

1-1-2015

## **Determinación de la huella hídrica para la producción de flores de la especie limonium en cultivos de Suesca Cundinamarca**

Juan Carlos Rico Ariza  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Nathaly Gutiérrez de Piñeres Díaz  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria)

---

### **Citación recomendada**

Rico Ariza, J. C., & Gutiérrez de Piñeres Díaz, N. (2015). Determinación de la huella hídrica para la producción de flores de la especie limonium en cultivos de Suesca Cundinamarca. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/626](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/626)

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA PARA LA  
PRODUCCIÓN DE FLORES DE LA ESPECIE LIMONIUM EN  
CULTIVOS DE SUESCA CUNDINAMARCA.**

Juan Carlos Rico Ariza

Nathaly Gutiérrez De Piñeres Díaz

Octubre 2015.

Universidad de La Salle.

Facultad de Ingeniería.

Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria

Bogotá D.C

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA PARA LA  
PRODUCCIÓN DE FLORES DE LA ESPECIE LIMONIUM EN  
CULTIVOS DE SUESCA CUNDINAMARCA.**

Juan Carlos Rico Ariza

Nathaly Gutiérrez De Piñeres Díaz

Trabajo de grado presentado para optar al Título de Ingeniero Ambiental y  
Sanitario

Director

Yanneth Parra Martínez

Ingeniera Química

Universidad de La Salle.

Facultad de Ingeniería.

Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria

Bogotá D.C

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Director: Yanneth Parra Martínez

Químico

---

Jurado

---

Jurado

Bogotá, Octubre de 2015

## **Dedicatoria**

*Primeramente a nuestro Dios quien siempre estuvo con nosotros espiritualmente dándonos fuerza, perseverancia y ganas de seguir adelante en este largo y duro camino, donde a pesar de las dificultades él siempre nos ayudó a levantarnos y a afrontar cada etapa para así culminar este proceso.*

*A nuestros padres quienes nos apoyaron y nos tuvieron paciencia en este largo y arduo proceso, ayudándonos siempre y guiándonos por el camino correcto para que así creyéramos y confiáramos en que podíamos cumplir nuestro sueños y nuestras metas si no lo proponíamos, a ellos con todo el amor y todo el cariño les damos infinitas gracias por ser nuestro apoyo incondicional.*

*Nuestras familias quienes a su vez han contribuido y aportado a nuestra vida para bien con fin de vernos realizar nuestros sueños y convertirnos en unos profesionales que sean útiles para la sociedad, por incondicionalmente habernos dado fuerza y ánimos para haber llevado a cabo este proceso*

*Juan Carlos Rico Ariza  
Nathaly Gutiérrez De Piñerez Díaz*

## **Agradecimientos**

A nuestra directora de tesis Yaneth Parra por su amabilidad y su profesionalismo siempre brindándonos la confianza y la oportunidad de poder compartir sus sapiencias y su inmensa experiencia con nosotros que fueron vitales para la culminación de este proyecto y que gracias a su colaboración, amistad y compañerismo pudimos salir adelante en este largo proceso.

A la empresa flores MARNELL S.A.S por ayudarnos en todo el proceso del proyecto, incluírnos dentro de su empresa con amabilidad y habernos suministrado valiosa información para la culminación de este proceso.

A todos nuestros amigos por siempre estar pendientes en nuestro progreso como estudiantes y por existir un gran lazo de amistad y compañerismo al momento de tener dificultades o inquietudes a lo largo de toda la carrera profesional, les damos nuestros más sinceros agradecimientos por la confianza y ayuda depositada a lo largo de estos años.

A una de las mejores universidades del país la universidad de la Salle quien nos abrió las puertas y con dureza, disciplina y compromiso poder llegar a formarnos como profesionales íntegros, a su vez a todo el plantel educativo por compartir todos sus saberes, todas sus experiencias, su tiempo y su amistad.

## Tabla de Contenido

1	Resumen .....	1
2	Abstract .....	3
3	Introducción .....	4
4	Objetivos .....	6
4.1	Objetivo general .....	6
4.2	Objetivos específicos.....	6
5	Marco de referencia.....	7
5.1	Marco teórico .....	7
5.2	Multiplicación .....	9
5.3	Preparación del suelo .....	10
5.4	Época de siembra .....	10
5.5	Recolección .....	10
5.6	Huella Hídrica .....	11
5.7	Huella Hídrica Azul .....	12
5.8	Huella hídrica verde .....	13
5.9	Huella Hídrica Gris .....	13
5.10	Marco legal.....	14
5.11	Antecedentes .....	15
6	Metodología .....	17
6.1	Área de estudio.....	19
6.1.1	Generalidades Meteorológicas del Municipio.....	19
6.1.2	Aspectos generales del Municipio.....	19
6.1.3	Información general .....	19
6.1.4	Localización general .....	20
6.2	Preceptos de la empresa .....	20
6.2.1	Misión de la Empresa.....	21
6.2.2	Visión de La Empresa .....	21
6.2.3	Objetivo general de la Empresa.....	21
7	Instalaciones y área administrativa.....	21
8	Proceso de producción cultivo de Limoniun en invernadero .....	22
8.1	Disposición y recepción de las plántulas.....	22

8.2	Preparación y adecuación del suelo.....	23
8.3	Plantación y distribución.....	23
8.4	Producción.....	26
8.5	Corte y clasificación.....	27
8.6	Despacho .....	28
8.7	Requerimientos hídricos.....	28
8.8	Residuos del proceso de corte .....	30
9	Software cropwat 8.0.....	30
9.1	Datos requeridos para el software cropwat 8.0 .....	30
9.1.1	Datos Meteorológicos .....	30
9.1.2	Requerimientos del suelo .....	32
9.2	Resultados del software cropwat 8.0.....	35
	Requerimiento Hídrico del Cultivo (UAC) .....	40
	Requerimiento de Riego del Cultivo.....	40
10	Determinación de la huella hídrica en el cultivo de flores de la especie Limonium en cultivos de Suesca Cundinamarca. ....	42
10.1	Cálculo de la huella hídrica azul .....	43
10.2	Cálculo de la huella hídrica verde .....	44
10.3	Cálculo de la huella hídrica gris .....	45
10.4	Cálculo de la huella hídrica total.....	47
11	Análisis de resultados.....	47
11.1	Huellas hídricas .....	51
11.1.1	Huella hídrica verde .....	51
11.1.2	Huella hídrica azul .....	51
11.1.3	Huella hídrica gris .....	52
12	Alternativas de ahorro para el cultivo de flores de la especie Limonium en cultivos de Suesca Cundinamarca. ....	53
13	Recomendaciones.....	53
14	Conclusiones .....	54
15	Lista de Referencias .....	55
16	Anexos.....	61
	Anexo 1. Evapotranspiración del Cultivo Limoniun (ETc). ....	61

Anexo 2. Control Digital.....	65
Anexo 3. FORMATO DE CONTROL .....	65

### **Lista de Ilustraciones**

Ilustración 1. Mapa conceptual de aplicaciones de la Huella Hídrica.....	12
Ilustración 2. Descripción de fases del proyecto. ....	18
Ilustración 3 .Datos Climáticos y Atmosféricos ( <b>ET0</b> ).....	36
Ilustración 4 Precipitación efectiva media según datos de la estación Carrizal entre 1992 y 2014. ....	36
Ilustración 5. Fase de Propagación del Limonium.. ....	37
Ilustración 6. Fase de Producción del Limonium .. ....	38
Ilustración 7. Características del Suelo Arenoso .....	38

### **Lista de Gráficos**

Grafica 1 Exportaciones Según El Departamento 2012 .....	8
Grafica 2. Precipitación mensual.....	48
Grafica 3. Valores de Temperatura.....	49
Grafica 4. Humedad Relativa Media (%). ....	50
Grafica 5. Insolación Mensual Media. ....	50

### **Lista de Imágenes**

Imagen 1. Cultivo De Las Flores Limonium .....	8
Imagen 2. Ubicación espacial de la empresa Marnell S.A.S .....	20
Imagen 3. Plántulas de Limonium.....	23
Imagen 4. Etapa de plantación de Limonium .....	24
Imagen 5. Distribución del invernadero. ....	25
Imagen 6. Vista de las camas de limonium dentro del invernadero. ....	25
Imagen 7. Etapa de Producción de la flor Limonium .....	27

Imagen 8. Etapa de Corte y Clasificación. ....	28
Imagen 9. Canal de almacenamiento del agua.....	29
Imagen 10. Control digital . ....	65

### **Lista de Tablas**

Tabla 1. Legislación requerida para la ejecución de la investigación. ....	14
Tabla 2. Datos de la empresa flores Marnell S.A.S. ....	19
Tabla 3. Número de camas de cada bloque.. ....	25
Tabla 4. Variables para cantidad de agua lluvia aprovechada.....	29
Tabla 5. Localización de la estación meteorológica carrizal de Suesca Cundinamarca.....	31
Tabla 6. Variables meteorológicas de la zona de estudio entre 1992 y 2014 (sumatoria medias mensuales).....	31
Tabla 7. Meses de siembra y cosecha del cultivo Limonium.....	32
Tabla 8. Etapas de crecimiento del cultivo de Limonium. ....	33
Tabla 9. Coeficientes de cultivo KC en cada etapa de desarrollo del cultivo Limonium.	
Fuente: Antonio Martín Rodríguez, 2012 .....	34
Tabla 10. Profundidades radicales del cultivo Limonium.....	35
Tabla 11. Propiedades físicas de los suelos.....	39
Tabla 12. Evapotranspiración del cultivo por etapas.....	40
Tabla 13. Datos requeridos para calcular el AUCriego.....	40
Tabla 14. Requerimiento Hídrico (UACriego).....	41
Tabla 15. Datos requeridos para calcular las huellas hídricas.....	42
Tabla 16. Datos para calcular Rendimiento Hídrico del Cultivo. ....	43
Tabla 17 concentración máxima de los productos químicos aplicados.....	45
Tabla 18 Promedio de tasa de aplicación de los productos químicos en el cultivo.....	45
Tabla 19 Huella hídrica total para el cultivo de Limonium.....	47
Tabla 20. Huellas Hídricas de la Empresa Marnell S.A.S.....	52
Tabla 21. Requerimiento de agua para el Cultivo etapa propagación. ....	61
Tabla 22. Requerimiento de agua para el Cultivo etapa producción. ....	62
Tabla 23. Formato de Control de fertilizantes.....	66

## **Glosario**

**Agua lluvia:** *Es una precipitación de agua en forma de gotas. Cuando éstas alcanzan un diámetro superior a los 0.5 mm. Caen a la tierra por la gravedad a una velocidad superior a los 3 m/seg. En estos momentos se produce la lluvia. (Solis, 2001)*

**Aguas subterráneas:** *Representa una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes, y se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra. Las aguas subterráneas se forman a partir de la infiltración de las lluvias y por aportes de los cursos superficiales. Viajan en forma vertical por la fuerza de la gravedad, generalmente hasta encontrar un suelo impermeable, y luego discurren horizontalmente hasta desaguar en los colectores mayores. (Briere, 2005)*

**Aguas superficiales:** *Son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Pueden presentarse en forma torrentosa, como en el caso de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de los lagos, reservorios, embalses, lagunas, humedales, estuarios, océanos y mares. (Briere, 2005)*

**Agua virtual:** *Agua virtual es la cantidad real de agua requerida para la fabricación de cualquier bien o producto agrícola o industrial. (Tracey Strange, 2012)*

**Cultivo:** *Es el producto obtenido de la agricultura, y también el conjunto de vegetales cultivados. El cultivo tiene su fundamento en la explotación del suelo y los recursos que genera por acción del hombre. (Jardinería Digital, 2008)*

**Evaluación de la huella hídrica:** *Es una herramienta de análisis eficaz en busca de ayudar a comprender cómo las actividades y productos se relacionan con la escasez de agua y su contaminación, a su vez los impactos asociados y las soluciones posibles para asegurarse que las actividades y productos contribuyan a un uso sostenible del recurso agua. (Uche, 2013)*

**Floricultores:** *producen plantas para jardín, para su uso por jardineros, paisajistas, decoradores de interiores, venta de flores cortadas en floristerías o florerías, para su uso final en florero. (Boletín Agrario, 2014)*

**Floricultura:** *Es la disciplina de la horticultura orientada al cultivo de flores y plantas ornamentales en forma industrializada para uso decorativo. (Boletín Agrario, 2014)*

**Huella hídrica:** *Se define como el volumen total de agua dulce usado para producir los bienes y servicios producidos por una empresa, o consumidos por un individuo o comunidad. El uso de agua se mide en el volumen de agua consumida, evaporada o contaminada, ya sea por unidad de tiempo para individuos y comunidades, o por unidad de masa para empresas. (Tracey Strange, 2012)*

**Huella hídrica azul:** *Se refiere al consumo de los recursos de agua superficial y subterránea a lo largo de la cadena de suministro de un producto. Se refiere a la pérdida de agua disponible, superficial o subterránea, a causa de una captación para un fin determinado. Las pérdidas se producen cuando el agua se evapora, vuelve a otra área de influencia o en el mar o se incorporen a un producto. (Uche, 2013)*

**Huella hídrica gris:** *Se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes hasta concentraciones naturales y según las normas de calidad ambiental. (Uche, 2013)*

**Huella hídrica verde:** *se refiere al consumo de los recursos de agua lluvia que no se convierte en escorrentía. (Uche, 2013)*

**Limonium:** *El nombre Limonium deriva de la palabra griega leimon (pradera). las flores deben este nombre al hecho de que en la naturaleza crecen en paraderas saladas son plantas arbustivas o hierbas vivaces. (Asturnatura, 2004)*

**Proceso:** *es la sucesión de diferentes fases o etapas de una actividad. También se puede definir como el conjunto de acciones sucesivas realizadas con la intención de conseguir un resultado en el transcurso del tiempo. Cualquier proceso tecnológico que se desarrolla en la industria requiere de una manera organizada de realizarlo. (Echevarría, 1994)*

**Uso eficiente del agua:** *Este concepto incluye cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el*

*mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua. Así mismo está relacionado con otros conceptos básicos del manejo actual de recursos ambientales, y en muchos casos, forma parte integral de ellos. De los cuales el más arraigado es el de la conservación del agua (Castellanos, 2007).*

## 1 Resumen

La evaluación de la huella hídrica en la actualidad debe ser considerada en diferentes regiones del mundo dado que esta nos indica la cantidad de agua que se está utilizando en un proceso productivo de un cultivo, empresa y/o hogar, siendo esto fundamental para el ahorro y el uso eficiente del recurso hídrico.

Este proyecto de investigación se hizo en un cultivo de flores de la especie limonium en el municipio de Suesca Cundinamarca en la empresa MARNELL S.A.S. donde se determinó la huella hídrica total, fue necesario la recolección de datos meteorológicos de la estación Carrizal, coeficiente del cultivo, altura máxima del cultivo, humedad del suelo, etapas de crecimiento del cultivo, profundidad radicular y fracción de agotamiento hídrico que permitieron la modelación por medio del software Cropwat 8.0 y obtener la evapotranspiración que nos permite el cálculo de la huella hídrica azul y verde.

Para los cálculos de la huella hídrica azul, verde y gris se aplicó la metodología del Manual de Evaluación de la huella hídrica propuesto por Arjen Y. Hoekstra, donde fue necesario contar con la información de la empresa, entre estas el área de la empresa, el número de plantas por cama, la cantidad de agua utilizada por semana y el rendimiento del cultivo para determinar los valores de la huella hídrica azul y verde; de otra parte la huella hídrica gris se halló teniendo en cuenta los fertilizantes, las concentraciones máximas permitidas según el acuerdo número 43 del 17 de octubre de 2006 de la corporación autónoma regional de Cundinamarca, el rendimiento del cultivo, fracción de lixiviación y escorrentía y la diferencia de las concentraciones naturales para el contaminante considerado, el cálculo se realizó para los compuestos de potasio, sulfato y nitrógeno los cuales pertenecen a los fertilizantes que actualmente se aplican en el cultivo.

Finalmente se calculó la huella hídrica total sumando las tres huellas hídricas, las cuales se obtuvieron los resultados de 0.19 L/tallo para la huella hídrica azul, 0.10 L/tallo para la huella hídrica verde y 0.55 L/tallo de la huella hídrica gris dando una huella hídrica total de 0.84 L/tallo para el cultivo de la especie limonium.

Una de las alternativas que se proponen es el uso de un control digital que permitirá automatizar el proceso de riego en el cultivo; teniendo la ventaja de programar

con la precisión de minutos por día el riego, lo cual influirá positivamente en un ahorro en el consumo de agua.

Dentro del aporte ingenieril cabe mencionar las técnicas usadas para tener un ahorro y uso eficiente del recurso hídrico con el fin de preservar los recursos naturales y el ecosistema, así contribuyendo con el racionamiento de agua que se presenta actualmente en el país.

## 2 Abstract

The assessment of the water footprint today should be considered in different regions of the world since this indicates the amount of water being used in a production process of a culture, business and home, this being crucial for saving and efficient use of water resources.

This research project was done in a flower farm species limonium in Cundinamarca Suesca the company SAS Marnell where total water footprint was determined, it was necessary meteorological data collection station of Carrizal, crop coefficient, maximum height of the crop, soil moisture, crop growth stage, root depth and water depletion fraction which allowed modeling 8.0 CROPWAT through software and get evapotranspiration that allows calculation of the blue and green water footprint.

For calculations of the blue, green and gray water footprint methodology proposed by Arjen Y. Hoekstra, where it was necessary to have the company information Assessment Manual water footprint was applied, among them the area of the company, the number of plants per bed, the amount of water used per week and crop yield to determine the values of the blue and green water footprint; on the other hand the gray water footprint was found considering fertilizer, the maximum concentrations allowed by the number 43 agreement October 17, 2006 of the Regional Autonomous Corporation of Cundinamarca, crop yield, leaching fraction and runoff and Unlike natural concentrations for the pollutant considered, the calculation was performed for compounds of potassium sulphate and nitrogen which belong to the currently applied fertilizer on the crop.

Total water footprint finally adding the three water footprints, which results 0.19 L/stem were obtained for the blue water footprint, 0.10 L/stem to the green water footprint and 0.55 L / stem giving the gray water footprint it is calculated total water footprint of 0.84 L / stalk to grow static species.

One of the options proposed is the use of a digital control that will automate the process of irrigation in farming; having the advantage of programming with precision irrigation minutes per day, which will positively affect savings in water consumption.

