AGRICULTURES, 2018).

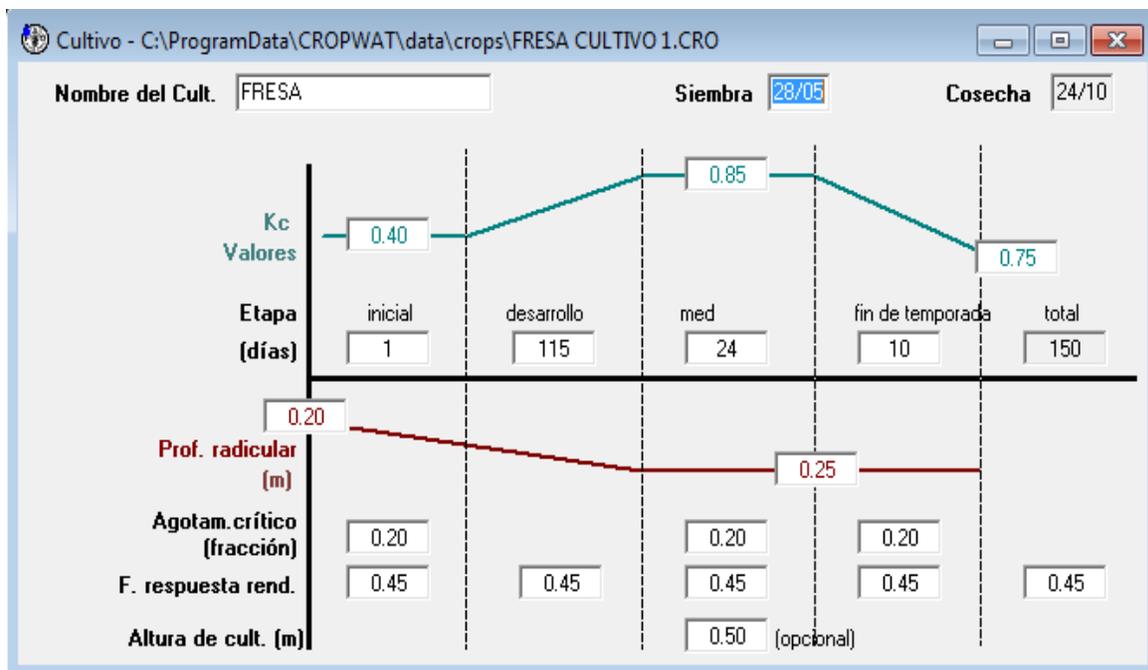


Imagen 7. Datos cultivo de fresa.

Fuente: Autor

SUELO

Según los estudios que se han realizado para el cultivo de fresa, se sugiere que el suelo debe ser franco arenoso (CAMARA DE COMERCIO, 2015), ya que la raíz de esta fruta presenta un alto grado de sensibilidad a la salinidad lo que puede inhibir el crecimiento de la raíz, los datos los establece el software de acuerdo a la base de datos para el suelo RED SANDY LOAM – CROPCWAT (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA, 2018)

| Nombre del suelo | | |
|--|-------|-------------|
| RED SANDY LOAM | | |
| Datos generales de suelo | | |
| Humedad de suelo disponible total (CC-PMP) | 120,0 | mm/metro |
| Tasa máxima de infiltración de la precipitación | 30 | mm/día |
| Profundidad radicular máxima | 900 | centímetros |
| Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT) | 0 | % |
| Humedad de suelo inicialmente disponible | 120,0 | mm/metro |

Imagen 8. Datos suelo franco arenoso.

Fuente: (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA, 2018)

RESULTADO SOFTWARE.

La modelación arroja un resultado de 134 mm/dec correspondiente a la cantidad de agua como riego o precipitación que requiere el cultivo para compensar las pérdidas por la evapotranspiración (Huella hídrica azul).