### **3 Introducción**

Colombia es el segundo país de exportación de flores en el mundo, gracias a su excelente calidad y variedad, las flores colombianas de acuerdo con el gremio floricultor se exportan a 88 destinos diferentes, siendo Estados Unidos, Rusia, Reino Unido, Japón y Canadá los países a los que con mayor frecuencia y cantidad se les distribuye una gran diversidad de flores. Debido a la demanda de exportación las flores Limonium, se han convertido en un atractivo para los consumidores gracias a sus colores vistosos y fragancias, Sus ramas son ideales para la elaboración de ramilletes y todo tipo de arreglos florales llamando la atención en gran parte del mercado mundial.

En la actualidad, se utilizan grandes cantidades de agua en diferentes cultivos, esto hace necesario que tanto como los floricultores como el sector dedicado a la producción de flores, donde se tienen grandes plantaciones, se interesen y preocupen por conocer de manera detallada el uso del recurso hídrico de acuerdo a las características del cultivo ( la especie y el tipo de suelo) de cómo está distribuida el agua que se va utilizar y también como afecta el consumo del agua del proceso de flores en este caso la especie Limonium a los habitantes de Suesca Cundinamarca.

El presente estudio, hace parte de otra serie de estudios con miras a calcular la huella hídrica para diferentes cultivos del sector floricultor, formulando con base en los resultados obtenidos en las huellas hídricas azul, verde y gris propuestas que garanticen el ahorro y mejor uso del recurso hídrico, así como el planteamiento de alternativas de uso eficiente del agua dentro de todo el proceso productivo de la empresa y el aprovechamiento de las aguas residuales y los residuos generados.

Al plantear el problema, existe la necesidad de cuantificar el agua que se utiliza en el cultivo de flores Limonium en Suesca Cundinamarca, su huella hídrica es importante para determinar el volumen de agua de consumo para la producción de la especie Limonium analizando los efectos de consumo y uso del recurso hídrico dentro del proceso productivo de la empresa.

El proyecto se realizó en la empresa MARNELL S.A.S localizada en Suesca Cundinamarca donde se evaluó la huella hídrica azul, verde y gris teniendo en cuenta la aplicación del software Cropwat 8.0, a su vez se utilizó los datos meteorológicos de la estación carrizal, estos datos fueron suministrados por el IDEAM; otros datos necesarios son el tipo de suelo con el que cuenta el cultivo, la humedad, tipo de

captación (subterránea o superficial) y para la huella hídrica gris se determinó con base en la metodología planteada en el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica por Arjen Y. Hoekstra. Se requirió los datos de concentraciones de los contaminantes debido al uso de fertilizantes y plaguicidas que se estén aplicando en el cultivo de Limoniun, estos datos fueron suministrados por la empresa.

## **4 Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar la huella hídrica para la producción de la especie de flor Limonium en un cultivo en Suesca Cundinamarca

### **4.2 Objetivos específicos**

Determinar la huella hídrica azul y huella hídrica verde en el cultivo de la especie Limonium mediante la aplicación del software Cropwat 8.0

Determinar la huella hídrica gris en el cultivo de la especie Limonium aplicando la metodología de Arjen Y. Hoekstra.

Plantear alternativas para mejorar el uso del recurso hídrico en la producción de la especie Limonium, a partir de la huella hídrica.

## **5 Marco de referencia**

### **5.1 Marco teórico**

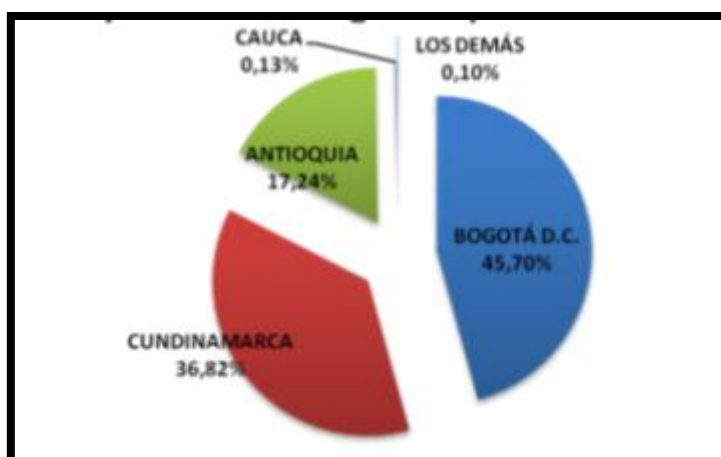
#### **Sector floricultor en Colombia**

La Sabana de Bogotá se ha convertido en el centro de ubicación del sector floricultor de Colombia, el cual desde hace varias décadas constituye uno de los sectores de la economía colombiana con importante presencia en el mercado internacional, representando el 14% de la producción mundial en el año 2004, y con un peso cercano al 3% de las exportaciones Colombianas. (DANE, Dirección de Regulación, Planeación, Estandarización y Normalización, 2011)

En la actualidad el sector Floricultor cuenta con 7,290 ha cultivadas y dedicadas al corte de flores frescas para la exportación. En 2006 el área cultivada era 7,000 Ha. El 79% del área cultivada se encuentra ubicada en la Sabana de Bogotá, 17% en Antioquia y 4% en otros departamentos, entre los que se incluyen Valle del Cauca y Eje Cafetero. Según ASOCOLFLORES durante los años 2004 y 2005 se cultivaron cerca de 7,200 hectáreas de flores, concentradas en los departamentos de Cundinamarca (85%) y Antioquia (12%), empleando intensivamente mano de obra no calificada (alrededor de 95,000 empleos directos y 80,000 indirectos), con una participación del 60% de mujeres del total de trabajadores. (DANE, Dirección de Regulación, Planeación, Estandarización y Normalización, 2011)

Sin lugar a dudas Bogotá es el mayor exportador Colombiano de flores, con una contribución del 45.7%, mientras que Cundinamarca está en el segundo puesto con un 36.82%; Antioquia en el tercer lugar tiene una participación del 17.24%. Las exportaciones restantes se atribuyen a otros departamentos como Cauca, Valle del Cauca, Caldas, Bolívar, Risaralda y Boyacá. (FENALCO, 2013).

A continuación se presenta la gráfica 1. En donde se tiene el despiece de un diagrama circular que expresa los porcentajes de exportaciones en diferentes departamentos.



*Grafica 1 Exportaciones Según El Departamento 2012 Fuente: Fenalco, 2013*

### **Especie Limonium**

Limonium es el nombre genérico que procede del griego leimon, que significa pradera húmeda, aludiendo al habitat de muchas de las especies del genero conocida como siempreviva azul, capital, siempreviva de arenas (canarias), estática o statice, es una especie botánica de planta ornamental en la familia de las Plumbaginaceae. La flor es originaria del norte de África y Palestina; especie Introducida en Europa durante la primera mitad del siglo XVII (La Guía de las Plantas, 2015). La imagen 1 ilustra la flor de especie Limonium producida en la empresa Marnell S.A.S.



*Imagen 1. Cultivo De Las Flores Limonium Fuente: La Guía De Las Plantas, 2015*

El género Limonium incluye unas 180 especies distribuidas por todo el mundo, localizándose especialmente en España mayoritariamente en la zona mediterránea y en las Islas Canarias. Su utilización como complemento o como flor seca en arreglos

florales, se ha ido incrementando en los últimos años. (Josefa López Marín, 2012; Josefa López Marín, 2012).

Las Limonium forman un vasto género de plantas cuyas flores y tallos son desecados frecuentemente para ser utilizados por los floristas para hacer ramos secos para decoración. Algunas de las especies del grupo son muy importantes desde el punto de vista hortícola y gozan de popularidad por tener un cultivo fácil y son capaces de crecer en terrenos secos. La Siempreviva forma una roseta abierta de hojas tiernas, de aspecto romboidal, con peciolo muy largos y de color verde claro (Plantayflor, 2015).

El Limonium es una planta perenne, que presenta múltiples variedades de diferentes colores, tiene una Altura entre 30 y 90 cm, Las flores son pequeñas y con forma de trompeta, y sus colores van del blanco al violeta; muchas veces una misma planta presenta dos colores diferentes. La temperatura óptima de crecimiento y floración durante el día es de 22 a 27°C y de 12 a 16°C por la noche; Se da bien en casi todo tipo de suelos, siempre que sean permeables. En el caso de que se trate de un suelo arcilloso y compacto, habrá que reemplazarlo por compost, o también se puede aligerar, añadiéndole arena o ceniza.

Durante las tres o cuatro primeras semanas de la plantación, los riegos deberán de ser frecuentes, preferiblemente por aspersión y con poco volumen de agua. El riego regular debe ser entre 2 y 3 veces como máximo a la semana. También es aconsejable añadir dosis ocasionales de fertilizante muy diluido cuando empiece la época de floración. (Infojardin , 2002)

## **5.2 Multiplicación**

- La propagación de Limonium se realiza mediante plántulas, aplicando dos técnicas:
- Sembrado directo del fruto, surgiendo de uno a siete plantones.
- Plántulas individuales escarificadas, para una germinación más rápida y homogénea.

Normalmente la obtención de la planta se realiza en viveros especializados. La mayor parte de las plántulas se comercializan limpias y debidamente envasadas. Para favorecer la germinación, las plántulas se deberán sumergir en una disolución de algún fungicida, durante media hora con agua a unos 30°C durante el primer momento y procurando mantener la temperatura del agua en unos 20°C durante otra media hora. (Infoagro, 2010)

### **5.3 Preparación del suelo**

El abonado mineral de fondo es aconsejable sólo en terrenos no cultivados con anterioridad por especies que se hayan fertilizado abundantemente. En este caso se aportarán 100 kg de sulfato potásico y 50 kg de sulfato de magnesio por 1,000 m<sup>2</sup> cubiertos, incorporados junto con la materia orgánica. La banqueta de cultivo es preferible hacerla elevada, a 15 ó 20 cm del suelo, con unas dimensiones de 1.05 m de ancho y pasillos de 0.45 m, sobre la que se coloca, optativamente, una malla de cuatro cuadros de 25 x 25 cm que servirá como guía para la plantación. El marco de plantación será el resultante de colocar 2 filas de plantas por banqueta, separadas entre sí 45 a 50 cm, y dejando 50 cm, entre plantas dentro de la fila, lo que supone una densidad de plantación de 4 a 5,5 plantas por metro lineal de banqueta y de 2.6 a 3.6 plantas por metro cuadrado cubierto. (Josefa López Marín, 2012)

### **5.4 Época de siembra**

El sustrato para la siembra debe prepararse a base de una mezcla de 1/3 de turba de gran calidad, 1/3 de arena silíceo limpia y 1/3 de tierra vegetal (estiércol, tierra fina, turba y sílice).- Para favorecer la germinación, las semillas se deberán sumergir en una disolución de algún fungicida, durante media hora con agua a unos 30°C durante el primer momento y procurando mantener la temperatura del agua en unos 20°C durante otra media hora. Las plantulas se depositarán sobre pequeños surcos y se cubrirán con turba muy fina o arena.- A la hora de sembrar cubrir la semilla, pues la oscuridad ayuda a la germinación. Germina en 7-14 días a 18-20°C. (Infojardin , 2002)

### **5.5 Recolección**

Para los países que cuentan con estaciones es recomendable que la recolección se realiza normalmente a finales de verano y principio de invierno, habiéndose sembrado a finales de invierno. Para la obtención de flor en primavera se siembra en septiembre. El

corte de las flores se lleva a cabo una vez que el cáliz de la flor muestra su color, aunque todavía no se haya desarrollado completamente, con ello se evita que se marchiten o pierdan turgencia. Se eliminan las hojas que acompañan al tallo floral y se introducen en agua.

Dependiendo de las condiciones de desarrollo, la producción total por hilera de plantas, puede ser de 40-50 tallos por planta. Los rendimientos de producción se sitúan entre 8 y 20 flores por metro cuadrado útil de superficie.

Existen variedades que llegan a alcanzar una altura de su espiga floral de 90 cm, mientras que otras no sobrepasan los 75 cm. La clasificación de la flor se realiza en función de la longitud de la vara. (Infoagro, 2010)

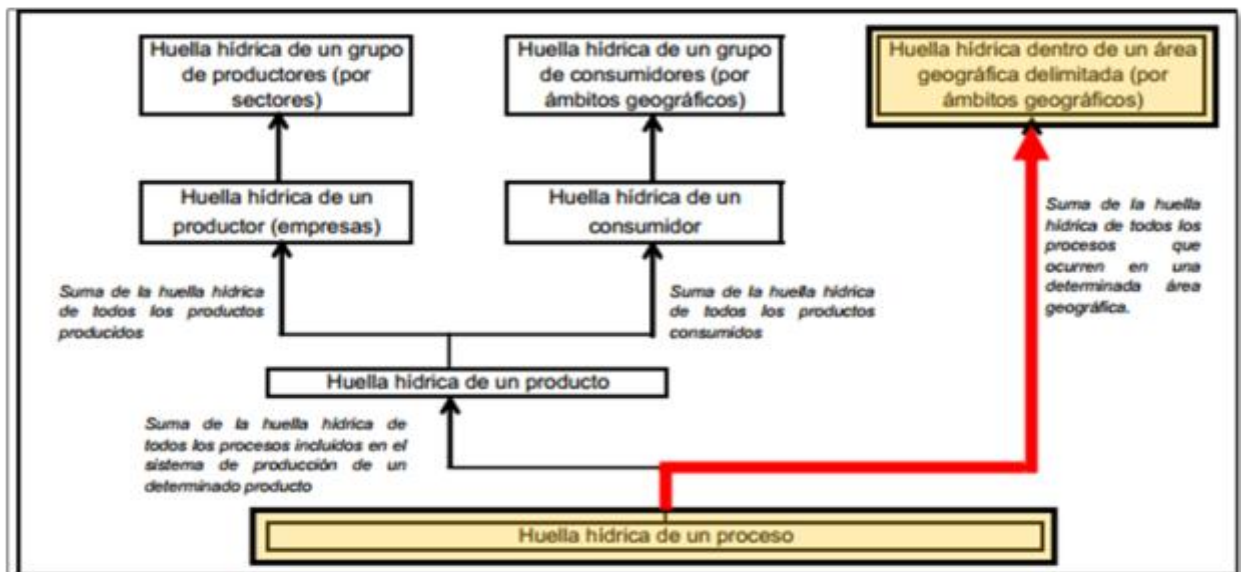
## **5.6 Huella Hídrica**

La Huella Hídrica de un individuo, empresa o nación es definida como el volumen total de agua necesaria, directa e indirectamente, para alimentar las cadenas de producción y suministro de los bienes y servicios producidos, consumidos y/o exportados por los individuos, las empresas o los países. (Sostenibilidad y Teconologia, 2014)

El concepto de huella hídrica nació como un indicador del uso del agua por Arjen Hoekstra, profesor de la UNESCO, en 2002. Tiempo después el concepto fue evolucionando y sus fórmulas de cálculo se fijaron en varias publicaciones elaboradas también por miembros de la UNESCO. (Centro Nacional de Información de la Calidad, 2012)

La Huella Hídrica se mide a partir del volumen de agua consumida, evaporada o contaminada, ya sea en unidad de tiempo o en unidad de masa (Centro Nacional de Información de la Calidad, 2012)

A continuación se observara el mapa conceptual donde se evidencia los procesos que se llevan a cabo para de determinación de la huella hídrica buscando identificar los efectos sobre los productos, productores o personas.



*Ilustración 1. Mapa conceptual de aplicaciones de la Huella Hídrica.. Fuente: (Guía Metodológica de Aplicación de Huella Hídrica en la cuenca del Río Porce, Mayo 2013)*

#### Huella hídrica para un área geográfica delimitada:

$$WF_{AREA} = \Sigma WF_{PROCESO}$$

$$WF_{AREA} = \text{Huella hídrica del área de estudio}$$

$$\Sigma WF_{PROCESO} = \text{Sumatoria de las Huella hídricas de los procesos del área geográfica}$$

Lo anterior implica que para el área de estudio se parte de un inventario de procesos humanos que se llevan a cabo en el territorio, los cuales están relacionados de manera directa con sectores genéricos (agropecuario, doméstico, industrial, minero, otros). (Guía Metodológica de Aplicación de Huella Hídrica en la cuenca del Río Porce, Mayo 2013)

La Huella Hídrica consta de tres componentes, cada uno de ellos denominado huella y referenciado por un color, el cual determina a qué hace referencia el resultado que refleja y cuál es la metodología que aplica. (Guía Metodológica de Aplicación de Huella Hídrica en la cuenca del Río Porce, Mayo 2013)

### **5.7 Huella Hídrica Azul**

Se refiere a la apropiación humana de agua azul, por lo tanto es la señal o marca que queda en el agua azul (ríos, lagos o acuíferos) a causa de un proceso antrópico. Es cuantificada mediante la Estimación o medición de consumo de agua, asociado a una extracción de fuente superficial y/o subterránea para satisfacer la demanda originada en un proceso. Requiere de intervención humana directa.

La Huella Hídrica Azul está presente en el sector agrícola por el agua consumida que es suministrada mediante riego y en todos los sectores que tienen procesos no asociados directamente con un Proceso agrícola (Guía Metodológica de Aplicación de Huella Hídrica en la cuenca del Río Porce, Mayo 2013).

$$WF_{proc,blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (\text{volumen / masa})$$

$$WF_{proc,blue} = \text{Huella Hídrica azul } m^3/\text{tallo}$$

$$CWU_{blue} = \text{Uso del agua del cultivo } (m^3/\text{ha})$$

$$Y = \text{Rendimiento del cultivo } (\text{tallo}/m^2)$$

## 5.8 Huella hídrica verde

La huella hídrica verde es el volumen de agua de lluvia consumida durante un proceso de producción. Esto es particularmente relevante para los productos agrícolas y forestales (productos a base de cultivos o de madera), donde se refiere a la evapotranspiración del agua de lluvia total (de los campos y las plantaciones), así como al agua incorporada en la cosecha o la plantación arbórea. (Arjen Y. Hoekstra).

$$WF_{proc,green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad (\text{Volumen/masa})$$

$$WF_{proc,green} = \text{Huella Hídrica Verde } m^3/\text{tallo}$$

$$CWU_{green} = \text{Uso del agua del cultivo } (m^3/\text{ha})$$

$$Y = \text{Rendimiento del cultivo } (\text{tallo}/m^2)$$

## 5.9 Huella Hídrica Gris

La huella hídrica gris se calcula a partir de la carga contaminante. Los contaminantes generalmente consisten en fertilizantes (nitrógeno, fósforo, etc.), pesticidas e insecticidas. Se tiene que considerar sólo el “flujo de residuos a cuerpos de agua dulce, que generalmente es una fracción del total de la aplicación de fertilizantes o pesticidas para el campo. Hay que representar sólo el contaminante más crítico, que es el contaminante cuyo cálculo anterior obtiene el mayor volumen de agua. (Arjen Y. Hoekstra)

$$WF_{proc, grey} = \frac{(\alpha \times AR) / (c_{max} - c_{nat})}{Y} (\text{Volumen/tiempo})$$

$WF_{proc, grey}$  = Huella Hídrica Gris  $m^3$ /tallos

$(AR, \frac{kg}{ha})$  = Cantidad de productos químicos para el campo por hectárea

$(\alpha)$  = fracción de lixiviación y escorrentía

$(c_{max} - c_{nat})$

= Diferencia de las concentraciones natural para el contaminante considerado

$Y$  = Rendimiento del cultivo (tallos/ $m^2$ )

## 5.10 Marco legal

La tabla 1 describe el marco legal necesario para esta investigación y del cual se tomó las bases legales para la ejecución del mismo.

**Tabla 1. Legislación requerida para la ejecución de la investigación. Fuente: Autores, 2015**

TIPO DE NORMA	No.	AÑO Y QUIEN LA EXPIDE	TEMA	RELEVANCIA
Ley	99	1993– El congreso de la República.	Prevención y control de contaminación de las aguas. Tasas retributivas.	Art. 10, 11, 24, 29
Ley	373	1997 – El congreso de Colombia	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.	Art. 1 , 2 ,5
Decreto	2811	1974- El presidente de la República	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Art. 77 a 78, 80 a 85,89, 99, 134 a 138, 149, 155.
Decreto	3930	2010 – Ministerio de Agricultura, presidente de la República.	usos del agua y residuos líquidos	Art. 7, 9, 11, 13, 43,62.
		2010 – El Ministerio de Ambiente,	Por la cual se establece el procedimiento para el recaudo de los recursos provenientes de las medidas adoptadas por la Comisión de Regulación de	

Resolución	1508	Vivienda y Desarrollo Territorial.	Agua Potable y Saneamiento Básico para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desestimular su uso excesivo y su respectivo giro al Fondo Nacional Ambiental (Fonam).	Art. 1, 2
Acuerdo	10	1989- CAR	Por el cual se dictan normas para administrar las aguas de uso público en el área de la CAR	Art. 8, 13, 18,55.

### 5.11 Antecedentes

En Bogotá la EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ COMO UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL ÁREA URBANA por Yulia Ivanova, estimaron la huella hídrica de Bogotá, que hasta la fecha no había sido implementada para ciudades grandes. Como resultado encontraron que Bogotá disminuyó sus consumos brutos del agua en un 17.6 % en el período comprendido de 1993 hasta 2008. Esto se debió a la disminución del consumo per cápita de 165.5 a 108.0 l/persona/día y al comportamiento del índice del agua no contabilizada que bajó del 39 al 36%. Si no se hubieran implementado los cambios organizacionales, tarifarios y normativos, entre otros, la ciudad actualmente tendría consumos de un 40% superiores a los actuales. Por otra parte, el tema de la contaminación del río Bogotá por los vertimientos sigue siendo un problema ambiental que se expresa en la huella hídrica gris de, aproximadamente, 562,2 millones de metros cúbicos anuales. Este valor compone el 55.8 % de la huella hídrica total de la ciudad. Este resultado nos muestra que la gestión sobre la calidad del recurso hídrico no tuvo los efectos esperados en la recuperación de la cuenca media del río Bogotá. (Ivanova, 2013).

Existen diferentes estudios realizados sobre la huella hídrica a nivel mundial por ejemplo en Colombia se desarrolló LA DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DEL SECTOR DOMÉSTICO EN LA CUENCA DEL RÍO PORCE por Juliana Arango Ochoa. En este proyecto se determinó la huella hídrica del sector doméstico en la cuenca del río Porce. Los resultados que se obtuvieron en este proyecto aportaron al desarrollo del conocimiento pues se determinó la primera aproximación a

la huella hídrica en el departamento de Antioquia por medio del cálculo de la huella hídrica azul, verde y gris, por otra parte la información suministrada la obtuvieron de diversas fuentes primarias como la Gobernación de Antioquia y sus diferentes secretarías, Área Metropolitana, Corantioquia, entre otras, enfocándose en el sector doméstico, y a su vez permitió realizar una metodología que podrá aplicarse a cuencas de características similares. (Ochoa, 2013).

A su vez en el artículo, Evaluating the application of water footprint methods to primary metal production systems. Por S.A. Northey, N. Haque, R. Lovel, M.A. Cooksey se proporcionan ejemplos de métodos que considera el uso del agua en tres categorías: el uso del agua azul (agua dulce), el uso del agua verde (lluvia), y el uso de aguas grises (agua necesario para diluir agua descargada de las concentraciones de fondo de contaminantes), se pueden aplicar a los sistemas de minería, procesamiento de minerales y producción de metal, con un enfoque particular en el cobre, el oro y la producción de níquel. Métodos de huellas de agua se pueden utilizar en una variedad de maneras. El índice de estrés hídrico de diferentes zonas se puede utilizar para los sitios de referencia que operan en diferentes regiones y para entender los riesgos de abastecimiento de agua que enfrentan los principales productos minerales y metálicos. El proceso de preparación de una huella hídrica de una operación puede también revelar importantes oportunidades para el ahorro de agua en diferentes lugares. (S.A. Northey, December 2014). Otros estudios realizados en el exterior propiamente en China donde los autores Y.B. Wang, P.T. Wu, B.A. Engel, S.K. Sun, compararon la huella hídrica volumétrica y el estrés ponderado de productos de granos en China. El concepto de huella hídrica (Hh) vincula las formas físicas del agua que pueden ser utilizados para la investigación sobre el impacto en los recursos hídricos impuestos por las actividades de consumo o de producción humanas. Se calcula y compara dos huellas hídricas las cuales son huella hídrica volumétrica (los volúmenes de agua azul y el verde se combinan con el mismo peso) y el estrés ponderado de la huella hídrica (los volúmenes de agua azul y el verde se combinan con diferentes pesos) basado en los datos de uso del agua para la investigación de la productividad del agua para cultivos de trigo y su impacto sobre los recursos hídricos en cada región de China. Los resultados para la huella hídrica volumétrica y el estrés-ponderan Hh de productos de granos de cada región en China era muy diferente. La distribución espacial de estos dos huellas hídricas puede ayudar a la toma de decisiones para desarrollar las medidas de ahorro de agua,

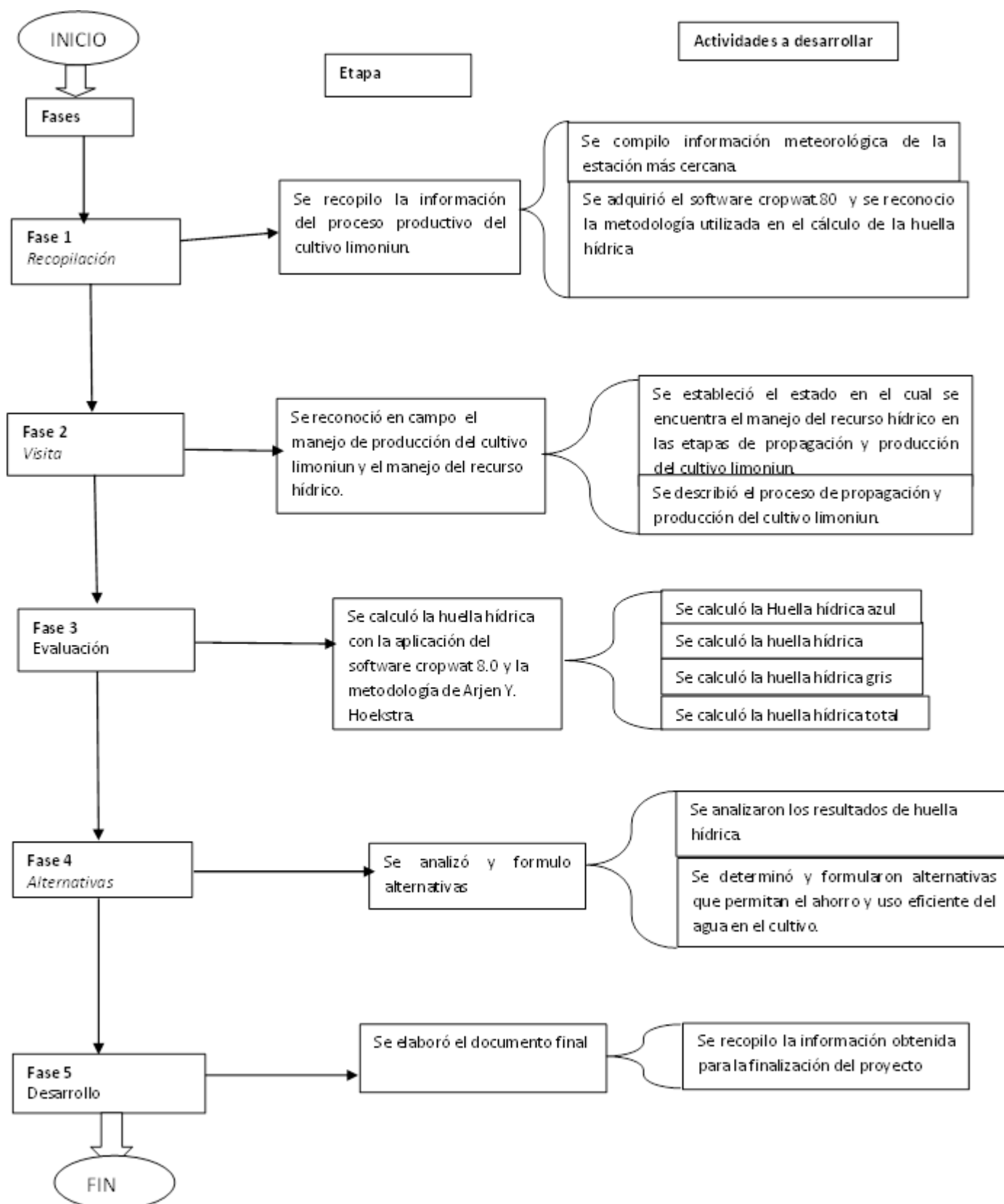
aliviar el estrés del agua y restaurar los ecosistemas de cada región en China (Y.B. Wanga, January 2015)

## **6 Metodología**

El proyecto se desarrolló aplicando una metodología cuantitativa con la que se buscó determinar el volumen de agua que se utiliza en cada uno de los procesos de producción del cultivo Limonium. La recolección de estos datos fue analizada y sistematizados en el software cropwat 8.0 facilitando el cálculo de la huella Hídrica Azul, Huella Hídrica verde. Para la Huella Hídrica gris se aplicó la metodología del Manual de Evaluación de la huella hídrica por Arjen Y. Hoekstra. A su vez se tuvo en cuenta que en la metodología circular se ejecutaron las fases del proyecto en bloques temporales cortos y fijos, Cada iteración tuvo como objetivo proporcionar un resultado completo para obtener los datos requeridos del producto final pudiendo devolver entre una fase y otra. Para la ejecución del proyecto se tuvo en cuenta las siguientes fases:

1. Recopilación.
2. Visita.
3. Evaluación.
4. Alternativas.
5. Desarrollo.

En la ilustración 2 se describe la metodología utilizada durante toda la ejecución del proyecto, describiendo cada fase de desarrollo con su respectiva actividad.



*Ilustración 2. Descripción de fases del proyecto. Fuente: Autores, 2015*

## 6.1 Área de estudio

### 6.1.1 Generalidades Meteorológicas del Municipio

El municipio disfruta de un clima frío en su totalidad de acuerdo a su relieve y altitud media de 2,665 metros, presentando en sus puntos más altos un clima de páramo. Como toda la altiplanicie de Bogotá y sus alrededores, el clima del territorio de Suesca es en general seco, la temperatura media es de 14° grados centígrados, aunque en sus alturas descienden hasta 6° grados o 0° (Hurtado, 2012).

### 6.1.2 Aspectos generales del Municipio

Suesca cuenta con una población económicamente activa del 50.13% según estadísticas DANE, Censo 2005. El 52% de las viviendas rurales ocupadas el día del censo 2005 tenían actividad agropecuaria, de ellas el 54.5% tienen actividad agrícola, el 0,7% actividad pecuaria, y el 87,5% actividad minera. Por otra parte El 8.2% de los establecimientos son de industria, comercio 57.7%, servicios 33.4% y el 0.6% otra actividad. (Hurtado, 2012)

Las principales fuentes de empleo son en su orden:

- Las empresas floricultoras, jornales agrícolas (papa).
- Explotaciones ganaderas.

Explotaciones mineras (carbón, canteras, chircales). (Hurtado, 2012)

### 6.1.3 Información general

En la tabla 2 se presentan los datos generales de la empresa donde se realizó el proyecto, en la cual se describen su razón social, su ubicación y la forma de contactar a la empresa.

*Tabla 2. Datos de la empresa flores Marnell S.A.S. Fuente: Autores, 2015*

<b>Razón social</b>	FLORES MARNELL S.A.S comercializadora internacional
<b>Municipio</b>	Suesca Cundinamarca
<b>Correo electrónico</b>	Marnellflores@hotmail.com

#### 6.1.4 Localización general

El municipio Suesca Cundinamarca se encuentra ubicado sobre la cordillera oriental con una población de 14,242 personas censadas, a 60 kilómetros al norte de la ciudad de Bogotá, limita por el noroccidente con Nemocon, Tausa, Cucunuba y Lenguazaque; y por el suroriente con Gachancipa, Sesquile y Choconta.

Se encuentra ubicada la empresa FLORES MARNELL S.A.S con las coordenadas  $5^{\circ}04'30.19''N$   $73^{\circ}48'57.60''O$ . A continuación se evidencia la imagen satelital de la empresa



*Imagen 2. Ubicación espacial de la empresa Marnell S.A.S. Fuente: Google Earth, año 2015.*

#### 6.2 Preceptos de la empresa

La empresa FLORES MARNELL S.A.S se encarga de cultivar y producir flores de la especie limonium, las cuales son exportadas gracias a convenios con diferentes países, el principal destino es Estados Unidos donde para épocas especiales como el día de san Valentín existe una gran demanda de este producto; la empresa importa directamente desde España la plántula para sembrarla en los cultivos que tiene dispuesta la empresa en Suesca Cundinamarca.

La empresa actualmente cuenta con veinticuatro trabajadores en sus instalaciones los cuales desarrollan actividades importantes como son: siembra, recolección de maleza de forma manual, fumigación, corte y clasificación de flores, despacho de

ramos, revisión e inspección de los cultivos, y otras personas encargadas del área administrativa.

### **6.2.1 Misión de la Empresa**

Promover el bienestar de los trabajadores de la empresa FLORES MARNELL S.A.S mediante la implementación del sistema de gestión, salud y seguridad en el trabajo en donde se logre mejorar el ambiente de trabajo, identificando, controlando y mitigando los factores de riesgo laboral que representen un peligro dentro de la empresa , garantizando así unas mejores condiciones para los trabajadores en sus espacios laborales, un mayor confort a cada trabajador, por otra parte ser conocidos por la calidad de nuestros productos, satisfaciendo las necesidades y expectativas de los clientes en el ámbito internacional. (Flores Marnell S.A.S, 2015)

### **6.2.2 Visión de La Empresa**

Alcanzar en mayores proporciones con un tiempo prudencial, el óptimo desarrollo en donde logremos generar un ser integral y eficiente para cada labor, por medio de un gran cambio en su vida laboral en donde la implementación de una cultura de promoción y prevención, mejore nuestra calidad de vida (Flores Marnell S.A.S, 2015)

### **6.2.3 Objetivo general de la Empresa**

Generar y establecer una serie de métodos eficaces y así poder controlar y mitigar los efectos perjudiciales para la salud por medio del diseño de un sistema de gestión, salud y seguridad en el trabajo (acorde a la legislación ), en el cual se pueda identificar y reconocer todo aquel peligro que provoque efectos negativos en el estado físico o mental de nuestros colaboradores, generando una cultura de autocuidado con la cual logremos reducir los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales, fomentando un mejor estilo de vida que contribuirá de una manera óptima a nuestro estado general de salud. (Flores Marnell S.A.S, 2015)

## **7 Instalaciones y área administrativa**

La empresa flores MARNELL S.A.S cuenta con un área total de 5 Ha de las cuales 0.5 Ha son de la parte administrativa y 4.5 para el área de producción de la especie limonium, en donde se encargan diariamente de tener el control, listado de la

producción y el desempeño del cultivo; para el desarrollo de estas actividades la empresa cuenta con los siguientes recursos físicos los cuales son:

- Oficinas
- Área de recepción de flores
- Área de recepción de plántulas
- Baños
- Área de corte de flores
- Parqueaderos
- Área de producción (invernaderos)
- Área de descanso (pastos)
- Área de despacho

## **8 Proceso de producción cultivo de Limonium en invernadero**

La empresa de FLORES MARNELL S.A.S destina 4.5 hectáreas para el cultivo, la plántula pasa por las siguientes etapas y procesos para el desarrollo de la flor:

- a) Disposición y recepción de plántulas
- b) Preparación y adecuación del suelo
- c) Plantación y distribución
- d) producción
- e) Corte y clasificación
- f) Despacho
- g) Requerimientos hídricos
- h) Residuos del proceso de corte

### **8.1 Disposición y recepción de las plántulas**

La plántula del Limonium es importada desde España para posteriormente sembrar y adecuar el terreno, en diciembre se realiza el pedido para que en junio llegue la materia prima a la empresa, la cual se almacena en el área de recepción de plántulas, se necesitan alrededor de 16,000 plántulas en cada una de las siembras. (Flores Marnell S.A.S, 2015)

En la imagen 3 se observan las plántulas de la especie Limonium importadas.



*Imagen 3. Plántulas de Limonium, Fuente: Autores, año 2015.*

## **8.2 Preparación y adecuación del suelo**

Para garantizar que el crecimiento de la flor sea óptimo, para estos cultivos se cuenta con un suelo arenoso el cual se dispone en diferentes camas recubiertas por una geomembrana y se abren los huecos de una profundidad de 0.15 a 0.20 metros para sembrar las plántulas de la especie y hacer la irrigación para el crecimiento de esta.

La arena es un sustrato inerte que permite que diferentes microorganismos no afecten la planta y es un medio no apto para su desarrollo, por este motivo es necesario estar irrigando constantemente y tener la humedad suficiente para su desarrollo.