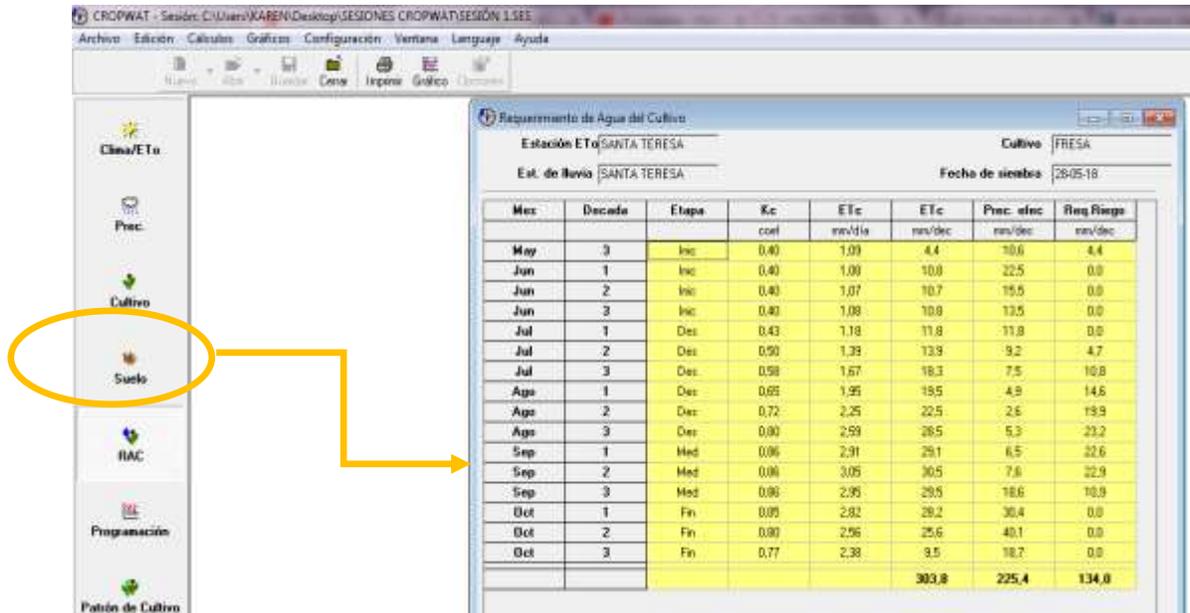


Imagen 9. Requerimientos de riego para el cultivo de fresa.

Fuente: Autor

4.2.2 CALCULO HUELLA HIDRICA AZUL Y VERDE.

Rendimiento del cultivo.

Para el cálculo de la huella hídrica azul y verde se tuvo en cuenta la información de la primera finca encuestada, con el fin de obtener los datos correspondientes al área y la producción semanal de fresa.

$$\text{Área del cultivo} = \frac{6440 \text{ m}^2}{1 \text{ Fanegada}} = \frac{1.5 \text{ Fanegada}}{x} = 9660 \text{ m}^2$$

$$\text{Producción} = 130 \text{ cajas} \rightarrow 20 \text{ libras/Caja a la semana}$$

$$\text{Total} = \frac{2.600 \text{ Lib}}{\text{sem}} * \frac{4 \text{ sem}}{1 \text{ mes}} * \frac{1 \text{ kg}}{2,205 \text{ lb}} * \frac{0,001 \text{ Ton}}{1 \text{ kg}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ Año}} = 56,59 \frac{\text{Ton}}{\text{Año}}$$

$$\text{Rendimiento del cultivo } Y = \frac{56,59 \text{ Ton}}{9660 \text{ m}^2} = \frac{0,0058 \text{ Ton}}{\text{m}^2}$$

Calculo huella hídrica verde.

$$HH \text{ Verde} = \frac{PEF}{Y} = m^3/Ton$$

$$HH \text{ Verde} = \frac{1,092 \text{ m}}{0,0058 \text{ Ton/m}^2} = 188,275 \text{ m}^3/Ton$$

Calculo huella hídrica azul.

$$HH \text{ Verde} = \frac{PEF}{Y} = m^3/Ton$$

$$1mm = 0.001 \text{ m}$$

$$134.0mm = 0.134m$$

$$HH \text{ Azul} = \frac{0.134m}{0,0058 \text{ Ton}} = 23,103 \text{ m}^3/Ton$$

$$1306,7 \frac{\text{m}^3}{\text{Año}}$$

4.3 DISCUSION DE RESULTADOS

Para la modelación del software se tuvo en cuenta la información suministrada por el IDEAM y los datos establecidos por la FAO, los resultados obtenidos a través del cálculo de la huella hídrica verde indican que **10.675 m³** de agua lluvia no se están convirtiendo en escorrentía si no están siendo incorporados en el cultivo de fresa anualmente.