Cuando la planta de Limonium cumple con su periodo de producción la empresa se encarga de adecuar el suelo para la nueva siembra de plántulas; a los suelos se les aplica “bromuro de bencilo” para eliminar todos los microorganismos y patógenos presentes en el suelo, posteriormente se siembra una lechuga cuyo crecimiento normal es un indicador de que no queda nada de este componente en el suelo y no pueda perjudicar el cultivo de Limonium. (Flores Marnell S.A.S, 2015)

## **8.3 Plantación y distribución**

La plantación se realiza en los meses de junio y marzo momento en el cual el suelo ya ha sido preparado y adecuado para sembrar las plántulas de Limonium, estas se deben plantar en hileras dobles, a intervalos de 0.30 m de ancho x 0.30 m de largo, una planta de la otra, en filas de 0.50 m de ancho y 32 m de largo. (Flores Marnell S.A.S, 2015)

Para proteger las plántulas se cubren por encima y por debajo con una geomembrana para así contener cada cama buscando que al irrigar las plántulas no se pierda el agua y los productos que se le aplican para su crecimiento. Los tallos de la planta *Limonium* tienden a torcerse por lo que se coloca una malla para corregir esta tendencia.

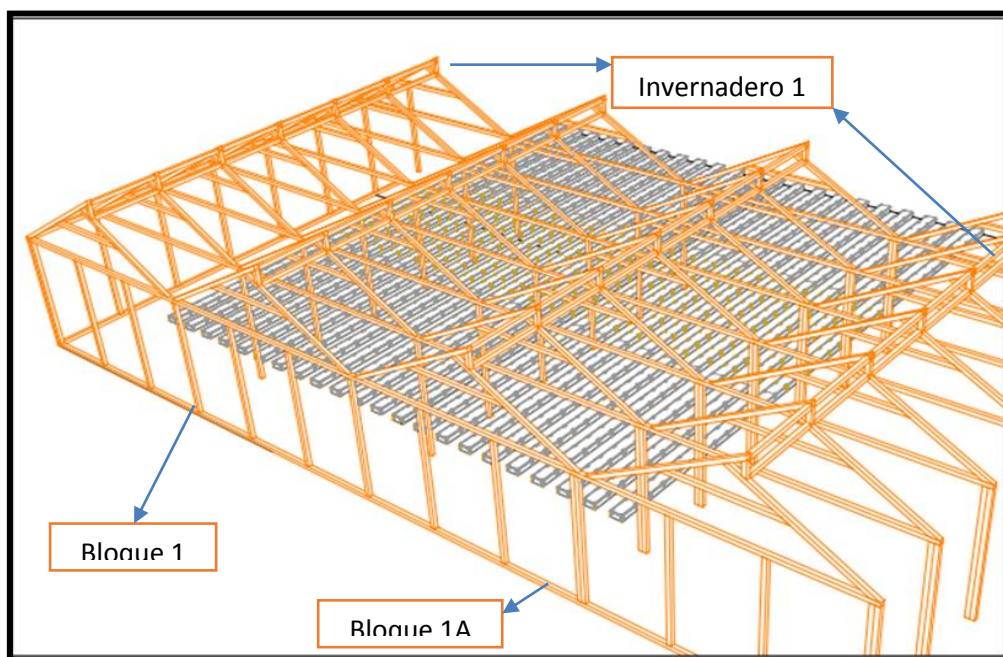
En la imagen 4. Se presenta las plántulas que se encuentran en el proceso de plantación de la flor en la empresa FLORES MARNELL S.A.S.



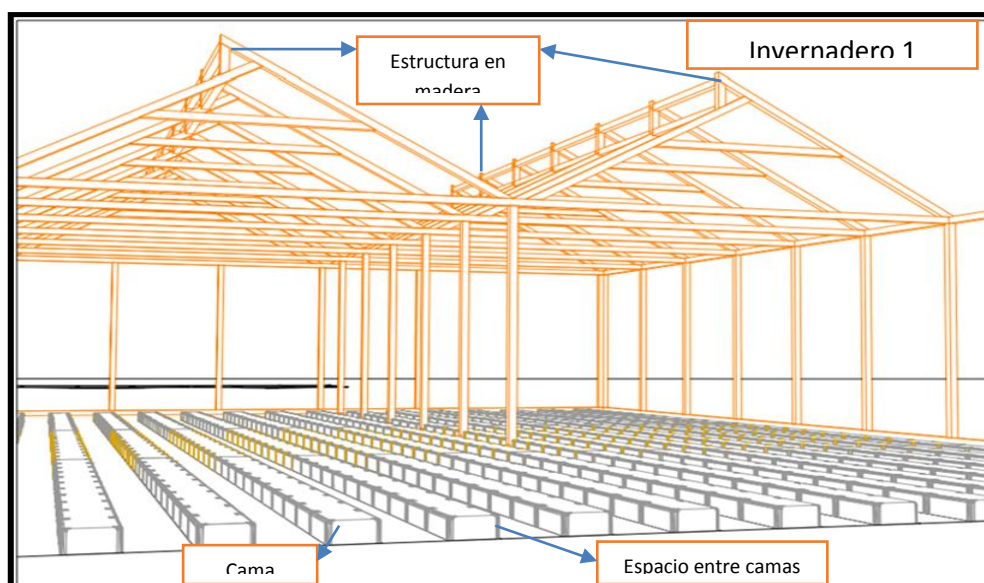
*Imagen 4. Etapa de plantación de Limonium. Fuente: Autores, año 2015.*

La distribución del interior de uno de los invernaderos se muestra en las imágenes 5 y 6; se debe tener en cuenta que los otros invernaderos tienen la misma estructura y solo cambia el área de siembra.

Los invernaderos se encuentran divididos por bloques, delimitando así las áreas dispuestas para sembrar y tener un control sobre su posterior comercialización.



*Imagen 5. Distribución del invernadero. Fuente: Autores, año 2015*



*Imagen 6. Vista de las camas de limonium dentro del invernadero. Fuente: Autores, año 2015.*

En la tabla 3 se muestra el número de camas que se encuentra en cada bloque de los invernaderos de la empresa.

*Tabla 3. Número de camas de cada bloque. Fuente: Autores, año 2015.*

<b>BLOQUES</b>	<b>NUMERO DE CAMAS</b>
<b>Bloque 1</b>	200
<b>Bloque 1 A</b>	220

<b>Bloque 2</b>	280
<b>Bloque 3</b>	100
<b>Bloque 3 A</b>	100
<b>Bloque 4</b>	320
<b>TOTAL 1220</b>	

Una cama tiene 33 m de longitud por 0.50 m de ancho, habiendo una distancia entre cada cama de 0.60 m, por lo cual el área de cada cama es 16.5 m<sup>2</sup>.

#### 8.4 Producción

Para el crecimiento óptimo del Limonium es necesario una temperatura durante el día de 22 a 27 °C y en las noches de 12 a 16 °C, para mantener estas condiciones la empresa cuenta con 4 invernaderos los cuales garantizan que la flores pueden crecer y desarrollarse más rápido, estos se distribuyen de la siguiente forma.

En la etapa de producción de la empresa utiliza 750 L por cama diarios, lo cual evita la deshidratación de las plantas ya que al deshidratarse se puede presentar como resultado tallos cortos y menor número de flores, a su vez al haber un exceso de agua en las camas de flores provoca un déficit de oxígeno llevando así a la planta a parar su crecimiento por lo que en la empresa se tiene un constante seguimiento en el cultivo para garantizar que las condiciones de humedad (esto se realiza mediante la extracción manual por parte de un operario mediante el tacto buscando determinar si hay necesidad de irrigar o por el contrario cesar esta misma) de la planta sean las adecuadas para su desarrollo.

Para el control de la floración y que el crecimiento vegetativo no sea excesivo, se deben vigilar los niveles de fertilizantes en todo momento, la empresa utiliza dos fertilizantes los cuales se aplican a diario al cultivo; mensualmente se usan 1,500 L de fertilizante amortiguador y 6,000 L de Agribis que garantizan la cantidad necesaria de nutrientes como N, P, K, Fe, y Mn, de estos no se tienen concentraciones específicas al ser un producto que se adquiere y que se agrega gracias a estudios ya realizados anteriormente, en los cuales se estableció la cantidad a agregar de cada fertilizante al cultivo.

El Limonium puede ser afectado por numerosas plagas entre ellas, pulgones, orugas y arañas, para evitar plagas y enfermedades en el cultivo, la empresa cuenta con productos como SIS hipotensorbezyl, wuzalcalcio, vertimec, amistar; en la empresa FLORES MARNELL S.A.S destinan el agua que sale de todo el proceso de producción de la flor para irrigar pastos de la propiedad que luego son aprovechados por animales que viven dentro del cultivo. (Flores Marnell S.A.S, 2015)

La imagen 7 fue tomada en la empresa donde se ve el crecimiento de la especie Limonium en uno de los invernaderos.



*Imagen 7. Etapa de Producción de la flor Limonium Fuente: Autores, año 2015.*

## **8.5 Corte y clasificación**

El corte y la recolección se hacen en el mes de abril para exportar en mayo para las festividades del día de la madre, la segunda recolección se hace en el mes de enero para exportar en el mes de San Valentín el cual se celebra en Estados Unidos.

Finalmente el personal de la empresa se encarga del corte y la elaboración de los ramos, los días lunes, miércoles y viernes. Cada ramo tiene un peso de 300 g para su posterior comercialización al exterior. Al mes se producen alrededor de 15,000 a 20,000 ramos como mínimo. (Flores Marnell S.A.S, 2015)

La imagen 8 evidencia el área de recepción y corte de las flores en donde los trabajadores de la empresa alistan los ramos para su comercialización.



*Imagen 8. Etapa de Corte y Clasificación. Fuente: Autores, año 2015*

## **8.6 Despacho**

Actualmente la empresa tiene clientes en Estados Unidos donde exportan las flores de la especie *Limonium* para las fechas de San Valentín y el día de las madres, el mercado tiene una gran demanda, pues al ser unas flores tan coloridas y poco vistas son muy apetecidas por los compradores, estas flores son comúnmente utilizadas para la elaboración de bouquets. (Flores Marnell S.A.S, 2015)

La empresa antes de realizar los despachos deben garantizar que cada ramo pese 300 g por lo que antes de exportarse deben ir con un peso adicional de agua en sus tallos para que al transportarse y evaporarse el agua de estas flores no baje tanto el peso y pueda cumplirse con el peso requerido en los países a los cuales se exportan las flores de la especie *limonium*. (Flores Marnell S.A.S, 2015)

## **8.7 Requerimientos hídricos**

En la empresa FLORES MARNELL S.A.S se utiliza agua proveniente del río Bogotá para hacer el riego en los cultivos, esta agua se tiene almacenada en unos canales que están ubicados dentro de la empresa donde por medio de bombas hidráulicas, se distribuye hacia los diferentes invernaderos, por medio de tubería espina de pescado para garantizar una irrigación por goteo a las diferentes camas de flores de la especie *limonium*; por otra parte se aprovecha el agua lluvia la cual es almacenada en un tanque de 1,100 L, este tanque se limpia periódicamente cada mes y se remueven los

residuos, posteriormente se distribuye el agua por bombeo. Se utiliza un 34% total de agua precipitada y un 66% de agua superficial según la empresa flores MARNELL S.A.S. (Flores Marnell S.A.S, 2015)

A continuación se presenta la imagen 9 tomada dentro de la empresa en donde se ve almacenada el agua proveniente del rio Bogotá y se conducen hacia los diferentes invernaderos ubicados dentro de la empresa.



*Imagen 9. Canal de almacenamiento del agua. Fuente: Autores, año 2015*

La cantidad de agua lluvia utilizada para el riego se cuantificó por medio de los datos proporcionados por la estimación meteorológica de la estación carrizal de Suesca Cundinamarca para la precipitación media anual.

La tabla 4 muestra los datos requeridos para determinar la cantidad de agua lluvia aprovechada en el proceso productivo

*Tabla 4. Variables para cantidad de agua lluvia aprovechada. Fuente: (Flores Marnell S.A.S, 2015)*

VARIABLE	VALOR
Porcentaje de uso de aguas lluvias para riego	34%
Numero de semanas totales que dura el proceso producción	80 semanas
Precipitación Media anual	734.47 mm/año

*% Agua de lluvia aprovechada para el riego del proceso productivo*

$$= 734,47\text{mm/año} \times 1,7\text{años} \times 0.34 = \mathbf{424.52mm}$$

## 8.8 Residuos del proceso de corte

Los residuos de la planta (hojas, plantas enfermas, tallos) son utilizados como compost en otra empresa y los tarros de los químicos aplicados se los lleva una empresa encargada de recoger estos residuos peligrosos. Los residuos generados por las oficinas son insignificantes y son recogidos por personal externo que se encargan del reciclaje en una vereda cercana.

## 9 Software cropwat 8.0

El software CROPWAT 8.0 es un programa informático para calcular las necesidades de agua de los cultivos con ayuda de datos reales, la razón principal del uso de este software es que permite calcular las cantidades correspondientes a la evapotranspiración.

La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) representa la evaporación potencial de un bien regado en cultivos de hierba. Las necesidades de agua de los cultivos están directamente vinculadas a parámetros meteorológicos los cuales se abordan en el numeral 8.1

### 9.1 Datos requeridos para el software cropwat 8.0

#### 9.1.1 Datos Meteorológicos

Para el modelamiento del SOFTWARE CROPWAT 8.0 se requieren los datos de temperatura máxima y mínima (°C), velocidad del viento (m/s), radiación solar, horas promedio de sol al día, precipitación y localización.

- I. **Localización:** Fue necesario conocer la altura (msnm) y ubicación geográfica, latitud y longitud de la estación meteorológica CARRIZAL de Suesca Cundinamarca (ver tabla 5) debido a que es la estación más cercana al cultivo de Limonium, con estos datos el programa ayuda a ajustar la presión atmosférica local.

**Tabla 5. Localización de la estación meteorológica carrizal de Suesca Cundinamarca. Fuente: Autores, año 2015**

ESTACIÓN : 2401515 CARRIZAL								
	GRA	SEG	MIN	DIR				
<b>Latitud</b>	5	12	14.3	N	<b>Departamento</b>	CUNDINAMARCA	<b>Corriente</b>	LAG. SUESCA
<b>Longitud</b>	73	46	03.3	W	<b>Municipio</b>	SUESCA	<b>Cuenca</b>	LAG. SUESCA
<b>Elevación</b>	2879m.s.n.m							

- II.** La fórmula FAO Penman-Montheit requiere los valores de temperatura máxima y mínima promedio mensual en grados centígrados (°C), la velocidad promedio mensual del viento en metros por segundo (m/s), humedad relativa promedio mensual expresada como porcentaje (%), insolación en horas (h) y precipitación (mm) como se representa en la tabla 6.

**Tabla 6. Variables meteorológicas de la zona de estudio entre 1992 y 2014 (sumatoria medias mensuales). Fuente: Autores, año 2015**

Temperatura						
MESES	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Humedad (%)	Viento (m/s)	Insolación (Horas)	Precipitación (mm)
ENE	20.34	1.73	65.23	1.61	10.36	34.44
FEB	20.2	1.99	71.69	1.65	8.95	38.08
MAR	22.14	3.3	69.23	2.10	8.27	76.16
ABR	21.28	4.61	77.08	1.65	7.19	72.42
MAY	20.15	4.63	79.15	1.65	6.64	63.72
JUN	17.94	4.27	74.23	1.98	6.63	47.92
JUL	15.62	3.53	69.15	1.86	7.27	65.09
AGO	17.38	3.58	74.77	1.44	7.63	54.74
SEP	18.54	3.26	65.38	1.40	7.81	43.71
OCT	19.51	3.38	65.23	1.30	8.37	78.62
NOV	19.91	3.31	65.15	1.62	8.51	64.09
DIC	19.78	2.75	63.31	1.62	8.91	38.98

*mensuales). Fuente: Autores, año 2015*

### 9.1.2 Requerimientos del suelo

Para estimar los requerimientos de agua del cultivo bajo condiciones ideales de crecimiento, fue necesario conocer ciertas características de la especie Limonium, desde su siembra hasta su cosecha, entre ellas están:

- Etapas de crecimiento (duración en días)
- Coeficiente de cultivo ( $K_c$ )
- Factor de respuesta de la productividad ( $K_y$ )
- Profundidad radicular (m)
- Altura máxima del cultivo (m)
- Fracción de agotamiento hídrico ( $p$ ).

*I. Fecha de siembra:* La fecha de siembra del cultivo de Limonium en conjunto con la duración de las etapas de crecimiento, permite calcular la fecha de cosecha, en la tabla 7 se presentan los meses en que la empresa FLORES MARNELL S.A.S siembra la especie Limonium.

*Tabla 7. Meses de siembra y cosecha del cultivo Limonium. Fuente: Autores, año 2015*

Etapas	Meses	
siembra	junio	marzo
cosecha	abril	enero

*II. Etapas de crecimiento:*

a) Etapa inicial:

La etapa inicial está comprendida entre la fecha de siembra y el momento que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de cobertura del suelo. La longitud de la etapa inicial depende en gran medida del tipo de cultivo, la variedad del mismo, la fecha de siembra y del clima. El final de la etapa inicial ocurre cuando la vegetación verde cubre aproximadamente un 10% de la superficie del suelo. Para cultivos permanentes, la fecha de siembra es reemplazada por el momento en que aparecen las primeras hojas. (Estudio FAO Drenaje y Riego, 2006).

b) Etapa de desarrollo del cultivo:

La etapa de desarrollo del cultivo está comprendida desde el momento en que la cobertura del suelo es de un 10% hasta el momento de alcanzar la cobertura efectiva completa. Para una gran variedad de cultivos, el estado de cobertura completa ocurre al inicio de la floración. (Estudio FAO Drenaje y Riego, 2006).

c) Etapa de mediados de temporada:

La etapa de mediados de temporada comprende el período de tiempo entre la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. El comienzo de la madurez está indicado generalmente por el comienzo de la vejez, amarillamiento o senescencia de las hojas, caída de las hojas, o la aparición del color marrón en el fruto, hasta el grado de reducir la evapotranspiración del cultivo en relación con la ETo de referencia. La etapa de mediados de temporada representa la etapa más larga para los cultivos permanentes y para una gran variedad de cultivos anuales, siendo relativamente corta para los cultivos hortícolas que son cosechados frescos para aprovechar su vegetación verde. (Estudio FAO Drenaje y Riego, 2006).

d) Etapa de finales de temporada:

La etapa final o tardía de crecimiento comprende el período entre el comienzo de la madurez hasta el momento de la cosecha o la completa senescencia. (Estudio FAO Drenaje y Riego, 2006).