Para la huella hídrica azul, **1.306 m³** de agua proveniente de las quebradas “**Rio Siquima**” están siendo incorporadas en la cadena de producción de la fresa lo que representa una pérdida de este volumen en los cuerpos de agua disponibles en la cuenca del rio Negro a donde pertenece el municipio de Albán.

Se evidencia según los resultados que el cultivo de fresa demanda una mayor cantidad de agua proveniente de la precipitación, lo cual es un aspecto favorable para suplir los requerimientos hídricos de la producción ya que en la zona se presenta un régimen de precipitación constante.

El cálculo de la huella gris no se pudo realizar debido a la dificultad en el análisis de los parámetros de calidad de agua de las fuentes hídricas antes del ingreso y en la salida del cultivo, por lo cual el resultado total de la huella hídrica para el cultivo de fresa corresponde a 11.980 m³ de agua para la producción de 56.59 Toneladas de esta fruta en un área de 9.660 m².

Tabla 4, Huella hídrica para cultivos.

| Cultivo | Huella hídrica azul | Huella hídrica verde |
|--|--|-----------------------------|
| Algodón | 749,5 m ³ /Ton | 1158 m ³ / Ton |
| Fresa lagua (<i>IAGUA, 2015</i>) | 99 – 118 m ³ /T | ----- |
| Fresa Sibate (<i>Linares & Melo, 2015</i>) | 22.68 m ³ / Ton | 55.13m ³ /Ton |
| Cultivo de Fresa Albán (Autor) | 23.103 m ³ / Ton 1306m ³ al año | 188.2 m ³ /Ton |

Fuente: Autor

Para realizar la comparación con el cálculo de la huella hídrica de otros cultivos, se debe tener en cuenta la producción en toneladas y el área que abarca ya que estos datos están directamente relacionados con el coeficiente del rendimiento del cultivo, de igual forma influyen los factores meteorológicos como la precipitación, radiación solar, temperatura, entre otros así como el método empleado para realizar este cálculo, por lo cual la información más factible corresponde al cultivo de fresa en el municipio de Sibate con un área total de 25.600 m² y producción de 243 Ton/año para lo cual se presenta una huella hídrica azul de 22.68 m³/Ton Y VERDE DE 55.13m³/Ton, la variación en el número de la huella verde varía por las condiciones de la precipitación efectiva característica para cada zona.

Según los datos suministrados por los productores de fresa de la vereda Los Alpes, se consumen aproximadamente 2.448m³ anuales de agua para el riego de la fresa con agroquímicos que al ser comparado con los 1.306m³ al año calculado por CROPWAT para la huella hídrica azul presenta una diferencia de 1.142 m³ lo que indica una pérdida o gasto innecesario de este volumen de agua al año para la producción en el cultivo de fresa.

La evaluación multisectorial de la huella hídrica es un documento que recopila la información de los cultivos más representativos del país donde los resultados establecen que la huella hídrica verde es ocho veces mayor a la huella azul lo que indica que los mayores requerimientos para los cultivos se pueden suplir gracias a la precipitación (*IDEAM, 2014*). La comparación entre los resultados obtenidos gracias a la modelación del cropwat y la evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia no es de gran precisión ya que los datos del estudio por cultivo están representados en el total de hectáreas y los valores anuales de las huellas hídricas azul y verde, sin tener en cuenta las toneladas producidas al año lo que dificulta la comparación. Otro factor importante es la similitud del cultivo, en el estudio se mencionan 19 clases de cultivos de los cuales la mora por sus características productivas son las que más se asemejan a las de la fresa por su desarrollo en clima frío pero del cual se desconoce las toneladas anuales

producidas por lo cual este estudio es una herramienta de gran utilidad para conocer el consumo de agua en la actividad agrícola en términos generales pero no puede emplearse para realizar una comparación precisa con lo establecido en este documento.