En la tabla 8 se presentan las etapas de crecimiento de la especie *Limonium* que corresponden a la duración en días de las cuatro etapas del ciclo del cultivo, estas etapas son: inicial, desarrollo, medios de temporada y etapa final o de cosecha, Descritas anteriormente.

**Tabla 8. Etapas de crecimiento del cultivo de *Limonium*. Fuente: Autores, año 2015**

Etapas de crecimiento	Propagación ( días )	Producción ( días )
<b><i>Inicial</i></b>	1	54
<b><i>Desarrollo</i></b>	60	310
<b><i>Medio</i></b>	90	270
<b><i>Fin de temporada</i></b>	180	69

### ***III. Coeficiente de cultivo (kc).***

Describe las variaciones en la cantidad de agua consumida por las plantas a medida que se desarrollan. En cultivos agrícolas este coeficiente varía desde la siembra hasta la recolección. En este periodo se diferencian cuatro fases de cultivo para las que, en general, se dispone de valores tabulados de Kc, aunque lo ideal sería disponer de valores del coeficiente de cultivo para cada uno de ellos, obtenidos en la zona. (Antonio Martín Rodríguez, 2012)

Para estimar los requerimientos hídricos del cultivo de Limonium fue necesario conocer los coeficientes de cultivo inicial, de media temporada y de la etapa final de crecimiento. De acuerdo con la información suministrada por la empresa, estos valores no han sido calculados, fue necesario realizar una revisión bibliográfica donde se encontró y determinó los valores de coeficientes del cultivo de Limonium en el libro (Antonio Martín Rodríguez, 2012) . En la tabla 9 se presenta los datos de Kc utilizados para la especie Limonium en cada etapa de desarrollo del cultivo.

***Tabla 9. Coeficientes de cultivo KC en cada etapa de desarrollo del cultivo Limonium. Fuente: Antonio Martín Rodríguez, 2012***

<b>Kc Inicial</b>	<b>Kc Medio</b>	<b>Kc Final</b>
0,2	0,3	0,32

### ***IV. Factor de respuesta de la productividad (ky):***

El valor de Ky tiene como objetivo predecir el efecto del estrés hídrico (cuando la demanda de agua es más importante que la cantidad disponible durante un periodo determinado) y la correspondiente reducción en el valor de ETc en la productividad del cultivo.

Debido a que la empresa no tiene este dato se recurrió a fuentes bibliográficamente y se tomó un valor de  $Ky = 1$ . (Estudio FAO Drenaje y Riego, 2006)

### ***V. Fracción de agotamiento hídrico (p):***

Corresponde a la fracción promedio del agua total disponible en el suelo (ADT) que puede ser agotada de la zona radicular antes de que el cultivo presente estrés hídrico. Ya que la empresa no cuenta con este valor se tomó la profundidad máxima y mínima del cultivo de Limonium 20-35 cm, se maneja un porcentaje del 30 % de

acuerdo con los estudios de la FAO de drenaje y riego. (Estudio FAO Drenaje y Riego, 2006)

#### **VI. Profundidad radicular**

La profundidad radicular inicial y máxima (ver tabla 10) de la especie limonium, permite que la profundidad de las raíces determinen la capacidad del cultivo para aprovechar las reservas de agua presentes en el suelo, los datos de este parámetro fueron suministrados por la empresa FLORES MARNELL S.A.S.

*Tabla 10. Profundidades radiculares del cultivo Limonium. Fuente: Empresa, año 2015.*

<i>Profundidad radicular máxima</i>	<i>Profundidad radicular mínima</i>
0.20 m	0.35 m

#### **VII. Altura máxima del cultivo**

La altura máxima de la especie Limonium es de un metro, este dato fue suministrado por la empresa. Este parámetro permite que el SOFTWARE CROPWAT 8.0 ajuste los valores del coeficiente del cultivo ( $K_c$ ).

### **9.2 Resultados del software cropwat 8.0**

Para el desarrollo y ejecución de este proyecto se utilizó la metodología definida por Hoekstra & Chapagain descrita en el manual “The Water Footprint Assessment Manual” en donde se tuvieron algunas consideraciones para los cálculos requeridos.

La escala temporal utilizada para los datos trabajados fueron equivalentes a un año, por lo cual los resultados mostrados a continuación, es decir las cantidades de cada Huella Hídrica y los resultados intermedios para su estimación, son anuales.

- Modelación programa CROPWAT 8.0
- Clima (evapotranspiración potencial  $ET_0$ )

La ilustración 3, muestra para cada mes, las condiciones climáticas y atmosféricas presentes de la estación meteorológica de Carrizal entre el año 1992 y 2014.

The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith Mensual' window. The location is set to Carrizal, Colombia, at an altitude of 2879 m, latitude 5.12°N, and longitude 73.46°W. The table below displays monthly climate data and the calculated reference evapotranspiration (ET<sub>0</sub>).

Month	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidity %	Wind m/s	Sun horas	Rad MJ/m²/día	ET <sub>0</sub> mm/día
January	1.7	20.3	65	1.6	10.4	23.7	3.94
February	2.0	20.2	72	1.7	9.0	22.7	3.81
March	3.3	22.1	69	2.1	8.3	22.3	4.15
April	4.6	21.3	77	1.7	7.2	20.5	3.70
May	4.6	20.1	79	1.7	6.7	19.0	3.37
June	4.3	17.9	74	2.0	6.7	18.5	3.23
July	3.5	15.6	69	1.9	7.3	19.5	3.20
August	3.6	17.4	74	1.4	7.7	20.8	3.36
September	3.3	18.5	65	1.4	7.9	21.5	3.66
October	3.4	19.5	65	1.3	8.4	21.9	3.72
November	3.3	19.9	65	1.6	8.5	21.0	3.66
December	2.8	19.8	63	1.6	8.9	21.1	3.63
Average	3.4	19.4	70	1.7	8.1	21.0	3.62

*Ilustración 3 .Datos Climáticos y Atmosféricos (ET<sub>0</sub>). Fuente: Programa Cropwat 8.0, año 2015.*

Como se indica en la ilustración 3 la evapotranspiración de referencia promedio para este cultivo es de  $ET_0 = 3.62 \text{ mm/día}$ , con este dato se calcularon las huellas hídricas azul y verde.

### Precipitación Efectiva

La ilustración 4 muestra los resultados de precipitación efectiva para la zona de Carrizal.

Los resultados evidencian que durante 6 meses del año existe precipitación efectiva donde supera los 50 mm, esto indica buenos niveles de agua para el cultivo, sobre todo con relación a las necesidades medias de los cultivos de este estudio.

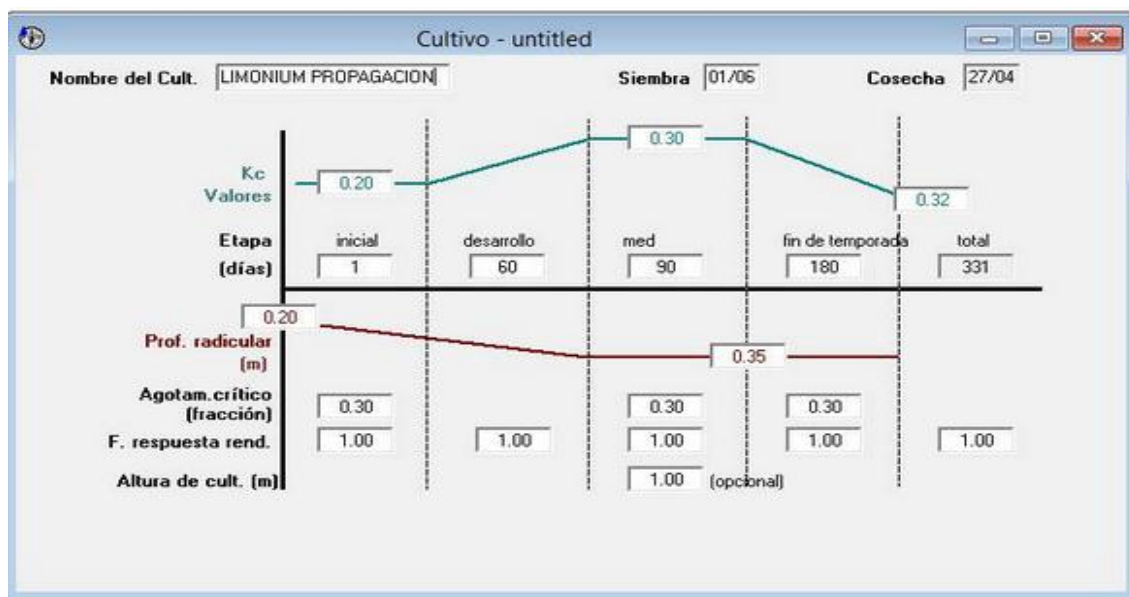
The screenshot shows the 'Precipitación mensual' window. The location is Carrizal, and the method used is 'Método USDA S.C.'. The table below displays monthly precipitation and effective precipitation.

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	34.4	32.5
Febrero	38.1	35.8
Marzo	76.2	66.9
Abril	72.4	64.0
Mayo	63.7	57.2
Junio	47.9	44.2
Julio	65.1	58.3
Agosto	54.7	49.9
Septiembre	43.7	40.7
Octubre	78.6	68.7
Noviembre	64.1	57.5
Diciembre	39.0	36.5
Total	678.0	612.4

*Ilustración 4 Precipitación efectiva media según datos de la estación Carrizal entre 1992 y 2014. Fuente: Programa Cropwat 8.0, año 2015.*

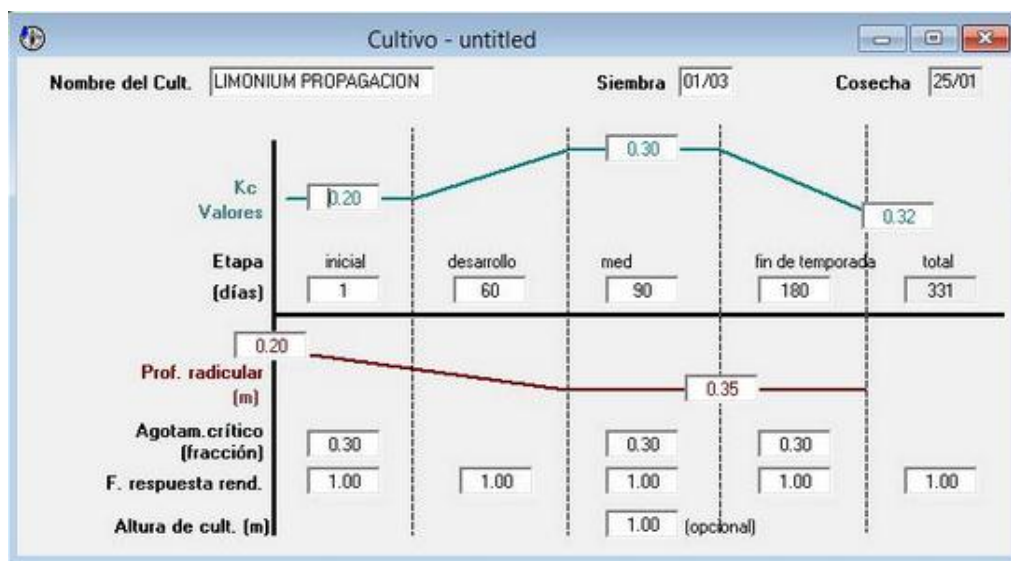
## Cultivo

Para esta parte, se corrió dos veces el modelo, uno para la modelación del Limonium en su fase de propagación y otro para la fase de producción, con los días necesarios de esta etapa, el coeficiente de cultivo, la profundidad radicular entre otros datos necesarios para esta parte del modelo, tal como lo muestra la ilustración 5 y 6.



*Ilustración 5. Fase de Propagación del Limonium. Fuente: Programa Cropwat 8.0, año 2015.*

En esta fase se tomó como fecha de siembra el primero de junio, tal como lo indicó la empresa, para que su cosecha se recoja el 27 abril con la intención de exportar la flor en el mes de mayo para el día de las madres.



*Ilustración 6. Fase de Producción del Limonium . Fuente: Programa Cropwat 8.0, año 2015.*

Para la fase de producción se tomó como fecha el 1 de marzo, tal como lo indicó la empresa, para que su cosecha se recoja el 25 de enero del otro año con la intención de exportar la flor en el mes de San Valentín, esta fase es más larga que la fase de propagación.

### Suelo

El suelo requerido para el cultivo de Limonium es un medio con características de tipo arenoso, en la ilustración 7 se puede observar las características del suelo del cultivo según el archivo que se registra en el programa Cropwat 8.0 y referencias bibliográficas.

*Ilustración 7. Características del Suelo Arenoso Fuente: Programa Cropwat 8.0, año2015.*

Nombre del suelo		
Nombre del suelo: Arena		
Datos generales de suelo		
Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	46.8	mm/metro
Tasa maxima de infiltración de la precipitación	90	mm/día
Profundidad radicular máxima	35	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	46.8	mm/metro

### Determinación de humedad de suelo

La humedad del suelo es fundamental para garantizar el crecimiento de la especie limonium. Para determinar el valor de humedad de suelo (CC-PMP) se determinaron de acuerdo a las respectivas ecuaciones que se muestran a continuación.

- Capacidad del campo ( CC)

Es la cantidad de agua máxima que el suelo puede retener, medida 48 horas después de una lluvia o riego (el contenido de agua continúa descendiendo a medida que pasa el tiempo). (Agronomía, 2000).

La fórmula fue obtenida por los señores Bodman y Mahmud.

$$CC\% = 0.023(\%arena) + 0.25(\%limo) + 0.61(\%arcilla) \quad (\text{Ecuación 1.})$$

$$CC\% = 0.023(100) + 0.25(0) + 0.61(10)$$

$$CC\% = 8.4 \%$$

- Punto de marchitez permanente (PMP)

Es el contenido de agua retenida a una tensión de 15 bar. Su valor depende del tipo de suelo. Este es el límite de tensión hasta el cual una planta, adaptada a condiciones medias de humedad, puede extraer agua. (ASOCOLFLORES, 2009)

La fórmula con la cual se realizó el modelo fue con la de Máximov.

$$PMP\% = 0.001(\%arena) + 0.12(\%limo) + 0.57(\%arcilla) \quad (\text{Ecuación 2.})$$

$$PMP\% = 0.001(100) + 0.12(0) + 0.57(10)$$

$$PMP\% = 5.8\%$$

Con los cálculos obtenidos se determina en la tabla 11 el tipo de suelo para el cultivo de la flor de Limonium, ubicando el porcentaje de capacidad del campo (%CC) y el punto de marchitez permanente (%PMP). Sabiendo que el %PMP es igual a CMP(%) de la tabla.

**Tabla 11. Propiedades físicas de los suelos. Fuente. (Depto. de Suelos y Aguas, 2009)**

Textura	Porosid. total (%)	DA (g cm <sup>-3</sup> )	CC (%)	CMP (%)	Agua disponible		
					H% p.s.	H% vol	H mm 10 cm <sup>-1</sup>
Arenoso	38	1.65	9	4	5	8	8
	(32-42)	(1.55-1.8)	(6-12)	(2-6)	(4-6)	(6-10)	(7-10)
Franco-arenoso	43	1.5	14	6	8	12	12
	(40-47)	(1.4-1.60)	(10-18)	(4-8)	(6-10)	(9-15)	(9-15)
Franco	47	1.4	22	10	12	17	17
	(43-49)	(1.35-1.5)	(18-26)	(6-10)	(10-14)	(14-20)	(14-19)
Franco-arcilloso	49	1.33	27	13	14	19	19
	(47-51)	(1.3-1.4)	(23-31)	(12-15)	(12-16)	(16-22)	(17-22)
Arcillo-Arenoso	51	1.3	31	15	16	21	21
	(49-53)	(1.25-1.35)	(27-35)	(14-18)	(14-18)	(18-23)	(18-23)
Arcilloso	53	1.25	36	17	18	23	23
	(51-55)	(1.2-1.3)	(31-39)	(16-20)	(16-20)	(20-25)	(20-25)

- Se remplazan en la ecuación 3.

$$la \left( \frac{mm}{m} \right) = \frac{CC\% - PMP\%}{100} \times DA \times 1000 \quad (\text{Ecuación 3.})$$

Donde La = lámina almacenable (mm/m).

CC = capacidad de campo (%).

PMP = punto de marchitez permanente (%);

Da = 1.87 densidad aparente de la arena (gr/cm<sup>3</sup>).

$$la \left( \frac{mm}{m} \right) = \frac{8.4 - 5.8}{100} \times 1.65 \times 1000 = 46.75 \approx 46.8 \frac{mm}{m}$$

### Requerimiento Hídrico del Cultivo (UAC)

En la tabla 12 se presenta los valores de la evapotranspiración del cultivo (ETc), determinada por el programa Cropwat 8.0 para el cultivo de Limonium en sus etapas de propagación y producción. Los resultados del programa se encuentran en el anexo 1.

*Tabla 12. Evapotranspiración del cultivo por etapas. Fuente. Autores, año 2015.*

ETAPA DEL CULTIVO	EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ETc) (mm/dec)	CULTIVO
<b>Etapas Propagación</b>	372.5	LIMONIUM
<b>Etapas de Producción</b>	823.8	
<b>Total ETc del Cultivo</b>	1,196.3	

### Requerimiento de Riego del Cultivo

Obtenidos los requerimientos hídricos del cultivo y la precipitación efectiva del lugar estudiado (empresa de flores Marnell S.A.S ) a través del programa Cropwat 8.0, se determinaron los requerimientos de riego (UACriego) para cada etapa: propagación y producción.

En las tablas del anexo 1 se presenta los UACriego obtenidos para cada mes de acuerdo a número de décadas y las etapas correspondientes.

A continuación con la información entregada por la empresa sobre el número de camas del cultivo y la cantidad de agua utilizada, medidos en litros por cada semana, se calculó el requerimiento de agua por las dos etapas del cultivo, por medio de los datos presentados en la tabla 13:

*Tabla 13. Datos requeridos para calcular el AUCriego. Fuente. Autores, año 2015*

VARIABLE	VALOR	VALOR TOTAL
Numero de Camas	1,220 camas	1,220 camas
Cantidad de agua utilizada	750 l/dia	5,250 l/semana

El número de camas para el cultivo de Limonium se muestra en la tabla 13, valor que se multiplica por el número de hectáreas cultivadas por la empresa para obtener el total de camas en todo el cultivo de Limonium, esta multiplicación se realizó basado en los datos suministrado por la empresa en las 5 hectáreas del cultivo solo en 4.5 Ha se cultiva Limonium por lo cual se tiene un total de 1,220 camas.