4.4 ESTRATEGIA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA

Colombia se caracteriza por ser un país con gran producción agrícola ya que muchas familias campesinas fundamentan su sustento en estas actividades. Gracias a que el agua es base fundamental para el crecimiento y productividad de los cultivos, es de gran importancia desarrollar entre los productores una cultura enfocada a su uso eficiente con el fin de disminuir la demanda, contribuir al cuidado del medio ambiente y desarrollar procesos de producción que impliquen una mayor productividad con el uso de menores recursos. Partiendo de los datos obtenidos del consumo oculto de la huella hídrica azul y verde calculada para la producción de fresa, se define la estrategia orientada a la optimización del recurso hídrico para el cultivo de fresa en esta zona.

4.4.1 DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA.

Definición de la estrategia para el manejo del recurso hídrico en el cultivo de fresa vereda los Alpes, Municipio de Albán Cundinamarca.

La georreferenciación del terreno del cultivo de fresa se realiza a través de Google Earth donde por medio de coordenadas geográficas se marca la ubicación exacta del área en mención.

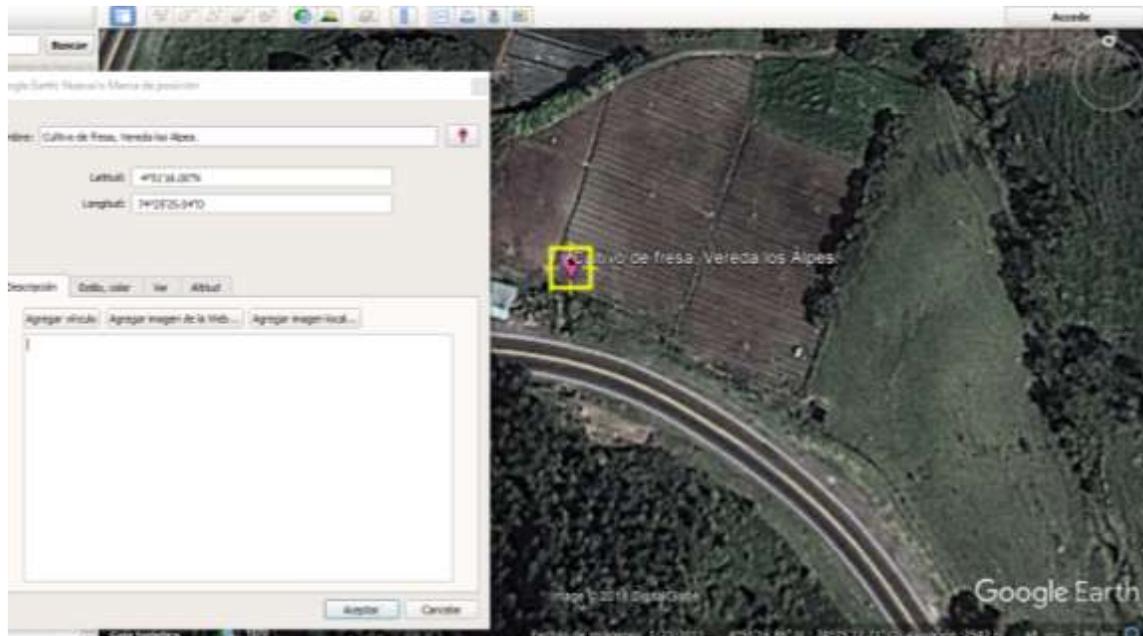


Imagen 10. Georreferenciación del cultivo.
Fuente: Google Earth.

La visita en campo permitió definir que el terreno donde está establecido el cultivo de fresa, corresponde a una zona de ladera con pendiente del 16% Aproximadamente.