- *$UAC_{riego}$  para la etapa de propagación.*

$$UAC_{riego}m^3 = \frac{5,250 \text{ l}}{\text{cama semana}} \times 1,220 \text{ camas} \times 40 \text{ semanas} \times \frac{1m^3}{1,000l} = 256,200m^3 \quad (\text{Ecuación 4.})$$

- *$UAC_{riego}$  para la etapa de producción.*

$$UAC_{riego}m^3 = \frac{2,625 \text{ l}}{\text{cama semana}} \times 1,220 \text{ camas} \times 40 \text{ semanas} \times \frac{1m^3}{1,000l} = 128,100m^3 \quad (\text{Ecuación 5.})$$

Para el cálculo del requerimiento de riego ( $UAC_{riego}$ ) en la etapa de producción se toma la mitad de cantidad de agua utilizada en la etapa de propagación debido a que esta etapa requiere más agua para que la planta crezca y se desarrolle, ya al crecer la especie necesita menos cantidad de agua, según la FAO la flor adquiere más vitalidad y no exige tanto como al momento de iniciarse.

Los requerimientos de agua del cultivo de Limonium se presentan en la tabla 14, la cual se elaboró teniendo en cuenta la etapa de cada proceso, el agua requerida por semana de cada etapa y el número de semanas por cada etapa.

*Tabla 14. Requerimiento Hídrico ( $UAC_{riego}$ ) Fuente. Autores, año 2015*

ETAPA DEL CULTIVO	REQUERIMIENTOS DE AGUA ( $UAC_{riego}$ ) ( $m^3$ )	CULTIVO
<b>Etapas Propagación</b>	256,200	

<b>Etapas de Producción</b>	128,100	LIMONIUM
<b>Total UAC<sub>riego</sub> del Cultivo</b>	384,300	

## 10 Determinación de la huella hídrica en el cultivo de flores de la especie Limonium en cultivos de Suesca Cundinamarca.

Para la determinación de cada huella hídrica se presenta un resumen de los datos necesarios para estos cálculos en las tablas 15 y 16, los cuales permitieron calcular la relación requerimiento de agua del cultivo (RAC) y el Área total.

*Tabla 15. Datos requeridos para calcular las huellas hídricas. Fuente. Autores, año 2015.*

<b>VARIABLE</b>	<b>VALOR</b>
Cantidad de agua lluvia aprovechada por riego (mm)	424.52
Requerimiento del cultivo RAC (m <sup>3</sup> )	384,300
Número de camas totales	1,220
Área de cada cama (m <sup>2</sup> )	16.5
Área Total (m <sup>2</sup> )	20,130
Evapotranspiración del cultivo en la etapa de propagación ET <sub>cPropagación</sub> (mm)	372.5
Evapotranspiración del cultivo en la etapa de producción ET <sub>cProducción</sub> (mm)	823.8
Evapotranspiración del Cultivo ET <sub>c</sub>	1,196.3

- Relación - RAC – Área Total**

$$Relacion = \frac{RAC}{Area\ total} = \frac{384,300}{20,130} = 19.09m \times \frac{1,000mm}{m} \rightarrow 19,090.90mm \quad (\text{Ecuación 6.})$$

$$RAC = Agua\ de\ fuente\ superficial + Agua\ lluvia$$

$$Agua\ de\ fuente\ superficial = 19,090.90mm - 424.52mm$$

$$Agua\ de\ fuente\ superficial = \mathbf{18,666.38mm}$$

\* Porcentaje de agua proveniente de fuentes superficiales = **66%**

\* Porcentaje de agua proveniente de agua lluvia = **34%**

- **Evapotranspiración Azul**

$$ETC_{propagacion\ y\ produccion} = 1,196.3mm \times 0.66 = \mathbf{789.55mm} \quad (\text{Ecuación 7.})$$

- **Evapotranspiración Verde**

$$ETC_{propagacion\ y\ produccion} = 1,196.3mm \times 0.34 = \mathbf{406.74mm} \quad (\text{Ecuación 8.})$$

## **Rendimiento Hídrico del cultivo**

La tabla 16 muestra los valores necesarios para la estimación del rendimiento del cultivo, valor requerido para el cálculo de las Huellas Hídricas Azul y Verde.

Para el rendimiento del cultivo se tuvo en cuenta que el nivel de producción refleja un amplio número de tallos, esto dependiendo de la variedad, el método de producción, la cantidad de luz y la posibilidad de entrar al suelo. Se tiene 150 plantas por cada cama, de las cuales cada planta tiene 6 tallos, sabiendo que hay 1,220 camas en las cuatro punto cinco hectáreas (4.5ha) de Limonium y que cada cama tiene un área de 16.5 m<sup>2</sup>, con esto se obtiene 18'117,000 tallos/m<sup>2</sup> por año de acuerdo a la información suministrada por la empresa. De acuerdo a esto, el rendimiento hallado fue de tallos/m<sup>2</sup> para una hectárea de Limonium durante 20 meses (periodo de propagación y producción de Limonium en la empresa de flores MARNEL S.A.S).

*Tabla 16. Datos para calcular Rendimiento Hídrico del Cultivo. Fuente. Autores, año 2015.*

MESES	CANTIDAD DE TALLO	NUMERO DE CAMAS	AREA TOTAL (m <sup>2</sup> )	RENDIMEINTO (tallos/m <sup>2</sup> )
20	18'117,000tallos/camas	1,220	20,130	900.06

### **10.1 Cálculo de la huella hídrica azul**

Para el cálculo de la Huella Hídrica Azul, se debe mencionar que depende de las prácticas de manejo utilizadas por la empresa en el cultivo de Limonium, es decir las técnicas utilizadas para el riego.

$$UAC_{Azul} = 10 \times ETC_{Azul}$$

$$UAC_{Azul} = 10 \times 789.55mm = 7,895.5m^3 \quad (\text{Ecuación 9.})$$

$$H \times H_{Azul} = \frac{UAC_{Azul}}{\text{Rendimiento}} \quad (\text{Ecuación 10.})$$

$$H \times H_{Azul} = \frac{\frac{7,895.5m^3}{4.5 Ha}}{\frac{900.06tallos}{m^2} \times 10,000 \frac{m^2}{Ha}} \times 1,000 \frac{L}{m^3} = 0.19 \frac{l}{tallos}$$

$$H \times H_{Azul} = 0.19 \frac{l}{tallos}$$

El valor obtenido como Huella Hídrica Azul en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) representa la cantidad de agua proveniente de riego que se utiliza para la producción de la flor de Limonium en la empresa.

Este valor estimado de la Huella Hídrica Azul solo tiene en cuenta el agua de riego evapotranspirada por el cultivo, la cual excluye lo que se pudo evaporar desde los tanques o embalses de almacenamiento de agua para riego como el que se puede perder en su transporte.

## 10.2 Cálculo de la huella hídrica verde

Para determinar la Huella Hídrica verde, se contó con los registros pluviométricos de la zona de estudio por lo cual no se presentó ningún inconveniente.

$$UAC_{Verde} = 10 \times ETc_{Verde} \quad (\text{Ecuación 11.})$$

$$UAC_{Verde} = 10 \times 406.74mm = 4,067.4m^3$$

$$H \times H_{Verde} = \frac{UAC_{Verde}}{Rendimiento} \quad (\text{Ecuación 12.})$$

$$H \times H_{verde} = \frac{\frac{4,067m^3}{4.5 Ha}}{\frac{900.06tallos}{m^2} \times 10,000 \frac{m^2}{Ha}} \times 1,000 \frac{L}{m^3} = 0.10 \frac{l}{tallos}$$

$$H \times H_{Verde} = 0.10 \frac{l}{tallos}$$

El valor de la Huella Hídrica Verde representa en litros (L) la cantidad de agua proveniente de la precipitación que es utilizada para riego en la producción de la flor de Limonium en la empresa.

### 10.3 Cálculo de la huella hídrica gris

En el acuerdo número 43 del 17 de octubre de 2006 de la corporación autónoma regional de Cundinamarca se proponen los objetivos de calidad del agua para la cuenca del río Bogotá a lograr en el año 2020 allí se establecen los valores máximos aceptables de los productos químicos que se utilizan en el cultivo (tabla 17) en donde se encuentran los valores máximos aceptables de los parámetros establecidos por la CAR.

*Tabla 17 concentración máxima de los productos químicos aplicados. Fuente: acuerdo No. 43 de la CAR, año 2006.*

PARÁMETRO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN EN EL AGUA (MÁXIMO ACEPTABLE)
NITRATO	mg/L	10
POTASIO	mg/L	100
SULFATOS	mg/L	400

Para el cálculo de la huella hídrica gris se tuvieron en cuenta los fertilizantes utilizados en kg/Ha como se presenta en la tabla 18. Cabe mencionar que los productos químicos utilizados en el cultivo como pesticidas, herbicidas, insecticidas y demás no se tuvieron en cuenta debido a la falta de precisión y exactitud en las cantidades promedio que se agregan al cultivo de Limonium del presente estudio.

*Tabla 18 Promedio de tasa de aplicación de los productos químicos en el cultivo. Fuente: Empresa Flores MARNELL S.A.S, año 2015.*

PRODUCTO QUÍMICO	PROMEDIO TASA APLICACIÓN DE FERTILIZANTE (Kg/Ha)
Nitrato	445
Potasio	512
Sulfato	300

Al tener el promedio de la tasa de aplicación del fertilizante se requiere el factor de lixiviación; debido a la falta de datos específicos al cultivo sobre el porcentaje de lixiviación hasta alcanzar agua dulce se asumirá el valor utilizado por Hoekstra de 10% para todos los fertilizantes (Ovalle, 2012), en el caso de la concentración máxima de los productos aplicados se tomó referencia el acuerdo número 43 del 17 de octubre de 2006 de la corporación autónoma regional de Cundinamarca para así obtener los valores máximos permitidos para la cuenca alta del río Bogotá, para la concentración natural del

contaminante que se refiere a la concentración en el cuerpo de agua que podría ocurrir sin intervención humana, a falta de información se asume que este valor es cero ya que es la concentración del producto químico presente en una fuente de agua natural (FAO, FAO WATER, 2006), por ultimo hallamos el rendimiento del cultivo ( tallo/Ha) basados en los tallos promedio que tiene cada flor los cuales son seis y teniendo en cuenta el área y cantidad de camas presentes en el cultivo.

A continuación se presenta la fórmula para determinar la huella hídrica gris en el cultivo de Limonium de la empresa flores MARNELL S.A.S :

$$WF_{proc, grey} = \frac{(\alpha \times AR) / (c_{max} - c_{nat})}{Y} \quad [\text{Volumen / masa}] \quad (\text{Ecuación 13.})$$

$WF_{proc, grey}$  = Huella Hídrica Gris  $m^3$ /tallo

$(AR, \frac{kg}{ha})$  = Cantidad de productos químicos para el campo por hectárea

$(\alpha)$  = fracción de lixiviación y escorrentía

$(c_{max} - c_{nat})$

= Diferencia de las concentraciones natural para el contaminante considerado

$Y$  = Rendimiento del cultivo (tallo/ $m^2$ )

Para nitrógeno:

$$H.H \text{ gris} = \frac{\frac{0.10 \times 445 \frac{Kg}{Ha}}{1 \times 10^{-5} \frac{kg}{L} - 0}}{9000600 \frac{Ta}{Ha}} = 0.49 \frac{L}{tallo}$$

Para potasio

$$H.H \text{ gris} = \frac{\frac{0.10 \times 512 \frac{Kg}{Ha}}{1 \times 10^{-4} \frac{kg}{L} - 0}}{9000600 \frac{Ta}{Ha}} = 0.0568 \frac{L}{tallo}$$

Para sulfatos:

$$H.H \text{ gris} = \frac{\frac{0.10 \times 120 \frac{Kg}{Ha}}{4 \times 10^{-4} \frac{kg}{L} - 0}}{9000600 \frac{Ta}{Ha}} = 0.0033 \frac{L}{tallo}$$

$$\Sigma 0.49 \text{ L/tallo} + 0.0568 \text{ L/tallo} + 0.0033 \text{ L/tallo} = 0.55 \text{ L/tallo}$$

*H.H Gris: 0.55 L/tallo*

#### 10.4 Cálculo de la huella hídrica total

Al haber calculado la huella hídrica azul, verde y gris anteriormente se reemplazan los valores en la siguiente fórmula para de esta manera determinar la huella hídrica total del cultivo de Limonium.

$$WF_{proc} = WF_{proc,green} + WF_{proc,blue} + WF_{proc,gray} \text{ [Volumen / masa]} \quad (\text{Ecuación 14.})$$

En la tabla 19, se muestran los valores obtenidos en cada huella hídrica y la sumatoria total.

*Tabla 19 Huella hídrica total para el cultivo de Limonium. Fuente: autores, año 2015.*

Huella hídrica	Cantidad	Unidades
<b>Azul</b>	0.19	L/tallo
<b>Verde</b>	0.10	L/tallo
<b>Gris</b>	0.55	L/tallo
<b>Total</b>	0.84	L/tallo

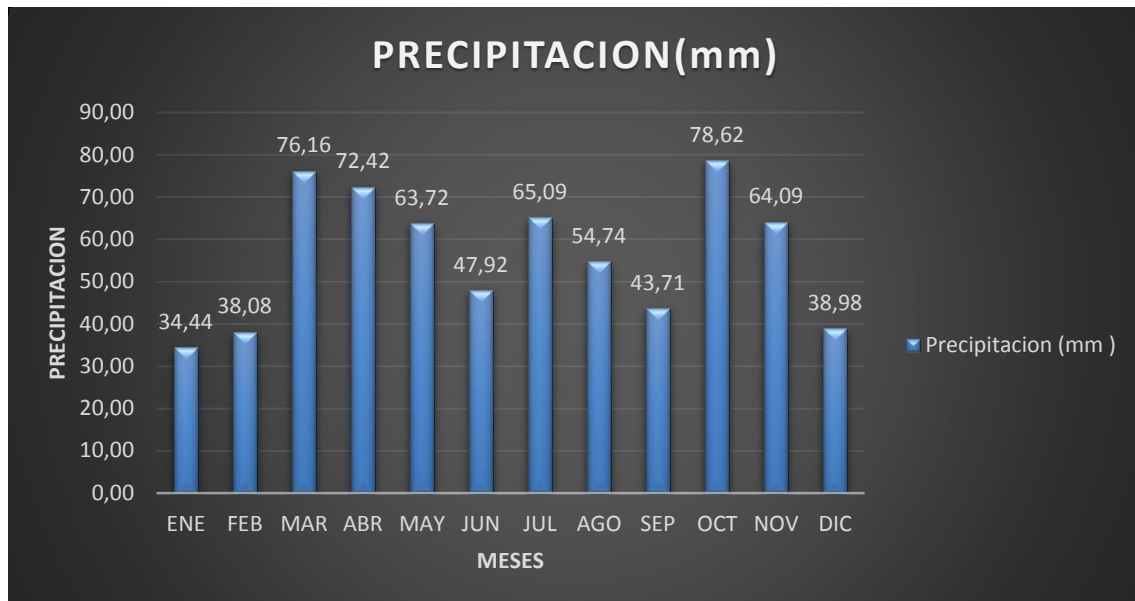
#### 11 Análisis de resultados

Para entender mejor los resultados obtenidos de las huellas hídricas es necesario analizar las condiciones meteorológicas (Estación de Carrizal del municipio de Suesca) que se tuvieron en cuenta para realizar el modelo del programa Cropwat 8.0 el cual fue fundamental para calcular la huella hídrica.

Con la obtención y recopilación de los datos climatológicos de la zona captados de la estación meteorológica de Carrizal cercana al municipio de Suesca se construyeron las gráficas 2, 3, 4 y 5, las cuales describen el comportamiento de la precipitación, temperatura, humedad y brillo solar, variables necesarias para analizar y comprender el comportamiento de los datos obtenidos para los valores de las huellas hídricas azul, verde, gris y la huella hídrica total del cultivo Limonium.

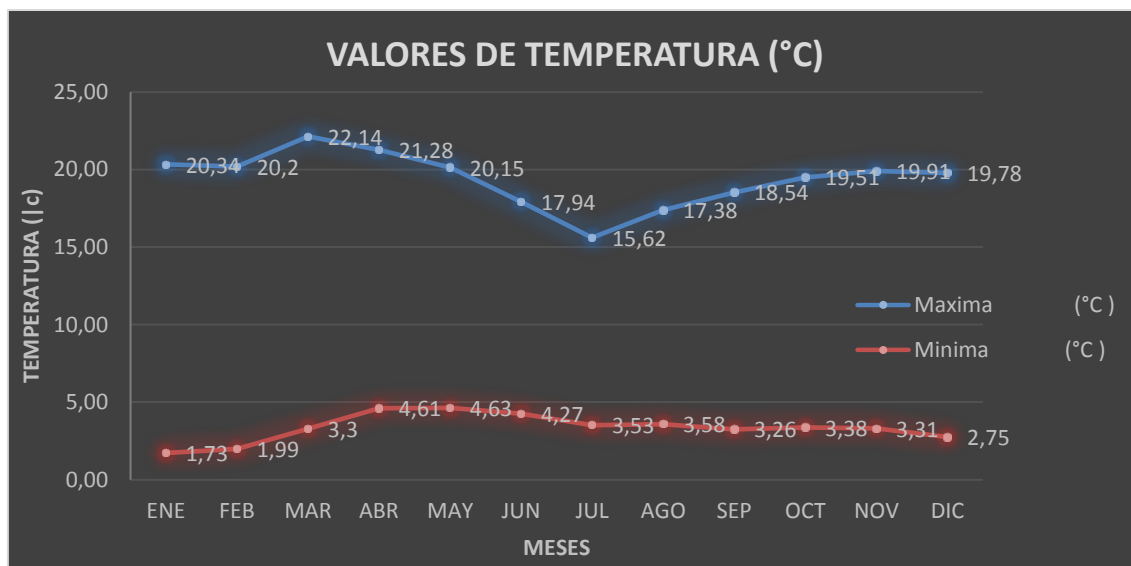
La grafica 2 presenta los valores promedio de precipitación mensual de la estación de Carrizal cerca del municipio de Suesca, la cual indica que la precipitación en esta zona se comporta de manera bimodal, teniendo sus dos máximos periodos de

precipitación entre los meses de marzo y abril y el segundo periodo entre octubre y noviembre.