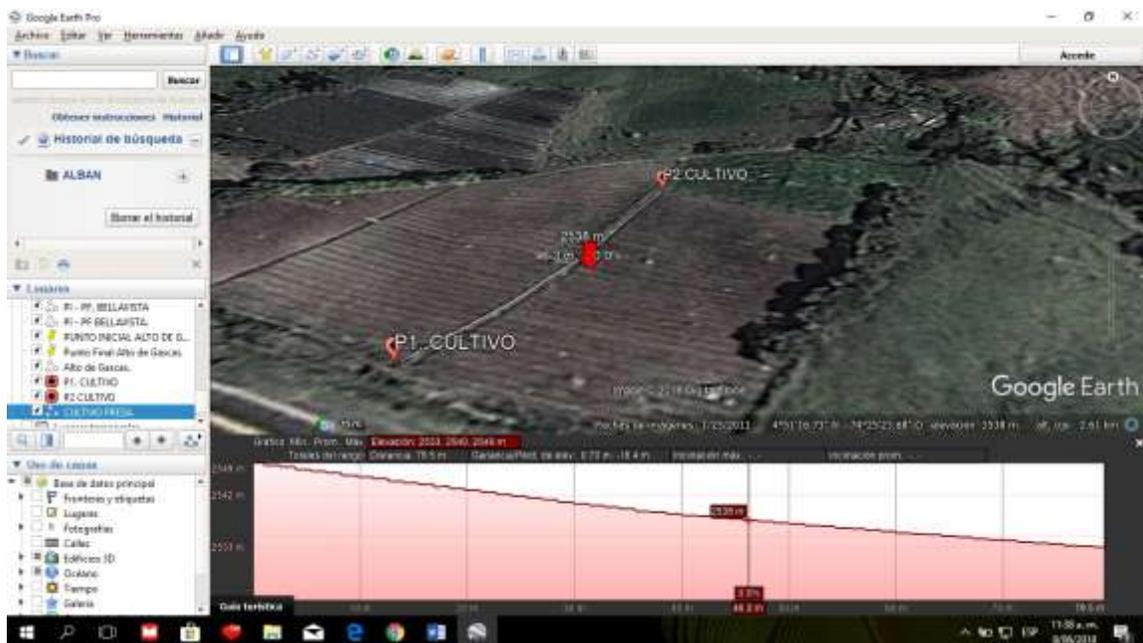


Imagen 11. Cálculo de la pendiente para el cultivo.
Fuente: Google Earth.

Partiendo del análisis del terreno y del régimen de precipitación de la zona, se determina que la estrategia para el uso eficiente del recurso hídrico debe estar orientada a la captación de agua lluvia aprovechando las condiciones de precipitación y pendiente en la ladera donde está ubicado el cultivo.

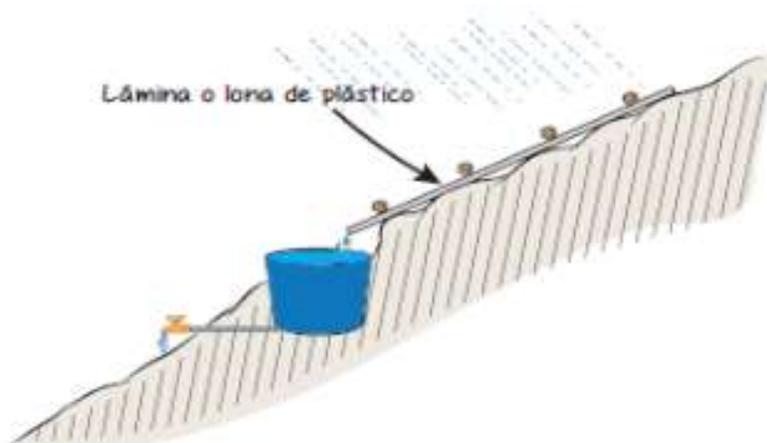


Imagen 12. Modelo de captación de agua por escorrentía.
Fuente: (JICA, 2015)

Se propone realizar la instalación de canales en las dos márgenes del cultivo para esto se deben realizar dos surcos de aproximadamente 30 centímetros de profundidad, recubiertos por una geomembrana o geotextil se sugiere emplear el mismo plástico que

recubre los surcos del cultivo, asegurándolos con estacas para evitar el levantamiento del material.

Para la instalación del tanque de agua lluvia se debe realizar una excavación teniendo en cuenta el diámetro del mismo, posteriormente se instala una rejilla en la parte superior del tanque con el fin que retenga los materiales sólidos que pueden ser arrastrados por las canales del sistema evitando que estos lleguen al tanque de almacenamiento de agua lluvia. Partiendo de que el tanque se encontrara a un nivel inferior de las canales, se instalara una motobomba que permita la extracción del agua almacenada y su posterior circulación por el cultivo.

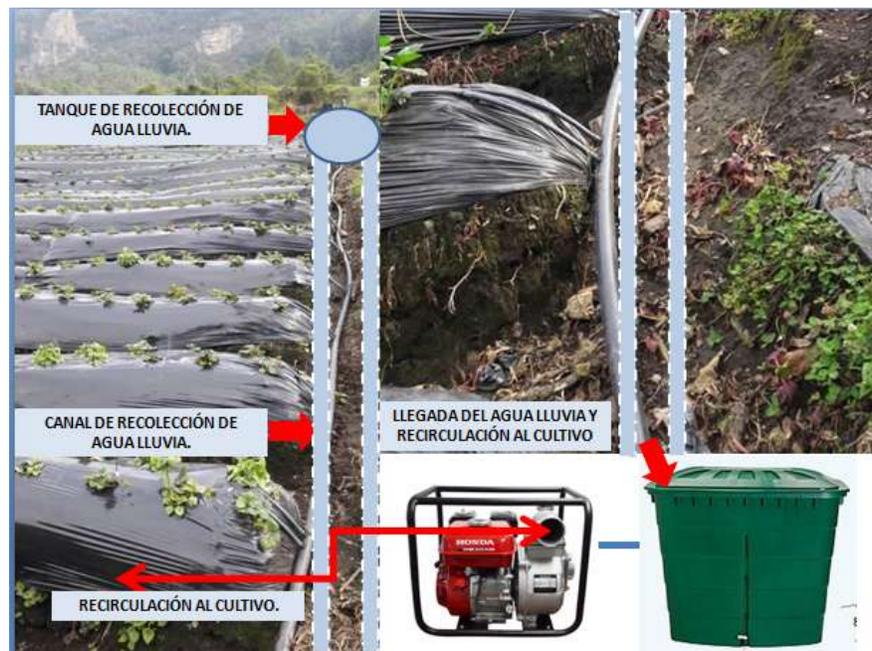


Imagen 13. Sistema de recolección de agua lluvia. (Fuente: Autor)

Respecto al reservorio de agua construido antes del ingreso al cultivo, se sugiere realizar la ampliación del mismo ya que sus dimensiones actuales no resisten el volumen de agua proveniente de la fuente de abastecimiento y precipitaciones de la zona por lo cual se genera pérdida del agua en este punto.



Imagen 14 - Observaciones de Campo. (Fuente: Autor)

Se evidencia la necesidad de revisar toda la red de captación y riego del cultivo, con el fin de evitar pérdidas del recurso hídrico por ruptura o desgaste de la manguera.



Imagen 15 - Observaciones de Campo. (Fuente: Autor)

- I. Socialización de los resultados de la medición de la huella hídrica verde y azul para el cultivo de fresa en la vereda los Alpes, Municipio de Albán Cundinamarca.

Para llevar a cabo este proceso se debe convocar una reunión con los productores de la vereda Los Alpes donde se realizó el estudio, esto con el fin de darles a conocer el

consumo oculto que genera la producción de fresa y la estrategia que pueden implementar para hacer un uso eficiente del recurso hídrico en esta actividad.