*Grafica 2. Precipitación mensual. Fuente. Autores, 2015*

Con este histograma además de conocer los meses con mayor precipitación se puede determinar el total de precipitación anual y con este valor identificar si se presenta precipitación alta; para esta zona la suma de precipitaciones de todos los meses es de 677.97mm anuales, como este valor no es superior a los 800 mm, concluimos que no presenta precipitaciones abundantes, pero tampoco es menor a 300 mm para indicar un clima desértico, por lo cual su precipitación es moderada y de clima templado (IPEM,CLIMA, 2013).

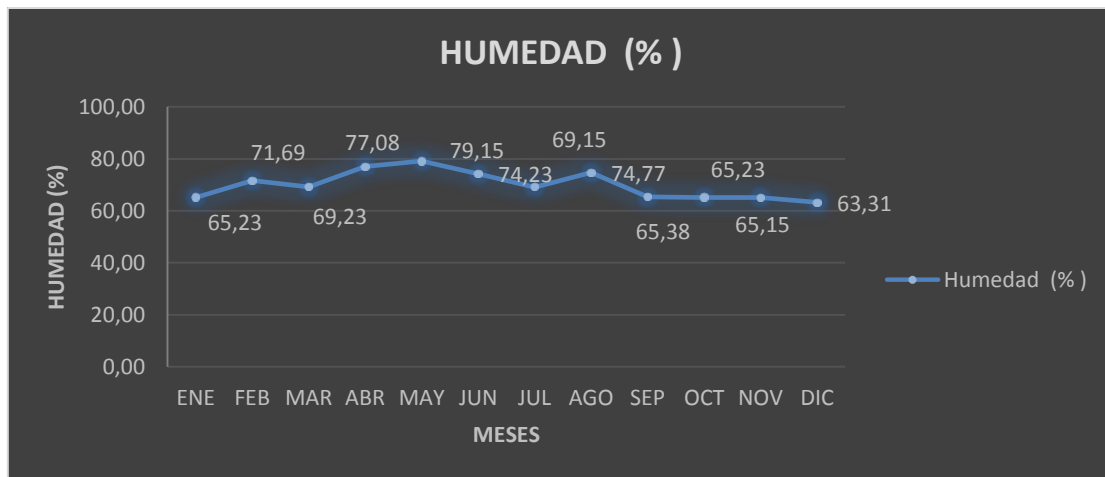


*Grafica 3. Valores de Temperatura. Fuente. Autores, 2015*

La Grafica 3 muestra los valores máximos y mínimos de temperatura donde se observa que la temperatura de la zona donde se cultiva la especie *Limonium* presenta un clima templado, siendo su menor temperatura en las horas de la noche y madrugada de 1.73°C, un valor máximo en las mañanas y tardes de 22.14 °C.

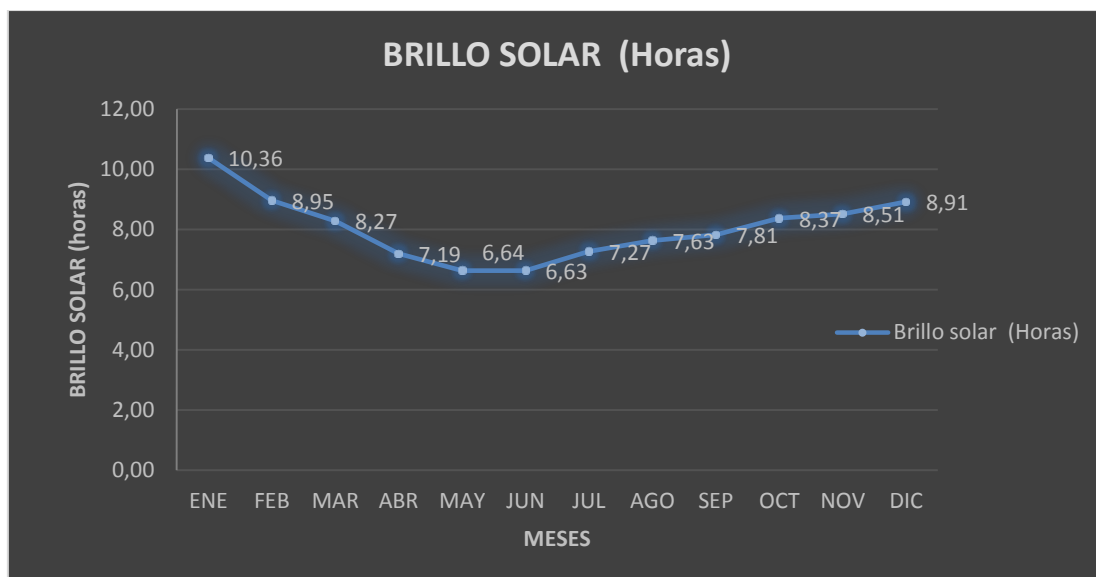
Para el crecimiento y floración de la especie *limonium* se consideraron como temperaturas óptimas durante el día de 22 a 27 °C y en la noche de 12 a 16 °C (Infoagro, 2010).

De acuerdo a la gráfica en los meses de enero a mayo en el día se mantienen valores cercanos a la temperatura óptima; por otra parte en los meses de junio a agosto se presentan temperaturas entre los 15 y 17°C. Durante todo el año se mantiene temperaturas bajas en las noches de 1.73 y 4.63°C las cuales son externas al invernadero y no afectan al crecimiento de la especie *limonium* debido a que en el invernadero se garantiza la temperatura necesaria para su crecimiento.



**Grafica 4. Humedad Relativa Media (%). Fuente. Autores, 2015**

La condición óptima de humedad relativa es del 70-80%, En cuanto al sustrato debe mantenerse con un adecuado grado de humedad, sin encharcamiento (Infoagro, 2010). De acuerdo a la gráfica los valores varían entre 63.31 y 79.15%, dentro de las condiciones óptimas hay meses que se encuentran por debajo del rango por lo que se realiza una irrigación frecuentemente durante todo el día en estos casos.



**Grafica 5. Insolación Mensual Media. Fuente. Autores, 2015**

Por último el brillo solar o radiación solar, constituye una fuente de calor y es necesaria para la formación de la flor de especie Limonium, tanto la luz como la humedad proporcionan las condiciones necesarias para el crecimiento de la especie Limonium.

El género *Limonium* es una planta que requiere luz durante todo el día. Para el correcto desarrollo de la floración, necesitan de 10-13 horas de luz asociadas a unas necesidades térmicas adecuadas (Infoagro, 2010). La gráfica 5 ilustra los valores en horas del brillo solar este se encuentra entre 6.63 hora/día y 10.36 hora/día en la mayoría de los datos están por debajo del rango necesitando una fuente de energía adicional dentro del invernadero para cumplir con el brillo optimo que necesita la especie.

## **11.1 Huellas hídricas**

De acuerdo a las variables climatológicas podemos explicar de manera más detallada los valores de las huellas hídricas, relacionando sus valores con las condiciones climáticas presentes en la zona, justificando las huellas hídricas por separado (huella hídrica verde, azul y gris) para finalmente analizar la huella hídrica total.

### **11.1.1 Huella hídrica verde**

Para la huella hídrica verde se tuvieron en cuenta los valores climatológicos; la precipitación, permite comprender el valor obtenido de la huella hídrica verde, el cual fue 0.10 L/tallo, valor que se ve representado en la precipitación moderada de la zona de 424.52 mm de agua lluvia aprovechada (dato hallado en el numeral 9.2) con este valor tan bajo es incapaz de satisfacer las necesidades de riego de todo el cultivo, se hace necesario la captación de cuerpos de agua superficiales por esta razón el resultado de la huella hídrica azul obtenida en el presente estudio es mayor.

### **11.1.2 Huella hídrica azul**

El resultado obtenido de la huella hídrica azul es de 0.19 L/tallo que corresponde a lo que la empresa utiliza de agua que capta del río Bogotá mediante los canales adecuados en el cultivo para abastecer la totalidad de las especies. El valor de la evapotranspiración de producción fue calculado con el programa Cropwat 8.0 que dio como resultado 1,196.3mm, este valor fue multiplicado por el 66% para la huella hídrica azul dando como resultado 789.55mm y el 34% para la huella hídrica verde con un valor de 406.74mm (porcentajes dados por la empresa); por lo que al haber una evapotranspiración mayor la planta necesitara que se irrigue constantemente, debido a

que al incrementarse la temperatura se deshidrata la especie, es decir al haber mayor evapotranspiración hay mayor necesidad de irrigar la planta.

### 11.1.3 Huella hídrica gris

Para obtener la huella hídrica total, se halló la huella gris la cual es el agua producto de las actividades realizadas (fumigaciones, agregación de fertilizantes y agroquímicos) en el cultivo y de todos los productos que se utilizan para el desarrollo de la planta y evitar enfermedades; para este caso se tuvieron en cuenta nitratos, potasio y sulfatos que se agregan al cultivo, despreciando herbicidas, insecticidas y pesticidas debido a la falta de información sobre las cantidades promedio que se añaden al cultivo de Limonium del presente estudio por lo cual el resultado de la huella hídrica gris debe ser mayor al tener en cuenta los demás químicos, sabiendo así que si se agregan más sustancias al cultivo mayor será el agua que se necesite para diluir estos componentes y poder cumplir con la normatividad colombiana vigente. Dentro del valor de la huella hídrica gris podemos observar un valor de 0.55 L/tallo el cual es utilizado posteriormente para la irrigación de pastos que se encuentran dentro del terreno del cultivo sin incumplir con la normatividad (acuerdo número 43 del 17 de octubre de 2006 de la CAR) y cumpliendo con las características fisicoquímicas para poder ser utilizada para riego.

Por último se calculó el valor de la Huella Hídrica Total, la cual se obtiene de la suma de las tres Huellas descritas anteriormente, en la tabla 20 se muestra el valor de cada Huella y como cada una aporta su valor al cálculo de la Huella Hídrica total.

*Tabla 20. Huellas Hídricas de la Empresa Marnell S.A.S. Fuente. Autores, 2015*

<b>HUELLA HIDRICA VERDE</b>	<b>HUELLA HIDRICA AZUL</b>	<b>HUELLA HIDRICA GRIS</b>	<b>HUELLA HIDRICA TOTAL</b>
0.10 L/tallo	0.19 L/tallo	0.55 L/tallo	0.84 L/tallo

Como lo indica la tabla anterior la cantidad total de agua utilizada en la empresa Marnell S.A.S en todo el proceso de propagación y producción de la flor de la especie Limonium es de 0.84 L/tallo, valor que nos sirve como base para futuros estudios sobre la misma especie de flor y para posteriores cultivos de esta en diferentes épocas y lugares y ser utilizado para cultivos de especies similares a la del Limonium.

Finalmente, con las condiciones del cultivo, el estudio del suelo, estudios climatológicos, se puede concluir que a medida que un cultivo presenta mejores condiciones climáticas y de suelo, su rendimiento de producción va a ser mejor y con esto disminuirá la huella hídrica del cultivo.

## **12 Alternativas de ahorro para el cultivo de flores de la especie Limonium en cultivos de Suesca Cundinamarca.**

1. Para tener un control sobre la cantidad de agua que se utiliza en todo el proceso productivo de la empresa se debe realizar un balance hídrico.
2. En la entrada del invernadero 1A y 3A se pierde una cantidad de cerca de 100 L/mes por lo que se requiere el arreglo de esta tubería y accesorios como codos, válvulas y demás, con lo cual se podrá lograr un ahorro de 1,200 L de agua al año que beneficia a la empresa y el medio ambiente.
3. El agua resultante de todo el proceso productivo podrá reutilizarse para el aseo del área administrativa y demás áreas, en las que mensualmente se utilizan 30L, al efectuar esta mejora podrían tener un ahorro de 360L/año.
4. Se propone un control digital que permitirá automatizar el sistema de riego programando de así la hora de inicio y duración; teniendo la ventaja de programar con la precisión de minutos por día, minimizando a su vez las actividades de los operarios, y permitiendo un manejo eficiente en el consumo de agua.

## **13 Recomendaciones**

Se recomienda programar la limpieza de los canales y la implementación de rejillas (que retengan los residuos presentes en el fluido) en la salida de los canales hacia las bombas de distribución en donde se almacena el agua para irrigar los cultivos ya que en las visitas se observó buchón de agua y residuos que pueden obstaculizar la conducción del fluido hacia los invernaderos, causando daños en las bombas.

Realizar de manera periódica limpieza y mantenimiento al tanque de captación de aguas lluvias.

Se recomienda realizar un diagnóstico anualmente para determinar si la huella hídrica disminuye o aumenta.

Se sugiere implementar fuentes lumínicas dentro de los invernaderos para garantizar que la temperatura en la noche sea óptima para el crecimiento de la especie.

Tener información de los volúmenes y concentraciones de pesticidas, insecticidas y herbicidas que se le agregan al cultivo para así obtener una mayor exactitud en el cálculo de la huella hídrica gris sugiriendo la elaboración de un formato como el que se presenta en el anexo 3.

## **14 Conclusiones**

Se determinó que la mayor cantidad de agua para el riego de los cultivos de Limonium, proviene de la captación de aguas superficiales, las cuales son captadas de un tramo del río Bogotá el cual se ubica cerca a la empresa, con un valor de 0.19L/tallo.

La contribución de agua requerida total a partir de la huella hídrica verde solo alcanza hasta el 34%, esta Huella Verde es de 0.10 L/tallo, valor que se justifica por la poca precipitación a lo largo del año en la zona.

En la huella hídrica gris se obtuvo un valor de 0.55L/tallo sabiendo que no todos los químicos fueron utilizados en su cálculo, en realidad este valor aumentará. Como aspecto positivo de que la huella gris sea mayor que las otras huellas es que es más fácil disminuirla que las otras huellas debido a que es complicado hacer que un cultivo necesite menos agua pero si es más fácil modificar la cantidad y las técnicas de agregación de químicos al proceso productivo de la empresa.

La especie limonium requiere para su producción 20 meses; la empresa destina 256,200 m<sup>3</sup> de agua en la etapa de propagación y 128,100 m<sup>3</sup> de producción, se evidencia que en la etapa de propagación es necesario mayor cantidad de agua y nutrientes, debido a que la planta está en crecimiento y/o desarrollo de sus tallos.

Se concluye que las alternativas planteadas para mejorar el uso y aprovechamiento del recurso hídrico en la producción de la flor de Limonium a partir de la huella hídrica

calculada, permitirá a la empresa una reducción en su consumo de agua, no solo en los cultivos sino en todas las áreas de la empresa, al implementar las tecnológicas recomendadas y realizar las mejoras al sistema de distribución de aguas para riego, acompañadas con un control de seguimiento.

El cálculo de la huella hídrica ayuda a crear conciencia sobre el impacto que está generando la actividad económica de flores y poder disminuir el consumo de agua en todo el proceso productivo y así contribuir con la escases del recurso hídrico que actualmente se presenta en el país.

## 15 Lista de Referencias

- Agro. (s.f.). <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/Compostaje.pdf>.
- Agronomia, F. d. (2000). *fagro.edu.uy*. Obtenido de *fagro.edu.uy*:  
<http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>
- Alcaldia de suesca -cundinamarca . (s.f.). Obtenido de [http://www.suesca-cundinamarca.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.suesca-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml)
- 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.*
- Amézquita, E. (1999). Requerimientos de agua y nutrición de cultivos de flores . XI Congreso Nacional Agronómico - III Congreso Nacional de Suelos .
- Antonio Martín Rodríguez, R. Á. (2012). Manual de Riego de Jardines. En R. Á. Antonio Martín Rodríguez. JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Arevalo, D. (2013). Proceso de determinación de la cuenca del Río Porce. Jornada de discusión Catedra de Agua.  
<http://www.udea.edu.co/portal/page/portal/bibliotecaSedesDependencias/unidadesAcademicas/CorporacionAcademicaAmbiental/EnlacesInteres/memorias/4.Proceso%20de%20determinaci%C3%B3n%20de%20la%20Huella%20H%C3%ADdrica%20en%20la%20cuenca%20del%20R%C3%ADo%20>
- Arjen Y. Hoekstra, A. K. (s.f.). *The Water Footprint Assessment Manual Setting Global Standard*. earthscan.