5. CONCLUSIONES

- El cultivo de fresa en un área de 9.660 m² presenta una huella hídrica de 11.980 m³ de agua para la producción de 56.59 Toneladas de este producto anualmente en la vereda Los Alpes en el municipio de Albán, Cundinamarca.
- El cálculo de la huella hídrica permitió identificar que la mayor demanda del recurso hídrico para la producción de fresa corresponde a la huella hídrica verde, por lo cual es de gran importancia realizar mayor aprovechamiento del agua proveniente de la precipitación con el fin de disminuir la presión sobre las fuentes de agua superficial que abastecen el cultivo de la zona.
- Muchos de los cultivos presentes en la zona no cuentan con una concesión de agua que les permita a los agricultores tener mayor claridad sobre la presión que ejercen sobre el recurso hídrico haciendo un uso inadecuado del mismo, por lo cual se debe desarrollar una cultura entorno al uso eficiente del recurso hídrico desde la captación hasta la salida del agua del cultivo teniendo en cuenta los parámetros de calidad de agua que van por infiltración hasta las fuentes hídricas cercanas al cultivo.
- La huella hídrica es una herramienta de gran utilidad para calcular el consumo oculto generado en la producción de alimentos, artículos y demás actividades que hacen parte de la economía y hábitos cotidianos de la sociedad.

6. AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme en todas las etapas de mi vida, a la universidad Militar y al grupo de docentes por todo el conocimiento brindado y a mi familia donde la vida nace y el amor nunca termina.

7. BIBLIOGRAFÍA

AGRICULTURES. (4 de Junio de 2018). Agricultures.com. Obtenido de <http://agriculturers.com/que-es-el-coeficiente-de-cultivo-kc/>

CAMARA DE COMERCIO. (2015). MANUAL FRESA. BOGOTA: CAMARA DE COMERCIO BOGOTA.

CEDEVA . (4 de Junio de 2018). formosa. Obtenido de https://archivos.formosa.gob.ar/media/uploads/documentos/documento_1478639001.pdf

FAO. (2006). EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO . ROMA: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA.

FAO. (2018). FAO.ORG. Obtenido de <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>

- IAGUA. (12 de Mayo de 2015). iagua.es. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/jorge-garcia-morillo/consideraciones-huella-hidrica-cultivo-fresa>
- ICCA. (2017). GUIA METODOLOGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA HUELLA HIDRICA EN UNA CUENCA HIDROGRAFICA. SAN JOSE.: EUROCLIMA.
- IDEAM. (2014). EVALUACIÓN MULTISECTORIAL DE LA HUELLA HIDRICA EN COLOMBIA. MEDELLÍN: CTA.
- IDEAM. (8 de Marzo de 2018). IDEAM.GOV.CO. Obtenido de <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=VInformacionIdeam&lTipo=admin&lFuncion=lstSolicitud>
- JICA. (Marzo de 2015). Jica.go.jp. Obtenido de https://www.jica.go.jp/project/ecuador/001/materials/ku57pq000011cym2-att/water_harvest_sp.pdf
- Linares, L., & Melo, L. (2015). EVALUACIÓN DE LA HUELLA HIDRICA DEL CULTIVO DE FRESA EN UNA FINCA DE SIBATE. BOGOTA D.C.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA. (4 de DICIEMBRE de 2018). FAO.ORG. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Sanchez, F. (2018). RIESGOS POR LA APLICACIÓN DE DOTACIONES DEFICITARIAS EN EL CULTIVO DE LA.
- SENA. (2014). Manual tecnico del cultivo de fresa basado en buenas practicas agricolas. Medellín.
- UNIVERSIDAD DE CORDOBA. (23 de Enero de 2013). UN ESTUDIO REVELA QUE LA FRESA NECESITA MAS DE 7.000 M3 DE AGUA POR HECTAREA. Andalucía Información.
- WATER FOOTPRINT. (s.f.). MANUAL DE EVALUACIÓN DE HUELLA HIDRICA. WATERFOOTPRINT.
- WWF. (2016). Obtenido de WWF.es: https://www.wwf.es/nuestro_trabajo_/agua/el_cultivo_de_fresa_en_donana/