- Asocolflores. (2000). *Guia ambiental para la floricultura*. Ministerio de medio ambiente.
- ASOCOLFLORES. (2009). Obtenido de [http://www.cecodes.org.co/descargas/casos\\_sostenibilidad/casosind/asocolflores.pdf](http://www.cecodes.org.co/descargas/casos_sostenibilidad/casosind/asocolflores.pdf)
- Asturnatura. (2004). Obtenido de <http://www.asturnatura.com/especie/limonium-vulgare.html>
- Autonoma de Mexico, U. (01 de Marzo de 2014). *Estres Hidrico*. Obtenido de <http://proyectos2.iingen.unam.mx/LACClimateChange/docs/boletin/Nota3.pdf>
- Avanza, F. (2010). *emaaf*. Obtenido de <http://emaafesp.gov.co/la-empresa/municipio-defunza>.
- Avina. (Febrero de 2014). *Alianzas para compensar huella hídrica y huella de carbono - Fundacion Avina*. Obtenido de <http://www.avina.net/esp/9267/incontext-27/>
- Ayres, A. (2014). Germany's water footprint of transport fuels. . *SciVerse ScienceDirect*, 1746-1741.
- BARATO, N. P. (2009). *DISEÑO DE UN MODELO DE CENTRO CULTURAL COMUNITARIO MUNICIPAL (SUESCA, CUNDINAMARCA)*.
- Bolaños, M. E. (2011). *Determinación de la huella hídrica y comercio de agua virtual de los principales productos agrícolas de Honduras*. Zamorano, Honduras.
- Boletín Agrario. (2014). Recuperado el 01 de 09 de 2014, de <http://www.boletinagrario.com/ap-6,floricultura,418.html>
- Botín. (2014). SEMINARIO SOBRE LA APLICACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN LA.
- Briere, F. G. (2005). *distribucion de agua potable y colecta de desagues y agua lluvia*.
- Castellanos, P. R. (2007). *uso eficiente y sostenible de los recursos naturales*. universidad de salamanca.
- Centro Nacional de Información de la Calidad. (2012). [http://www.aec.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=935d5e6d-b631-44ad-a6e3-c8861d0813d2&groupId=10128](http://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=935d5e6d-b631-44ad-a6e3-c8861d0813d2&groupId=10128).
- Chapaign, A. a. (2008). *An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes*. Journal of environmental Management. 90: 1219-1228.
- Collection, T. (2010). *Proyectos y apuntes teorico - practivos de Ingenieria Civil*. Obtenido de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/03/aguas-superficiales.html>

- CULQUI, F. F. (2012). *Evaluación de dos tipos de rizomas para la producción de plántulas de astromelia (lagerstroemia indica) con la aplicación de dos fitohormonas en cuatro variedades (aman, amor, ibory, sachá) bajo invernadero*. San Buenaventura provincia de Cotopaxi: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
- Cundinamarca, (. (s.f.). Obtenido de <http://www.funzacundinamarca>.
- DANE. (2011). *Censo de fincas productoras de flores en 28 municipios de la Sabana de Bogotá y Cundinamarca*. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional Estadística.
- DANE. (2011). *Dirección de Regulación, Planeación, Estandarización y Normalización*.
- Departamento de Agricultura . (s.f.). *Repositorio de documentos de la FAO*. Obtenido de Analisis de sistemas de producción animal - Tomo 1: Las bases conceptuales: <http://www.fao.org/docrep/004/w7451s/w7451s02.htm>
- Depto. de Suelos y Aguas, f. d. (2009). *Agua en el suelo*. Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>
- Echevarría, S. G. (1994). *Teoría económica de la empresa: fundamentos teóricos : teoría institucional*.
- Ecoeficiencia. (2013). Ventaja Corporativa Ambiental. <http://ecoeficiencia.com.co/huella-hidrica/> .
- Eliecer, R. (28 de 3 de 20015). Proceso productivo de la empresa Flores Marnell S.A.S. (N. G. Juan Carlos Rico, Entrevistador)
- Esqueje. (2006). Obtenido de <http://ciencia.glosario.net/botanica/esqueje-8275.html>
- Estrucplan. (Agosto de 2013). *Estrucplan on-line*. Obtenido de <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IDEntrega=1832>
- Estudio FAO Drenaje y Riego. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*.
- FAO. (2006). *FAO WATER*. Obtenido de Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar.: [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html)
- FAO. (2009). *Evapotranspiración del cultivo en condiciones no estandar,.*
- FAO. (29 de 7 de 2011). *EXAMPLE OF THE USE OF CROPWAT 8.0* . Obtenido de <http://www.fao.org/nr/water/docs/cropwat8.0example.pdf>

- FENALCO. (2013). *BOLETIN ECONOMICO SECTORIAL sector flores*. Obtenido de [http://www.fenalcoantioquia.com/res/itemsTexto/recursos/no\\_20\\_floriculturafinal.pdf](http://www.fenalcoantioquia.com/res/itemsTexto/recursos/no_20_floriculturafinal.pdf)
- Fernando Esteban Moratilla, M. M. (octubre 2010). La Huella Hídrica en España.
- Flores Marnell S.A.S. (2015). Suesca cundinamarca.
- Floricultura, c. (s.f.). Ejemplo de éxito exportador con producción sostenible y responsabilidad social. CIAA.
- Gonzales, A. (s.f.). *Metodología de la investigación científica- Pontifica UNiversidad de la Javeriana*. Bogota.
- Guía Metodológica de Aplicación de Huella Hídrica en la cuenca del Río Porce. (Mayo 2013).  
Guía Metodológica de Aplicación de Huella Hídrica en la cuenca del Río Porce.
- Hoekstra, A. Y. (2011). *The water footprint Assessment manual*. . London - Washington, DC: Earthscan.
- Hoekstra, A. Y. (2013). *Sustainability of national consumption from a water resources*.
- Hurtado, o. b. (2012). *plan de desarrollo municipal suesca somos todos*.
- Infoagro. (2010). *INFOAGRO*. Obtenido de [http://www.infoagro.com/flores/plantas\\_ornamentales/limonium.htm](http://www.infoagro.com/flores/plantas_ornamentales/limonium.htm)
- Infojardin . (2002). Obtenido de <http://fichas.infojardin.com/perennes-anuales/limonium-sinuatum-estatece-statice.htm>
- IPEM,CLIMA. (2013). Obtenido de <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2008/CORDOBA/1324/trabajo/clima.html>
- Ivanova, Y. (2013). *EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ COMO UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN EL ÁREA URBANA*.
- Jardineria Digital*. (2008). Obtenido de <http://www.jardineriadigital.com/capacitacion/que-es-un-cultivo.php>
- Josefa López Marín, M. R.-G. (2012). *COMPLEMENTOS ORNAMENTALES DE VERDE Y FLOR*. Región de Murcia Consejería de Agricultura y Agua.
- la guia de las plantas*. (2015). Obtenido de <http://php.laguiadeplantas.com/?s=p&id=363>

- La Guia de las Plantas*. (2015). Obtenido de <http://php.laguiadeplantas.com/?s=p&id=363>
- Manrique., E. (. (s.f.). MANEJO DEL RECURSO HIDRICO PARA EL CULTIVO DE LA SOYA EN LA ORINOQUIA COLOMBIANA. *Corpoica*, <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/43727/43727.pdf>.
- Mekonnen. (2012). Mitigating the Water Footprint of Export Cut Flowers from the Lake Naivasha Basin, Kenya. *Bioresources*.
- Monteith, P. . (2010). *Metodo de la FAO*.
- Network, W. (2013). *Huella Hidrica*. Obtenido de <http://www.huellahidrica.org/?page=files/home>
- Ochoa, J. A. (2013). *DETERMINACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DEL SECTOR DOMÉSTICO EN LA CUENCA DEL RÍO PORCE*.
- organic agriculture*. (2014). Recuperado el 01 de 09 de 2014, de <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>
- Ovalle, M. J. (2012). *ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DE CULTIVOS CON POTENCIAL BIOENERGÉTICO EN LA PROVINCIA DE LIMARÍ, REGIÓN DE COQUIMBO*. CHILE. Santiago de Chile.
- Plantayflor. (2015). *Plantayflor*. Obtenido de <http://plantayflor.blogspot.com/2012/08/limonium-sventenii.html>
- RUBEN, A. C. (2012). *TESIS - Creacion de una empresa para la produccion y comercializacion de flores de verano Astromelia ubicada en Tabacundo provincia de Pichincha*. Tabacundo: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS.
- S.A. Northey, N. H. (December 2014). Evaluating the application of water footprint methods to primary metal production systems. *ScienceDirect*, Pages 65–80.
- Shen, J. &. (2012). *ADDRESSING THE WATER FOOTPRINT CONCEPT:A DEMONSTRABLE A STRATEGY FOR PAPERMAKING INDUSTRY*. Obtenido de bioresources.com.
- Solis, J. N. (2001). *manejo y conservacion de suelos*.

- Sostenibilidad y Teconologia. (2014). *Estudio nacional de Huella Hídrica Colombia*. Obtenido de [https://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/11915/1/101-126%20Arevalo\\_Huella%20Hidrica.pdf](https://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/11915/1/101-126%20Arevalo_Huella%20Hidrica.pdf)
- Tracey Strange, A. b. (2012). *desarrollo sostenible integrar la economia, la sociedad y el medio ambiente*.
- Uche, J. (2013). *la energia en el agua*.
- UNESCO. (2009). *Programa mundial de la evaluacion de los recursos hidricos*. Obtenido de [http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/necesidades\\_humanas\\_basicas.shtml](http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts_figures/necesidades_humanas_basicas.shtml)
- UNTRAFLORES. (2008). Obtenido de <http://www.untraflores.org/index.php/sindicatos-mainmenu-8/49-sobre-la-floricultura/296-algunos-aspectos-del-comercio-mundial-de-las-flores>
- Uribe. (2012). Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica. WWF Reporte Colom-bia. .
- Y.B. Wanga, P. W. (January 2015). Comparison of volumetric and stress-weighted water footprint of grain products in China. *ScienceDirect*, Pages 324–333.
- Zeng, Z. (2012). Assessing water footprint at river basin level: a case study for the. China.

## 16 Anexos

### Anexo 1. Evapotranspiración del Cultivo Limonium (ETc).

Las siguientes tablas describe en sus columnas, los meses donde se da inicio a la producción o siembra de la flor Limonium, seguido de la década, que corresponde a los meses los cuales son divididos en valores decadales (dec), el Kc para cada mes el cual va aumentando gradualmente de acuerdo al ciclo de vida del cultivo, los valores de la evapotranspiración (ETc) en unidades diarias y decadales y finalmente los datos de la precipitación efectiva y el requerimiento de riego de cada mes.

- Requerimiento de agua para el cultivo Limonium durante la etapa de propagación.

*Tabla 21. Requerimiento de agua para el Cultivo etapa propagación. Fuente: Cropwat 8.0*

MES	DECADA	ETAPA	KC COEF	ETC mm/día	ETC mm/dec	PREC. EFEC mm/dec	REQ. RIEGO mm/dec
<b>Jul</b>	1	Des	0.21	0.67	6.7	18.6	0.0
<b>Jul</b>	2	Des	0.23	0.73	7.3	20.4	0.0
<b>Jul</b>	3	Des	0.25	0.80	8.8	19.2	0.0
<b>Ago</b>	1	Des	0.27	0.88	8.8	17.6	0.0
<b>Ago</b>	2	Des	0.29	0.96	9.6	16.7	0.0
<b>Ago</b>	3	Med	0.31	1.06	11.6	15.7	0.0
<b>Sep</b>	1	Med	0.31	1.11	11.1	13.5	0.0
<b>Sep</b>	2	Med	0.31	1.15	11.5	11.9	0.0
<b>Sep</b>	3	Med	0.31	1.15	11.5	15.6	0.0
<b>Oct</b>	1	Med	0.31	1.16	11.6	21.0	0.0
<b>Oct</b>	2	Med	0.31	1.16	11.6	24.7	0.0
<b>Oct</b>	3	Med	0.31	1.16	12.7	22.9	0.0
<b>Nov</b>	1	Med	0.31	1.15	11.5	20.7	0.0

<b>Nov</b>	2	Med	0.31	1.15	11.5	19.6	0.0
<b>Nov</b>	3	Fin	0.31	1.15	11.5	17.1	0.0
<b>Dic</b>	1	Fin	0.32	1.17	11.7	14.0	0.0
<b>Dic</b>	2	Fin	0.32	1.16	11.6	11.4	0.2
<b>Dic</b>	3	Fin	0.32	1.20	13.1	11.2	1.9
<b>Ene</b>	1	Fin	0.32	1.23	12.3	11.1	1.2
<b>Ene</b>	2	Fin	0.32	1.26	12.6	10.5	2.1
<b>Ene</b>	3	Fin	0.32	1.25	13.7	11.0	2.7
<b>Feb</b>	1	Fin	0.32	1.23	12.3	10.7	1.6
<b>Feb</b>	2	Fin	0.32	1.22	12.2	10.6	1.6
<b>Feb</b>	3	Fin	0.32	1.26	10.1	14.5	0.0
<b>Mar</b>	1	Fin	0.32	1.29	12.9	19.9	0.0
<b>Mar</b>	2	Fin	0.32	1.33	13.3	23.9	0.0
<b>Mar</b>	3	Fin	0.32	1.28	14.1	23.0	0.0
<b>Abr</b>	1	Fin	0.32	1.23	12.3	21.8	0.0
<b>Abr</b>	2	Fin	0.32	1.18	11.8	21.5	0.0
<b>Abr</b>	3	Fin	0.32	1.15	11.5	20.7	0.0
<b>May</b>	1	Fin	0.32	1.11	11.1	20.0	0.0
<b>May</b>	2	Fin	0.32	1.08	10.8	19.4	0.0
<b>May</b>	3	Fin	0.32	1.07	7.5	11.4	0.0
					<b>372.5</b>	<b>562.1</b>	<b>11.3</b>

- Requerimiento de agua para el cultivo Limonium durante la etapa de producción.

*Tabla 22. Requerimiento de agua para el Cultivo etapa producción. Fuente: Cropwat 8.0*

<b>MES</b>	<b>DECADA</b>	<b>ETAPA</b>	<b>KC</b>	<b>ETC</b>	<b>ETC</b>	<b>PREC. EFEC</b>	<b>REQ. RIEGO</b>
			<b>COEF</b>	<b>mm/día</b>	<b>mm/dec</b>	<b>mm/dec</b>	<b>mm/dec</b>
<b>Ago</b>	1	Inic	0.32	1.07	9.6	15.8	0
<b>Ago</b>	2	Inic	0.32	1.09	10.9	16.6	0
<b>Ago</b>	3	Inic	0.32	1.12	12.3	15.6	0
<b>Sep</b>	1	Inic	0.32	1.15	11.5	13.4	0
<b>Sep</b>	2	Inic	0.32	1.18	11.8	11.8	0
<b>Sep</b>	3	Des	0.32	1.19	11.9	15.5	0
<b>Oct</b>	1	Des	0.32	1.19	11.9	21	0
<b>Oct</b>	2	Des	0.32	1.2	12	24.8	0
<b>Oct</b>	3	Des	0.32	1.19	13.1	22.9	0

<b>Nov</b>	1	Des	0.32	1.19	11.9	20.7	0
<b>Nov</b>	2	Des	0.32	1.18	11.8	19.6	0
<b>Nov</b>	3	Des	0.32	1.18	11.8	17.1	0
<b>Dic</b>	1	Des	0.32	1.18	11.8	14	0
<b>Dic</b>	2	Des	0.32	1.17	11.7	11.4	0.3
<b>Dic</b>	3	Des	0.32	1.21	13.3	11.2	2
<b>Ene</b>	1	Des	0.32	1.24	12.4	11.1	1.3
<b>Ene</b>	2	Des	0.32	1.27	12.7	10.5	2.2
<b>Ene</b>	3	Des	0.32	1.26	13.8	11	2.8
<b>Feb</b>	1	Des	0.32	1.25	12.5	10.7	1.8
<b>Feb</b>	2	Des	0.32	1.23	12.3	10.6	1.7
<b>Feb</b>	3	Des	0.32	1.27	10.1	14.5	0
<b>Mar</b>	1	Des	0.32	1.3	13	19.9	0
<b>Mar</b>	2	Des	0.32	1.34	13.4	23.9	0
<b>Mar</b>	3	Des	0.32	1.29	14.2	23	0
<b>Abr</b>	1	Des	0.32	1.24	12.4	21.8	0
<b>Abr</b>	2	Des	0.32	1.19	11.9	21.5	0
<b>Abr</b>	3	Des	0.32	1.16	11.6	20.7	0
<b>May</b>	1	Des	0.32	1.12	11.2	20	0
<b>May</b>	2	Des	0.32	1.09	10.9	19.3	0
<b>May</b>	3	Des	0.32	1.07	11.8	17.8	0
<b>Jun</b>	1	Des	0.32	1.05	10.5	15.4	0
<b>Jun</b>	2	Des	0.32	1.04	10.4	13.5	0
<b>Jun</b>	3	Des	0.32	1.03	10.3	15.5	0
<b>Jul</b>	1	Des	0.32	1.03	10.3	18.6	0
<b>Jul</b>	2	Des	0.32	1.01	10.1	20.5	0
<b>Jul</b>	3	Des	0.32	1.04	11.5	19.2	0
<b>Ago</b>	1	Med	0.32	1.07	10.7	17.6	0
<b>Ago</b>	2	Med	0.32	1.09	10.9	16.6	0
<b>Ago</b>	3	Med	0.32	1.12	12.3	15.6	0
<b>Sep</b>	1	Med	0.32	1.15	11.5	13.4	0
<b>Sep</b>	2	Med	0.32	1.18	11.8	11.8	0
<b>Sep</b>	3	Med	0.32	1.19	11.9	15.5	0
<b>Oct</b>	1	Med	0.32	1.19	11.9	21	0
<b>Oct</b>	2	Med	0.32	1.2	12	24.8	0
<b>Oct</b>	3	Med	0.32	1.19	13.1	22.9	0

<b>Nov</b>	1	Med	0.32	1.19	11.9	20.7	0
<b>Nov</b>	2	Med	0.32	1.18	11.8	19.6	0
<b>Nov</b>	3	Med	0.32	1.18	11.8	17.1	0
<b>Dic</b>	1	Med	0.32	1.18	11.8	14	0
<b>Dic</b>	2	Med	0.32	1.17	11.7	11.4	0.3
<b>Dic</b>	3	Med	0.32	1.21	13.3	11.2	2
<b>Ene</b>	1	Med	0.32	1.24	12.4	11.1	1.3
<b>Ene</b>	2	Med	0.32	1.27	12.7	10.5	2.2
<b>Ene</b>	3	Med	0.32	1.26	13.8	11	2.8
<b>Feb</b>	1	Med	0.32	1.25	12.5	10.7	1.8
<b>Feb</b>	2	Med	0.32	1.23	12.3	10.6	1.7
<b>Feb</b>	3	Med	0.32	1.27	10.1	14.5	0
<b>Mar</b>	1	Med	0.32	1.3	13	19.9	0
<b>Mar</b>	2	Med	0.32	1.34	13.4	23.9	0
<b>Mar</b>	3	Med	0.32	1.29	14.2	23	0
<b>Abr</b>	1	Med	0.32	1.24	12.4	21.8	0
<b>Abr</b>	2	Med	0.32	1.19	11.9	21.5	0
<b>Abr</b>	3	Fin	0.32	1.16	11.6	20.7	0
<b>May</b>	1	Fin	0.32	1.12	11.2	20	0
<b>May</b>	2	Fin	0.32	1.09	10.9	19.3	0
<b>May</b>	3	Fin	0.32	1.07	11.8	17.8	0
<b>Jun</b>	1	Fin	0.32	1.05	10.5	15.4	0
<b>Jun</b>	2	Fin	0.32	1.04	10.4	13.5	0
<b>Jun</b>	3	Fin	0.32	1.03	10.3	15.5	0
<b>Jul</b>	1	Fin	0.32	1.03	5.1	9.3	0
					<b>823.8</b>	<b>1173.9</b>	<b>24.2</b>

## **Anexo 2. Control Digital**

A continuación se presenta la imagen del control digital el cual tiene un precio de 130,000 pesos en el mercado colombiano y sería un equipo de gran ayuda en el cultivo de flores.



*Imagen 10. Control digital . Fuente:*

*[http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/findex.php?main\\_page=page&id=115](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/findex.php?main_page=page&id=115)*

## **Anexo 3. FORMATO DE CONTROL**

Tabla 23. Formato de Control de fertilizantes. Fuente: Autores

CONTROL DE FERTILIZANTES EMPRESA MARNELL S.A.S

NOMBRE DEL CULTIVO \_\_\_\_\_  
AREA \_\_\_\_\_  
AÑO \_\_\_\_\_

FECHA	PRODUCTO APLICADO		DOSIS UTILIZADA				METODO				NOMBRE DEL OPERARIO
MES	DIA	Nombre comercial	Concentración	gr/planta	bulto/planta	L/Ha	Riego	Manual	Bomba de espalda	Otro	